



ETUDE

CARACTERISATION DE LA RAIDEUR D'ASSEMBLAGES DE STRUCTURES EN BOIS

PARTIE 2.1

NOTE DE CALCULS DES
ASSEMBLAGES PAR BROCHE

AVERTISSEMENT

Cette publication vise à mettre à disposition des acteurs de la construction les résultats d'études menées dans le cadre des travaux de la Commission Technique d'ADIVbois.

ADIVbois ne saurait être tenu pour responsable des omissions, inexactitudes ou erreurs que pourrait contenir cette publication et qui résulteraient de la retranscription de ces études, réalisées sous la responsabilité de leurs auteurs respectifs, et auxquelles le lecteur est invité à se référer directement.

ADIVbois souligne également que les éléments et recommandations retranscrites dans le présent ouvrage présentent un caractère informatif et ne sauraient en aucun cas se substituer, même pour partie, aux études techniques et juridiques, tant au stade de la conception que de l'exécution, qui incombent à chaque acteur de la construction dans le cadre des projets auxquels il pourra être amené à participer.

Droits d'auteur - copyright ©

L'ensemble de ce document relève de la législation française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction sont réservés, y compris pour les documents téléchargeables et les représentations iconographiques et photographiques.

La reproduction de tout ou partie de ce document, y compris sur un support électronique quel qu'il soit est formellement interdite sauf autorisation expresse d'ADIVbois, du Codifab et des réalisateurs de l'étude.

PRÉAMBULE

Depuis 2016, l'Association pour le Développement des Immeubles à Vivre Bois porte un projet innovant reposant sur des immeubles bois de moyenne et grande hauteur, qui se distinguent par des solutions structurelles bois et des aménagements intérieurs faisant appel au bois.

Ce projet innovant va de pair avec un important travail collectif (études, benchmark, prototypages) visant à accompagner la réalisation d'immeubles démonstrateurs.

La Commission Technique d'ADIVbois a lancé, depuis 2016, un nombre conséquent de travaux dans le cadre d'ateliers thématiques (structure, incendie, acoustique, enveloppe, environnement...) et d'études afin d'accompagner la conception et la réalisation des Immeubles à Vivre Bois. L'objectif de ces travaux est de favoriser la levée de freins technico-réglementaires et d'être partagés avec la collectivité.

Le présent document s'inscrit dans cette démarche.

L'étude présentée vise à caractériser et à établir des moyens d'évaluation de la raideur des assemblages de forte capacité

Elle a été menée par l'association du CRITTbois et du LERMAB.

CARACTERISATION DE LA RAIDEUR D'ASSEMBLAGES DE STRUCTURES EN BOIS

L'association ADIVbois travaille depuis plusieurs années pour accompagner l'émergence de Bâtiments en Bois de Grand Hauteur (BBGH) en France.

Les études de cas, menées en 2017, ont permis d'identifier plusieurs points fondamentaux à prendre en compte dans la démarche de conception d'un BBGH, et l'évaluation fine de la raideur des assemblages au sein des structures en bois est un point critique qui méritait l'attention de l'atelier structures.

En effet, l'augmentation de la hauteur des immeubles bois, et le recours à des assemblages permettant le transfert d'efforts de plus en plus importants au sein des structures, font que les immeubles deviennent plus sensibles au comportement de ces dits assemblages.

Lors de la construction des immeubles de moyenne et grande hauteur, la raideur de la structure est un paramètre clé pour la bonne modélisation et la justification du projet. La prise en compte des raideurs élastiques dans les connexions entre éléments en bois est indispensable pour rendre compte du comportement global de la structure. Pour cela, l'ingénieur se doit de disposer de la valeur de la raideur des assemblages la plus précise possible.

La problématique de la raideur des assemblages est en outre une thématique bien particulière, car il n'y a pas de moyen pour l'ingénieur calculateur de « se placer du côté de la sécurité » pour mener sa conception :

- Si la raideur est sous-estimée, les déplacements sont alors certes surestimés, mais les efforts au sein des organes d'assemblages peuvent être plus importants que prévus et potentiellement entraîner des ruptures non maîtrisées dans les nœuds d'assemblages
- Si la raideur est surestimée, les efforts dans les assemblages peuvent certes être inférieurs aux actions prévues, mais les déplacements calculés sont alors sous-estimés, ce qui peut entraîner des inconforts ou pire une impropriété à l'usage.

Actuellement, l'Eurocode 5 propose une méthode de calcul de la raideur de ces assemblages très approximative, peu adaptée aux configurations possibles des immeubles de grande hauteur (avec un nombre d'organes important), transmettant éventuellement des moments ou encore faisant appel à des montages moins répandus (CLT, vissage à 30° ou 45°). Ces outils ne permettent pas d'assurer le calcul avec précision et rend difficile la maîtrise du comportement de ces structures bois de grande hauteur.

En conséquence, l'atelier structure a considéré nécessaire de mener des essais d'assemblages bois pour définir une méthodologie permettant de cibler une valeur de raideur la plus proche de la réalité possible, en fonction de différents paramètres tel que la nature des organes d'assemblages, la nature des pièces bois assemblées ou encore la disposition du montage dans son ensemble.

Un plan d'expérimentation a été définie, en visant à la fois à caractériser les comportements réels des assemblages, mais aussi à s'assurer de la reproductibilité des phénomènes par modélisation et extrapolation. L'objectif est bien d'outiller les calculateurs et ingénieurs de nouvelles formulations permettant de rendre compte au mieux des raideurs des assemblages pour différentes configurations que l'on retrouve dans les structures des bâtiments bois de grande hauteur.

Ainsi, les essais suivants ont été menés :

- Essais de comportement locaux pour alimentation de la modélisation : essais d'arrachement de vis, de portance locale et de flexion de broche ;
- Essais de comportements d'assemblages pour validation et extrapolation : essais sur assemblage par vis, alternés ou non, essais sur assemblages par broches de 12 mm et de 16 mm, essais sur assemblages par contact direct

Pour les essais de comportements d'assemblages, les sollicitations ont en outre été poussées jusqu'à la rupture afin d'enrichir également les bases de données de recherche sur la performance des assemblages renforcés (vis de frettage perpendiculaires).

Dans le cadre de l'action de recherche, les notes de calcul précises ont été élaborées afin de confronter les résultats mesurés avec les valeurs obtenues par le calcul en application de l'Eurocode 5 partie 1-1 (tant en termes de résistance que de raideur). Une analyse a également été menée afin d'évaluer et de préciser les incidences d'une variation des tolérances admissibles sur la fabrication des assemblages bois-métal (notamment sur le jeu au sein des plaques métalliques).

Enfin, de nouvelles formulations analytiques ont été proposées afin d'obtenir les valeurs de glissement, exprimées en kN/mm et calculées en fonction de quelques paramètres clefs définissant les assemblages :

- Le nombre d'organes par file (en unité)
- Le nombre de files d'organes (en unité – nombre pair)
- L'épaisseur de bois (en mm)
- L'épaisseur du ou des plats métalliques (en mm)
- Le diamètre des organes (en mm)
- La pince entre organes dans le sens du fil (en mm)

Les limites d'applications de cette étude doivent cependant être bien comprises :

- Les raideurs sont formulées avec l'hypothèse d'une absence de jeu dans les pièces en bois et d'un jeu de 0,6 mm au diamètre entre la tige et le plat métallique
- Les bois employés relèvent de la classe GL28h (bien que commandés en GL24h, les bois utilisés se sont révélés être plus proches dans leurs caractéristiques – densité et module d'élasticité – d'un bois classe GL28h)

Les résultats de ces essais et les analyses qui en sont tirées ne sont pas à considérer à ce stade comme normatifs, mais permettent :

- Aux concepteurs de structures en bois d'affiner leurs analyses structurelles
- Aux développeurs de logiciels de calculs de proposer de nouvelles approches sur l'évaluation des assemblages
- Au groupe de travail en charge de l'Eurocode 5 d'enrichir le corpus normatif de ces nouvelles connaissances, tant sur les raideurs d'assemblages que sur la rupture d'assemblages bois renforcés (ce travail a été soumis au WG5 en charge de la révision et mise à jour du texte) ;
- De tirer quelques grands enseignements ou de confirmer des pratiques actuelles :
 - o la mobilisation de l'effet de corde dans les organes d'assemblages n'est réelle que sur des assemblages présentant un contact parfait ;
 - o les vis disposées à 90° du plan de cisaillement conduisent à des raideurs faibles. Les configurations à vis inclinées permettent un gain substantiel de rigidité ;
 - o les vis inclinées subissent une perte de raideur très faible sous sollicitations alternées ;
 - o la raideur des assemblages augmente généralement en fonction du rapport « t/d » (t = épaisseur du bois ; d = diamètre de l'organe) ;
 - o Assemblage en contact direct : comportement relativement similaire entre bois-bois, bois-acier et bois-mortier

SOMMAIRE PARTIE 2.1 : NOTE_2 NOTE DE CALCULS DES ASSEMBLAGES PAR BROCHE

1.1 Assemblage bois en double cisaillement avec plaque métallique en âme sollicité en traction 2x4

Broches diamètre 12 mm

Fermeture de l'assemblage : 1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique d'effort

1.1.1 Renforcement de l'assemblage : 4 vis de frettage dans chaque éléments bois en chevauchement par colonne d'organes
Section bois : 2 x 39 x 108 mm / Section métal : 70 x 8 mm

1.1.2 Renforcement de l'assemblage : 2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes
Section bois : 2 x 78 x 108 mm / Section métal : 80 x 8 mm

1.1.3 Renforcement de l'assemblage : 2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes
Section bois : 2 x 113 x 108 mm / Section métal : 100 x 8 mm

1.2 Assemblage bois en double cisaillement avec plaque métallique en âme sollicité en traction 2x4

Broches diamètre 16 mm

Fermeture de l'assemblage : 1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique d'effort

Renforcement de l'assemblage : 2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes

1.2.1 Section bois : 2 x 49 x 144 mm / Section métal : 90 x 8 mm

1.2.2 Section bois : 2 x 95 x 144 mm / Section métal : 120 x 8 mm

1.2.3 Section bois : 2 x 140 x 144 mm / Section métal : 160 x 8 mm

2.1 Assemblage bois en double cisaillement avec plaques métalliques externes sollicité en traction 2x4

Fermeture de l'assemblage : 1 tige filetée en extrémité afin de fermer l'assemblage avec élément extérieur

Renforcement de l'assemblage : 2 vis de frettage dans l'élément bois par colonne d'organes par plan

2.1.1 Section bois : 90 x 108 mm / Section métal : 2 x 8 x 70 mm

2.1.2 Section bois : 113 x 108 mm / Section métal : 2 x 8 x 70 mm

2.1.3 Section bois : 113 x 108 mm / Section métal : 2 x 16 x 70 mm

2.2.1 Section bois : 98 x 144 mm / Section métal : 2 x 8 x 90 mm

2.2.2 Section bois : 140 x 144 mm / Section métal : 2 x 8 x 90 mm

2.2.3 Section bois : 140 x 144 mm / Section métal : 2 x 16 x 90 mm

3.1 Assemblage bois multiplan sollicité en traction

Fermeture de l'assemblage : 1 vis en extrémité, de part et d'autre de l'assemblage (chevauchement) pour la fermeture en valeurs caractéristiques

Renforcement de l'assemblage : 2 vis de frettage par plan par colonne d'organes

3.1.1 Section bois : (2 x 39 + 60) x 108 mm / Section métal : 70 x 8 mm

3.1.2 Section bois : (2 x 76 + 94) x 108 mm / Section métal : 90 x 8 mm

3.1.3 Section bois : (2 x 113 + 113) x 108 mm / Section métal : 100 x 8 mm

3.2.1 Section bois : (2 x 49 + 78) x 144 mm / Section métal : 90 x 8 mm

3.2.2 Section bois : (2 x 90 + 125) x 144 mm / Section métal : 130 x 8 mm

3.2.3 Section bois : (2 x 140 + 140) x 144 mm / Section métal : 160 x 8 mm

4.1 Assemblage CLT en double cisaillement avec plaque métallique centrale sollicité en traction 2x4

Fermeture de l'assemblage : 1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques

Renforcement de l'assemblage : pas de renforcement d'assemblage

4.1.1 Section bois : 50 x 108 mm \Rightarrow (15/20/15) / Section métal : 8 x 70 mm

4.1.2 Section bois : 90 x 108 mm \Rightarrow (30/30/30) / Section métal : 8 x 70 mm

4.2 Assemblage CLT en double cisaillement avec plaque métallique centrale sollicité en traction 2x4

Fermeture de l'assemblage : 1 vis en extrémité par plan (chevauchement) afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques

Renforcement de l'assemblage : pas de renforcement d'assemblage

4.2.1 Section bois : 50 x 144 mm \Rightarrow (15/20/15) / Section métal : 8 x 90 mm

4.2.2 Section bois : 90 x 144 mm \Rightarrow (30/30/30) / Section métal : 8 x 90 mm

5.1 Assemblage CLT en simple cisaillement avec plaque métallique latérale sollicité en traction 2x4

Fermeture de l'assemblage : 1 boulon de part et d'autre de l'assemblage

Renforcement de l'assemblage : pas de renforcement d'assemblage

5.1.2 Section bois : 28 x 108 mm \Rightarrow (4/20/4) / Section métal : 8 x 70 mm

5.1.3 Section bois : 90 x 108 mm \Rightarrow (30/30/30) / Section métal : 8 x 70 mm

5.2.2 Section bois : 36 x 144 mm \Rightarrow (8/20/8) / Section métal : 8 x 90 mm

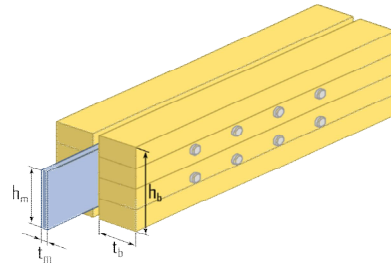
5.2.3 Section bois : 90 x 144 mm \Rightarrow (30/30/30) / Section métal : 8 x 90 mm



1. Assemblage bois en double cisaillement avec plaque métallique en âme sollicité en traction 2x4

1.0. Synthèse de la configuration de l'assemblage

Type d'organes :	Broches diamètre 12 mm
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique d'effort
Renforcement de l'assemblage	4 vis de frettage dans chaque éléments bois en chevauchement par colonne d'organes
Section bois :	2 X 39 X 108 mm
Section métal :	70 X 8 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLC".

1.1. Hypothèses générales

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur caractéristique. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode : d => soit le mode I.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométrique des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5 Justification des vis de renfort
 - 1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1 Eurocode 5
 - 1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2 Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES
 - 1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.7.2. Section métal
- 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
- 1.7.4. Calculs des sections nettes
- 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats
 - 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
 - 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
 - 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
 - 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
 - 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
 - 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
 - 1.9.7. Renforcement
 - 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

Diamètre des organes : $d = 12$ mm tolérance (h7)

* Classe de broche: 8.8

* Résistance en traction des organes :

Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900$ Mpa (données fournisseurs : VIAL FRERES)

Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57$ Mpa (COV 0,03)

* Limite d'élasticité des organes:

Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720$ Mpa (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)

Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26$ Mpa (COV 0,03)

* Moment d'écoulement plastique des organes : (EC5)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot l = 0,3 \cdot 900 \cdot 12^2 \cdot 6 = 172677$ N.mm

Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot l = 0,3 \cdot 947 \cdot 12^2 \cdot 6 = 181613$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Draft)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (f_{u,k}) \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (900) \cdot 12^3 = 233280$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Expérimentale)

Valeur expérimentale $M_{y,Rexp} = 279360$ N.mm

1.3.2. Bois

* Classe de résistance: GL24h (Schneider)

* Masse volumique : (EC5)

Valeur caractéristique: $\rho_k = 385$ kg/m³

Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61$ kg/m³ (COV = 0,15)

Valeur expérimentale : $\rho_{exp} = 467,5$ kg/m³

* Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)

Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500$ Mpa

* Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46$ MPa (COV = 0,15)

* Résistance en cisaillement: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64$ Mpa (COV = 0,15)

* Portance locale parallèle au fil: (EC5 / Draft)

Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 385 = 27,78$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 510,61 = 36,85$ Mpa

Valeur expérimentale : $f_{h,0,exp} = 29,3$ Mpa

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3.3. Métal

* Nuance d'acier: S460

* Module d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)

Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$

* Limite d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)

Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$

* Portance locale parallèle au fil: (Draft)

Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$

* Résistance en traction de la plaque métallique: (EC3)

Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de f_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé « N » $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file

1.4.1. Données géométrique des éléments bois

*Hauteur des éléments bois : $h_b = 108 \text{ mm}$

* Epaisseur des éléments bois : $t_l = 39 \text{ mm}$

1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

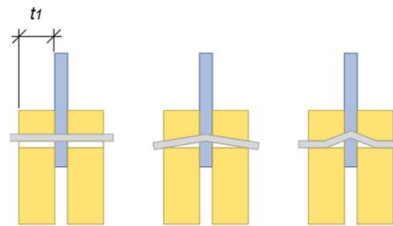
* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$F_{v,Re\text{xp}} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,exp} t_1 d \quad (f) \\ f_{h,exp} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Re\text{xp}}}{f_{h,exp} d t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,exp}}{4} \quad (g) \\ 2\sqrt{M_{y,Re\text{xp}} f_{h,exp} d} + \frac{F_{ax,exp}}{4} \quad (h) \end{array} \right.$$

Le coefficient "1,15" du mode (h) a été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Re\text{xp}} = \min \left\{ \begin{array}{l} 13712 \text{ N mode (f)} \\ 14018 \text{ N mode (g)} \\ 19822 \text{ N mode (h)} \end{array} \right. \quad F_{v,Re\text{xp}} = 13712 \text{ N (mode f)}$$



* Contribution de l'effet de corde:
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2,74$$

$$F_{v,Re\text{xp,ass,fendage}} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Re\text{xp}} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 13,71 = 150,41 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Re\text{xp,ass,plastique}} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Re\text{xp}} = 2 \cdot 8 \cdot 13,71 = 219,4 \text{ kN}$$

1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$f_{h,mean} t_1 d \quad (f)$$

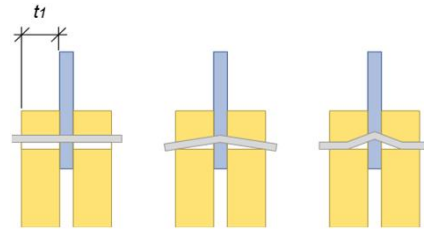
Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{v,Rmean} = \min \left\{ \begin{aligned} & f_{h,mean} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rmean}}{f_{h,mean} dt_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rmean}}{4} \quad (g) \\ & 2\sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,mean}} d + \frac{F_{ax,Rmean}}{4} \quad (h) \end{aligned} \right.$$

Le coefficient "1,15" du mode (h) a été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,rmean} = \min \begin{cases} 17244 \text{ N mode (f)} \\ 13020 \text{ N mode (g)} \\ 17922 \text{ N mode (h)} \end{cases} \quad F_{v,mean} = 13020 \text{ N (mode g)}$$



* Contribution de l'effet de corde:
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a/d)^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (60/(13 \cdot 12))^{1/4}) = 2,74$$

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 13,02 = 142,82 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 13,02 = 208,32 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

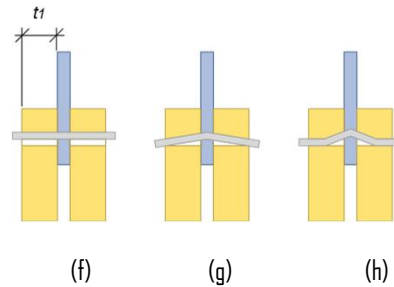
1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,k} t_1 d & (f) \\ f_{h,k} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (h) \end{cases}$$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen) :

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 13002 \text{ N mode (f)} \\ 10839 \text{ N mode (g)} \\ 17451 \text{ N mode (h)} \end{cases} \quad F_{v,Rk} = 10839 \text{ N (mode g)}$$



* Contribution de l'effet de corde :
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a/d)^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (60/13)^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 10.84 = 118.89 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 10.84 = 173.42 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right] + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2 + \beta} \left[\sqrt{\frac{2(1 + \beta)}{\beta} + \frac{4(2 + \beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2(1 + \beta) + \frac{4(1 + 2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1 + \beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

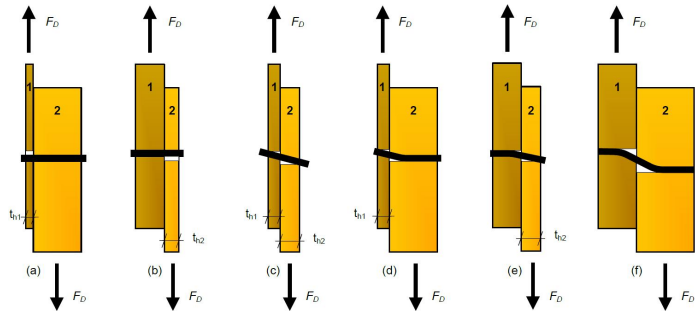
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 39 mm

th2 = 8/2 = 4 mm

$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 600/27,78 = 21,6$

$$F_{v,rk,D} = \min \left\{ \begin{array}{l} 13002 \text{ N mode (a)} \\ 28800 \text{ N mode (b)} \\ 5946 \text{ N mode (c)} \\ 12815 \text{ N mode (d)} \\ 13055 \text{ N mode (e)} \\ 19829 \text{ N mode (f)} \end{array} \right.$$



Note : Les parties métalliques étant considérées dans la partie "2", les modes "c" et "e" ne sont pas considérés

$F_{v,rk,D} = 12815 \text{ N mode : (d)}$

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D} \cdot n) = 2 \cdot (12815 \cdot 2 \cdot 8) = 205,04 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

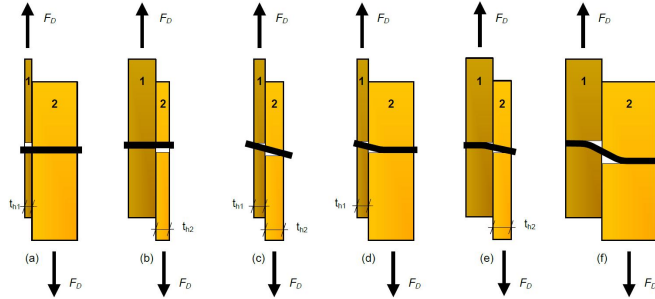
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$th1 = 39 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/29,3 = 20,48$$

$$F_{v,Resp,D} = \min \begin{cases} 13712 \text{ N mode (a)} \\ 28800 \text{ N mode (b)} \\ 6217 \text{ N mode (c)} \\ 14370 \text{ N mode (d)} \\ 14568 \text{ N mode (e)} \\ 22258 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



Note : Les parties métalliques étant considérées dans la partie "2", les modes "c" et "e" ne sont pas considérés

$$F_{v,Resp,D} = 13712 \text{ N mode : (a)}$$

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Resp,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Resp,D-n}) = 2 \cdot (13712,4 \cdot 8) = 219,4 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.5 Justification des vis de renfort

1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

Vis Hecko 4,5X80 => Fournisseur (type Hecko)

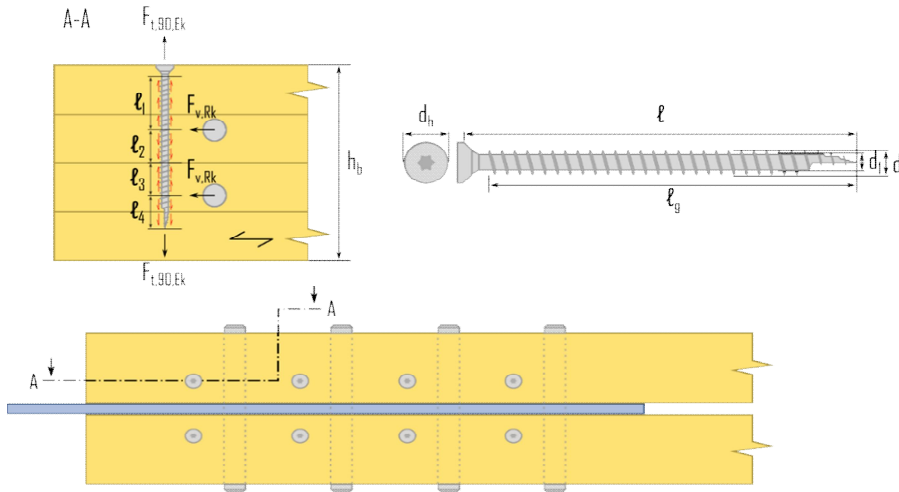
Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 80 \text{ mm}$
$l_g = 80 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 4,5 \text{ mm}$
$d_l = 2,7 \text{ mm}$
$d_h = 8,8 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 12 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 13 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 5,3 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par chevauchement de part et d'autre h_b , par colonne de broches et par plan de cisaillement.



2 ou 4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

$l_1 = a + c = 3 + 36 = 39 \text{ mm}$ en considérant la tête en dehors du bois

$l_2 = a/2 = 36/2 = 18 \text{ mm}$, Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince $a/2$

$l_4 = l - h_b/2 - a/2 = 80 - 108/2 - 36/2 = 8 \text{ mm}$

Note : pour les valeurs de pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

* Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^{\circ},k} = f_{ax,90^{\circ},k} \cdot d \cdot l_{i,\min} = 12 \cdot 4,5 \cdot 36 = 1,94 \text{ kN}$$

* Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} \cdot A = 5,3 \cdot 13 = 68,9 \text{ kN}$$

* Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((8,8^2 - 2,7^2)/4) \cdot 13 = 0,72 \text{ kN} \quad \text{Justification à titre indicatif}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

* Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement:

$$F_v, R_k = 10,84 \text{ kN}$$

* Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_t, 90, R_k = 0,3 \cdot F_v, R_k = 0,3 \cdot 10,839 = 3,25 \text{ kN}$$

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$R_{renf, k} = \min(\max(R_{ax, 90^\circ}, k; R_{head, k}) R_{tens, k}) \geq F_t, 90, E_k / n_{vis}$

$$R_{renf, k} = \min(\max(1,94; 0,72); 5,3) = 1,94 \text{ kN}$$

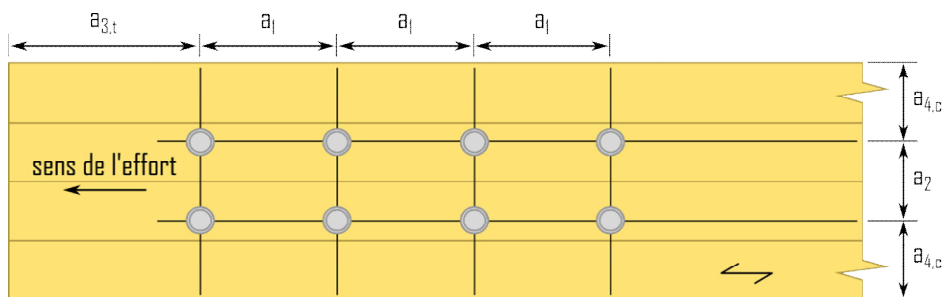
$$F_t, 90, E_k / n_{vis} = 3,25 / 2 = 1,63 \text{ kN}$$

=> 1 vis de part et d'autre de la broche

$$R_{renf, k} > 0,3 \cdot F_v, R_k = 1,94 > 1,63 \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

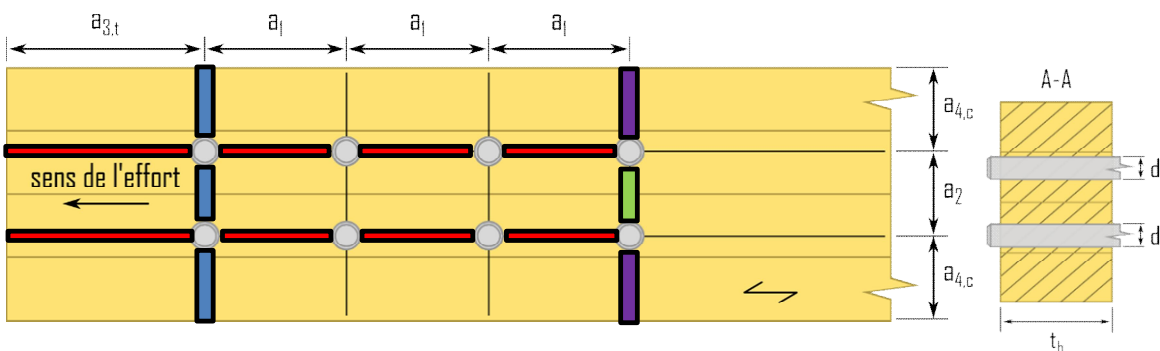
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 12; 80 \text{ mm}) = 84 \text{ mm}$$





* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

	$A_{net,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot tb = (108 - 2 \cdot 12) \cdot 39 = 3276 \text{ mm}^2$
	$L_{net,v} = 2 \cdot a3,t + 2 \cdot (nc - l) \cdot (al - d) - d = 2 \cdot 84 + 2 \cdot (4 - l) \cdot (60 - 12) - 12 = 444 \text{ mm}$ $A_{net,v} = L_{net,v} \cdot tb = 444 \cdot 39 = 17316 \text{ mm}^2$
	$L_{net,t,int} = (nr - l) \cdot (a2 - d) = (2 - l) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$ $A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot tb = 24 \cdot 39 = 936 \text{ mm}^2$
	$L_{net,t,ext} = hb - d - (nr - l) \cdot a2 = 108 - 12 - (2 - l) \cdot 36 = 60 \text{ mm}$ $A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot tl = 60 \cdot 39 = 2340 \text{ mm}^2$

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left(\min \begin{cases} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot ft_{0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot fv_{mean} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot ft_{0,mean} \end{cases} \right) = 2 \cdot \max \left(\min \begin{cases} 1,25 \cdot 2340 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 17316 \cdot 4,64 \\ 1,25 \cdot 936 \cdot 25,46 \end{cases} \right) = 2 \cdot \max \left(\min \begin{cases} 74483 \\ 56266 \\ 29793 \end{cases} \right)$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 112,53 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b} \cdot ft_{0,mean} = 2 \cdot 3276 \cdot 25,46 = 166,84 \text{ kN}$

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left(\min \begin{cases} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot ft_{0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot fv_k \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot ft_{0,k} \end{cases} \right) = 2 \cdot \max \left(\min \begin{cases} 1,25 \cdot 2340 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 17316 \cdot 3,5 \\ 1,25 \cdot 936 \cdot 19,2 \end{cases} \right) = 2 \cdot \max \left(\min \begin{cases} 56160 \\ 42424 \\ 22464 \end{cases} \right)$$

$F_{bs,Rk,ass} = 84,85 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette ECS

$F_{t,0,Rk,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b} \cdot ft_{0,k} = 2 \cdot 3276 \cdot 19,2 = 125,8 \text{ kN}$

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Epaisseur efficace $t_{ef}(e_l)$

Pénétration total de l'organe

Mode de rupture : mode (d)

$L_{p,0}/d = 39/12 = 3,25 > 3 \Rightarrow t_{ef}(e_l) = \max(0,76 - L_{p,0}/(30d); 0,2) \cdot tl = 25,42 \text{ mm}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Longueur nette cisailée extérieure aux organes

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 60 \cdot (4 - 1) + 84 = 264 \text{ mm}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Longueur nette cisailée

$$L_{net} = (n_c - 1) \cdot a + 3 \cdot t - (n_c - 0,5) \cdot d_0 = (4 - 1) \cdot 60 + 84 - (4 - 0,5) \cdot 12 = 222 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean} / E_{0,mean}} = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{650 / 11500} = 0,73$$

Coefficient k_t

$$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean} / E_{0,mean}} = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{650 / 11500} = 1,23$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,1,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 25,42 \cdot 264 \cdot 3,5 = 17,21 \text{ kN}$$

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR

Résistance par plan

$$F_{rs,k,plan} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,1,k} = 2 \cdot 2 \cdot 17,21 = 68,84 \text{ kN/plan}$$

Résistance totale

$$F_{rs,k} = n_{plan} \cdot F_{rs,k,plan} = 2 \cdot 68,84 = 137,68 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR

Hauteur nette en traction

$$b_{net} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,1,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 25,42 \cdot 264 \cdot 3,5 = 17,21 \text{ kN}$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,k} = k_t \cdot b_{net} \cdot t_{ef} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 24 \cdot 25,42 \cdot 19,2 = 14,44 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,k/plan} = 2 \cdot F_{v,1,k} + F_{t,k} = 2 \cdot 17,21 + 14,44 = 48,86 \text{ kN}$$

$$F_{bs,k} = n_{plan} \cdot F_{bs,k/plan} = 2 \cdot 48,86 = 97,71 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING

$$F_{sp,k}/file/plan = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (222 + 2 \cdot 12) \cdot 25,42 \cdot 0,5 = 6,56 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k} = F_{sp,k}/file/plan \cdot 2 = 6,56 \cdot 2 = 13,12 \text{ kN}$$

L'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage (supposition)

$$F_{sp,k} = F_{sp,k}/0,3 = 13,12 / 0,3 = 43,73 \text{ kN}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

$$F_{br,Rk,fendage} = \min(F_{sp,Rk}; F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(43,73; 97,71; 137,68) = 43,73 \text{ kN}$$

Sans fendage

$$F_{br,Rk} = \min(F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(97,71; 137,68) = 97,71 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser.organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d^{12/23} = 420^{1,5} \cdot 12^{12/23} = 4490,84 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser.ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser.organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 4490,84 = 143,71 \text{ kN/mm}$$

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

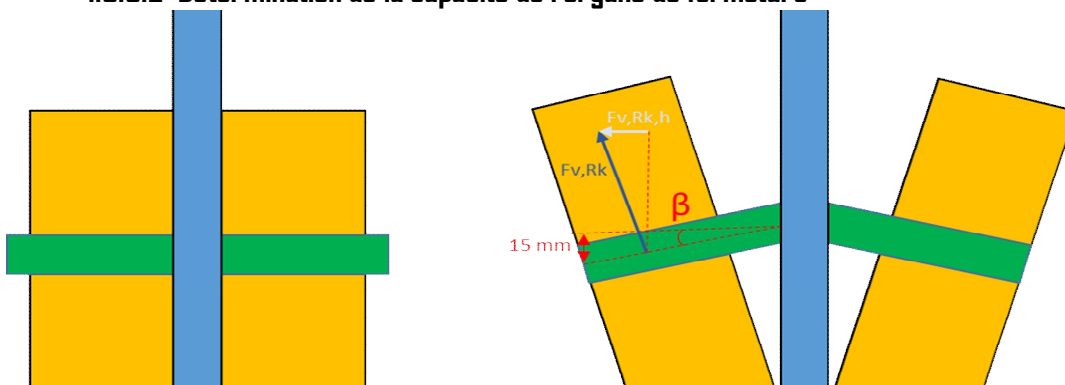
1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

Fermeture de l'assemblage par vis traversante
ESCRFTC8.0x140 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 140 \text{ mm}$
$l_g = 140 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 8 \text{ mm}$
$d_l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.5), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 84,85 kN et K la raideur totale de l'assemblage.

La broche se plie avec un angle de $\beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{broche}/2)) = \text{Arctan}((84,85/143,71)/(86/2)) = 0,79^\circ$

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage:

Effort maximum que peut transmettre une broche :

$$F_{v,Rk} = 10,84 \text{ kN} \quad \text{Voir partie 1.4.3}$$

Effort horizontale qui ouvre l'assemblage :

$$F_{v,Rk,h} = \sin(\beta) \cdot F_{v,Rk} = \sin(0,79) \cdot 10838,53 = 148,81 \text{ N}$$

Effort total auquel est soumis l'assemblage :

$$F_{v,Rk,H} = n \cdot F_{v,Rk,h} = 8 \cdot 148,81 = 1190,47 \text{ N}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la vis :

$$\text{Air nette de la vis : } A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Traction de la vis : } F_{t,Rk} = f_{tens} = 24100 \text{ N}$$

$$\text{Cisaillement dans le bois : } F_{ax,Rk} = f_{ax,90,k} \cdot d_s \cdot t_l = 13,1 \cdot 8 \cdot 39 = 4087,2 \text{ N}$$

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$$

$$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 4,09) \cdot 1 > 1,19 \text{ kN}$$

Il faut donc disposer de 1 vis ESCRFTC8.0x140 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES

Fendage

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 10,84 = 118,89 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 10838,53 = 173,42 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,Rk,ass} = 84,85 \text{ kN rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_{t,0,Rk,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b-ft,0,k} = 2 \cdot 3276 \cdot 19,2 = 125,8 \text{ kN}$$

1.6.10.2 Valeurs MOYENNES

Fendage

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 13,02 = 142,82 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 13019,96 = 208,32 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,Rmean,ass} = 112,53 \text{ kN rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b-ft,0,mean} = 2 \cdot 3276 \cdot 25,46 = 166,84 \text{ kN}$$

1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES

Fendage

$$F_{v,Rexp,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 13,71 = 150,41 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rexp,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 13,71 = 219,4 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Plastique majorée

$$F_v, R_{major, ass, plastique} = F_v, R_{mean, ass, plastique} \cdot 1,2 = 208,32 \cdot 1,2 = 249,98 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

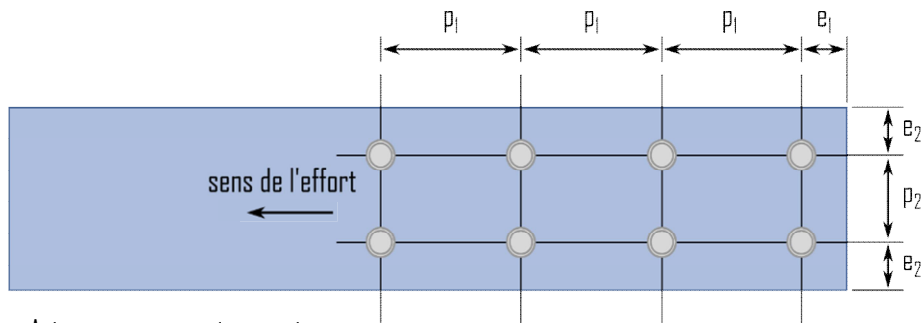
$$F_{bs}, R_{major, ass} = F_{bs}, R_{mean, ass} \cdot 1,2 = 112,53 \cdot 1,2 = 135,04 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_{t, D}, R_{major, ass, traction} = F_{t, D}, R_{mean, ass, traction} \cdot 1,2 = 166,84 \cdot 1,2 = 200,21 \text{ kN}$$

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

* Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

* Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$dD = d + j = 12 + 0,6 = 12,6 \text{ mm}$$

* Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (2.2dD \leq p1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p1 = 60 \text{ mm}$$

* Pas transversal

$$\text{Critère } (2.4dD \leq p2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p2 = 36 \text{ mm}$$

* Distance au bord :

$$\text{Critère } (1.2dD \leq e1) \quad e1 = 16 \text{ mm}$$

* Distance au bord :

$$\text{Critère } (1.2dD \leq e2) \quad e2 = 17 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

* Hauteur de la plaque métallique : $h_m = 70 \text{ mm}$

* Épaisseur de la plaque métallique : $t_m = 8 \text{ mm}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5\right)$$

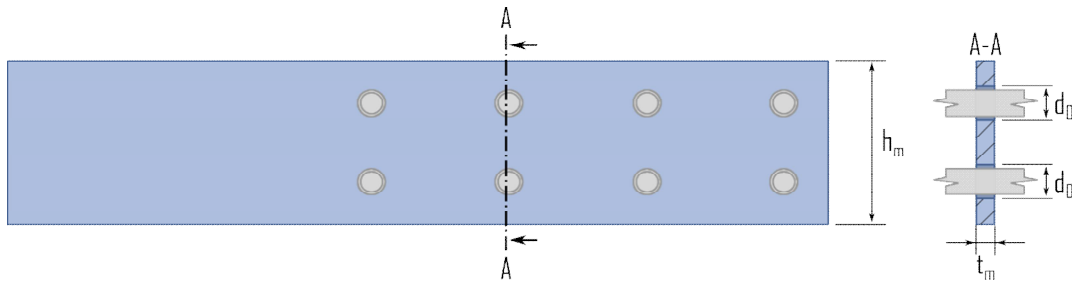
$$k1 = \min(2.8 \cdot 17/12.6 - 1.7; 1.4 \cdot 36/12.6 - 1.7; 2.5) = 2.08$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1\right)$$

$$\alpha_b = \min(16/(3 \cdot 12.6); 60/(3 \cdot 12.6) - 0.25; 900/540; 1) = 0.42$$

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2.08 \cdot 0.42 \cdot 540 \cdot 12.8 = 364.74 \text{ kN}$$

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (70 - 2 \cdot 12.6) \cdot 8 = 358.4 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0.9 \cdot A_{net,m} \cdot f_{u,k,m} = 0.9 \cdot 358 \cdot 540 = 174.18 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 70 \cdot 8 \cdot 460 = 257.6 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

$$* \text{ Bois : } 2 \cdot E_{0,mean} \cdot h_b \cdot t_l = 2 \cdot 11500 \cdot 108 \cdot 39 = 96876 \text{ kN}$$

$$* \text{ Métal : } E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m = 210000 \cdot 70 \cdot 8 = 117600 \text{ kN}$$

$$\text{Écart de rigidité } ((\text{Métal-Bois})/\text{Métal}) = 17.62 \%$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois ECS CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique} = 173,42 \text{ kN}$	173,42 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage} = 118,89 \text{ kN}$	118,89 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass} = 84,85 \text{ kN}$	84,85 kN
Traction nette $F_t, D, R_k, \text{ass}, \text{traction} = 125,8 \text{ kN}$	125,80 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique}, D = 205,04 \text{ kN}$	205,04 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage}, D = 87,53 \text{ kN}$	87,53 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass}, D = 97,71 \text{ kN}$	97,71 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique}, D = 219,4 \text{ kN}$	219,40 kN
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

1.9.4. Bois ECS EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique} = 219,4 \text{ kN}$	219,40 kN
Fendage $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{fendage}, = 150,41 \text{ kN}$	150,41 kN

1.9.5. Bois ECS MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{plastique} = 208,32 \text{ kN}$	208,32 kN
Fendage $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{fendage} = 142,82 \text{ kN}$	142,82 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{\text{mean}}, \text{ass} = 112,53 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement	112,53 kN

Traction nette

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = 166,84 \text{ kN}$ 166,84 kN

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Cisaillement plastique majoré

$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = 249,98 \text{ kN}$ 249,98 kN

Rupture de bloc majorée

$F_{bs,Rmajor,ass} = 135,04 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement 135,04 kN

Traction nette majorée

$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = 200,21 \text{ kN}$ 200,21 kN

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

4 vis de frettage dans chaque éléments bois par chevauchement, par colonne d'organes

$R_{renf,k} = \min(\max(F_{head,E,k}; R_{ax,90^\circ}); F_{tens,E,k}) > F_{t,90,mean}$

$R_{renf,k} = \min(\max(0,97; 0,36); 2,65) = 0,97 \text{ kN} > 3,91 \text{ kN}$ Frettage possible, rupture par fendage impossible

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique d'effort

$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$

$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 4,09) \cdot 1 > 1,19 \text{ kN}$

1.9.8. Métal

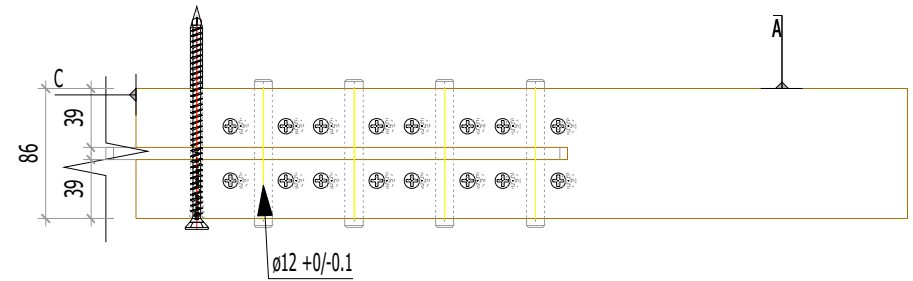
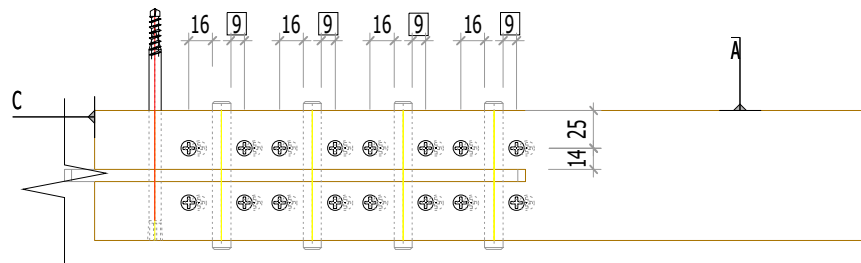
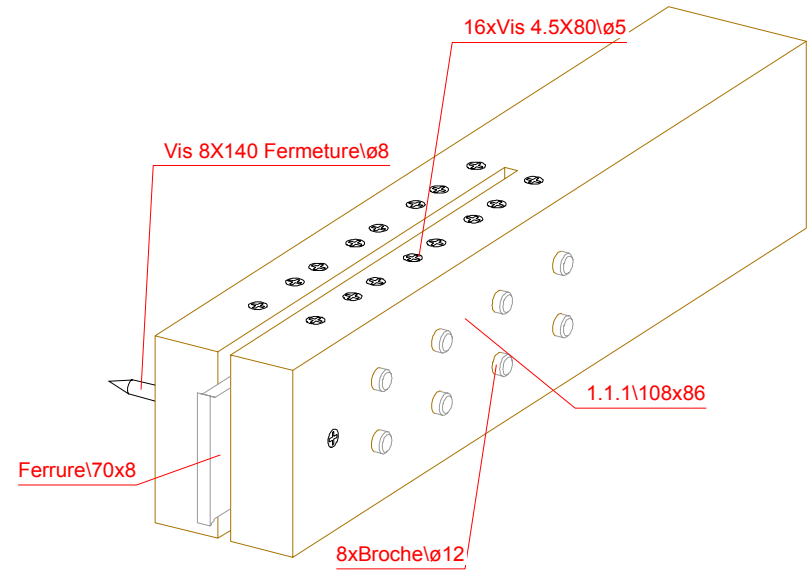
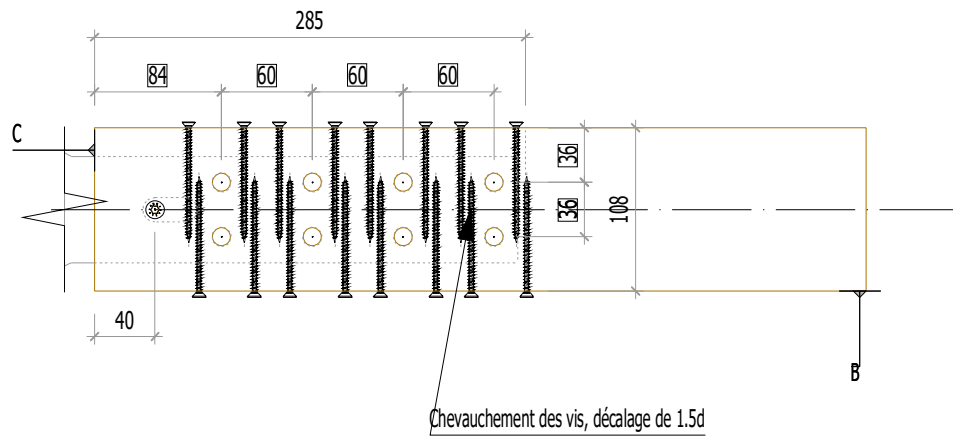
Pression diamétrale

$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u \cdot k_m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,08 \cdot 0,42 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 364,74 \text{ kN}$ 364,7 kN

Section nette

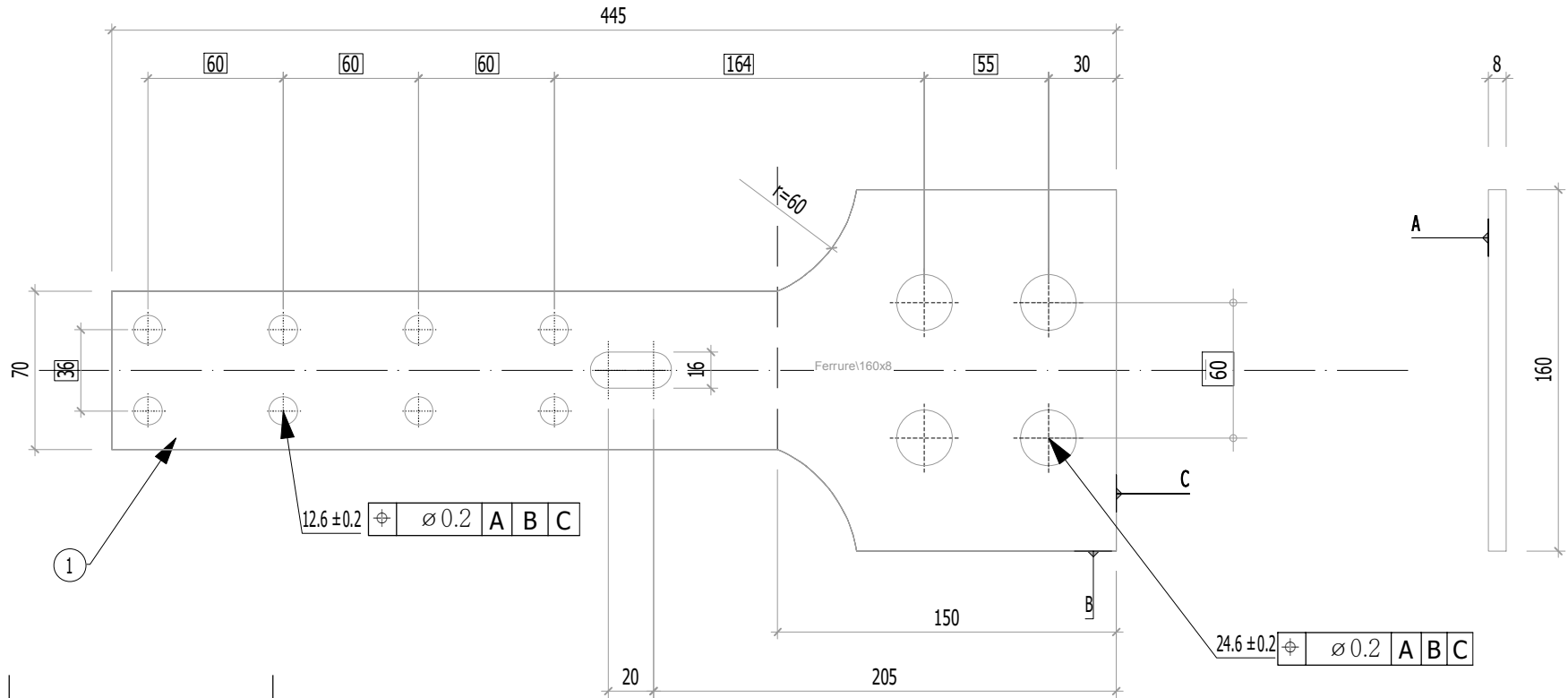
$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{nt,m} \cdot f_u \cdot k_m = 0,9 \cdot 358 \cdot 540 = 174,18 \text{ kN}$ 174,2 kN

$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_y \cdot \text{mean},m = 70 \cdot 8 \cdot 460 = 257,6 \text{ kN}$ 257,6 kN



1.1.1

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



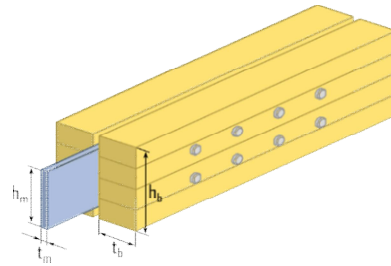
1		34	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0425205 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent			X ^{+0.5} _{-0.5}	Ra12.5 <small>indicateurs coniques</small>
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Echelle: 1: 3
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			2.670 kg	Dessinateur: ALBERT LEO Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F1.1.1/4.1.1/4.1.2

1. Assemblage bois en double cisaillement avec plaque métallique en âme sollicité en traction 2x4

1.0. Synthèse de la configuration de l'assemblage

Type d'organes :	Broches diamètre 12 mm
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique d'effort
Renforcement de l'assemblage	2 vis de fretage dans chaque éléments bois par colonne d'organes
Section bois :	2 X 78 X 108 mm
Section métal :	80 X 8 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLC".

1.1. Hypothèses générales

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur caractéristique. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode : d => soit le mode I.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométrique des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5 Justification des vis de renfort
 - 1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1 Eurocode 5
 - 1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2 Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES
 - 1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.7.2. Section métal
- 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
- 1.7.4. Calculs des sections nettes
- 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats
 - 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
 - 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
 - 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
 - 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
 - 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
 - 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
 - 1.9.7. Renforcement
 - 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

Diamètre des organes : $d = 12 \text{ mm}$ tolérance (h7)

* Classe de broche: 8.8

* Résistance en traction des organes :

Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900 \text{ Mpa}$ (données fournisseurs : VIAL FRERES)

Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)

* Limite d'élasticité des organes:

Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720 \text{ Mpa}$ (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)

Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)

* Moment d'écoulement plastique des organes : (EC5)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot l = 0,3 \cdot 900 \cdot 12^2 \cdot 6 = 172677 \text{ N.mm}$

Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot l = 0,3 \cdot 947 \cdot 12^2 \cdot 6 = 181613 \text{ N.mm}$

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Draft)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (f_{u,k}) \cdot d^3 \cdot l = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (900) \cdot 12^3 \cdot 6 = 233280 \text{ N.mm}$

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Expérimentale)

Valeur expérimentale $M_{y,Rexp} = 279360 \text{ N.mm}$

1.3.2. Bois

* Classe de résistance: GL24h (Schneider)

* Masse volumique : (EC5)

Valeur caractéristique: $\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$

Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61 \text{ kg/m}^3$ (COV = 0,15)

Valeur expérimentale : $\rho_{exp} = 467,5 \text{ kg/m}^3$

* Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)

Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500 \text{ Mpa}$

* Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2 \text{ Mpa}$

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46 \text{ MPa}$ (COV = 0,15)

* Résistance en cisaillement: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5 \text{ Mpa}$

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64 \text{ Mpa}$ (COV = 0,15)

* Portance locale parallèle au fil: (EC5 / Draft)

Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 385 = 27,78 \text{ Mpa}$

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 510,61 = 36,85 \text{ Mpa}$

Valeur expérimentale : $f_{h,0,exp} = 29,3 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3.3. Métal

* Nuance d'acier: S460

* Module d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)

Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$

* Limite d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)

Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$

* Portance locale parallèle au fil: (Draft)

Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$

* Résistance en traction de la plaque métallique: (EC3)

Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de f_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé « N » $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file

1.4.1. Données géométrique des éléments bois

*Hauteur des éléments bois : $h_b = 108 \text{ mm}$

* Epaisseur des éléments bois : $t_l = 78 \text{ mm}$

1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

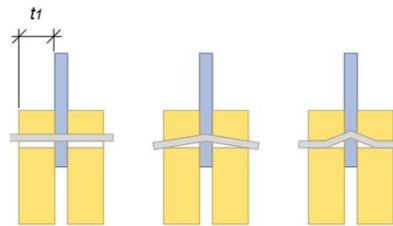
* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$F_{v,Re\text{xp}} = \min \begin{cases} f_{h,exp} t_1 d & (f) \\ f_{h,exp} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Re\text{xp}}}{f_{h,exp} d t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,exp}}{4} & (g) \\ 2\sqrt{M_{y,Re\text{xp}} f_{h,exp} d} + \frac{F_{ax,exp}}{4} & (h) \end{cases}$$

Le coefficient "1,15" du mode (h) a été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Re\text{xp}} = \min \begin{cases} 27425 \text{ N mode (f)} \\ 16131 \text{ N mode (g)} \\ 19822 \text{ N mode (h)} \end{cases} \quad F_{v,Re\text{xp}} = 16131 \text{ N (mode g)}$$



* Contribution de l'effet de corde:
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2,74$$

$$F_{v,Re\text{xp,ass,fendage}} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Re\text{xp}} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 16,13 = 176,95 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Re\text{xp,ass,plastique}} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Re\text{xp}} = 2 \cdot 8 \cdot 16,13 = 258,1 \text{ kN}$$

1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$\begin{cases} f_{h,mean} t_1 d & (f) \end{cases}$$

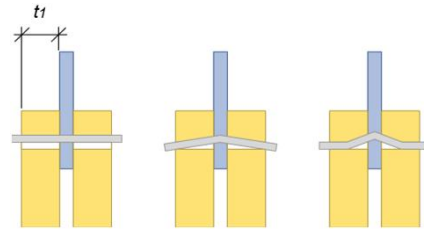
Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{v,Rmean} = \min \left\{ \begin{aligned} & f_{h,mean} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rmean}}{f_{h,mean} dt_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rmean}}{4} \quad (g) \\ & 2\sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,mean}} d + \frac{F_{ax,Rmean}}{4} \quad (h) \end{aligned} \right.$$

Le coefficient "1,15" du mode (h) a été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,rmean} = \min \begin{cases} 34488 \text{ N mode (f)} \\ 17474 \text{ N mode (g)} \\ 17922 \text{ N mode (h)} \end{cases} \quad F_{v,mean} = 17474 \text{ N (mode g)}$$



* Contribution de l'effet de corde:
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a/d)^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (60/(13 \cdot 12))^{1/4}) = 2,74$$

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 17,47 = 191,67 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 17,47 = 279,58 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

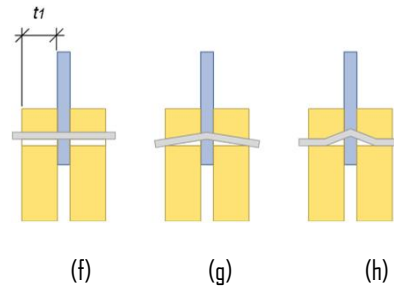
1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,k} t_1 d & (f) \\ f_{h,k} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (h) \end{cases}$$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen) :

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 26004 \text{ N mode (f)} \\ 13779 \text{ N mode (g)} \\ 17451 \text{ N mode (h)} \end{cases} \quad F_{v,Rk} = 13779 \text{ N (mode g)}$$



* Contribution de l'effet de corde :
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a/d)^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (60/13)^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 13.78 = 151.14 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 13.78 = 220.46 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1+\beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right] + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2+\beta} \left[\sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta} + \frac{4(2+\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2(1+\beta) + \frac{4(1+2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1+\beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

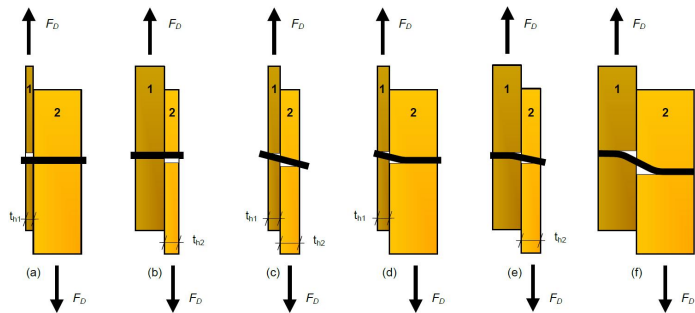
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 78 mm

th2 = 8/2 = 4 mm

$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 600/27,78 = 21,6$

$$F_{v,rk,D} = \min \left\{ \begin{array}{l} 26004 \text{ N mode (a)} \\ 28800 \text{ N mode (b)} \\ 10827 \text{ N mode (c)} \\ 15268 \text{ N mode (d)} \\ 13055 \text{ N mode (e)} \\ 19829 \text{ N mode (f)} \end{array} \right.$$



Note : Les parties métalliques étant considérées dans la partie "2", les modes "c" et "e" ne sont pas considérés

$F_{v,rk,D} = 15268 \text{ N mode : (d)}$

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D} \cdot n) = 2 \cdot (15268 \cdot 8) = 244,29 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

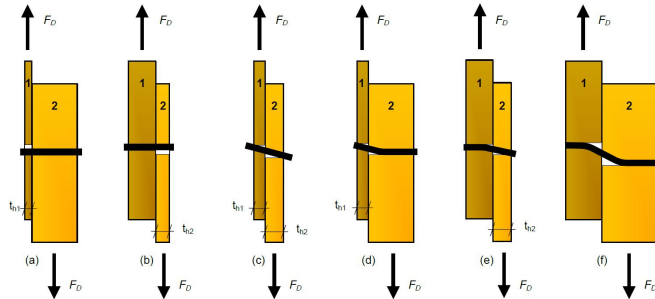
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$th1 = 78 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/29,3 = 20,48$$

$$F_{v,Rep,D} = \min \begin{cases} 27425 \text{ N mode (a)} \\ 28800 \text{ N mode (b)} \\ 11387 \text{ N mode (c)} \\ 16641 \text{ N mode (d)} \\ 14568 \text{ N mode (e)} \\ 22258 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



Note : Les parties métalliques étant considérées dans la partie "2", les modes "c" et "e" ne sont pas considérés

$$F_{v,Rep,D} = 16641 \text{ N mode : (d)}$$

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rep,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rep,D} \cdot n) = 2 \cdot (16641 \cdot 8) = 266,26 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.5 Justification des vis de renfort

1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

Vis Hecko 6X120 => Fournisseur (type Hecko)

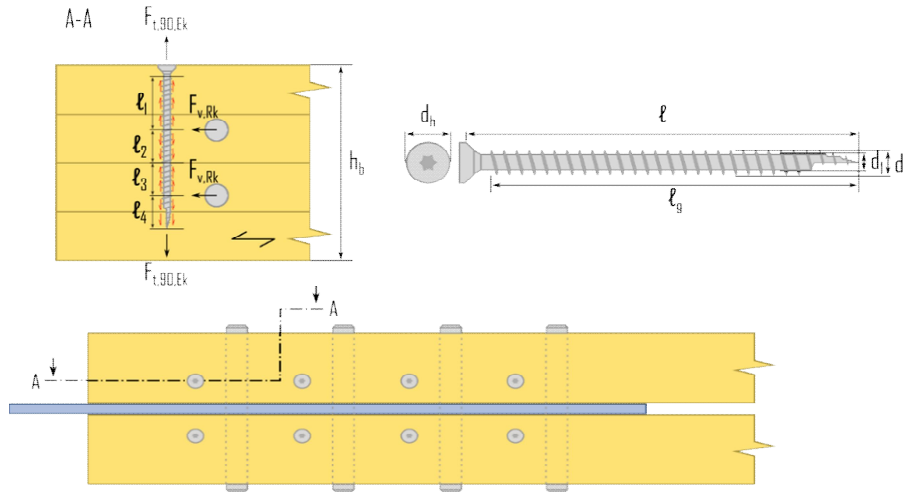
Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 120 \text{ mm}$
$l_g = 120 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 6 \text{ mm}$
$d, l = 2,7 \text{ mm}$
$d_h = 9,6 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 11,5 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 13 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 5,3 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broches par plan de cisaillement.



2 ou 4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

$l_1 = a_{4,c} = 3 \cdot d = 36$ mm en considérant la tête en dehors du bois

$l_2 = a/2 = 36/2 = 18$ mm, Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince $a/2$

$l_4 = l - h_b/2 - a/2 = 120 - 108/2 - 36/2 = 48$ mm

Note : pour les valeurs de pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

* Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^{\circ},k} = f_{ax,90^{\circ},k} \cdot d \cdot l_{i,\min} = 11,5 \cdot 6 \cdot 36 = 2,48 \text{ kN}$$

* Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} \cdot A = 5,3 \cdot 13 = 69,4 \text{ kN}$$

* Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((9,6^2 - 2,7^2)/4) \cdot 13 = 0,87 \text{ kN} \quad \text{Justification à titre indicatif}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

* Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement:

$$F_v, R_k = 13,78 \text{ kN}$$

* Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_t, 90, R_k = 0,3 \cdot F_v, R_k = 0,3 \cdot 13,779 = 4,13 \text{ kN}$$

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$$R_{renf, k} = \min(\max(R_{ax, 90^\circ, k}; R_{head, k}); R_{tens, k}) \geq F_t, 90, E_k / n_{vis}$$

$$R_{renf, k} = \min(\max(2,48; 0,87); 5,3) = 2,48 \text{ kN}$$

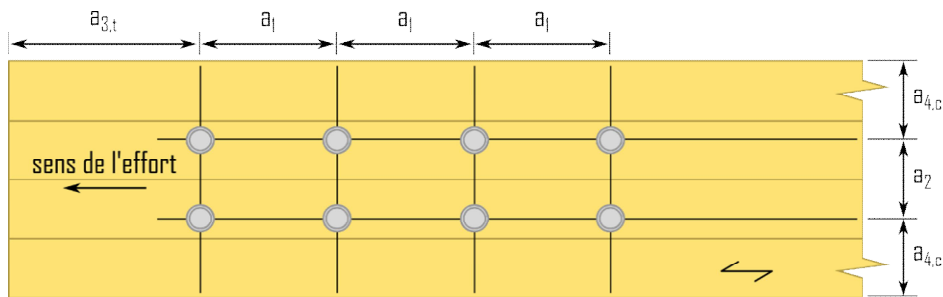
$$F_t, 90, E_k / n_{vis} = 4,13 / 2 = 2,07 \text{ kN}$$

=> 1 vis de part et d'autre de la broche

$$R_{renf, k} > 0,3 \cdot F_v, R_k = 2,48 > 2,07 \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

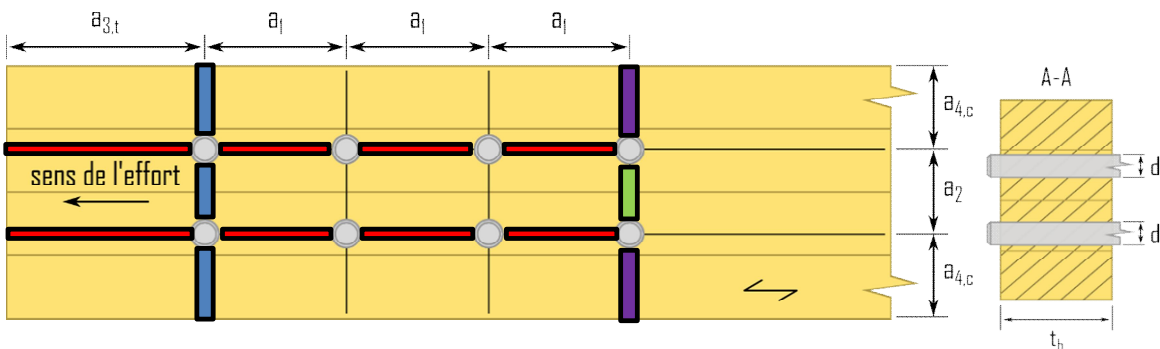
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 12; 80 \text{ mm}) = 84 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

	$A_{net,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot tb = (108 - 2 \cdot 12) \cdot 78 = 6552 \text{ mm}^2$
	$L_{net,v} = 2 \cdot a3,t + 2 \cdot (nc - l) \cdot (al - d) - d = 2 \cdot 84 + 2 \cdot (4 - l) \cdot (60 - 12) - 12 = 444 \text{ mm}$ $A_{net,v} = L_{net,v} \cdot tb = 444 \cdot 78 = 34632 \text{ mm}^2$
	$L_{net,t,int} = (nr - l) \cdot (a2 - d) = (2 - l) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$ $A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot tb = 24 \cdot 78 = 1872 \text{ mm}^2$
	$L_{net,t,ext} = hb - d - (nr - l) \cdot a2 = 108 - 12 - (2 - l) \cdot 36 = 60 \text{ mm}$ $A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot tl = 60 \cdot 78 = 4680 \text{ mm}^2$

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot f_{t,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot f_{v,mean} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot f_{t,0,mean} \end{array} \right. \\ 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 4680 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 34632 \cdot 4,64 \\ 1,25 \cdot 1872 \cdot 25,46 \end{array} \right. \end{array} \right. = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 148966 \\ 112531 \\ 59586 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 225,06 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b} \cdot f_{t,0,mean} = 2 \cdot 6552 \cdot 25,46 = 333,68 \text{ kN}$

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot f_{t,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot f_{v,k} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot f_{t,0,k} \end{array} \right. \\ 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 4680 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 34632 \cdot 3,5 \\ 1,25 \cdot 1872 \cdot 19,2 \end{array} \right. \end{array} \right. = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 112320 \\ 84848 \\ 44928 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rk,ass} = 169,7 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette ECS

$F_{t,0,Rk,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b} \cdot f_{t,0,k} = 2 \cdot 6552 \cdot 19,2 = 251,6 \text{ kN}$

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Epaisseur efficace $t_{ef}(e_l)$

Pénétration total de l'organe

Mode de rupture : mode(d)

$L_{p,0}/d = 78/12 = 6,5 > 3 \Rightarrow t_{ef}(e_l) = \max(0,76 - L_{p,0}/(30d); 0,2) \cdot tl = 42,38 \text{ mm}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Longueur nette cisailée extérieure aux organes

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 60 \cdot (4 - 1) + 84 = 264 \text{ mm}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Longueur nette cisailée

$$L_{net} = (n_c - 1) \cdot a + 3 \cdot t - (n_c - 0,5) \cdot d_0 = (4 - 1) \cdot 60 + 84 - (4 - 0,5) \cdot 12 = 222 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean} / E_{0,mean}} = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{650 / 11500} = 0,73$$

Coefficient k_t

$$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean} / E_{0,mean}} = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{650 / 11500} = 1,23$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,1,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 42,38 \cdot 264 \cdot 3,5 = 28,7 \text{ kN}$$

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR

Résistance par plan

$$F_{rs,k,plan} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,1,k} = 2 \cdot 2 \cdot 28697,38 = 114,79 \text{ kN/plan}$$

Résistance totale

$$F_{rs,k} = n_{plan} \cdot F_{v,1,k} = 2 \cdot 114,79 = 229,58 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR

Hauteur nette en traction

$$b_{net} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,1,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 42,38 \cdot 264 \cdot 3,5 = 28,7 \text{ kN}$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,k} = k_t \cdot b_{net} \cdot t_{ef} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 24 \cdot 42,38 \cdot 19,2 = 24,08 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,k/plan} = 2 \cdot F_{v,1,k} + F_{t,k} = 2 \cdot 28,7 + 24,08 = 81,47 \text{ kN}$$

$$F_{bs,k} = n_{plan} \cdot F_{bs,k/plan} = 2 \cdot 81,47 = 162,94 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING

$$F_{sp,k} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (222 + 2 \cdot 12) \cdot 42,38 \cdot 0,5 = 10,95 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} \cdot n_r \cdot 2 = 10,95 \cdot 2 \cdot 2 = 43,79 \text{ kN}$$

L'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage (supposition)

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} / 0,3 = 43,79 / 0,3 = 145,96 \text{ kN}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

$$F_{br,Rk,fendage} = \min(F_{sp,Rk}; F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(145,96; 162,94; 229,58) = 145,96 \text{ kN}$$

Sans fendage

$$F_{br,Rk} = \min(F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(162,94; 229,58) = 162,94 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser.organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 12 / 23 = 4490,84 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser.ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser.organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 4490,84 = 143,71 \text{ kN/mm}$$

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

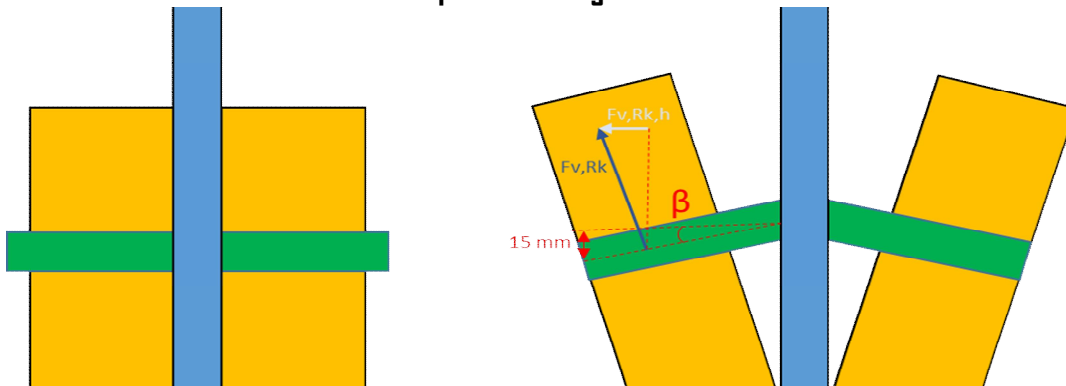
1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

Fermeture de l'assemblage par vis traversante
ESCRFTC8.0x180 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 180 \text{ mm}$
$l_g = 180 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 8 \text{ mm}$
$d_l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.5), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 169,7 kN et K la raideur totale de l'assemblage.

$$\text{La broche se plie avec un angle de } \beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{broche}/2)) = \text{Arctan}((169,7/143,71)/(164/2)) = 0,83^\circ$$

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage:

Effort maximum que peut transmettre une broche :

$$F_{v,Rk} = 13,78 \text{ kN} \quad \text{Voir partie 1.4.3}$$

Effort horizontale qui ouvre l'assemblage :

$$F_{v,Rk,h} = \sin(\beta) \cdot F_{v,Rk} = \sin(0,83) \cdot 13778,83 = 198,4 \text{ N}$$

Effort total auquel est soumis l'assemblage :

$$F_{v,Rk,H} = n \cdot F_{v,Rk,h} = 8 \cdot 198,4 = 1587,23 \text{ N}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la vis :

$$\text{Air nette de la vis : } A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Traction de la vis : } F_{t,Rk} = f_{tens} = 24100 \text{ N}$$

$$\text{Cisaillement dans le bois : } F_{ax,Rk} = f_{ax,90,k} \cdot d_s \cdot t_l = 13,1 \cdot 8 \cdot 78 = 8174,4 \text{ N}$$

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$$

$$R_{ax,ferm,k} = \min(24100; 8174,4) \cdot 1 > 1,59 \text{ kN}$$

Il faut donc disposer de 1 vis ESCRFTC8.0x180 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES

Fendage

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 13,78 = 151,14 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 13778,83 = 220,46 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,Rk,ass} = 169,7 \text{ kN rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_{t,0,Rk,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b-ft,0,k} = 2 \cdot 6552 \cdot 19,2 = 251,6 \text{ kN}$$

1.6.10.2 Valeurs MOYENNES

Fendage

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 17,47 = 191,67 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 17473,77 = 279,58 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,Rmean,ass} = 225,06 \text{ kN rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b-ft,0,mean} = 2 \cdot 6552 \cdot 25,46 = 333,68 \text{ kN}$$

1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES

Fendage

$$F_{v,Rexp,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 16,13 = 176,95 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rexp,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 16,13 = 258,1 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Plastique majorée

$$F_v, R_{major, ass, plastique} = F_v, R_{mean, ass, plastique} \cdot 1,2 = 279,58 \cdot 1,2 = 335,5 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

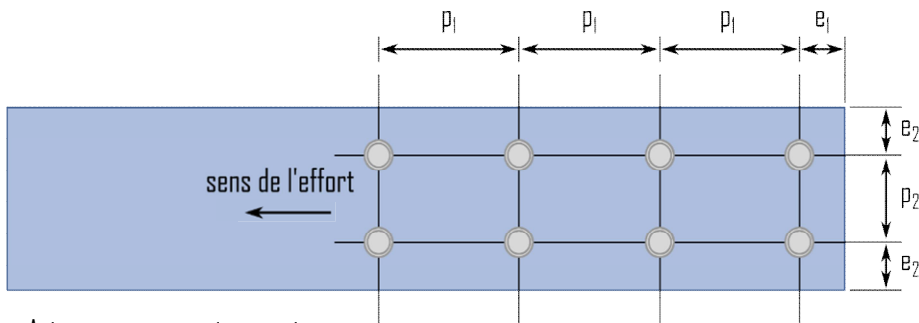
$$F_{bs}, R_{major, ass} = F_{bs}, R_{mean, ass} \cdot 1,2 = 225,06 \cdot 1,2 = 270,07 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_{t, D}, R_{major, ass, traction} = F_{t, D}, R_{mean, ass, traction} \cdot 1,2 = 333,68 \cdot 1,2 = 400,42 \text{ kN}$$

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

* Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

* Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$d0 = d + j = 12 + 0,6 = 12,6 \text{ mm}$$

* Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (2.2d0 \leq p1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p1 = 60 \text{ mm}$$

* Pas transversal

$$\text{Critère } (2.4d0 \leq p2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p2 = 36 \text{ mm}$$

* Distance au bord :

$$\text{Critère } (1.2d0 \leq e1) \quad e1 = 16 \text{ mm}$$

* Distance au bord :

$$\text{Critère } (1.2d0 \leq e2) \quad e2 = 22 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

* Hauteur de la plaque métallique : $h_m = 80 \text{ mm}$

* Épaisseur de la plaque métallique : $t_m = 8 \text{ mm}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5\right)$$

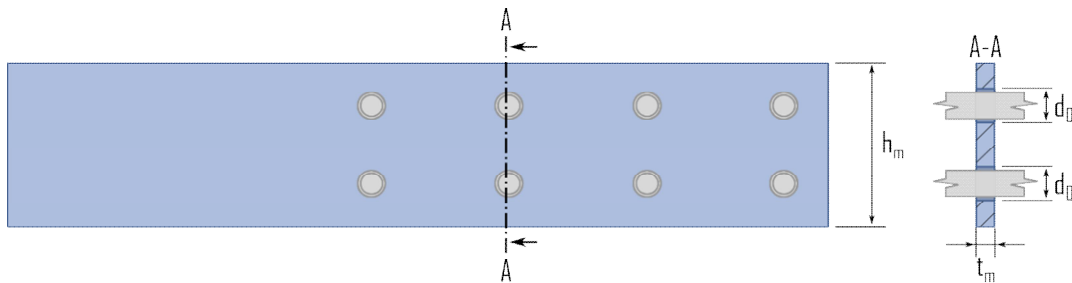
$$k_1 = \min(2.8 \cdot 22/12.6 - 1.7; 1.4 \cdot 36/12.6 - 1.7; 2.5) = 2.3$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1\right)$$

$$\alpha_b = \min(16/(3 \cdot 12.6); 60/(3 \cdot 12.6) - 0.25; 900/540; 1) = 0.42$$

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2.3 \cdot 0.42 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 403.75 \text{ kN}$$

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (80 - 2 \cdot 12.6) \cdot 8 = 438.4 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0.9 \cdot A_{net,m} \cdot f_{u,k,m} = 0.9 \cdot 438 \cdot 540 = 213.06 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 80 \cdot 8 \cdot 460 = 294.4 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

$$\text{* Bois : } 2 \cdot E_{0,mean} \cdot h_b \cdot t_l = 2 \cdot 11500 \cdot 108 \cdot 78 = 193752 \text{ kN}$$

$$\text{* Métal : } E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m = 210000 \cdot 80 \cdot 8 = 134400 \text{ kN}$$

$$\text{Écart de rigidité ((Métal-Bois)/Métal) = -44.16 \%}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois ECS CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique} = 220,46 \text{ kN}$	220,46 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage} = 151,14 \text{ kN}$	151,14 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass} = 169,7 \text{ kN}$	169,70 kN
Traction nette $F_t, D, R_k, \text{ass}, \text{traction} = 251,6 \text{ kN}$	251,60 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique}, D = 244,29 \text{ kN}$	244,29 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage}, D = 145,96 \text{ kN}$	145,96 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass}, D = 162,94 \text{ kN}$	162,94 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique}, D = 266,26 \text{ kN}$	266,26 kN
------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

1.9.4. Bois ECS EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique} = 258,1 \text{ kN}$	258,10 kN
Fendage $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{fendage}, = 176,95 \text{ kN}$	176,95 kN

1.9.5. Bois ECS MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{plastique} = 279,58 \text{ kN}$	279,58 kN
Fendage $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{fendage} = 191,67 \text{ kN}$	191,67 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{\text{mean}}, \text{ass} = 225,06 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement	225,06 kN
Traction nette	

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = 333,68 \text{ kN}$ 333,68 kN

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Cisaillement plastique majoré

$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = 335,5 \text{ kN}$ 335,50 kN

Rupture de bloc majorée

$F_{bs,Rmajor,ass} = 270,07 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement 270,07 kN

Traction nette majorée

$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = 400,42 \text{ kN}$ 400,42 kN

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes

$R_{renf,k} = \min(\max(F_{head,E,k}; R_{ax,90^\circ}); F_{tens,E,k}) > F_{t,90,mean}$

$R_{renf,k} = \min(\max(1,24; 0,435); 2,65) = 1,24 \text{ kN} > 5,24 \text{ kN}$ Frettage possible, rupture par fendage impossible

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique d'effort

$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$

$R_{ax,ferm,k} = \min(24; 1; 8,17) \cdot 1 > 1,59 \text{ kN}$

1.9.8. Métal

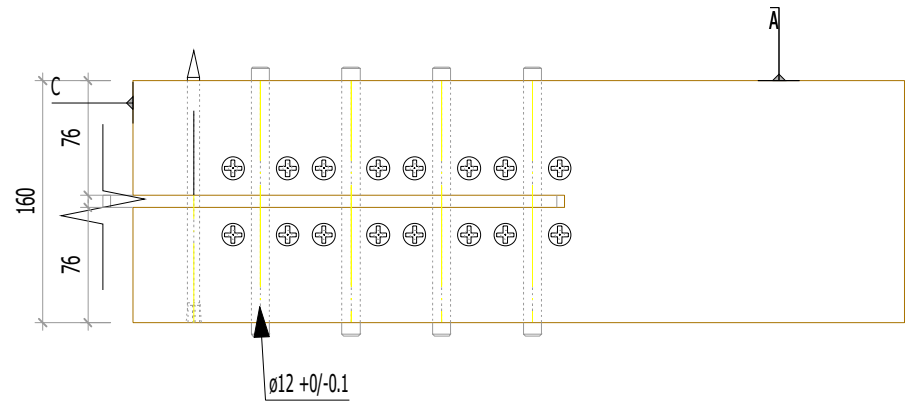
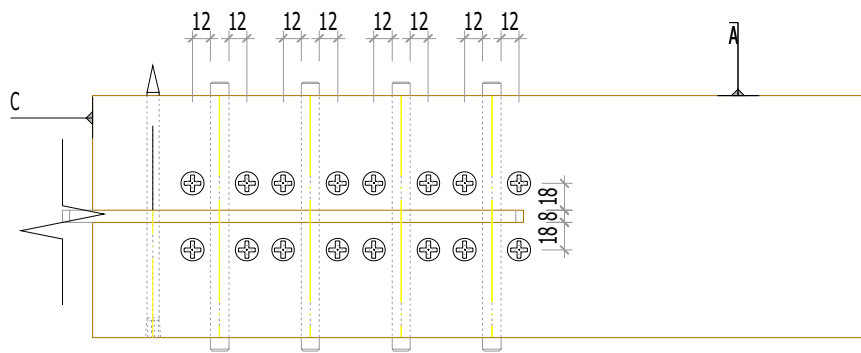
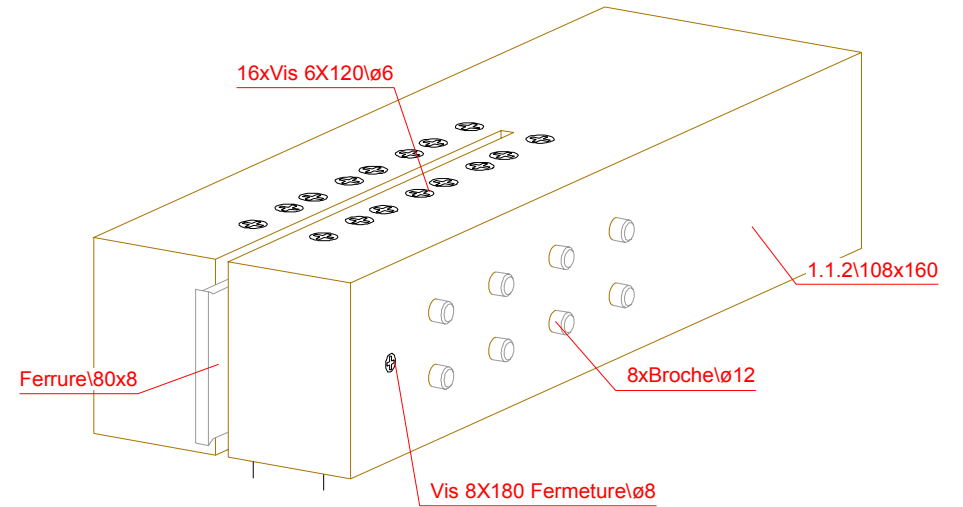
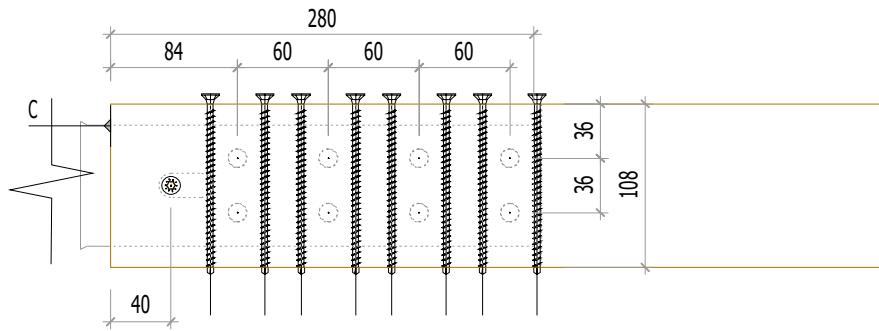
Pression diamétrale

$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u \cdot k_m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,3 \cdot 0,42 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 403,75 \text{ kN}$ 403,7 kN

Section nette

$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{nt,m} \cdot f_u \cdot k_m = 0,9 \cdot 438 \cdot 540 = 213,06 \text{ kN}$ 213,1 kN

$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_y \cdot mean,m = 80 \cdot 8 \cdot 460 = 294,4 \text{ kN}$ 294,4 kN



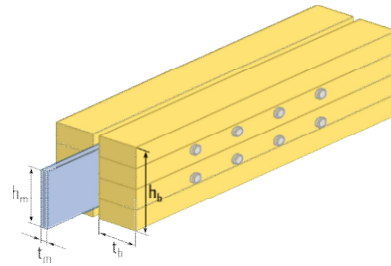
1.1.2

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8

1. Assemblage bois en double cisaillement avec plaque métallique en âme sollicité en traction 2x4

1.0. Synthèse de la configuration de l'assemblage

Type d'organes :	Broches diamètre 12 mm
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique d'effort
Renforcement de l'assemblage	2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes
Section bois :	2 X 113 X 108 mm
Section métal :	100 X 8 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLC".

1.1. Hypothèses générales

- * Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.
- * L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur caractéristique. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode : d => soit le mode I.
- * Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.
- * Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.
- * Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométrique des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5 Justification des vis de renfort
 - 1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1 Eurocode 5
 - 1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2 Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES
 - 1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.7.2. Section métal
- 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
- 1.7.4. Calculs des sections nettes
- 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats
 - 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
 - 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
 - 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
 - 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
 - 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
 - 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
 - 1.9.7. Renforcement
 - 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

Diamètre des organes : $d = 12$ mm tolérance (h7)

* Classe de broche: 8.8

* Résistance en traction des organes :

Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900$ Mpa (données fournisseurs : VIAL FRERES)

Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57$ Mpa (COV 0,03)

* Limite d'élasticité des organes:

Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720$ Mpa (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)

Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26$ Mpa (COV 0,03)

* Moment d'écoulement plastique des organes : (EC5)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot l = 0,3 \cdot 900 \cdot 12^2 \cdot 6 = 172677$ N.mm

Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot l = 0,3 \cdot 947 \cdot 12^2 \cdot 6 = 181613$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Draft)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (f_{u,k}) \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (900) \cdot 12^3 = 233280$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Expérimentale)

Valeur expérimentale $M_{y,Rexp} = 279360$ N.mm

1.3.2. Bois

* Classe de résistance: GL24h (Schneider)

* Masse volumique : (EC5)

Valeur caractéristique: $\rho_k = 385$ kg/m³

Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61$ kg/m³ (COV = 0,15)

Valeur expérimentale : $\rho_{exp} = 467,5$ kg/m³

* Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)

Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500$ Mpa

* Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46$ MPa (COV = 0,15)

* Résistance en cisaillement: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64$ Mpa (COV = 0,15)

* Portance locale parallèle au fil: (EC5 / Draft)

Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 385 = 27,78$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 510,61 = 36,85$ Mpa

Valeur expérimentale : $f_{h,0,exp} = 29,3$ Mpa

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3.3. Métal

* Nuance d'acier: S460

* Module d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)

Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$

* Limite d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)

Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$

* Portance locale parallèle au fil: (Draft)

Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$

* Résistance en traction de la plaque métallique: (EC3)

Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de f_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé « N » $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file

1.4.1. Données géométrique des éléments bois

*Hauteur des éléments bois : $h_b = 108 \text{ mm}$

* Epaisseur des éléments bois : $t_l = 113 \text{ mm}$

1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

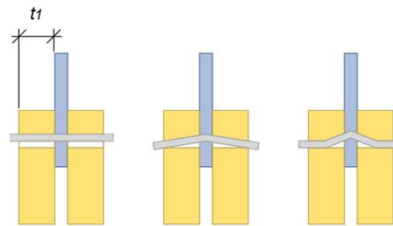
* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$F_{v,Re\text{xp}} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,exp} t_1 d \quad (f) \\ f_{h,exp} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Re\text{xp}}}{f_{h,exp} d t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,exp}}{4} \quad (g) \\ 2 \sqrt{M_{y,Re\text{xp}} f_{h,exp} d} + \frac{F_{ax,exp}}{4} \quad (h) \end{array} \right.$$

Le coefficient "1,15" du mode (h) a été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Re\text{xp}} = \min \left\{ \begin{array}{l} 39731 \text{ N mode (f)} \\ 19851 \text{ N mode (g)} \\ 19822 \text{ N mode (h)} \end{array} \right. \quad F_{v,Re\text{xp}} = 19822 \text{ N (mode h)}$$



* Contribution de l'effet de corde:
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2,74$$

$$F_{v,Re\text{xp,ass,fendage}} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Re\text{xp}} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 19,82 = 217,42 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Re\text{xp,ass,plastique}} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Re\text{xp}} = 2 \cdot 8 \cdot 19,82 = 317,14 \text{ kN}$$

1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$f_{h,mean} t_1 d \quad (f)$$

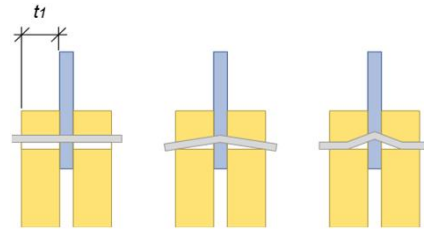
Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{v,Rmean} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,mean} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rmean}}{f_{h,mean} dt_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rmean}}{4} \quad (g) \\ 2\sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,mean}} d + \frac{F_{ax,Rmean}}{4} \quad (h) \end{array} \right.$$

Le coefficient "1,15" du mode (h) a été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,rmean} = \min \left\{ \begin{array}{l} 49963 \text{ N mode (f)} \\ 22933 \text{ N mode (g)} \\ 17922 \text{ N mode (h)} \end{array} \right. \quad F_{v,mean} = 17922 \text{ N (mode h)}$$



* Contribution de l'effet de corde:
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a/d)^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (60/(13 \cdot 12))^{1/4}) = 2,74$$

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 17,92 = 196,59 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 17,92 = 286,75 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

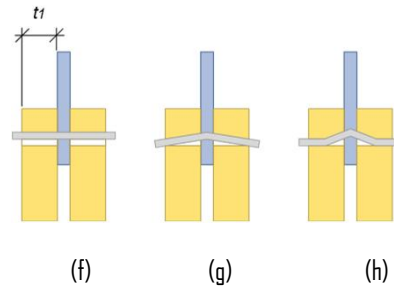
1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,k} t_1 d & (f) \\ f_{h,k} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (h) \end{cases}$$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen) :

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 37672 \text{ N mode (f)} \\ 17723 \text{ N mode (g)} \\ 17451 \text{ N mode (h)} \end{cases} \quad F_{v,Rk} = 17451 \text{ N (mode h)}$$



* Contribution de l'effet de corde :
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 17,45 = 191,42 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 17,45 = 279,21 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1+\beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right] + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2+\beta} \left[\sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta} + \frac{4(2+\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2(1+\beta) + \frac{4(1+2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1+\beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

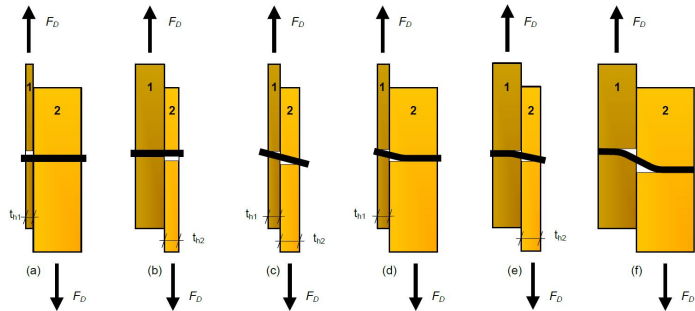
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 113 mm

th2 = 8/2 = 4 mm

$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 600/27,78 = 21,6$

$$F_{v,rk,D} = \min \left\{ \begin{array}{l} 37672 \text{ N mode (a)} \\ 28800 \text{ N mode (b)} \\ 15473 \text{ N mode (c)} \\ 19083 \text{ N mode (d)} \\ 13055 \text{ N mode (e)} \\ 19829 \text{ N mode (f)} \end{array} \right.$$



Note : Les parties métalliques étant considérées dans la partie "2", les modes "c" et "e" ne sont pas considérés

$F_{v,rk,D} = 19083 \text{ N mode : (d)}$

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (19083,37 \cdot 8) = 305,33 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

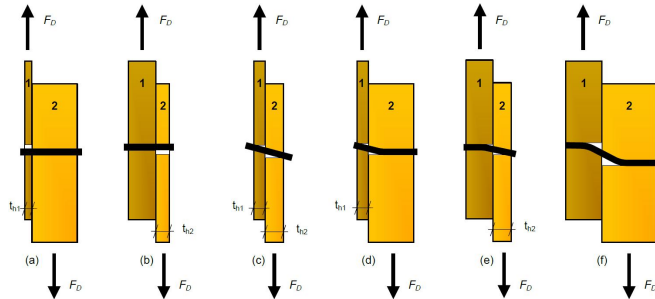
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$th1 = 113 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/29,3 = 20,48$$

$$F_{v,Exp,D} = \min \begin{cases} 39731 \text{ N mode (a)} \\ 28800 \text{ N mode (b)} \\ 16294 \text{ N mode (c)} \\ 20514 \text{ N mode (d)} \\ 14568 \text{ N mode (e)} \\ 22258 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



Note : Les parties métalliques étant considérées dans la partie "2", les modes "c" et "e" ne sont pas considérés

$$F_{v,Exp,D} = 20514 \text{ N mode : (d)}$$

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Exp,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Exp,D-n}) = 2 \cdot (20513,97 \cdot 8) = 328,22 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.5 Justification des vis de renfort

1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

ESCRFTC8.0x120 => Fournisseur (type Simpson)

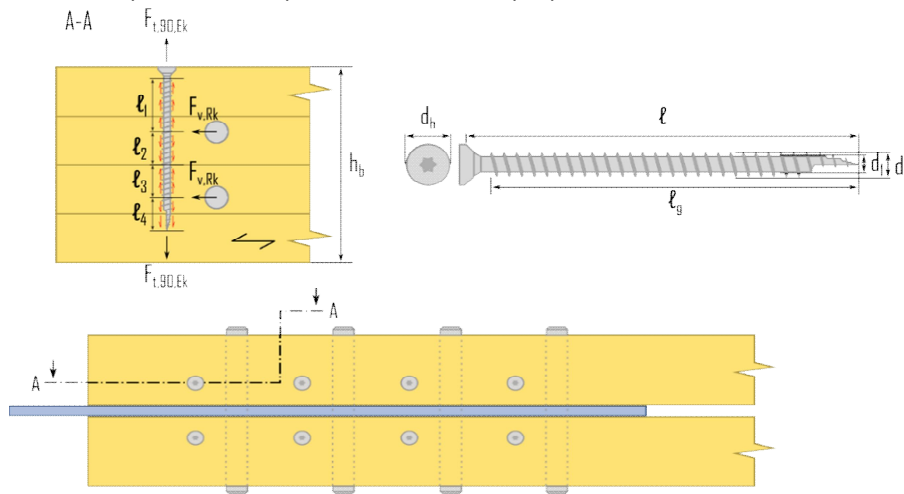
Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 120 \text{ mm}$
$l_g = 120 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 8 \text{ mm}$
$d,l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broches par plan de cisaillement.



2 ou 4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

$l_1 = a_4, c = 3, d = 36$ mm en considérant la tête en dehors du bois

$l_2 = a_2/2 = 36/2 = 18$ mm, Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a_2

$l_4 = l - h_b/2 - a_2/2 = 120 - 108/2 - 36/2 = 48$ mm

Note : pour les valeurs de pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

* Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^{\circ},k} = f_{ax,90^{\circ},k} \cdot d \cdot l_{i,\min} = 13,1 \cdot 8 \cdot 36 = 3,77 \text{ kN}$$

* Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} \cdot a = 24,1 = 24,1 \text{ kN}$$

* Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((15^2 - 5,2^2)/4) \cdot 12,4 = 1,93 \text{ kN} \quad \text{Justification à titre indicatif}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

* Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement:

$$F_v, R_k = 17,45 \text{ kN}$$

* Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_t, 90, R_k = 0,3 \cdot F_v, R_k = 0,3 \cdot 17,45 = 5,24 \text{ kN}$$

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$$R_{renf, k} = \min(\max(R_{ax, 90^\circ}, k; R_{head, k}) R_{tens, k}) \geq F_t, 90, E_k / n_{vis}$$

$$R_{renf, k} = \min(\max(3,77; 1,93); 24,1) = 3,77 \text{ kN}$$

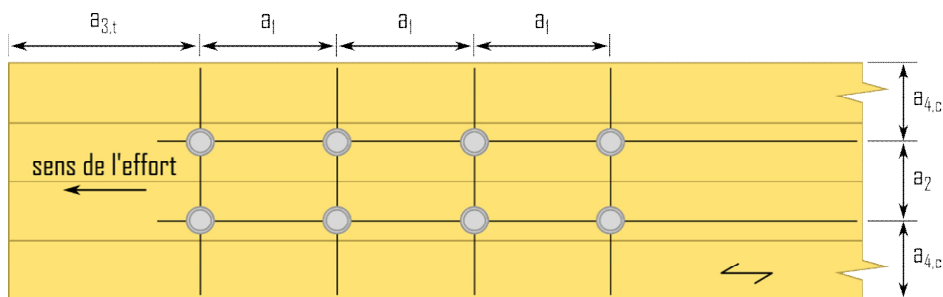
$$F_t, 90, E_k / n_{vis} = 5,24 / 2 = 2,62 \text{ kN}$$

=> 1 vis de part et d'autre de la broche

$$R_{renf, k} > 0,3 \cdot F_v, R_k = 3,77 > 2,62 \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

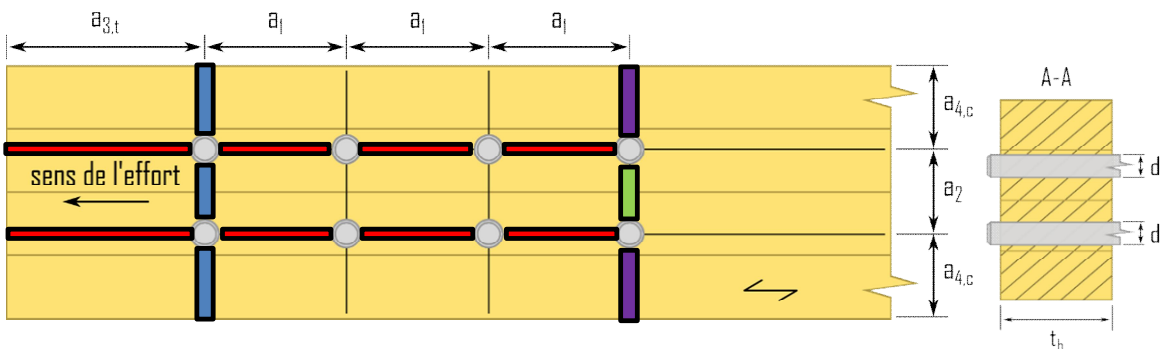
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 12; 80 \text{ mm}) = 84 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

	$A_{net,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot tb = (108 - 2 \cdot 12) \cdot 113 = 9492 \text{ mm}^2$
	$L_{net,v} = 2 \cdot a3,t + 2 \cdot (nc - l) \cdot (al - d) - d = 2 \cdot 84 + 2 \cdot (4 - l) \cdot (60 - 12) - 12 = 444 \text{ mm}$ $A_{net,v} = L_{net,v} \cdot tb = 444 \cdot 113 = 50172 \text{ mm}^2$
	$L_{net,t,int} = (nr - l) \cdot (a2 - d) = (2 - l) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$ $A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot tb = 24 \cdot 113 = 2712 \text{ mm}^2$
	$L_{net,t,ext} = hb - d - (nr - l) \cdot a2 = 108 - 12 - (2 - l) \cdot 36 = 60 \text{ mm}$ $A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot tl = 60 \cdot 113 = 6780 \text{ mm}^2$

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot ft_{0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot fv_{mean} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot ft_{0,mean} \end{array} \right. \\ 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 6780 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 50172 \cdot 4,64 \\ 1,25 \cdot 2712 \cdot 25,46 \end{array} \right. \end{array} \right. = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 215809 \\ 163026 \\ 86324 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 326,05 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b} \cdot ft_{0,mean} = 2 \cdot 9492 \cdot 25,46 = 483,41 \text{ kN}$

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot ft_{0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot fv_k \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot ft_{0,k} \end{array} \right. \\ 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 6780 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 50172 \cdot 3,5 \\ 1,25 \cdot 2712 \cdot 19,2 \end{array} \right. \end{array} \right. = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 162720 \\ 122921 \\ 65088 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rk,ass} = 245,84 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette ECS

$F_{t,0,Rk,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b} \cdot ft_{0,k} = 2 \cdot 9492 \cdot 19,2 = 364,49 \text{ kN}$

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Epaisseur efficace $t_{ef}(e_l)$

Pénétration total de l'organe

Mode de rupture : mode (d)

$L_{p,0}/d = 113/12 = 9,42 > 3 \Rightarrow t_{ef}(e_l) = \max(0,76 - L_{p,0}/(30d), 0,2) \cdot tl = 50,41 \text{ mm}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Longueur nette cisailée extérieure aux organes

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 60 \cdot (4 - 1) + 84 = 264 \text{ mm}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Longueur nette cisailée

$$L_{net} = (n_c - 1) \cdot a + 3 \cdot t - (n_c - 0,5) \cdot d_0 = (4 - 1) \cdot 60 + 84 - (4 - 0,5) \cdot 12 = 222 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean} / E_0, mean} = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{650 / 11500} = 0,73$$

Coefficient k_t

$$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean} / E_0, mean} = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{650 / 11500} = 1,23$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,1,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 50,41 \cdot 264 \cdot 3,5 = 34,14 \text{ kN}$$

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR

Résistance par plan

$$F_{rs,k,plan} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,1,k} = 2 \cdot 2 \cdot 34,135,22 = 136,54 \text{ kN/plan}$$

Résistance totale

$$F_{rs,k} = n_{plan} \cdot F_{v,1,k} = 2 \cdot 136,54 = 273,08 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR

Hauteur nette en traction

$$b_{net} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,1,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 50,41 \cdot 264 \cdot 3,5 = 34,14 \text{ kN}$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,k} = k_t \cdot b_{net} \cdot t_{ef} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 24 \cdot 50,41 \cdot 19,2 = 28,64 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,k/plan} = 2 \cdot F_{v,1,k} + F_{t,k} = 2 \cdot 34,14 + 28,64 = 96,91 \text{ kN}$$

$$F_{bs,k} = n_{plan} \cdot F_{bs,k/plan} = 2 \cdot 96,91 = 193,82 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING

$$F_{sp,k} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (222 + 2 \cdot 12) \cdot 50,41 \cdot 0,5 = 13,02 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} \cdot n_r \cdot 2 = 13,02 \cdot 2 \cdot 2 = 52,08 \text{ kN}$$

L'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage (supposition)

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} / 0,3 = 52,08 / 0,3 = 173,61 \text{ kN}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

$$F_{br,Rk,fendage} = \min(F_{sp,Rk}; F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(173,61; 193,82; 273,08) = 173,61 \text{ kN}$$

Sans fendage

$$F_{br,Rk} = \min(F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(193,82; 273,08) = 193,82 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser.organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 12 / 23 = 4490,84 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser.ass} = n_{type} \cdot n_{plan} \cdot K_{ser.organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 4490,84 = 143,71 \text{ kN/mm}$$

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

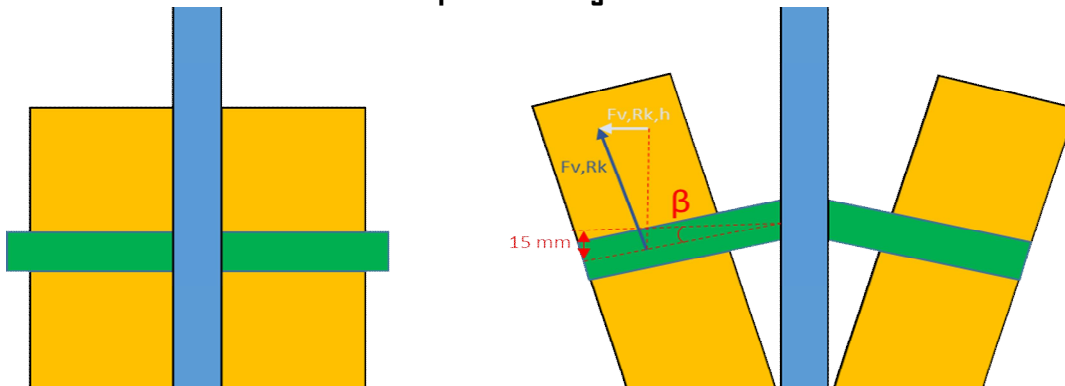
1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

Fermeture de l'assemblage par vis traversante
ESCRFTC8.0x240 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 240 \text{ mm}$
$l_g = 240 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 8 \text{ mm}$
$d_l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.5), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 245,84 kN et K la raideur totale de l'assemblage.

La broche se plie avec un angle de $\beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{broche}/2)) = \text{Arctan}((245,84/143,71)/(234/2)) = 0,84^\circ$

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage:

Effort maximum que peut transmettre une broche :

$$F_{v,Rk} = 17,45 \text{ kN} \quad \text{Voir partie 1.4.3}$$

Effort horizontale qui ouvre l'assemblage :

$$F_{v,Rk,h} = \sin(\beta) \cdot F_{v,Rk} = \sin(0,84) \cdot 17450,77 = 255,13 \text{ N}$$

Effort total auquel est soumis l'assemblage :

$$F_{v,Rk,H} = n \cdot F_{v,Rk,h} = 8 \cdot 255,13 = 2041,04 \text{ N}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la vis :

$$\text{Air nette de la vis : } A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Traction de la vis : } F_{t,Rk} = f_{tens} = 24100 \text{ N}$$

$$\text{Cisaillement dans le bois : } F_{ax,Rk} = f_{ax,90,k} \cdot d_s \cdot t_l = 13,1 \cdot 8 \cdot 113 = 11842,4 \text{ N}$$

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$$

$$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 11,84) \cdot 1 > 2,04 \text{ kN}$$

Il faut donc disposer de 1 vis ESCRFTC8.0x240 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES

Fendage

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 17,45 = 191,42 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 17450,77 = 279,21 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,Rk,ass} = 245,84 \text{ kN rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_{t,D,Rk,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b-ft,D,k} = 2 \cdot 9492 \cdot 19,2 = 364,49 \text{ kN}$$

1.6.10.2 Valeurs MOYENNES

Fendage

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 17,92 = 196,59 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 17922 = 286,75 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,Rmean,ass} = 326,05 \text{ kN rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_{t,D,Rmean,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b-ft,D,mean} = 2 \cdot 9492 \cdot 25,46 = 483,41 \text{ kN}$$

1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES

Fendage

$$F_{v,Rexp,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 19,82 = 217,42 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rexp,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 19,82 = 317,14 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Plastique majorée

$$F_v, R_{major, ass, plastique} = F_v, R_{mean, ass, plastique} \cdot 1,2 = 286,75 \cdot 1,2 = 344,1 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

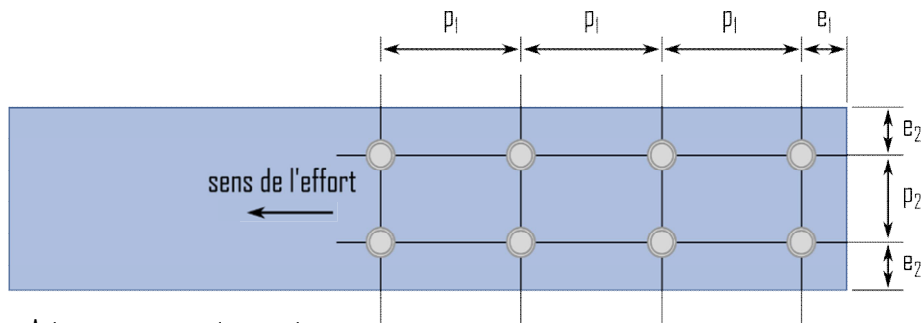
$$F_{bs}, R_{major, ass} = F_{bs}, R_{mean, ass} \cdot 1,2 = 326,05 \cdot 1,2 = 391,26 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_{t,0}, R_{major, ass, traction} = F_{t,0}, R_{mean, ass, traction} \cdot 1,2 = 483,41 \cdot 1,2 = 580,09 \text{ kN}$$

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

* Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

* Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$d0 = d + j = 12 + 0,6 = 12,6 \text{ mm}$$

* Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (2.2d0 \leq p1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p1 = 60 \text{ mm}$$

* Pas transversal

$$\text{Critère } (2.4d0 \leq p2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p2 = 36 \text{ mm}$$

* Distance au bord :

$$\text{Critère } (1.2d0 \leq e1) \quad e1 = 16 \text{ mm}$$

* Distance au bord :

$$\text{Critère } (1.2d0 \leq e2) \quad e2 = 32 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

* Hauteur de la plaque métallique : $h_m = 100 \text{ mm}$

* Épaisseur de la plaque métallique : $t_m = 8 \text{ mm}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5\right)$$

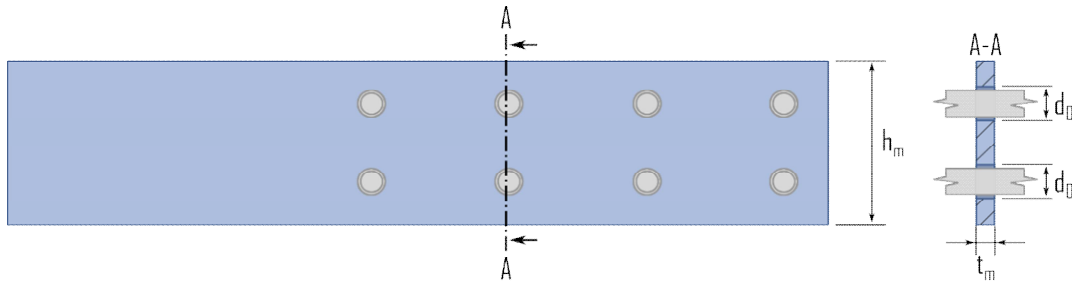
$$k_1 = \min(2.8 \cdot 32/12.6 - 1.7; 1.4 \cdot 36/12.6 - 1.7; 2.5) = 2.3$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1\right)$$

$$\alpha_b = \min(16/(3 \cdot 12.6); 60/(3 \cdot 12.6) - 0.25; 900/540; 1) = 0.42$$

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2.3 \cdot 0.42 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 403.75 \text{ kN}$$

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (100 - 2 \cdot 12.6) \cdot 8 = 598.4 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0.9 \cdot A_{net,m} \cdot f_{u,k,m} = 0.9 \cdot 598 \cdot 540 = 290.82 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 100 \cdot 8 \cdot 460 = 368 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

$$\text{* Bois : } 2 \cdot E_{0,mean} \cdot h_b \cdot t_l = 2 \cdot 11500 \cdot 108 \cdot 113 = 280692 \text{ kN}$$

$$\text{* Métal : } E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m = 210000 \cdot 100 \cdot 8 = 168000 \text{ kN}$$

$$\text{Écart de rigidité ((Métal-Bois)/Métal) = -67.08 \%}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois ECS CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, ass, plastique = 279,21 \text{ kN}$	279,21 kN
Fendage $F_v, R_k, ass, fendage = 191,42 \text{ kN}$	191,42 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, ass = 245,84 \text{ kN}$	245,84 kN
Traction nette $F_t, D, R_k, ass, traction = 364,49 \text{ kN}$	364,49 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, ass, plastique, D = 305,33 \text{ kN}$	305,33 kN
Fendage $F_v, R_k, ass, fendage, D = 173,61 \text{ kN}$	173,61 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, ass, D = 193,82 \text{ kN}$	193,82 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp}, ass, plastique, D = 328,22 \text{ kN}$	328,22 kN
---------------------------------------------------------------------------------	-----------

1.9.4. Bois ECS EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp}, ass, plastique = 317,14 \text{ kN}$	317,14 kN
Fendage $F_v, R_{exp}, ass, fendage, = 217,42 \text{ kN}$	217,42 kN

1.9.5. Bois ECS MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{mean}, ass, plastique = 286,75 \text{ kN}$	286,75 kN
Fendage $F_v, R_{mean}, ass, fendage = 196,59 \text{ kN}$	196,59 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{mean}, ass = 326,05 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement	326,05 kN
Traction nette	

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = 483,41 \text{ kN}$ 483,41 kN

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Cisaillement plastique majoré

$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = 344,1 \text{ kN}$ 344,10 kN

Rupture de bloc majorée

$F_{bs,Rmajor,ass} = 391,26 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement 391,26 kN

Traction nette majorée

$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = 580,09 \text{ kN}$ 580,09 kN

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes

$R_{renf,k} = \min(\max(F_{head,E,k}; R_{ax,90^\circ}); F_{tens,E,k}) > F_{t,90,mean}$

$R_{renf,k} = \min(\max(1,885; 0,965); 12,05) = 1,885 \text{ kN} > 5,38 \text{ kN}$ Frettage possible, rupture par fendage impossible

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique d'effort

$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$

$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 11,84) \cdot 1 > 2,04 \text{ kN}$

1.9.8. Métal

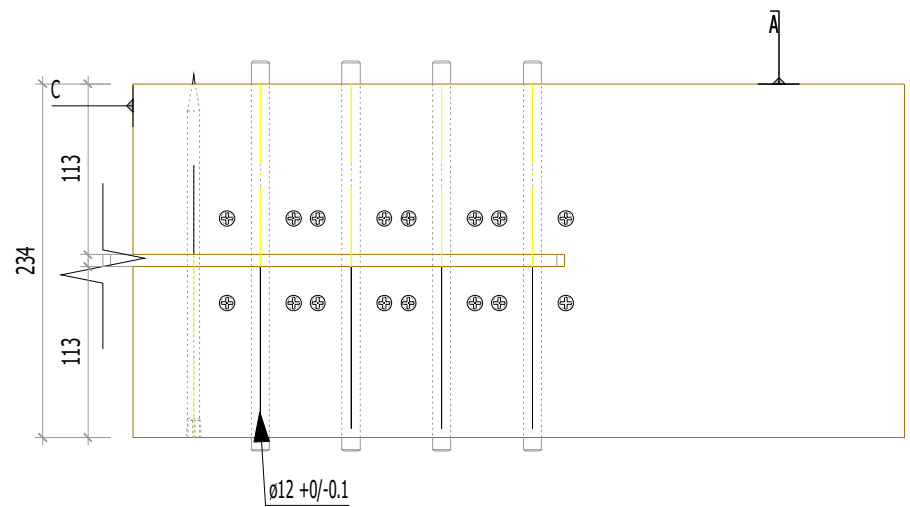
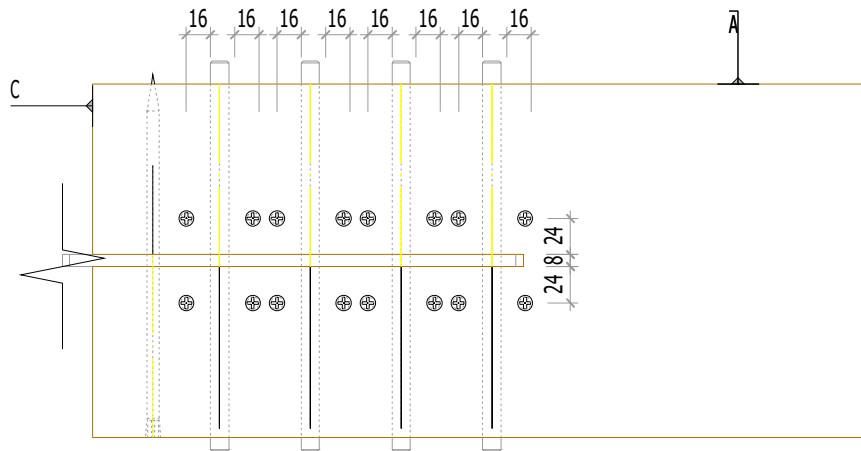
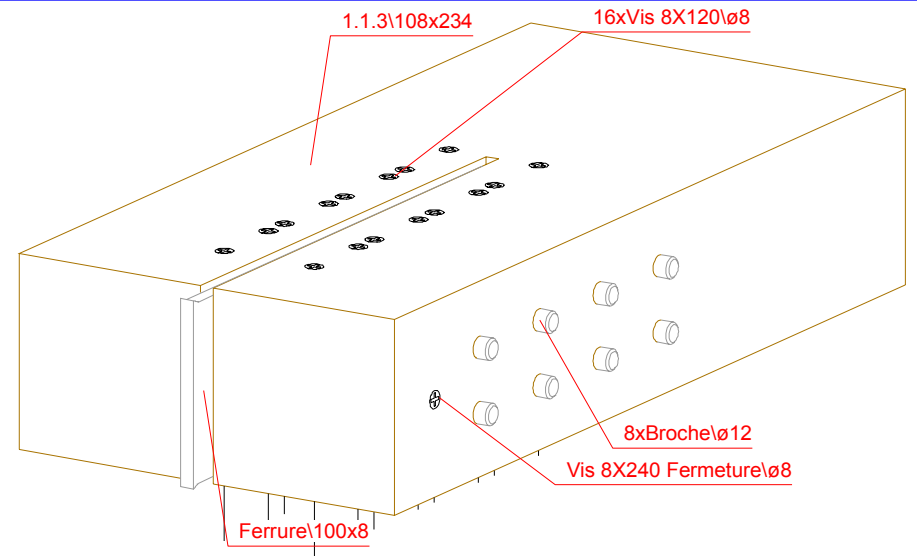
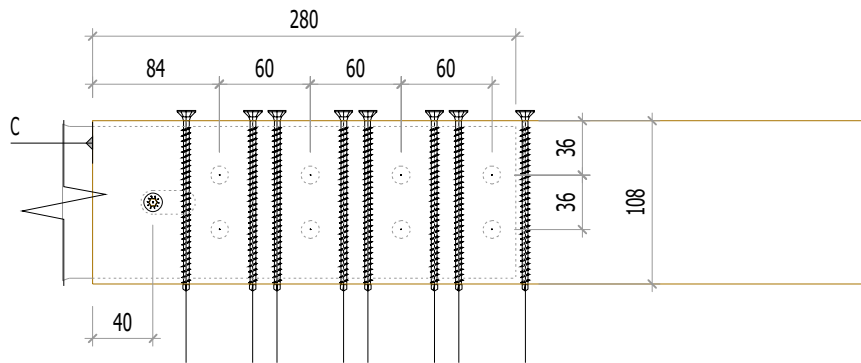
Pression diamétrale

$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u \cdot k_m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,3 \cdot 0,42 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 403,75 \text{ kN}$ 403,7 kN

Section nette

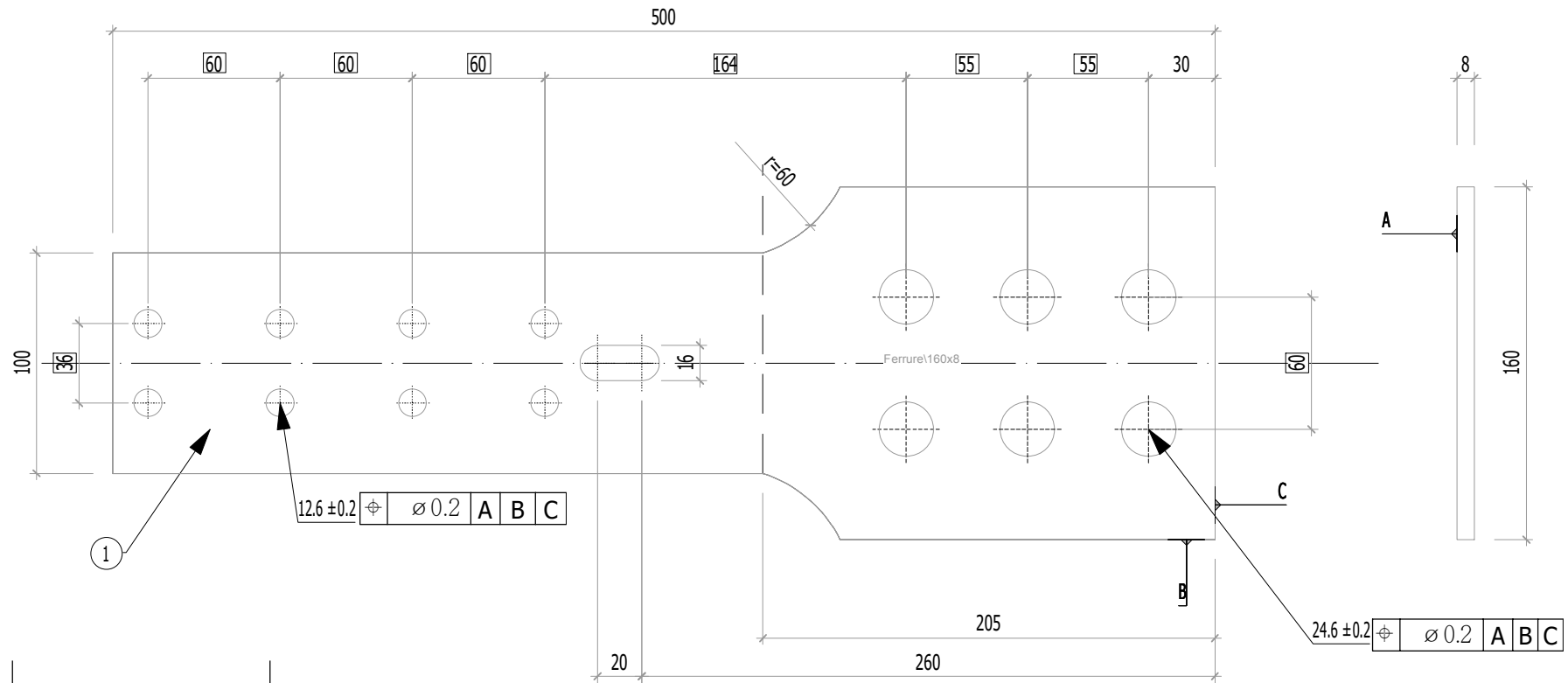
$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{nt,m} \cdot f_u \cdot k_m = 0,9 \cdot 598 \cdot 540 = 290,82 \text{ kN}$ 290,8 kN

$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_y \cdot \text{mean},m = 100 \cdot 8 \cdot 460 = 368 \text{ kN}$ 368,0 kN



1.1.3

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



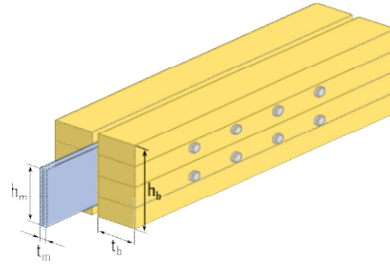
1		10	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0609648 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent			X ^{+0.5} _{-0.5}	Ra12,5 <small>indicateurs coniques</small>
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Echelle: 1: 3
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			3.829 kg	Dessinateur: ALBERT LEO Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F1.1.3

1. Assemblage bois en double cisaillement avec plaque métallique en âme sollicité en traction 2x4

1.0. Synthèse de la configuration de l'assemblage

Type d'organes :	Broches diamètre 16 mm
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique d'effort
Renforcement de l'assemblage	2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes
Section bois :	2 X 49 X 144 mm
Section métal :	90 X 8 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLC".

1.1. Hypothèses générales

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur caractéristique. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode : a => soit le mode I.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométrique des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5 Justification des vis de renfort
 - 1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1 Eurocode 5
 - 1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2 Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES
 - 1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.7.2. Section métal
- 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
- 1.7.4. Calculs des sections nettes
- 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats
 - 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
 - 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
 - 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
 - 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
 - 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
 - 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
 - 1.9.7. Renforcement
 - 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

Diamètre des organes : $d = 16$ mm tolérance (h7)

* Classe de broche: 8.8

* Résistance en traction des organes :

Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900$ Mpa (données fournisseurs : VIAL FRERES)

Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57$ Mpa (COV 0,03)

* Limite d'élasticité des organes:

Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720$ Mpa (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)

Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26$ Mpa (COV 0,03)

* Moment d'écoulement plastique des organes : (EC5)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot l = 0,3 \cdot 900 \cdot 16^2 \cdot 2,6 = 364818$ N.mm

Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot l = 0,3 \cdot 947 \cdot 16^2 \cdot 2,6 = 383695$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Draft)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (f_{u,k}) \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (900) \cdot 16^3 = 552960$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Expérimentale)

Valeur expérimentale $M_{y,Rexp} = 669013$ N.mm

1.3.2. Bois

* Classe de résistance: GL24h (Schneider)

* Masse volumique : (EC5)

Valeur caractéristique: $\rho_k = 385$ kg/m³

Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61$ kg/m³ (COV = 0,15)

Valeur expérimentale : $\rho_{exp} = 467,5$ kg/m³

* Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)

Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500$ Mpa

* Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46$ MPa (COV = 0,15)

* Résistance en cisaillement: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64$ Mpa (COV = 0,15)

* Portance locale parallèle au fil: (EC5 / Draft)

Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 385 = 26,52$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 510,61 = 35,17$ Mpa

Valeur expérimentale : $f_{h,0,exp} = 34,21$ Mpa

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3.3. Métal

* Nuance d'acier: S460

* Module d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)

Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$

* Limite d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)

Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$

* Portance locale parallèle au fil: (Draft)

Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$

* Résistance en traction de la plaque métallique: (EC3)

Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de f_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé « N » $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file

1.4.1. Données géométrique des éléments bois

*Hauteur des éléments bois : $h_b = 144 \text{ mm}$

* Epaisseur des éléments bois : $t_l = 49 \text{ mm}$

1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

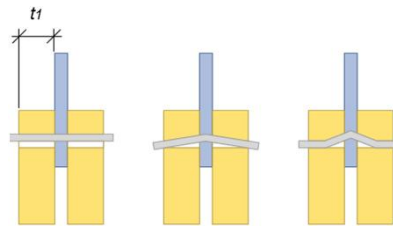
* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$F_{v,Re\text{xp}} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,exp} t_1 d \quad (f) \\ f_{h,exp} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Re\text{xp}}}{f_{h,exp} d t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,exp}}{4} \quad (g) \\ 2\sqrt{M_{y,Re\text{xp}} f_{h,exp} d} + \frac{F_{ax,exp}}{4} \quad (h) \end{array} \right.$$

Le coefficient "1,15" du mode (h) a été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Re\text{xp}} = \min \left\{ \begin{array}{l} 26821 \text{ N mode (f)} \\ 27063 \text{ N mode (g)} \\ 38272 \text{ N mode (h)} \end{array} \right. \quad F_{v,Re\text{xp}} = 26821 \text{ N (mode f)}$$



* Contribution de l'effet de corde:
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2,74$$

$$F_{v,Re\text{xp,ass,fendage}} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Re\text{xp}} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 26,82 = 294,2 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Re\text{xp,ass,plastique}} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Re\text{xp}} = 2 \cdot 8 \cdot 26,82 = 429,13 \text{ kN}$$

1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$f_{h,mean} t_1 d \quad (f)$$

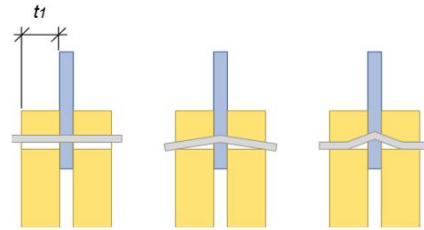
Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{v,Rmean} = \min \left\{ \begin{aligned} & f_{h,mean} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rmean}}{f_{h,mean} dt_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rmean}}{4} \quad (g) \\ & 2\sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,mean}} d + \frac{F_{ax,Rmean}}{4} \quad (h) \end{aligned} \right.$$

Le coefficient "1,15" du mode (h) a été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,rmean} = \min \begin{cases} 27574 \text{ N mode (f)} \\ 21256 \text{ N mode (g)} \\ 29388 \text{ N mode (h)} \end{cases} \quad F_{v,mean} = 21256 \text{ N (mode g)}$$



* Contribution de l'effet de corde:
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2,74$$

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 21,26 = 233,15 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 21,26 = 340,09 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

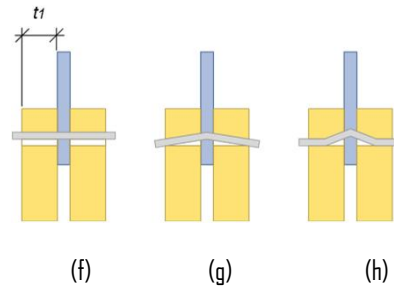
1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,k} t_1 d & (f) \\ f_{h,k} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (h) \end{cases}$$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen) :

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 20791 \text{ N mode (f)} \\ 17728 \text{ N mode (g)} \\ 28616 \text{ N mode (h)} \end{cases} \quad F_{v,Rk} = 17728 \text{ N (mode g)}$$



* Contribution de l'effet de corde :
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 17.73 = 194.46 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 17.73 = 283.65 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right] + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2 + \beta} \left[\sqrt{\frac{2(1 + \beta)}{\beta} + \frac{4(2 + \beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2(1 + \beta) + \frac{4(1 + 2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1 + \beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

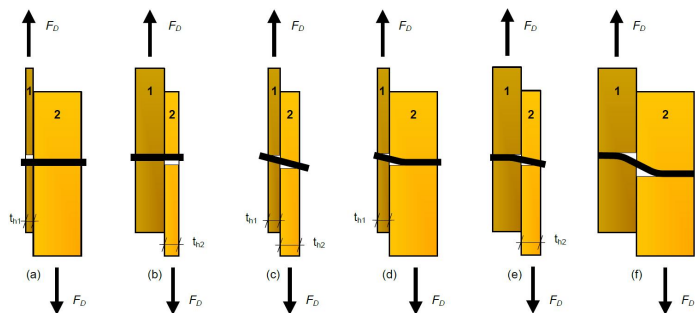
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 49 mm

th2 = 8/2 = 4 mm

$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 600/26,52 = 22,63$

$$F_{v,rk,D} = \min \left\{ \begin{array}{l} 20791 \text{ N mode (a)} \\ 38400 \text{ N mode (b)} \\ 9126 \text{ N mode (c)} \\ 22261 \text{ N mode (d)} \\ 22411 \text{ N mode (e)} \\ 34476 \text{ N mode (f)} \end{array} \right.$$



Note : Les parties métalliques étant considérées dans la partie "2", les modes "c" et "e" ne sont pas considérés

$F_{v,rk,D} = 20791 \text{ N mode : (a)}$

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (20790,74 \cdot 8) = 332,65 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

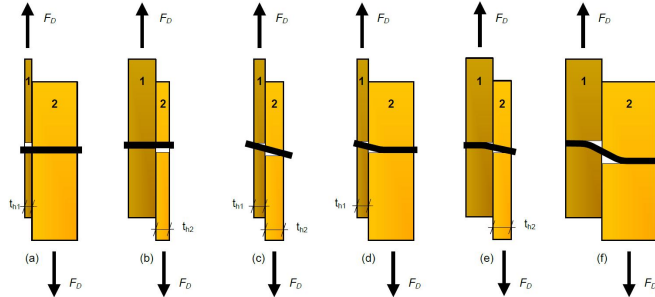
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$th1 = 49 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/34,21 = 17,54$$

$$F_{v,Rep,D} = \min \begin{cases} 26821 \text{ N mode (a)} \\ 38400 \text{ N mode (b)} \\ 11456 \text{ N mode (c)} \\ 27641 \text{ N mode (d)} \\ 27716 \text{ N mode (e)} \\ 42810 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



Note : Les parties métalliques étant considérées dans la partie "2", les modes "c" et "e" ne sont pas considérés

$$F_{v,Rep,D} = 26821 \text{ N mode : (a)}$$

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rep,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rep,D-n}) = 2 \cdot (26820,64 \cdot 8) = 429,13 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.5 Justification des vis de renfort

1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

Vis Hecko 6X160 => Fournisseur (type Hecko)

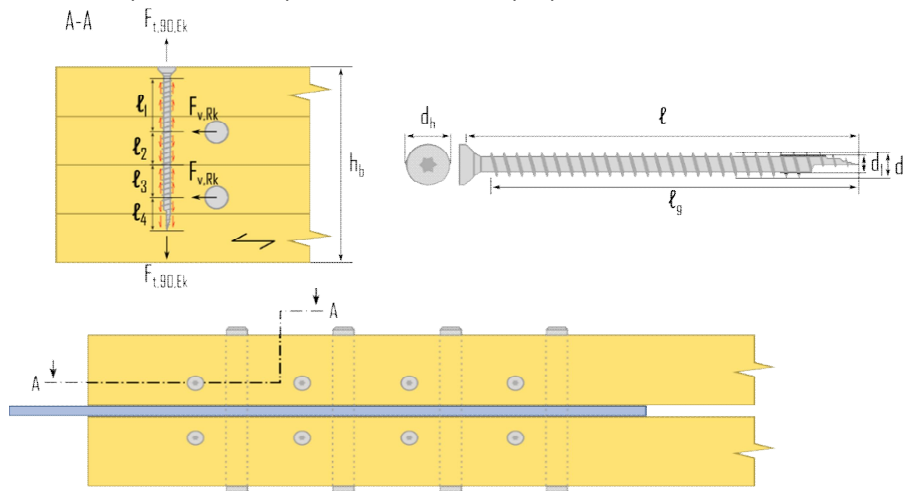
Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 160 \text{ mm}$
$l_g = 160 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 6 \text{ mm}$
$d_l = 2,7 \text{ mm}$
$d_h = 9,6 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 11,5 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 13 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 5,3 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broches par plan de cisaillement.



2 ou 4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

l1 = a4,c = 3.d = 48 mm en considérant la tête en dehors du bois

l2 = a2/2 = 48/2 = 24 mm, Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a2

l4 = l-hb/2-a2/2 = 160-144/2-48/2 = 64 mm

Note : pour les valeurs de pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

* Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^{\circ},k} = f_{ax,90^{\circ},k} \cdot d \cdot l_{i,\min} = 11,5 \cdot 6 \cdot 48 = 3,31 \text{ kN}$$

* Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} \cdot a = 5,3 \cdot 2 = 10,6 \text{ kN}$$

* Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((9,6^2 - 2,7^2)/4) \cdot 13 = 0,87 \text{ kN} \quad \text{Justification à titre indicatif}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

* Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement:

$$F_v, R_k = 17,73 \text{ kN}$$

* Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_t, 90, R_k = 0,3 \cdot F_v, R_k = 0,3 \cdot 17,728 = 5,32 \text{ kN}$$

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$R_{renf, k} = \min(\max(R_{ax, 90^\circ}, k; R_{head, k}) R_{tens, k}) \geq F_t, 90, E_k / n_{vis}$

$$R_{renf, k} = \min(\max(3,31; 0,87); 5,3) = 3,31 \text{ kN}$$

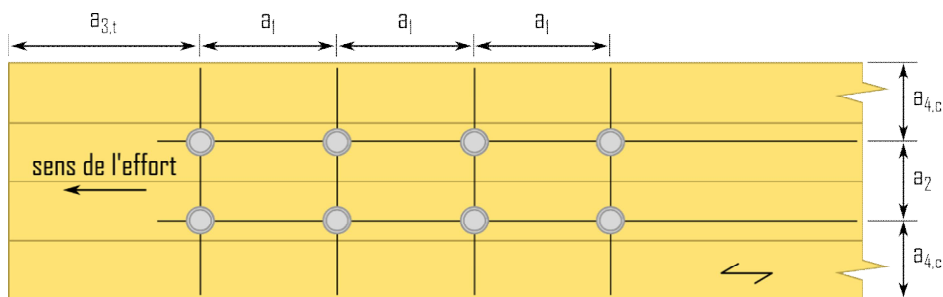
$$F_t, 90, E_k / n_{vis} = 5,32 / 2 = 2,66 \text{ kN}$$

=> 1 vis de part et d'autre de la broche

$$R_{renf, k} > 0,3 \cdot F_v, R_k = 3,31 > 2,66 \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 16 = 80 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

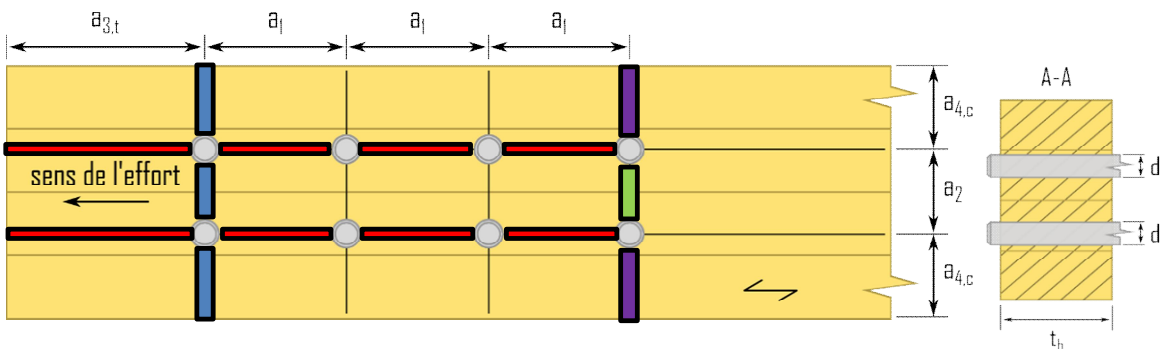
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 16; 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

	$A_{net,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot tb = (144 - 2 \cdot 16) \cdot 49 = 5488 \text{ mm}^2$
	$L_{net,v} = 2 \cdot a3,t + 2 \cdot (nc - l) \cdot (al - d) - d = 2 \cdot 112 + 2 \cdot (4 - l) \cdot (80 - 16) - 16 = 592 \text{ mm}$ $A_{net,v} = L_{net,v} \cdot tb = 592 \cdot 49 = 29008 \text{ mm}^2$
	$L_{net,t,int} = (nr - l) \cdot (a2 - d) = (2 - l) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$ $A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot tb = 32 \cdot 49 = 1568 \text{ mm}^2$
	$L_{net,t,ext} = hb - d - (nr - l) \cdot a2 = 144 - 16 - (2 - l) \cdot 48 = 80 \text{ mm}$ $A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot tl = 80 \cdot 49 = 3920 \text{ mm}^2$

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot ft_{0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot fv_{,mean} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot ft_{0,mean} \end{array} \right. \\ 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 3920 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 29008 \cdot 4,64 \\ 1,25 \cdot 1568 \cdot 25,46 \end{array} \right. \end{array} \right. = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 124775 \\ 94257 \\ 49910 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 188,51 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b} \cdot ft_{0,mean} = 2 \cdot 5488 \cdot 25,46 = 279,49 \text{ kN}$

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot ft_{0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot fv_{,k} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot ft_{0,k} \end{array} \right. \\ 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 3920 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 29008 \cdot 3,5 \\ 1,25 \cdot 1568 \cdot 19,2 \end{array} \right. \end{array} \right. = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 94080 \\ 71070 \\ 37632 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rk,ass} = 142,14 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette ECS

$F_{t,0,Rk,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b} \cdot ft_{0,k} = 2 \cdot 5488 \cdot 19,2 = 210,74 \text{ kN}$

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Epaisseur efficace $t_{ef}(el)$

Pénétration total de l'organe

Mode de rupture : mode (a)

$L_{p,0}/d = 49/16 = 3,06 > 3 \Rightarrow t_{ef}(el) = \max(0,76 - L_{p,0}/(30d); 0,2) \cdot tl = 32,24 \text{ mm}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Longueur nette cisailée extérieure aux organes

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 80 \cdot (4 - 1) + 112 = 352 \text{ mm}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Longueur nette cisailée

$$L_{net} = (n_c - 1) \cdot a + 3 \cdot t - (n_c - 0,5) \cdot d_0 = (4 - 1) \cdot 80 + 12 - (4 - 0,5) \cdot 16 = 296 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean} / E_0, mean} = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{650 / 11500} = 0,73$$

Coefficient k_t

$$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean} / E_0, mean} = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{650 / 11500} = 1,23$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,1,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 32,24 \cdot 352 \cdot 3,5 = 29,11 \text{ kN}$$

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR

Résistance par plan

$$F_{rs,k,plan} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,1,k} = 2 \cdot 2 \cdot 29106,3 = 116,43 \text{ kN/plan}$$

Résistance totale

$$F_{rs,k} = n_{plan} \cdot F_{rs,k,plan} = 2 \cdot 116,43 = 232,85 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR

Hauteur nette en traction

$$b_{net} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,1,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 32,24 \cdot 352 \cdot 3,5 = 29,11 \text{ kN}$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,k} = k_t \cdot b_{net} \cdot t_{ef} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 32 \cdot 32,24 \cdot 19,2 = 24,42 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,k/plan} = 2 \cdot F_{v,1,k} + F_{t,k} = 2 \cdot 29,11 + 24,42 = 82,63 \text{ kN}$$

$$F_{bs,k} = n_{plan} \cdot F_{bs,k/plan} = 2 \cdot 82,63 = 165,26 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING

$$F_{sp,k} / \text{file} / \text{plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (296 + 2 \cdot 16) \cdot 32,24 \cdot 0,5 = 11,1 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} \cdot n_r \cdot 2 = 11,1 \cdot 2 \cdot 2 = 44,41 \text{ kN}$$

L'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage (supposition)

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} / 0,3 = 44,41 / 0,3 = 148,04 \text{ kN}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

$$F_{br,Rk,fendage} = \min(F_{sp,Rk}; F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(148,04; 165,26; 232,85) = 148,04 \text{ kN}$$

Sans fendage

$$F_{br,Rk} = \min(F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(165,26; 232,85) = 165,26 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 16 / 23 = 5987,78 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser,ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5987,78 = 191,61 \text{ kN/mm}$$

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

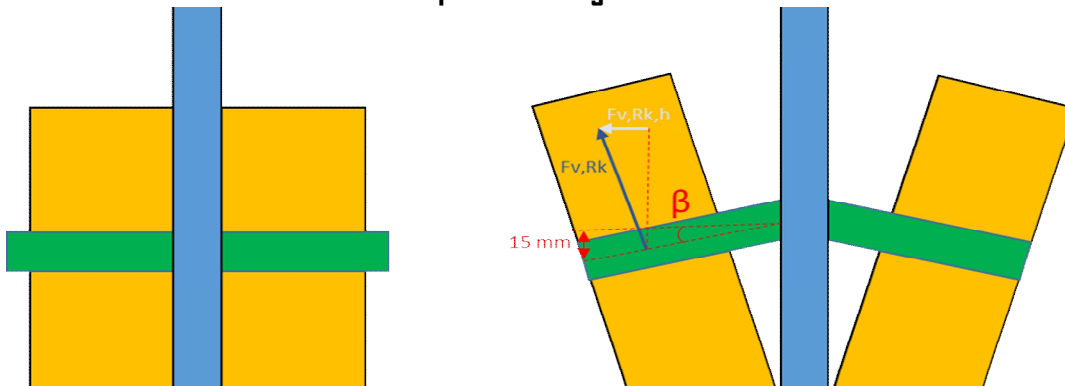
1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

Fermeture de l'assemblage par vis traversante
ESCRFTC8.0x140 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 140 \text{ mm}$
$l_g = 140 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 8 \text{ mm}$
$d_l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.5), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 142,14 kN et K la raideur totale de l'assemblage.

La broche se plie avec un angle de $\beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{broche}/2)) = \text{Arctan}((142,14/191,61)/(106/2)) = 0,8^\circ$

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage:

Effort maximum que peut transmettre une broche : $F_{v,Rk} = 17,73 \text{ kN}$ Voir partie 1.4.3

Effort horizontale qui ouvre l'assemblage : $F_{v,Rk,h} = \sin(\beta) \cdot F_{v,Rk} = \sin(0,8) \cdot 17727,82 = 248,1 \text{ N}$

Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_{v,Rk,H} = n \cdot F_{v,Rk,h} = 8 \cdot 248,1 = 1984,84 \text{ N}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la vis :

$$\text{Air nette de la vis : } A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Traction de la vis : } F_{t,Rk} = f_{tens} = 24100 \text{ N}$$

$$\text{Cisaillement dans le bois : } F_{ax,Rk} = f_{ax,90,k} \cdot d_s \cdot t_l = 13,18 \cdot 49 = 5135,2 \text{ N}$$

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$$

$$R_{ax,ferm,k} = \min(24100; 5135,2) \cdot 1 > 1,98 \text{ kN}$$

Il faut donc disposer de 1 vis ESCRFTC8.0x140 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES

Fendage

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 17,73 = 194,46 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 17727,82 = 283,65 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,Rk,ass} = 142,14 \text{ kN} \text{ rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_{t,D,Rk,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b-ft,D,k} = 2 \cdot 5488 \cdot 19,2 = 210,74 \text{ kN}$$

1.6.10.2 Valeurs MOYENNES

Fendage

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 21,26 = 233,15 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 21255,52 = 340,09 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,Rmean,ass} = 188,51 \text{ kN} \text{ rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_{t,D,Rmean,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b-ft,D,mean} = 2 \cdot 5488 \cdot 25,46 = 279,49 \text{ kN}$$

1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES

Fendage

$$F_{v,Rexp,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 26,82 = 294,2 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rexp,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 26,82 = 429,13 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Plastique majorée

$$F_v, R_{major, ass, plastique} = F_v, R_{mean, ass, plastique} \cdot 1,2 = 340,09 \cdot 1,2 = 408,11 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

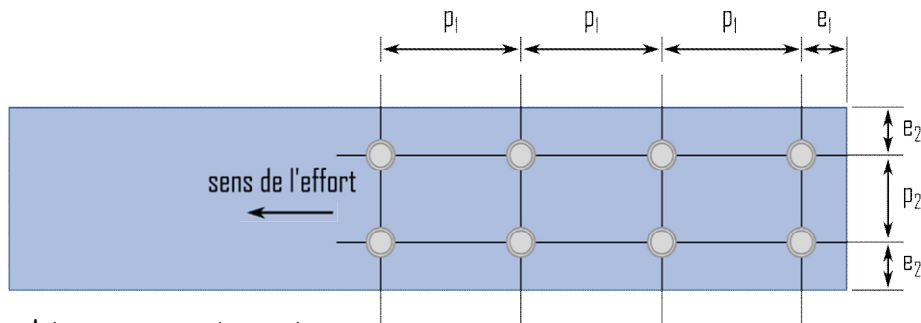
$$F_{bs}, R_{major, ass} = F_{bs}, R_{mean, ass} \cdot 1,2 = 188,51 \cdot 1,2 = 226,22 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_{t,0}, R_{major, ass, traction} = F_{t,0}, R_{mean, ass, traction} \cdot 1,2 = 279,49 \cdot 1,2 = 335,39 \text{ kN}$$

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

* Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

* Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$d0 = d + j = 16 + 0,6 = 16,6 \text{ mm}$$

* Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (2.2d0 \leq p1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p1 = 80 \text{ mm}$$

* Pas transversal

$$\text{Critère } (2.4d0 \leq p2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p2 = 48 \text{ mm}$$

* Distance au bord :

$$\text{Critère } (1.2d0 \leq e1) \quad e1 = 20 \text{ mm}$$

* Distance au bord :

$$\text{Critère } (1.2d0 \leq e2) \quad e2 = 21 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

* Hauteur de la plaque métallique : $h_m = 90 \text{ mm}$

* Épaisseur de la plaque métallique : $t_m = 8 \text{ mm}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5\right)$$

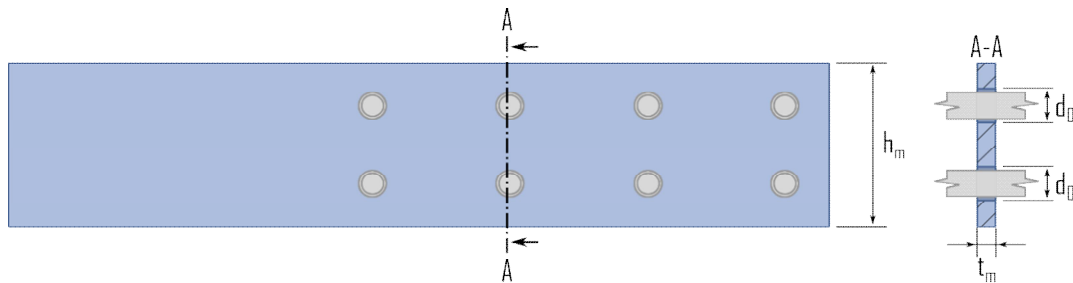
$$k_1 = \min(2.8 \cdot 21/16.6 - 1.7; 1.4 \cdot 48/16.6 - 1.7; 2.5) = 1.84$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1\right)$$

$$\alpha_b = \min(20/(3 \cdot 16.6); 80/(3 \cdot 16.6) - 0.25; 900/540; 1) = 0.4$$

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1.84 \cdot 0.4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 409.09 \text{ kN}$$

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (90 - 2 \cdot 16.6) \cdot 8 = 454.4 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0.9 \cdot A_{net,m} \cdot f_{u,k,m} = 0.9 \cdot 454 \cdot 540 = 220.84 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 90 \cdot 8 \cdot 460 = 331.2 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

$$\text{* Bois : } 2 \cdot E_{0,mean} \cdot h_b \cdot t_l = 2 \cdot 11500 \cdot 144 \cdot 49 = 162288 \text{ kN}$$

$$\text{* Métal : } E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m = 210000 \cdot 90 \cdot 8 = 151200 \text{ kN}$$

$$\text{Écart de rigidité ((Métal-Bois)/Métal) = -7.33 \%}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois ECS CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique} = 283,65 \text{ kN}$	283,65 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage} = 194,46 \text{ kN}$	194,46 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass} = 142,14 \text{ kN}$	142,14 kN
Traction nette $F_t, D, R_k, \text{ass}, \text{traction} = 210,74 \text{ kN}$	210,74 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique}, D = 332,65 \text{ kN}$	332,65 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage}, D = 148,04 \text{ kN}$	148,04 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass}, D = 165,26 \text{ kN}$	165,26 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp}, \text{ass}, \text{plastique}, D = 429,13 \text{ kN}$	429,13 kN
-----------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

1.9.4. Bois ECS EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp}, \text{ass}, \text{plastique} = 429,13 \text{ kN}$	429,13 kN
Fendage $F_v, R_{exp}, \text{ass}, \text{fendage}, = 294,2 \text{ kN}$	294,20 kN

1.9.5. Bois ECS MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{plastique} = 340,09 \text{ kN}$	340,09 kN
Fendage $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{fendage} = 233,15 \text{ kN}$	233,15 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{\text{mean}}, \text{ass} = 188,51 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement	188,51 kN
Traction nette	

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = 279,49 \text{ kN}$ 279,49 kN

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Cisaillement plastique majoré

$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = 408,11 \text{ kN}$ 408,11 kN

Rupture de bloc majorée

$F_{bs,Rmajor,ass} = 226,22 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement 226,22 kN

Traction nette majorée

$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = 335,39 \text{ kN}$ 335,39 kN

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes

$R_{renf,k} = \min(\max(F_{head,E,k}; R_{ax,90^\circ}); F_{tens,E,k}) > F_{t,90,mean}$

$R_{renf,k} = \min(\max(1,655; 0,435); 2,65) = 1,655 \text{ kN} > 6,38 \text{ kN}$ Frettage possible, rupture par fendage impossible

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique d'effort

$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$

$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 5,14) \cdot 1 > 1,98 \text{ kN}$

1.9.8. Métal

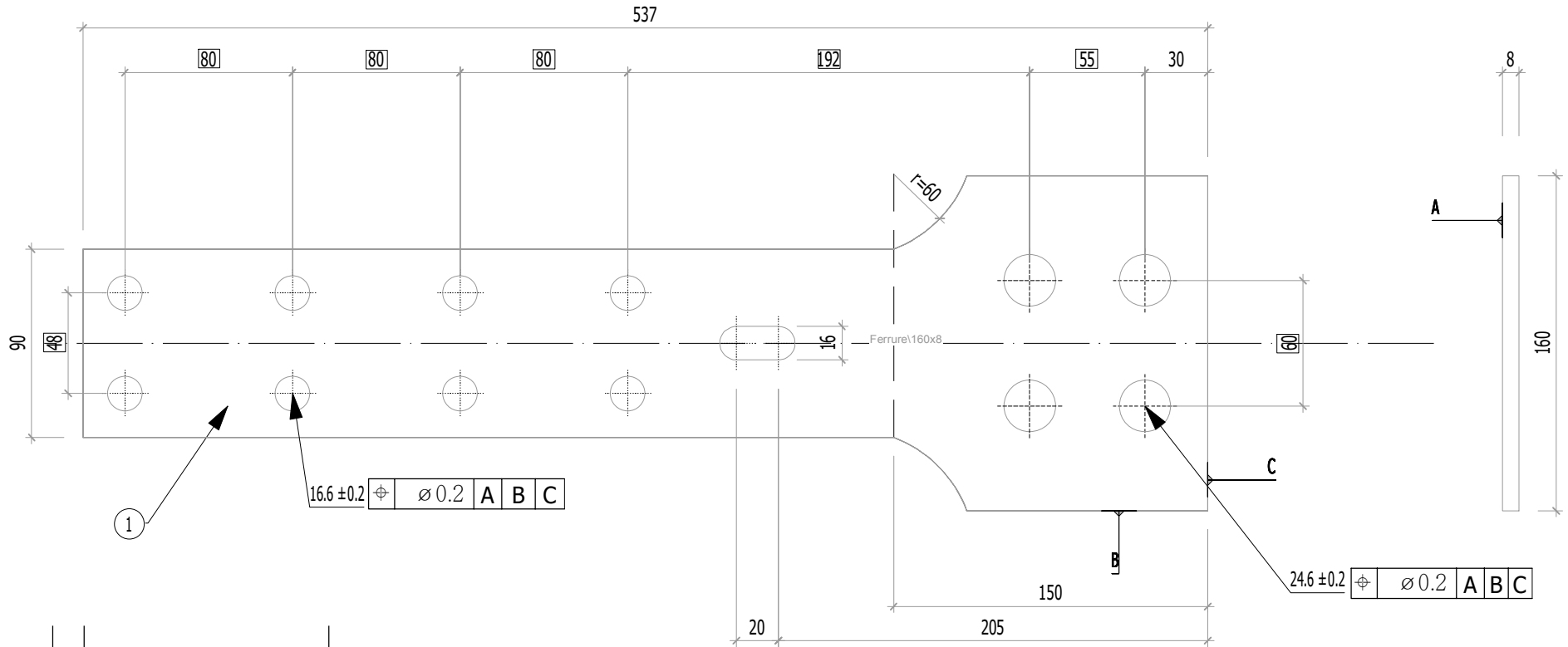
Pression diamétrale

$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u \cdot k_m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 409,09 \text{ kN}$ 409,1 kN

Section nette

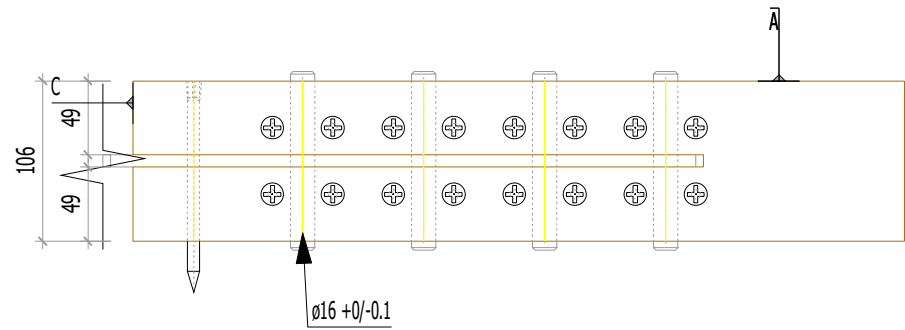
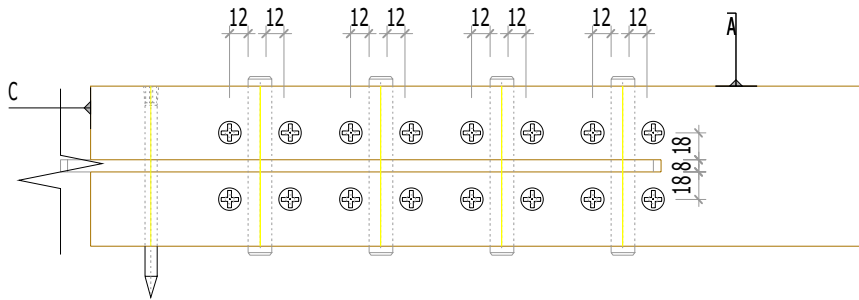
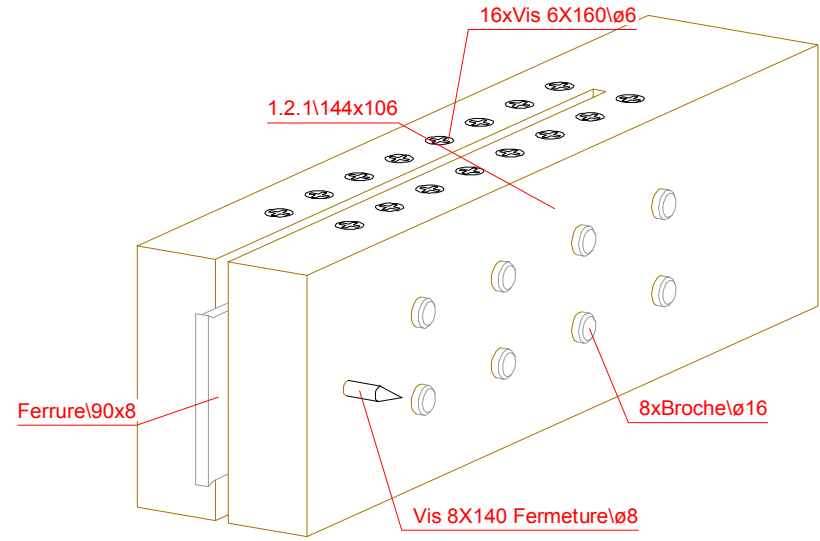
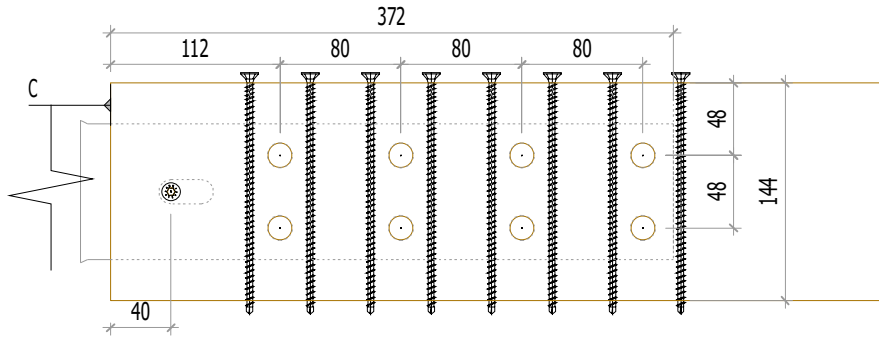
$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{nt,m} \cdot f_u \cdot k_m = 0,9 \cdot 454 \cdot 540 = 220,84 \text{ kN}$ 220,8 kN

$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_y \cdot mean_m = 90 \cdot 8 \cdot 460 = 331,2 \text{ kN}$ 331,2 kN



1		30	Ferrure								
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0572492 m ²							
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage	Ech						
S 460 ou équivalent			Ciser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	X ^{+0,5} _{-0,5}	Ra12,5	Echelle: 1 : 3					
ENSTIB-LERMAB-CRITT				MASSE	Dessinateur: ALBERT LEO						
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS				3.595 kg	Date: 03.04.2020						
ENSTIB		Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76									
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				Feuille: Ind:							

F1.2.1/4.2.1/4.2.2



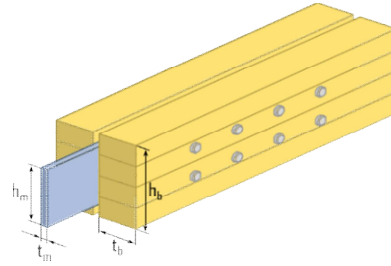
1.2.1

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8

1. Assemblage bois en double cisaillement avec plaque métallique en âme sollicité en traction 2x4

1.0. Synthèse de la configuration de l'assemblage

Type d'organes :	Broches diamètre 16 mm
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique d'effort
Renforcement de l'assemblage	2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes
Section bois :	2 X 95 X 144 mm
Section métal :	120 X 8 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLC".

1.1. Hypothèses générales

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur caractéristique. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode : d => soit le mode I.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométrique des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5 Justification des vis de renfort
 - 1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1 Eurocode 5
 - 1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2 Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES
 - 1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.7.2. Section métal
- 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
- 1.7.4. Calculs des sections nettes
- 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats
 - 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
 - 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
 - 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
 - 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
 - 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
 - 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
 - 1.9.7. Renforcement
 - 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

Diamètre des organes : $d = 16$ mm tolérance (h7)

* Classe de broche: 8.8

* Résistance en traction des organes :

Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900$ Mpa (données fournisseurs : VIAL FRERES)

Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57$ Mpa (COV 0,03)

* Limite d'élasticité des organes:

Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720$ Mpa (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)

Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26$ Mpa (COV 0,03)

* Moment d'écoulement plastique des organes : (EC5)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot l = 0,3 \cdot 900 \cdot 16^2 \cdot 6 = 364818$ N.mm

Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot l = 0,3 \cdot 947 \cdot 16^2 \cdot 6 = 383695$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Draft)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (f_{u,k}) \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (900) \cdot 16^3 = 552960$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Expérimentale)

Valeur expérimentale $M_{y,Rexp} = 669013$ N.mm

1.3.2. Bois

* Classe de résistance: GL24h (Schneider)

* Masse volumique : (EC5)

Valeur caractéristique: $\rho_k = 385$ kg/m³

Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61$ kg/m³ (COV = 0,15)

Valeur expérimentale : $\rho_{exp} = 467,5$ kg/m³

* Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)

Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500$ Mpa

* Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46$ MPa (COV = 0,15)

* Résistance en cisaillement: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64$ Mpa (COV = 0,15)

* Portance locale parallèle au fil: (EC5 / Draft)

Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 385 = 26,52$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 510,61 = 35,17$ Mpa

Valeur expérimentale : $f_{h,0,exp} = 34,21$ Mpa

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3.3. Métal

* Nuance d'acier: S460

* Module d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)

Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$

* Limite d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)

Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$

* Portance locale parallèle au fil: (Draft)

Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$

* Résistance en traction de la plaque métallique: (EC3)

Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de f_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé « N » $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file

1.4.1. Données géométrique des éléments bois

*Hauteur des éléments bois : $hb = 144 \text{ mm}$

* Epaisseur des éléments bois : $tl = 95 \text{ mm}$

1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

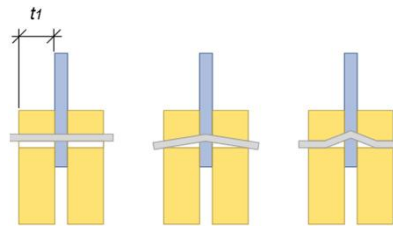
* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$F_{v,Re\text{xp}} = \min \begin{cases} f_{h,exp} t_1 d & (f) \\ f_{h,exp} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Re\text{xp}}}{f_{h,exp} d t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,exp}}{4} & (g) \\ 2\sqrt{M_{y,Re\text{xp}} f_{h,exp} d} + \frac{F_{ax,exp}}{4} & (h) \end{cases}$$

Le coefficient "1,15" du mode (h) a été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Re\text{xp}} = \min \begin{cases} 51999 \text{ N mode (f)} \\ 30902 \text{ N mode (g)} \\ 38272 \text{ N mode (h)} \end{cases} \quad F_{v,Re\text{xp}} = 30902 \text{ N (mode g)}$$



* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a/d)^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (80/(13 \cdot 16))^{1/4}) = 2,74$$

$$F_{v,Re\text{xp,ass,fendage}} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Re\text{xp}} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 30,9 = 338,97 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Re\text{xp,ass,plastique}} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Re\text{xp}} = 2 \cdot 8 \cdot 30,9 = 494,43 \text{ kN}$$

1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement:

$$f_{h,mean} t_1 d \quad (f)$$

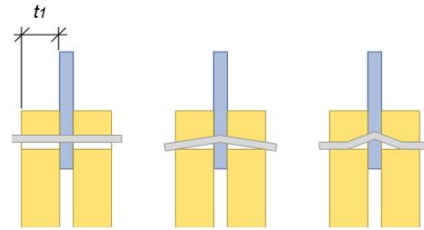
Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{v,Rmean} = \min \left\{ \begin{aligned} & f_{h,mean} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rmean}}{f_{h,mean} d t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rmean}}{4} \quad (g) \\ & 2\sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,mean} d} + \frac{F_{ax,Rmean}}{4} \quad (h) \end{aligned} \right.$$

Le coefficient "1,15" du mode (h) a été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,rmean} = \min \begin{cases} 53460 \text{ N mode (f)} \\ 27655 \text{ N mode (g)} \\ 29388 \text{ N mode (h)} \end{cases} \quad F_{v,mean} = 27655 \text{ N (mode g)}$$



* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a/d)^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (80/(13 \cdot 16))^{1/4}) = 2,74$$

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 27,65 = 303,35 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 27,65 = 442,48 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

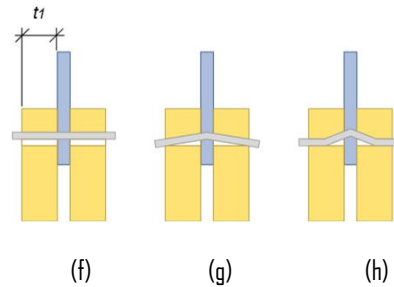
1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,k} t_1 d & (f) \\ f_{h,k} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (h) \end{cases}$$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen) :

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 40309 \text{ N mode (f)} \\ 21891 \text{ N mode (g)} \\ 28616 \text{ N mode (h)} \end{cases} \quad F_{v,Rk} = 21891 \text{ N (mode g)}$$



* Contribution de l'effet de corde :
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 21.89 = 240.12 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 21.89 = 350.25 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right] + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2 + \beta} \left[\sqrt{\frac{2(1 + \beta)}{\beta} + \frac{4(2 + \beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2(1 + \beta) + \frac{4(1 + 2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1 + \beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

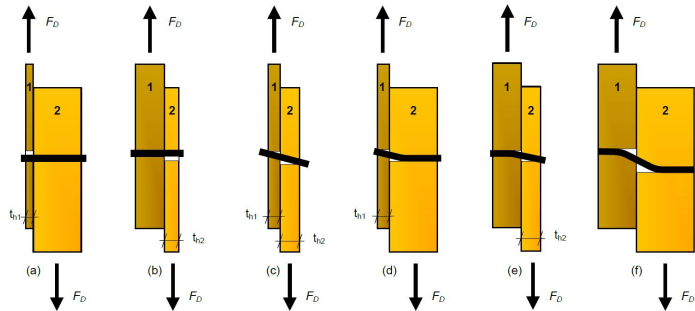
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 95 mm

th2 = 8/2 = 4 mm

$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 600/26,52 = 22,63$

$$F_{v,rk,D} = \min \left\{ \begin{array}{l} 40309 \text{ N mode (a)} \\ 38400 \text{ N mode (b)} \\ 16664 \text{ N mode (c)} \\ 25212 \text{ N mode (d)} \\ 22411 \text{ N mode (e)} \\ 34476 \text{ N mode (f)} \end{array} \right.$$



Note : Les parties métalliques étant considérées dans la partie "2", les modes "c" et "e" ne sont pas considérés

$F_{v,rk,D} = 25212 \text{ N mode : (d)}$

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (25212 \cdot 8) = 403,39 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

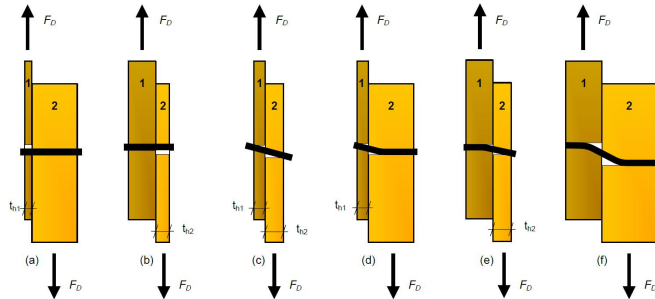
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen) :

$$th1 = 95 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/34,21 = 17,54$$

$$F_{v,Exp,D} = \min \begin{cases} 51999 \text{ N mode (a)} \\ 38400 \text{ N mode (b)} \\ 21300 \text{ N mode (c)} \\ 31783 \text{ N mode (d)} \\ 27716 \text{ N mode (e)} \\ 42810 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



Note : Les parties métalliques étant considérées dans la partie "2", les modes "c" et "e" ne sont pas considérés

$$F_{v,Exp,D} = 31783 \text{ N mode : (d)}$$

* Contribution de l'effet de corde :

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Exp,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Exp,D-n}) = 2 \cdot (31782,83 \cdot 8) = 508,53 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.5 Justification des vis de renfort

1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

ESCRFTC8.0x160 => Fournisseur (type Simpson)

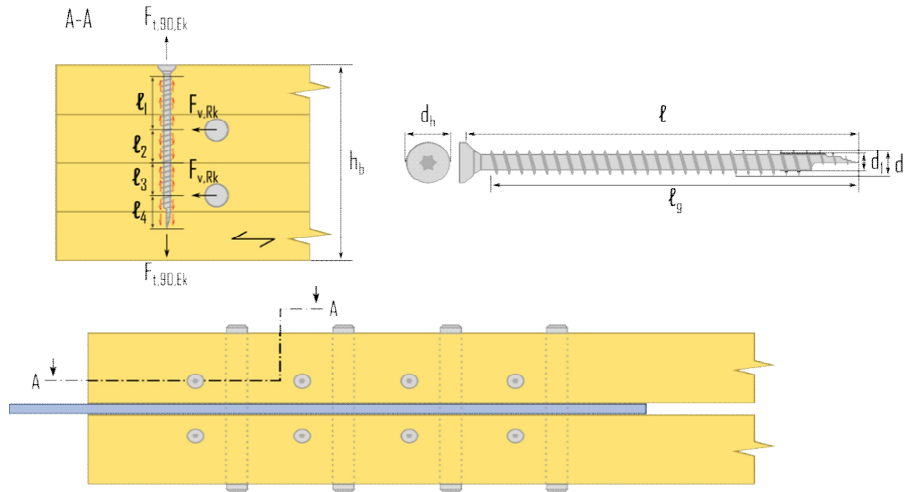
Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 160 \text{ mm}$
$l_g = 160 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 8 \text{ mm}$
$d_l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broches par plan de cisaillement.



2 ou 4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

l1 = a4,c = 3.d = 48 mm en considérant la tête en dehors du bois

l2 = a2/2 = 48/2 = 24 mm, Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a2

l4 = l-hb/2-a2/2 = 160-144/2-48/2 = 64 mm

Note : pour les valeurs de pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

* Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^{\circ},k} = f_{ax,90^{\circ},k} \cdot d \cdot l_{i,\min} = 13,1 \cdot 8 \cdot 48 = 5,03 \text{ kN}$$

* Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} \cdot a = 24,1 \cdot 24 = 24,1 \text{ kN}$$

* Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d^2) / 4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((15^2 - 5,2^2) / 4) \cdot 12,4 = 1,93 \text{ kN} \quad \textit{Justification à titre indicatif}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

* Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement:

$$F_v, R_k = 21,89 \text{ kN}$$

* Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_t, 90, R_k = 0,3 \cdot F_v, R_k = 0,3 \cdot 21,89 = 6,57 \text{ kN}$$

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$R_{renf, k} = \min(\max(R_{ax, 90^\circ}, k; R_{head, k}) R_{tens, k}) \geq F_t, 90, E_k / n_{vis}$

$$R_{renf, k} = \min(\max(5,03; 1,93); 24,1) = 5,03 \text{ kN}$$

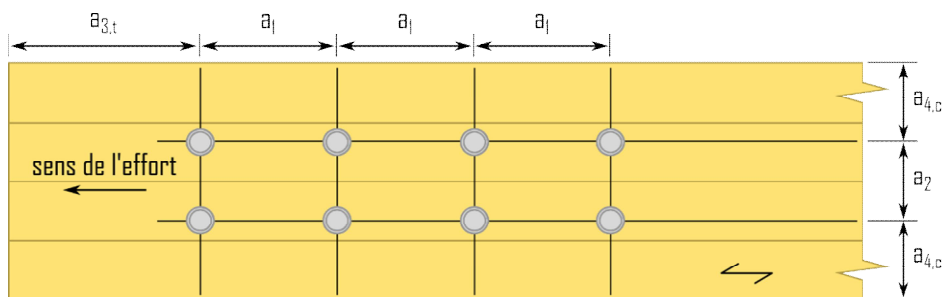
$$F_t, 90, E_k / n_{vis} = 6,57 / 2 = 3,28 \text{ kN}$$

=> 1 vis de part et d'autre de la broche

$$R_{renf, k} > 0,3 \cdot F_v, R_k = 5,03 > 3,28 \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 16 = 80 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

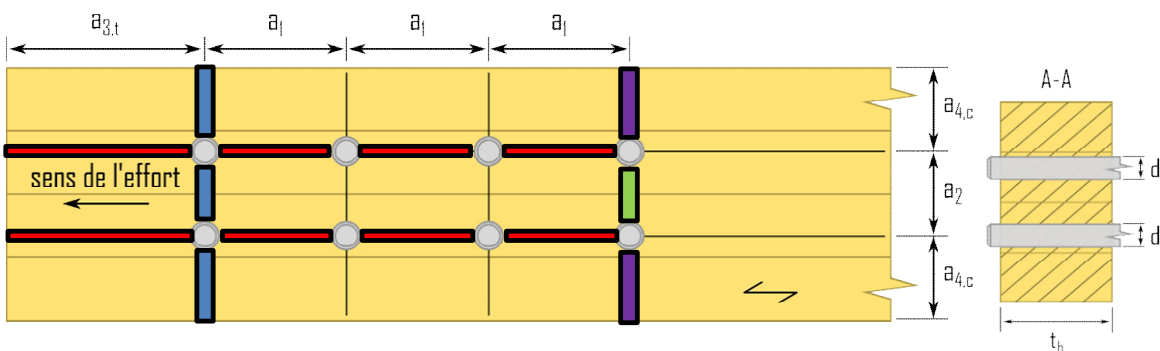
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 16; 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$





* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

	$A_{net,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot tb = (144 - 2 \cdot 16) \cdot 95 = 10640 \text{ mm}^2$
	$L_{net,v} = 2 \cdot a3,t + 2 \cdot (nc - l) \cdot (al - d) - d = 2 \cdot 112 + 2 \cdot (4 - l) \cdot (80 - 16) - 16 = 592 \text{ mm}$ $A_{net,v} = L_{net,v} \cdot tb = 592 \cdot 95 = 56240 \text{ mm}^2$
	$L_{net,t,int} = (nr - l) \cdot (a2 - d) = (2 - l) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$ $A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot tb = 32 \cdot 95 = 3040 \text{ mm}^2$
	$L_{net,t,ext} = hb - d - (nr - l) \cdot a2 = 144 - 16 - (2 - l) \cdot 48 = 80 \text{ mm}$ $A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot tl = 80 \cdot 95 = 7600 \text{ mm}^2$

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left(\min \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot ft,0,mean \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot fv,mean \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot ft,0,mean \end{array} \right) = 2 \cdot \max \left(\min \begin{array}{l} 1,25 \cdot 7600 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 56240 \cdot 4,64 \\ 1,25 \cdot 3040 \cdot 25,46 \end{array} \right) = 2 \cdot \max \left(\min \begin{array}{l} 241910 \\ 182743 \\ 96764 \end{array} \right)$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 365,49 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b} \cdot ft,0,mean = 2 \cdot 10640 \cdot 25,46 = 541,88 \text{ kN}$

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left(\min \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot ft,0,k \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot fv,k \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot ft,0,k \end{array} \right) = 2 \cdot \max \left(\min \begin{array}{l} 1,25 \cdot 7600 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 56240 \cdot 3,5 \\ 1,25 \cdot 3040 \cdot 19,2 \end{array} \right) = 2 \cdot \max \left(\min \begin{array}{l} 182400 \\ 137788 \\ 72960 \end{array} \right)$$

$F_{bs,Rk,ass} = 275,58 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette ECS

$F_{t,0,Rk,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b} \cdot ft,0,k = 2 \cdot 10640 \cdot 19,2 = 408,58 \text{ kN}$

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Epaisseur efficace $t_{ef}(e_l)$

Pénétration total de l'organe

Mode de rupture : mode (d)

$L_{p,0}/d = 95/16 = 5,94 > 3 \Rightarrow t_{ef}(e_l) = \max(0,76 - L_{p,0}/(30d); 0,2) \cdot tl = 53,4 \text{ mm}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Longueur nette cisailée extérieure aux organes

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 80 \cdot (4 - 1) + 112 = 352 \text{ mm}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Longueur nette cisailée

$$L_{net} = (n_c - 1) \cdot a + 3 \cdot t - (n_c - 0,5) \cdot d_0 = (4 - 1) \cdot 80 + 12 - (4 - 0,5) \cdot 16 = 296 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean} / E_0, mean} = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{650 / 11500} = 0,73$$

Coefficient k_t

$$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean} / E_0, mean} = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{650 / 11500} = 1,23$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,1,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 53,4 \cdot 352 \cdot 3,5 = 48,21 \text{ kN}$$

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR

Résistance par plan

$$F_{rs,k,plan} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,1,k} = 2 \cdot 2 \cdot 48,210,8 = 192,84 \text{ kN/plan}$$

Résistance totale

$$F_{rs,k} = n_{plan} \cdot F_{v,1,k} = 2 \cdot 192,84 = 385,69 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR

Hauteur nette en traction

$$b_{net} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,1,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 53,4 \cdot 352 \cdot 3,5 = 48,21 \text{ kN}$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,k} = k_t \cdot b_{net} \cdot t_{ef} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 32 \cdot 53,4 \cdot 19,2 = 40,45 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,k/plan} = 2 \cdot F_{v,1,k} + F_{t,k} = 2 \cdot 48,21 + 40,45 = 136,87 \text{ kN}$$

$$F_{bs,k} = n_{plan} \cdot F_{bs,k/plan} = 2 \cdot 136,87 = 273,74 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING

$$F_{sp,k} / \text{file} / \text{plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (296 + 2 \cdot 16) \cdot 53,4 \cdot 0,5 = 18,39 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} \cdot n_r \cdot 2 = 18,39 \cdot 2 \cdot 2 = 73,56 \text{ kN}$$

L'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage (supposition)

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} / 0,3 = 73,56 / 0,3 = 245,2 \text{ kN}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

$$F_{br,Rk,fendage} = \min(F_{sp,Rk}; F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(245,2; 273,74; 385,69) = 245,2 \text{ kN}$$

Sans fendage

$$F_{br,Rk} = \min(F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(273,74; 385,69) = 273,74 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser.organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 16 / 23 = 5987,78 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser.ass} = n_{type} \cdot n_{plan} \cdot K_{ser.organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5987,78 = 191,61 \text{ kN/mm}$$

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

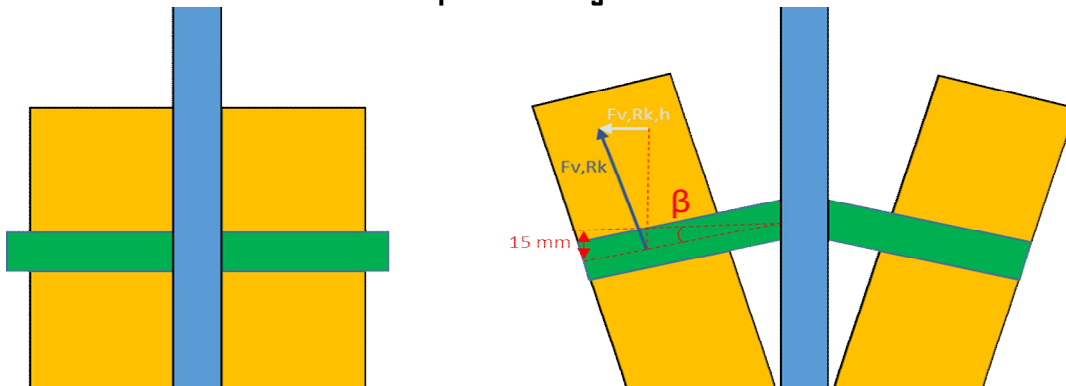
1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

Fermeture de l'assemblage par vis traversante
ESCRFTC8.0x220 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 220 \text{ mm}$
$l_g = 220 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 8 \text{ mm}$
$d_l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.5), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 275,58 kN et K la raideur totale de l'assemblage.

La broche se plie avec un angle de $\beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{broche}/2)) = \text{Arctan}((275,58/191,61)/(198/2)) = 0,83^\circ$

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage:

Effort maximum que peut transmettre une broche : $F_{v,Rk} = 21,89 \text{ kN}$ Voir partie 1.4.3

Effort horizontale qui ouvre l'assemblage : $F_{v,Rk,h} = \sin(\beta) \cdot F_{v,Rk} = \sin(0,83) \cdot 21890,56 = 317,98 \text{ N}$

Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_{v,Rk,H} = n \cdot F_{v,Rk,h} = 8 \cdot 317,98 = 2543,85 \text{ N}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la vis :

$$\text{Air nette de la vis : } A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Traction de la vis : } F_{t,Rk} = f_{tens} = 24100 \text{ N}$$

$$\text{Cisaillement dans le bois : } F_{ax,Rk} = f_{ax,90,k} \cdot d_s \cdot t_l = 13,1 \cdot 8 \cdot 95 = 9956 \text{ N}$$

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$$

$$R_{ax,ferm,k} = \min(24100; 9956) \cdot 1 > 2,54 \text{ kN}$$

Il faut donc disposer de 1 vis ESCRFTC8.0x220 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES

Fendage

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 21,89 = 240,12 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 21890,56 = 350,25 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,Rk,ass} = 275,58 \text{ kN rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_{t,D,Rk,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b-ft,D,k} = 2 \cdot 10640 \cdot 19,2 = 408,58 \text{ kN}$$

1.6.10.2 Valeurs MOYENNES

Fendage

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 27,65 = 303,35 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 27654,72 = 442,48 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,Rmean,ass} = 365,49 \text{ kN rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_{t,D,Rmean,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b-ft,D,mean} = 2 \cdot 10640 \cdot 25,46 = 541,88 \text{ kN}$$

1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES

Fendage

$$F_{v,Rexp,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 30,9 = 338,97 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rexp,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 30,9 = 494,43 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Plastique majorée

$$F_v, R_{major, ass, plastique} = F_v, R_{mean, ass, plastique} \cdot 1,2 = 442,48 \cdot 1,2 = 530,97 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

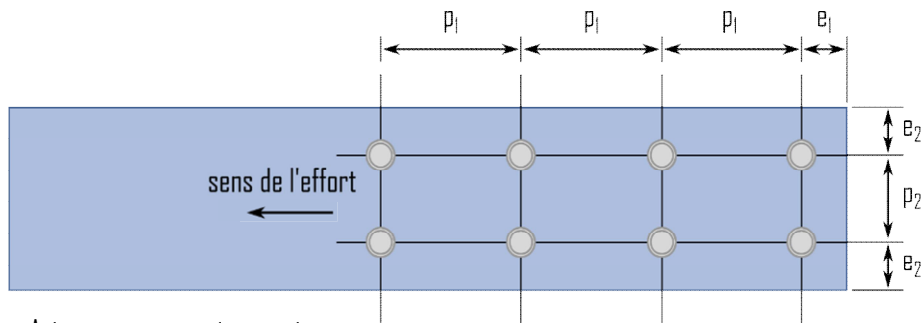
$$F_{bs}, R_{major, ass} = F_{bs}, R_{mean, ass} \cdot 1,2 = 365,49 \cdot 1,2 = 438,58 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_{t, D}, R_{major, ass, traction} = F_{t, D}, R_{mean, ass, traction} \cdot 1,2 = 541,88 \cdot 1,2 = 650,25 \text{ kN}$$

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

* Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

* Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$dD = d + j = 16 + 0,6 = 16,6 \text{ mm}$$

* Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (2,2dD \leq p1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p1 = 80 \text{ mm}$$

* Pas transversal

$$\text{Critère } (2,4dD \leq p2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p2 = 48 \text{ mm}$$

* Distance au bord :

$$\text{Critère } (1,2dD \leq e1) \quad e1 = 20 \text{ mm}$$

* Distance au bord :

$$\text{Critère } (1,2dD \leq e2) \quad e2 = 36 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

* Hauteur de la plaque métallique : $h_m = 120 \text{ mm}$

* Épaisseur de la plaque métallique : $t_m = 8 \text{ mm}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5\right)$$

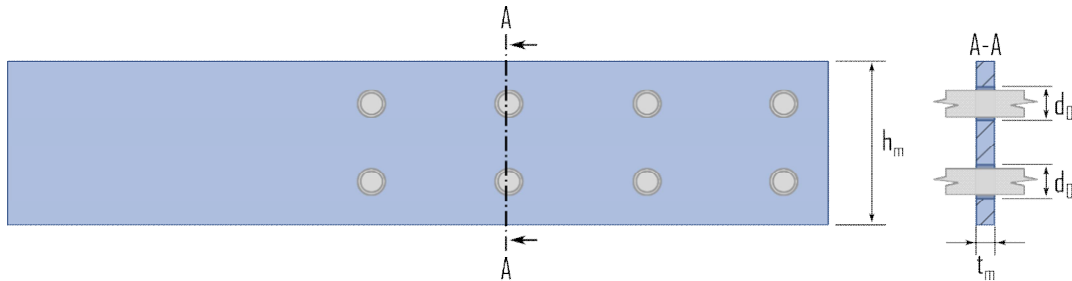
$$k_1 = \min(2.8 \cdot 36/16.6 - 1.7; 1.4 \cdot 48/16.6 - 1.7; 2.5) = 2.35$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1\right)$$

$$\alpha_b = \min(20/(3 \cdot 16.6); 80/(3 \cdot 16.6) - 0.25; 900/540; 1) = 0.4$$

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2.35 \cdot 0.4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 521.47 \text{ kN}$$

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (120 - 2 \cdot 16.6) \cdot 8 = 694.4 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0.9 \cdot A_{net,m} \cdot f_{u,k,m} = 0.9 \cdot 694 \cdot 540 = 337.48 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 120 \cdot 8 \cdot 460 = 441.6 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

$$\text{* Bois : } 2 \cdot E_{0,mean} \cdot h_b \cdot t_l = 2 \cdot 11500 \cdot 144 \cdot 95 = 314640 \text{ kN}$$

$$\text{* Métal : } E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m = 210000 \cdot 120 \cdot 8 = 201600 \text{ kN}$$

$$\text{Écart de rigidité ((Métal-Bois)/Métal) = -56.07 \%}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois ECS CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, ass, plastique = 350,25 \text{ kN}$	350,25 kN
Fendage $F_v, R_k, ass, fendage = 240,12 \text{ kN}$	240,12 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, ass = 275,58 \text{ kN}$	275,58 kN
Traction nette $F_t, D, R_k, ass, traction = 408,58 \text{ kN}$	408,58 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, ass, plastique, D = 403,39 \text{ kN}$	403,39 kN
Fendage $F_v, R_k, ass, fendage, D = 245,2 \text{ kN}$	245,20 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, ass, D = 273,74 \text{ kN}$	273,74 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp}, ass, plastique, D = 508,53 \text{ kN}$	508,53 kN
---------------------------------------------------------------------------------	-----------

1.9.4. Bois ECS EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp}, ass, plastique = 494,43 \text{ kN}$	494,43 kN
Fendage $F_v, R_{exp}, ass, fendage, = 338,97 \text{ kN}$	338,97 kN

1.9.5. Bois ECS MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{mean}, ass, plastique = 442,48 \text{ kN}$	442,48 kN
Fendage $F_v, R_{mean}, ass, fendage = 303,35 \text{ kN}$	303,35 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{mean}, ass = 365,49 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement	365,49 kN
Traction nette	

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = 541,88 \text{ kN}$ 541,88 kN

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Cisaillement plastique majoré

$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = 530,97 \text{ kN}$ 530,97 kN

Rupture de bloc majorée

$F_{bs,Rmajor,ass} = 438,58 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement 438,58 kN

Traction nette majorée

$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = 650,25 \text{ kN}$ 650,25 kN

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes

$R_{renf,k} = \min(\max(F_{head,E,k}; R_{ax,90^\circ}); F_{tens,E,k}) > F_{t,90,mean}$

$R_{renf,k} = \min(\max(2,515; 0,965); 12,05) = 2,515 \text{ kN} > 8,3 \text{ kN}$ Frettage possible, rupture par fendage impossible

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique d'effort

$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$

$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 9,96) \cdot 1 > 2,54 \text{ kN}$

1.9.8. Métal

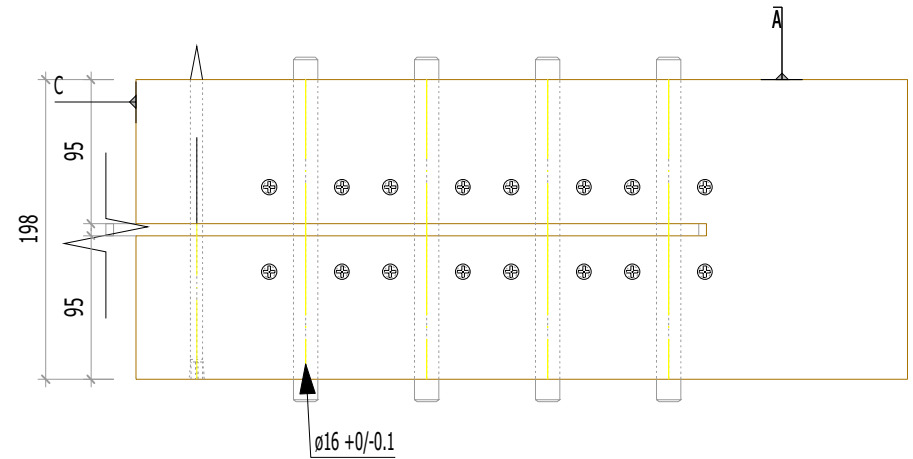
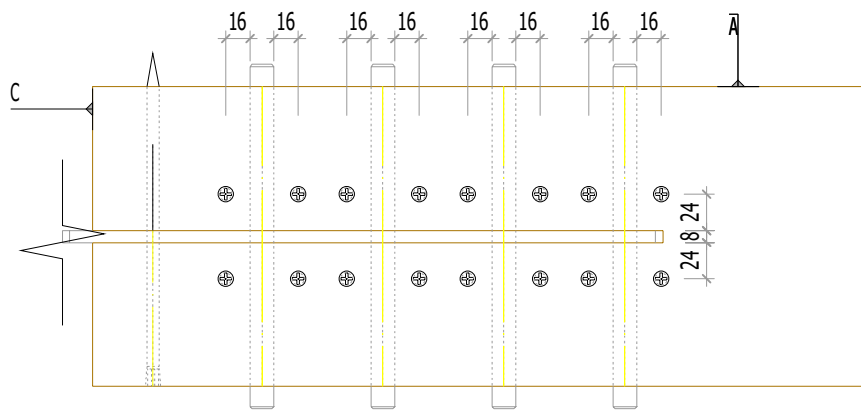
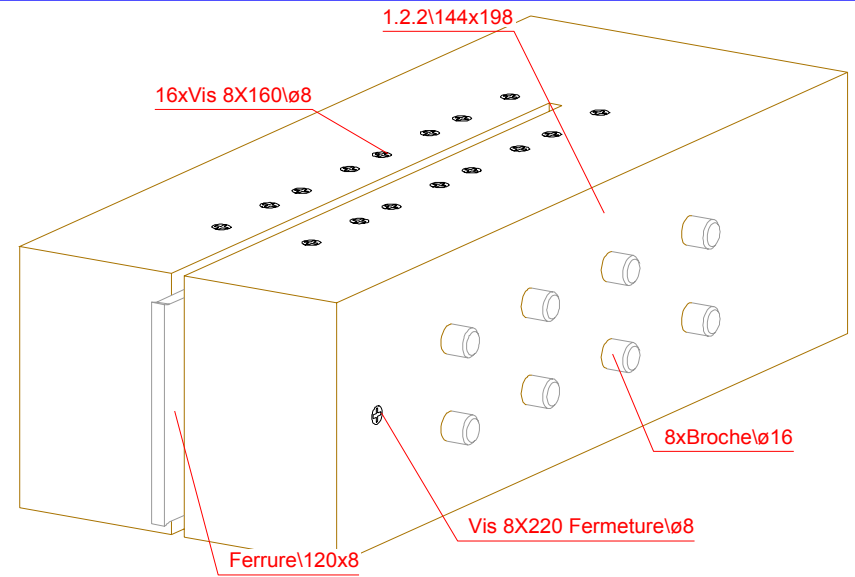
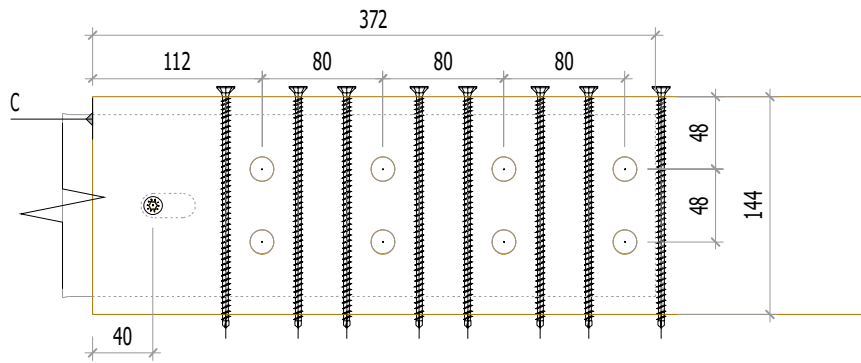
Pression diamétrale

$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u \cdot k_m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,35 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 521,47 \text{ kN}$ 521,5 kN

Section nette

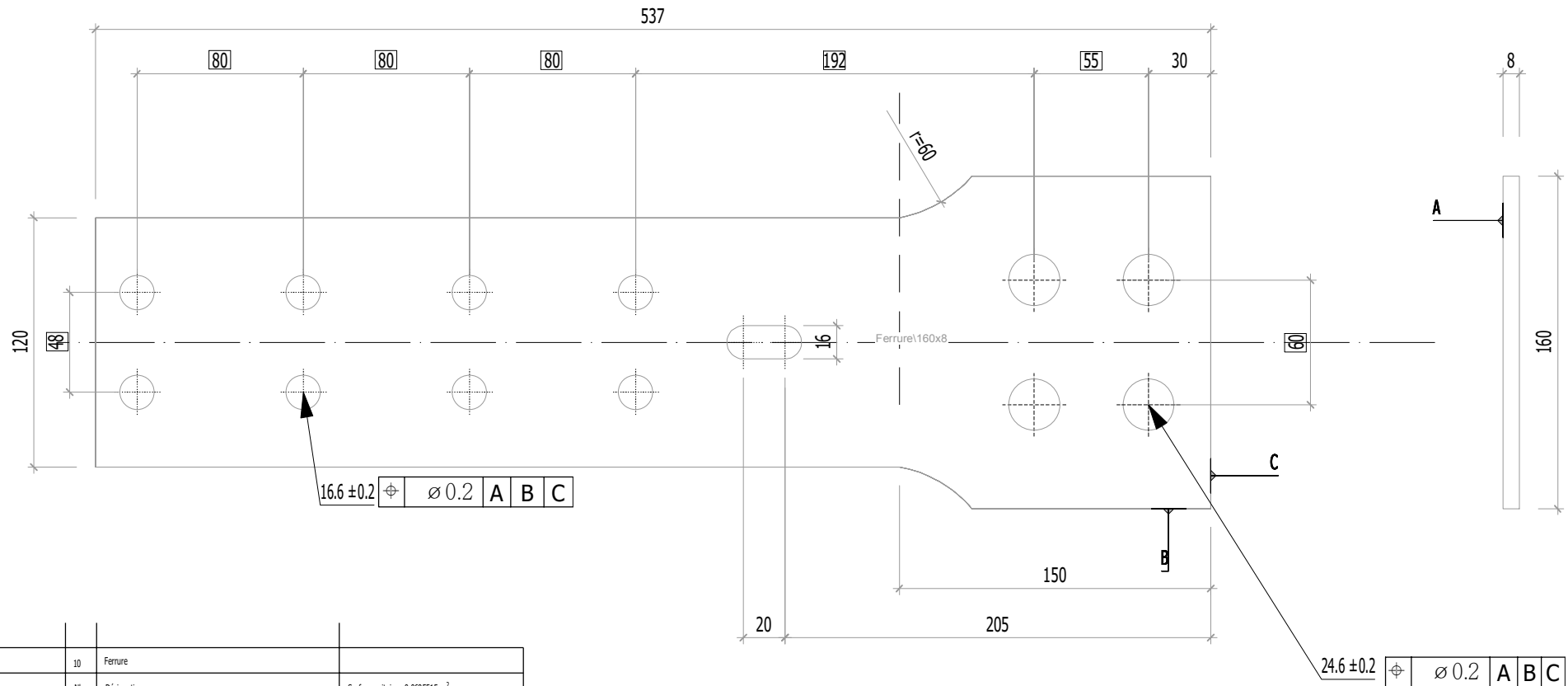
$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{nt,m} \cdot f_u \cdot k_m = 0,9 \cdot 694 \cdot 540 = 337,48 \text{ kN}$ 337,5 kN

$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_y \cdot \text{mean},m = 120 \cdot 8 \cdot 460 = 441,6 \text{ kN}$ 441,6 kN



1.2.2

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



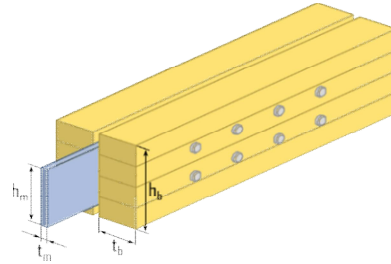
1		10	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0695515 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent			X ^{+0.5} _{-0.5}	Ra12.5 <small>indicateurs coniques</small>
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Echelle: 1: 3
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			4.368 kg	Dessinateur: ALBERT LEO Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F1.2.2

1. Assemblage bois en double cisaillement avec plaque métallique en âme sollicité en traction 2x4

1.0. Synthèse de la configuration de l'assemblage

Type d'organes :	Broches diamètre 16 mm
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique d'effort
Renforcement de l'assemblage	2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes
Section bois :	2 X 140 X 144 mm
Section métal :	160 X 8 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLC".

1.1. Hypothèses générales

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur caractéristique. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode : d => soit le mode I.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométrique des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5 Justification des vis de renfort
 - 1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1 Eurocode 5
 - 1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2 Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES
 - 1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.7.2. Section métal
- 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
- 1.7.4. Calculs des sections nettes
- 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats
 - 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
 - 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
 - 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
 - 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
 - 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
 - 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
 - 1.9.7. Renforcement
 - 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

Diamètre des organes : $d = 16$ mm tolérance (h7)

* Classe de broche: 8.8

* Résistance en traction des organes :

Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900$ Mpa (données fournisseurs : VIAL FRERES)

Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57$ Mpa (COV 0,03)

* Limite d'élasticité des organes:

Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720$ Mpa (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)

Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26$ Mpa (COV 0,03)

* Moment d'écoulement plastique des organes : (EC5)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot l = 0,3 \cdot 900 \cdot 16^2 \cdot 6 = 364818$ N.mm

Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot l = 0,3 \cdot 947 \cdot 16^2 \cdot 6 = 383695$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Draft)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (f_{u,k}) \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (900) \cdot 16^3 = 552960$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Expérimentale)

Valeur expérimentale $M_{y,Rexp} = 669013$ N.mm

1.3.2. Bois

* Classe de résistance: GL24h (Schneider)

* Masse volumique : (EC5)

Valeur caractéristique: $\rho_k = 385$ kg/m³

Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61$ kg/m³ (COV = 0,15)

Valeur expérimentale : $\rho_{exp} = 467,5$ kg/m³

* Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)

Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500$ Mpa

* Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46$ MPa (COV = 0,15)

* Résistance en cisaillement: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64$ Mpa (COV = 0,15)

* Portance locale parallèle au fil: (EC5 / Draft)

Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 385 = 26,52$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 510,61 = 35,17$ Mpa

Valeur expérimentale : $f_{h,0,exp} = 34,21$ Mpa

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3.3. Métal

* Nuance d'acier: S460

* Module d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)

Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$

* Limite d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)

Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$

* Portance locale parallèle au fil: (Draft)

Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$

* Résistance en traction de la plaque métallique: (EC3)

Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de f_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé « N » $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file

1.4.1. Données géométrique des éléments bois

*Hauteur des éléments bois : $h_b = 144 \text{ mm}$

* Epaisseur des éléments bois : $t_l = 140 \text{ mm}$

1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

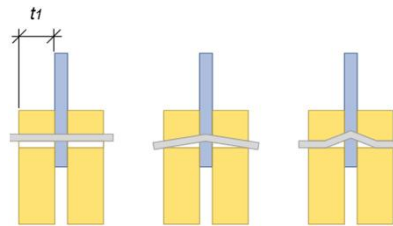
* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$F_{v,Re\text{xp}} = \min \begin{cases} f_{h,exp} t_1 d & (f) \\ f_{h,exp} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Re\text{xp}}}{f_{h,exp} d t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,exp}}{4} & (g) \\ 2\sqrt{M_{y,Re\text{xp}} f_{h,exp} d} + \frac{F_{ax,exp}}{4} & (h) \end{cases}$$

Le coefficient "1,15" du mode (h) a été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Re\text{xp}} = \min \begin{cases} 76630 \text{ N mode (f)} \\ 38301 \text{ N mode (g)} \\ 38272 \text{ N mode (h)} \end{cases} \quad F_{v,Re\text{xp}} = 38272 \text{ N (mode h)}$$



* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2,74$$

$$F_{v,Re\text{xp,ass,fendage}} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Re\text{xp}} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 38,27 = 419,81 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Re\text{xp,ass,plastique}} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Re\text{xp}} = 2 \cdot 8 \cdot 38,27 = 612,36 \text{ kN}$$

1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$f_{h,mean} t_1 d \quad (f)$$

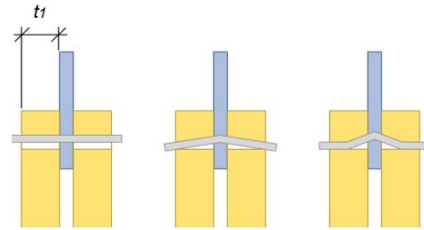
Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{v,Rmean} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,mean} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rmean}}{f_{h,mean} dt_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rmean}}{4} \quad (g) \\ 2\sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,mean}} d + \frac{F_{ax,Rmean}}{4} \quad (h) \end{array} \right.$$

Le coefficient "1,15" du mode (h) a été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,rmean} = \min \left\{ \begin{array}{l} 78783 \text{ N mode (f)} \\ 36444 \text{ N mode (g)} \\ 29388 \text{ N mode (h)} \end{array} \right. \quad F_{v,mean} = 29388 \text{ N (mode h)}$$



* Contribution de l'effet de corde:
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2,74$$

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 29,39 = 322,36 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 29,39 = 470,21 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

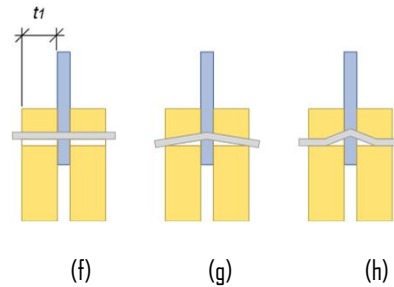
1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

* Pour une plaque métallique d'épaisseur quelconque constituant l'élément central d'un assemblage à double cisaillement :

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,k} t_1 d & (f) \\ f_{h,k} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (h) \end{cases}$$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen) :

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 59402 \text{ N mode (f)} \\ 28213 \text{ N mode (g)} \\ 28616 \text{ N mode (h)} \end{cases} \quad F_{v,Rk} = 28213 \text{ N (mode g)}$$



* Contribution de l'effet de corde :
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 28.21 = 309.47 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 28.21 = 451.41 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1+\beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right] + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2+\beta} \left[\sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta} + \frac{4(2+\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2(1+\beta) + \frac{4(1+2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1+\beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

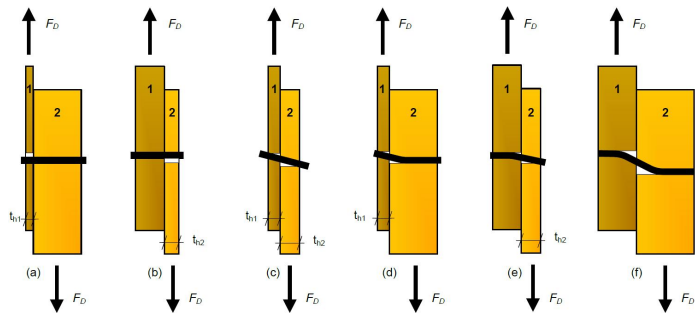
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 140 mm

th2 = 8/2 = 4 mm

$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 600/26,52 = 22,63$

$$F_{v,rk,D} = \min \left\{ \begin{array}{l} 59402 \text{ N mode (a)} \\ 38400 \text{ N mode (b)} \\ 24345 \text{ N mode (c)} \\ 31062 \text{ N mode (d)} \\ 22411 \text{ N mode (e)} \\ 34476 \text{ N mode (f)} \end{array} \right.$$



Note : Les parties métalliques étant considérées dans la partie "2", les modes "c" et "e" ne sont pas considérés

$F_{v,rk,D} = 31062 \text{ N mode : (d)}$

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (31062,13 \cdot 8) = 496,99 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

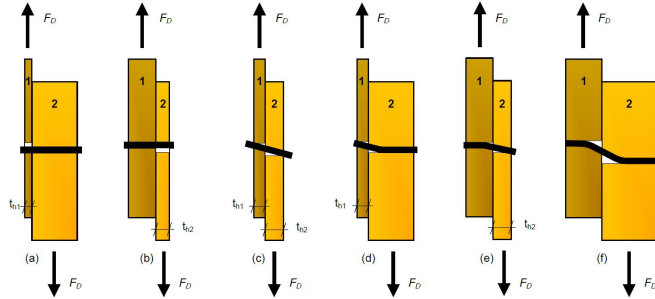
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$th1 = 140 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/34,21 = 17,54$$

$$F_{v,Resp,D} = \min \begin{cases} 76630 \text{ N mode (a)} \\ 38400 \text{ N mode (b)} \\ 31240 \text{ N mode (c)} \\ 39477 \text{ N mode (d)} \\ 27716 \text{ N mode (e)} \\ 42810 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



Note : Les parties métalliques étant considérées dans la partie "2", les modes "c" et "e" ne sont pas considérés

$$F_{v,Resp,D} = 38400 \text{ N mode : (b)}$$

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Resp,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Resp,D} \cdot n) = 2 \cdot (38400 \cdot 8) = 614,4 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.5 Justification des vis de renfort

1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

ESCRFTC8.0x160 => Fournisseur (type Simpson)

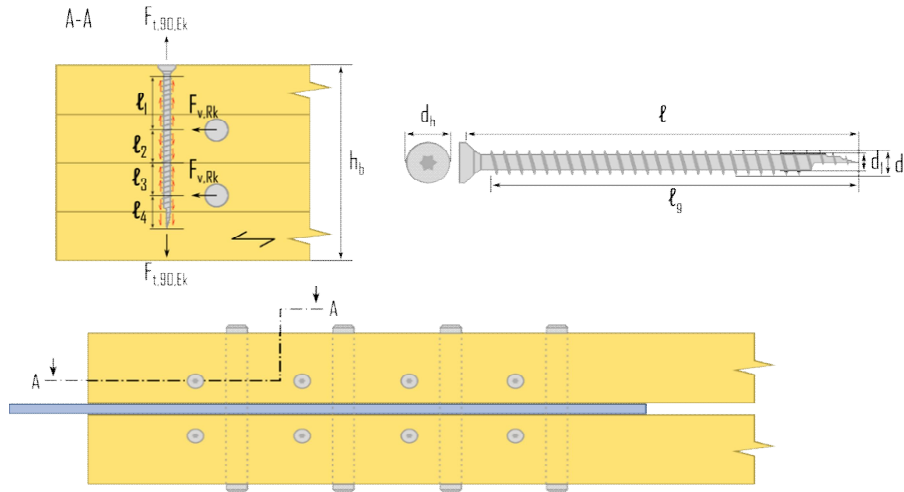
Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 160 \text{ mm}$
$l_g = 160 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 8 \text{ mm}$
$d_l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broches par plan de cisaillement.



2 ou 4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

l1 = a4,c = 3.d = 48 mm en considérant la tête en dehors du bois

l2 = a2/2 = 48/2 = 24 mm, Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a2

l4 = l-hb/2-a2/2 = 160-144/2-48/2 = 64 mm

Note : pour les valeurs de pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

* Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^{\circ},k} = f_{ax,90^{\circ},k} \cdot d \cdot l_{i,\min} = 13,1 \cdot 8 \cdot 48 = 5,03 \text{ kN}$$

* Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} \cdot a = 24,1 \cdot 24 = 24,1 \text{ kN}$$

* Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d^2) / 4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((15^2 - 5,2^2) / 4) \cdot 12,4 = 1,93 \text{ kN} \quad \text{Justification à titre indicatif}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

* Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement:

$$F_v, R_k = 28,21 \text{ kN}$$

* Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_t, 90, R_k = 0,3 \cdot F_v, R_k = 0,3 \cdot 28,213 = 8,46 \text{ kN}$$

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$$R_{renf, k} = \min(\max(R_{ax, 90^\circ}, k; R_{head, k}) R_{tens, k}) \geq F_t, 90, E_k / n_{vis}$$

$$R_{renf, k} = \min(\max(5,03; 1,93); 24,1) = 5,03 \text{ kN}$$

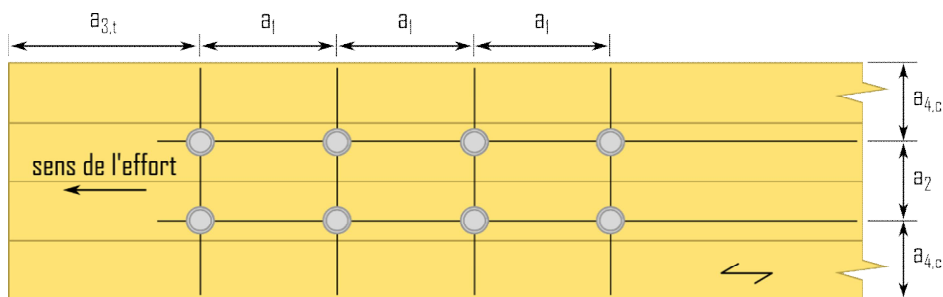
$$F_t, 90, E_k / n_{vis} = 8,46 / 2 = 4,23 \text{ kN}$$

=> 1 vis de part et d'autre de la broche

$$R_{renf, k} > 0,3 \cdot F_v, R_k = 5,03 > 4,23 \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 16 = 80 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

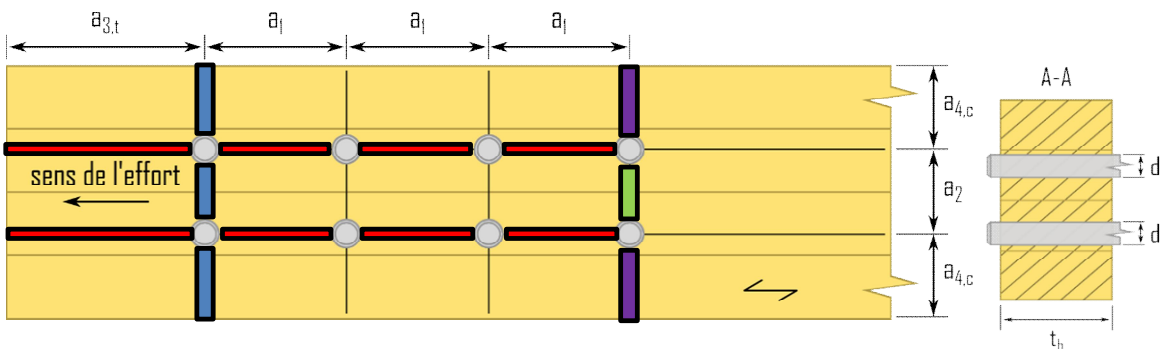
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 16; 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$





* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

	$A_{net,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot tb = (144 - 2 \cdot 16) \cdot 140 = 15680 \text{ mm}^2$
	$L_{net,v} = 2 \cdot a3,t + 2 \cdot (nc - l) \cdot (al - d) - d = 2 \cdot 112 + 2 \cdot (4 - l) \cdot (80 - 16) - 16 = 592 \text{ mm}$ $A_{net,v} = L_{net,v} \cdot tb = 592 \cdot 140 = 82880 \text{ mm}^2$
	$L_{net,t,int} = (nr - l) \cdot (a2 - d) = (2 - l) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$ $A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot tb = 32 \cdot 140 = 4480 \text{ mm}^2$
	$L_{net,t,ext} = hb - d - (nr - l) \cdot a2 = 144 - 16 - (2 - l) \cdot 48 = 80 \text{ mm}$ $A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot tl = 80 \cdot 140 = 11200 \text{ mm}^2$

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot ft_{0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot fv_{mean} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot ft_{0,mean} \end{array} \right. \\ 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 11200 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 82880 \cdot 4,64 \\ 1,25 \cdot 4480 \cdot 25,46 \end{array} \right. \end{array} \right. = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 356499 \\ 269305 \\ 142599 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 538,61 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b} \cdot ft_{0,mean} = 2 \cdot 15680 \cdot 25,46 = 798,56 \text{ kN}$

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot ft_{0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot fv_k \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot ft_{0,k} \end{array} \right. \\ 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 11200 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 82880 \cdot 3,5 \\ 1,25 \cdot 4480 \cdot 19,2 \end{array} \right. \end{array} \right. = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 268800 \\ 203056 \\ 107520 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rk,ass} = 406,11 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette ECS

$F_{t,0,Rk,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b} \cdot ft_{0,k} = 2 \cdot 15680 \cdot 19,2 = 602,11 \text{ kN}$

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Epaisseur efficace tef.(el)

Pénétration total de l'organe

Mode de rupture : mode(d)

$L_{p,0}/d = 140/16 = 8,75 > 3 \Rightarrow tef.(el) = \max(0,76 - L_{p,0}/(30d); 0,2) \cdot tl = 65,57 \text{ mm}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Longueur nette cisailée extérieure aux organes

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 80 \cdot (4 - 1) + 112 = 352 \text{ mm}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Longueur nette cisailée

$$L_{net} = (n_c - 1) \cdot a + 3 \cdot t - (n_c - 0,5) \cdot d_0 = (4 - 1) \cdot 80 + 12 - (4 - 0,5) \cdot 16 = 296 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean} / E_0, mean} = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{650 / 11500} = 0,73$$

Coefficient k_t

$$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean} / E_0, mean} = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{650 / 11500} = 1,23$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,1,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 65,57 \cdot 352 \cdot 3,5 = 59,2 \text{ kN}$$

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR

Résistance par plan

$$F_{rs,k,plan} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,1,k} = 2 \cdot 2 \cdot 59,197,46 = 236,79 \text{ kN/plan}$$

Résistance totale

$$F_{rs,k} = n_{plan} \cdot F_{v,1,k} = 2 \cdot 236,79 = 473,58 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR

Hauteur nette en traction

$$b_{net} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,1,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 65,57 \cdot 352 \cdot 3,5 = 59,2 \text{ kN}$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,k} = k_t \cdot b_{net} \cdot t_{ef} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 32 \cdot 65,57 \cdot 19,2 = 49,66 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,k/plan} = 2 \cdot F_{v,1,k} + F_{t,k} = 2 \cdot 59,2 + 49,66 = 168,06 \text{ kN}$$

$$F_{bs,k} = n_{plan} \cdot F_{bs,k/plan} = 2 \cdot 168,06 = 336,12 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING

$$F_{sp,k}/file/plan = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (296 + 2 \cdot 16) \cdot 65,57 \cdot 0,5 = 22,58 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k} = F_{sp,k}/file/plan \cdot 2 = 22,58 \cdot 2 = 45,16 \text{ kN}$$

L'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage (supposition)

$$F_{sp,k} = F_{sp,k}/0,3 = 45,16/0,3 = 150,53 \text{ kN}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

$$F_{br,Rk,fendage} = \min(F_{sp,Rk}; F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(150,53; 336,12; 473,58) = 150,53 \text{ kN}$$

Sans fendage

$$F_{br,Rk} = \min(F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(336,12; 473,58) = 336,12 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 16 / 23 = 5987,78 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser,ass} = n_{type} \cdot n_{plan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5987,78 = 191,61 \text{ kN/mm}$$

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

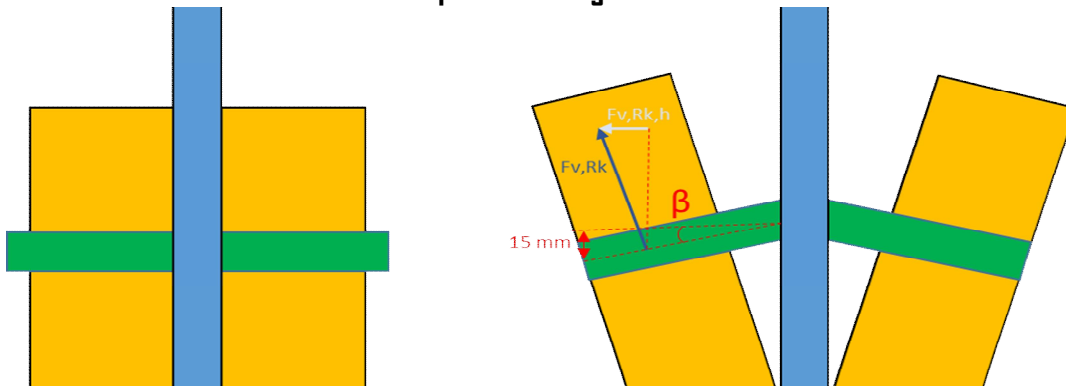
1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

Fermeture de l'assemblage par vis traversante
ESCRFTC8.0x300 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 300 \text{ mm}$
$l_g = 300 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 8 \text{ mm}$
$d_l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.5), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 406,11 kN et K la raideur totale de l'assemblage.

La broche se plie avec un angle de $\beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{broche}/2)) = \text{Arctan}((406,11/191,61)/(288/2)) = 0,84^\circ$

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage :

Effort maximum que peut transmettre une broche :

$$F_{v,Rk} = 28,21 \text{ kN} \quad \text{Voir partie 1.4.3}$$

Effort horizontale qui ouvre l'assemblage :

$$F_{v,Rk,h} = \sin(\beta) \cdot F_{v,Rk} = \sin(0,84) \cdot 28212,91 = 415,21 \text{ N}$$

Effort total auquel est soumis l'assemblage :

$$F_{v,Rk,H} = n \cdot F_{v,Rk,h} = 8 \cdot 415,21 = 3321,68 \text{ N}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la vis :

$$\text{Air nette de la vis : } A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Traction de la vis : } F_{t,Rk} = f_{tens} = 24100 \text{ N}$$

$$\text{Cisaillement dans le bois : } F_{ax,Rk} = f_{ax,90,k} \cdot d_s \cdot t_l = 13,1 \cdot 8 \cdot 140 = 14672 \text{ N}$$

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$$

$$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 14,67) \cdot 1 > 3,32 \text{ kN}$$

Il faut donc disposer de 1 vis ESCRFTC8.0x300 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES

Fendage

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 28,21 = 309,47 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 28212,91 = 451,41 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,Rk,ass} = 406,11 \text{ kN rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_{t,0,Rk,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b-ft,0,k} = 2 \cdot 15680 \cdot 19,2 = 602,11 \text{ kN}$$

1.6.10.2 Valeurs MOYENNES

Fendage

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 29,39 = 322,36 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 29388,3 = 470,21 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs,Rmean,ass} = 538,61 \text{ kN rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = 2 \cdot A_{net,b-ft,0,mean} = 2 \cdot 15680 \cdot 25,46 = 798,56 \text{ kN}$$

1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES

Fendage

$$F_{v,Rexp,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 38,27 = 419,81 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_{v,Rexp,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 38,27 = 612,36 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Plastique majorée

$$F_v, R_{major, ass, plastique} = F_v, R_{mean, ass, plastique} \cdot 1,2 = 470,21 \cdot 1,2 = 564,26 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

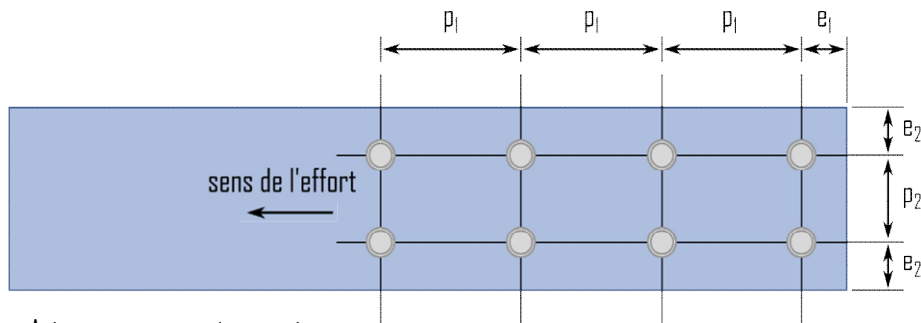
$$F_{bs}, R_{major, ass} = F_{bs}, R_{mean, ass} \cdot 1,2 = 538,61 \cdot 1,2 = 646,33 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_{t, D}, R_{major, ass, traction} = F_{t, D}, R_{mean, ass, traction} \cdot 1,2 = 798,56 \cdot 1,2 = 958,27 \text{ kN}$$

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

* Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

* Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$dD = d + j = 16 + 0,6 = 16,6 \text{ mm}$$

* Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (2,2dD \leq p1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p1 = 80 \text{ mm}$$

* Pas transversal

$$\text{Critère } (2,4dD \leq p2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p2 = 48 \text{ mm}$$

* Distance au bord :

$$\text{Critère } (1,2dD \leq e1) \quad e1 = 20 \text{ mm}$$

* Distance au bord :

$$\text{Critère } (1,2dD \leq e2) \quad e2 = 56 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

* Hauteur de la plaque métallique : $h_m = 160 \text{ mm}$

* Épaisseur de la plaque métallique : $t_m = 8 \text{ mm}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5\right)$$

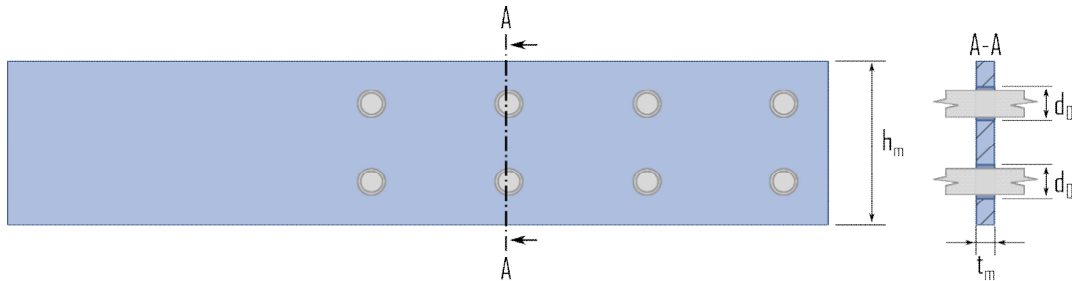
$$k_1 = \min(2.8 \cdot 56/16.6 - 1.7; 1.4 \cdot 48/16.6 - 1.7; 2.5) = 2.35$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1\right)$$

$$\alpha_b = \min(20/(3 \cdot 16.6); 80/(3 \cdot 16.6) - 0.25; 900/540; 1) = 0.4$$

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2.35 \cdot 0.4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 521.47 \text{ kN}$$

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (160 - 2 \cdot 16.6) \cdot 8 = 1014.4 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0.9 \cdot A_{net,m} \cdot f_{u,k,m} = 0.9 \cdot 1014 \cdot 540 = 493 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 160 \cdot 8 \cdot 460 = 588.8 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

$$\text{* Bois : } 2 \cdot E_{0,mean} \cdot h_b \cdot t_l = 2 \cdot 11500 \cdot 144 \cdot 140 = 463680 \text{ kN}$$

$$\text{* Métal : } E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m = 210000 \cdot 160 \cdot 8 = 268800 \text{ kN}$$

$$\text{Écart de rigidité ((Métal-Bois)/Métal) = -72.5 \%}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois ECS CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique} = 451,41 \text{ kN}$	451,41 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage} = 309,47 \text{ kN}$	309,47 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass} = 406,11 \text{ kN}$	406,11 kN
Traction nette $F_t, D, R_k, \text{ass}, \text{traction} = 602,11 \text{ kN}$	602,11 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique}, D = 496,99 \text{ kN}$	496,99 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage}, D = 301,08 \text{ kN}$	301,08 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass}, D = 336,12 \text{ kN}$	336,12 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique}, D = 614,4 \text{ kN}$	614,40 kN
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

1.9.4. Bois ECS EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique} = 612,36 \text{ kN}$	612,36 kN
Fendage $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{fendage}, = 419,81 \text{ kN}$	419,81 kN

1.9.5. Bois ECS MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{plastique} = 470,21 \text{ kN}$	470,21 kN
Fendage $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{fendage} = 322,36 \text{ kN}$	322,36 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{\text{mean}}, \text{ass} = 538,61 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement	538,61 kN
Traction nette	

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = 798,56 \text{ kN}$ 798,56 kN

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Cisaillement plastique majoré

$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = 564,26 \text{ kN}$ 564,26 kN

Rupture de bloc majorée

$F_{bs,Rmajor,ass} = 646,33 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement 646,33 kN

Traction nette majorée

$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = 958,27 \text{ kN}$ 958,27 kN

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes

$R_{renf,k} = \min(\max(F_{head,E,k}; R_{ax,90^\circ}); F_{tens,E,k}) > F_{t,90,mean}$

$R_{renf,k} = \min(\max(2,515; 0,965); 12,05) = 2,515 \text{ kN} > 8,82 \text{ kN}$ Frettage possible, rupture par fendage impossible

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique d'effort

$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$

$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 14,67) \cdot 1 > 3,32 \text{ kN}$

1.9.8. Métal

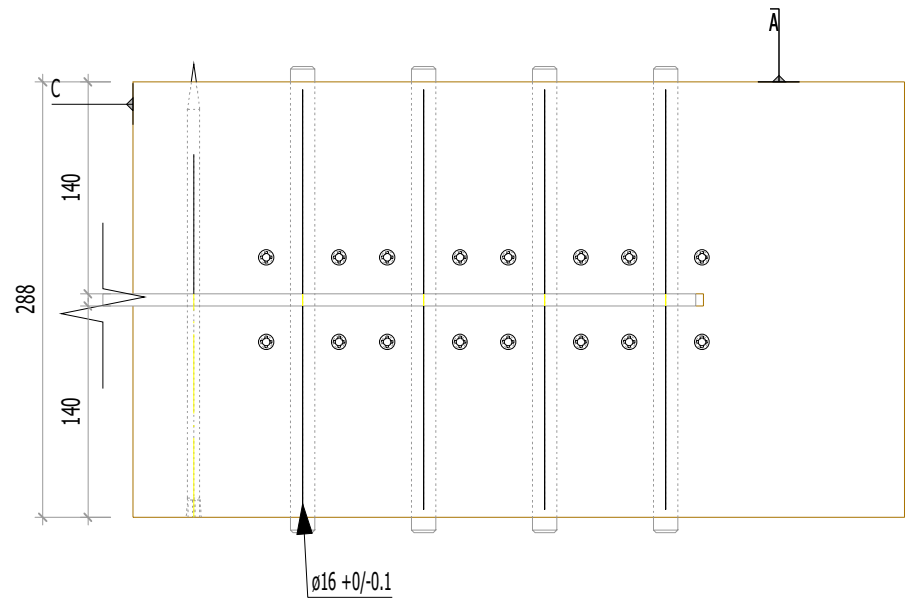
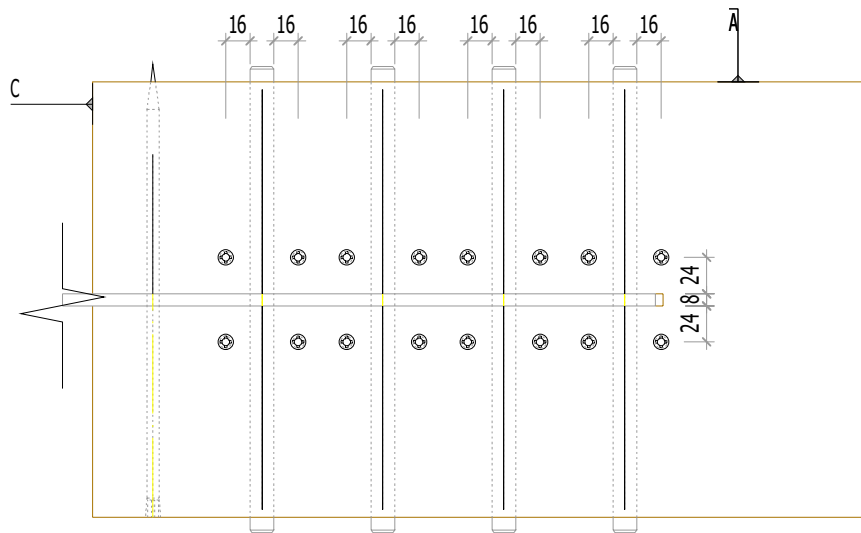
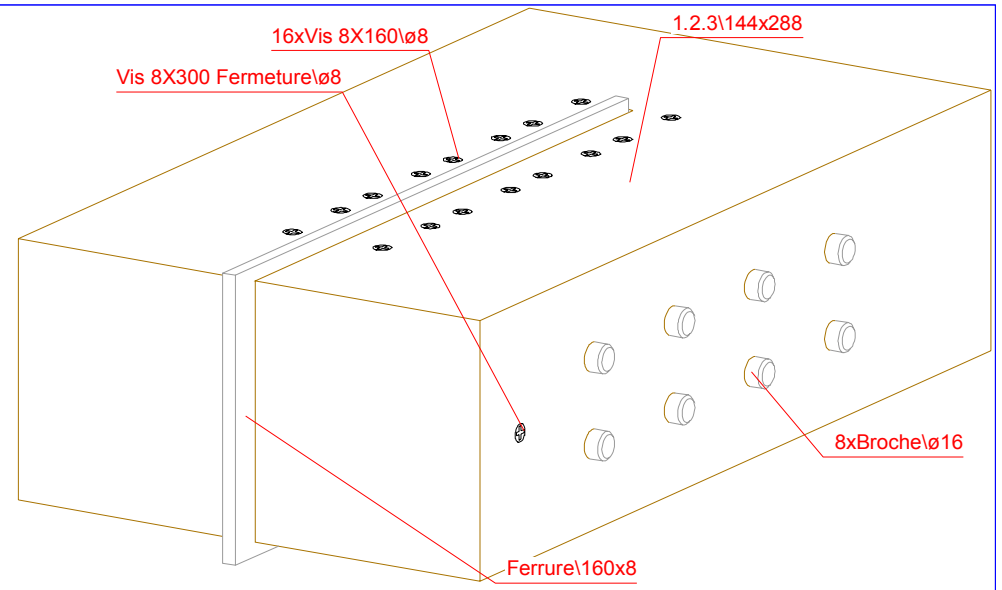
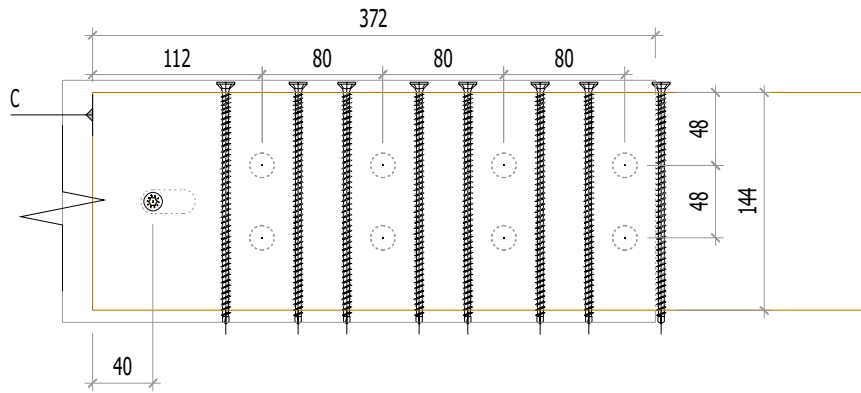
Pression diamétrale

$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u \cdot k_m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,35 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 521,47 \text{ kN}$ 521,5 kN

Section nette

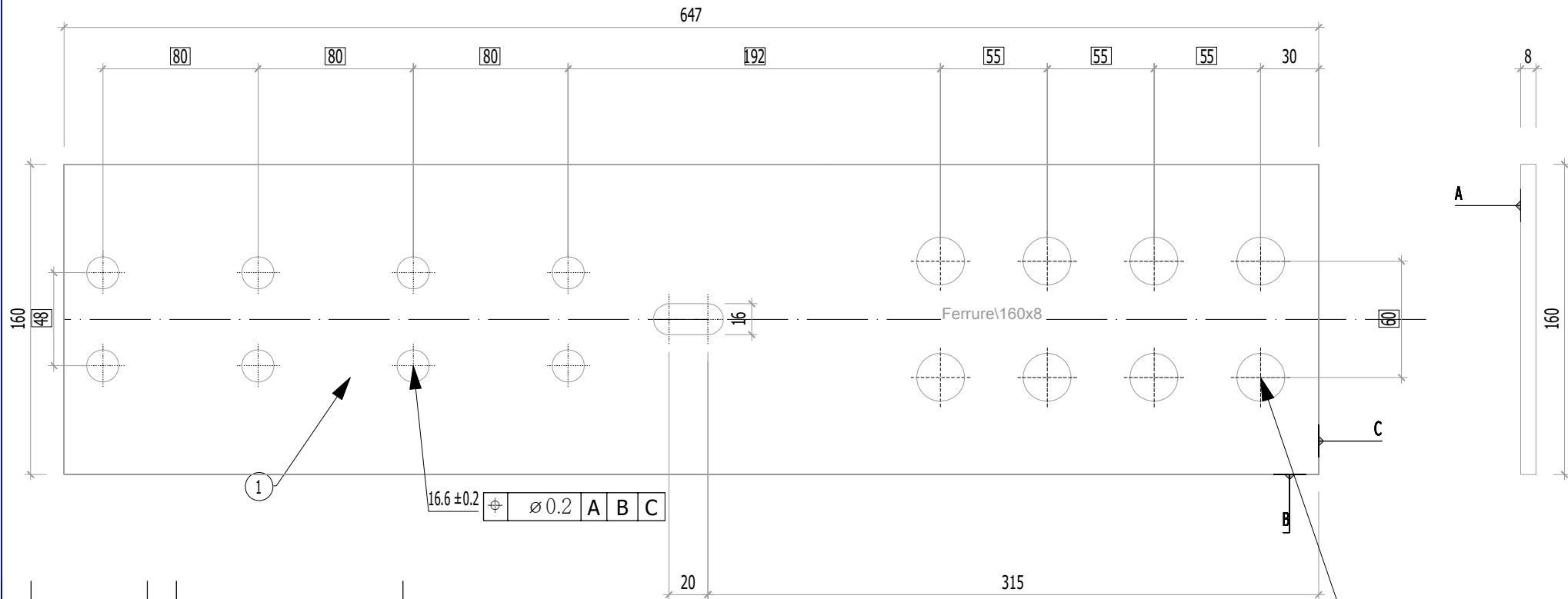
$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{nt,m} \cdot f_u \cdot k_m = 0,9 \cdot 1014 \cdot 540 = 493 \text{ kN}$ 493,0 kN

$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_y \cdot \text{mean},m = 160 \cdot 8 \cdot 460 = 588,8 \text{ kN}$ 588,8 kN



1.2.3

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



1		10	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.1035054 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent			X ^{+0.5} _{-0.5}	Ra12.5 <small>indicateurs coniques</small>
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Echelle: 1: 3
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			6.500 kg	Dessinateur: ALBERT LEO Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				

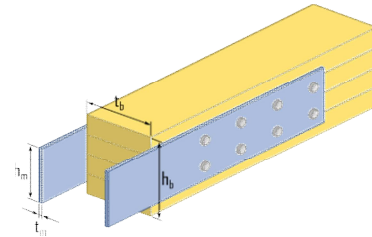
F1.2.3



1. Assemblage bois en double cisaillement avec plaques métalliques externes sollicité en traction 2x4

1.0. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes : Broches
Nombre d'organes $n = 8$ (2 files de 4 broches)



Fermeture de l'assemblage : 1 tiges filetées en extrémité afin de fermer l'assemblage avec élément extérieur.

Renforcement de l'assemblage : 2 vis de frettage dans l'élément bois par colonne d'organes par plan.

Section bois : 90 X 108 mm

Section métal : 2 X 8 X 70 mm

La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLG".

1.1. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur caractéristique. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode : (mode k/m) => soit le mode 2

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation plastique du mode de rupture et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométriques des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
 - 1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5 Justification des vis de renfort
 - 1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1 Eurocode 5
 - 1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2 Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.7.2. Section métal
 - 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
 - 1.7.4. Calculs des sections nettes
 - 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
- 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
- 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
- 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
- 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
- 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
- 1.9.7. Renforcement
- 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

Diamètre des organes: $d = 12$ mm tolérance (h7)

· Classe des broches: 8.8

· Résistance en traction des organes :

Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900$ Mpa (données fournisseurs : VIAL FRERES)

Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57$ Mpa (COV 0,03)

· Limite d'élasticité des organes :

Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720$ Mpa (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)

Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26$ Mpa (COV 0,03)

· Moment d'écoulement plastique des organes : (EC5)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 900 \cdot 12^{2,6} = 172677$ N.mm

Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 947 \cdot 12^{2,6} = 181613$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Draft)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (f_{u,k}) \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (900) \cdot 12^3 = 233280$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Expérimentale)

Valeur expérimentale $M_{y,Rexp} = 279360$ N.mm

1.3.2. Bois

* Classe de résistance: (Schneider)

* Masse volumique : (EC5)

Valeur caractéristique: $\rho_k = 385$ kg/m³

Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61$ kg/m³ (COV =0,15)

* Module d'élasticité parallèle au fil : (EC5)

Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500$ Mpa

* Résistance en traction parallèle au fil : (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46$ MPa (COV = 0,15)

* Résistance en cisaillement : (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64$ Mpa (COV = 0,15)

* Portance locale parallèle au fil : (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 385 = 27,78$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 510,61 = 36,85$ Mpa

Valeur expérimentale : $f_{h,0,exp} = 29,3$ Mpa

1.3.3. Métal

· Nuance d'acier: S460

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Module d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Portance locale parallèle au fil : (EC5 Draft)
Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé «N» $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation plastique du mode de rupture et de la capacité en file

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois: $h_b = 108 \text{ mm}$
- Epaisseur des éléments bois: $t_2 = 90 \text{ mm}$

1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 8 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques intermédiaires \Rightarrow interpolation

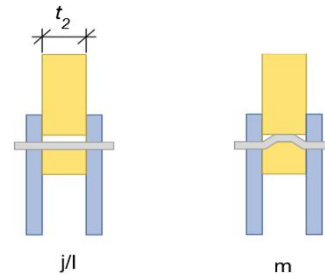
$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, exp} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y, Rexp} f_{h, 2, exp} d} + \frac{F_{ax, exp}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, exp} t_2 d & (l) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rexp} f_{h, 2, exp} d} + \frac{F_{ax, Rexp}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (k et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 15822 \text{ N mode (j/l)} \\ 15951 \text{ N mode (k/m)} \end{cases} \rightarrow F_{v, Rexp} = 15822 \text{ N Mode j/l}$$



- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax, Rexp}; X \cdot F_{v, Rexp})$

Pour des broches, $X = 0$

1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a/l) / (13 \cdot d)^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v, Rexp, ass, fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 15.82 = 173.55 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v, Rexp, ass, plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 15.82 = 253.15 \text{ kN}$$

1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 8 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques intermédiaires \Rightarrow interpolation

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, mean} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + \frac{F_{ax, Rmean}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, mean} t_2 d & (l) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + \frac{F_{ax, Rmean}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (k et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

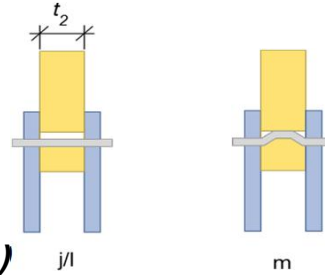
$$F_{v,Rmean} = \min \begin{cases} 19897 \text{ N mode (j/l)} \\ 14423 \text{ N mode (k/m)} \end{cases} \rightarrow F_{v,Rmean} = 14423 \text{ N Mode k/m}$$

- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax,Rmean}; X \cdot F_{v,Rmean})$

Pour des broches, $X = 0$



1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 14.42 = 158.2 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 14.42 = 230.76 \text{ kN}$$

1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

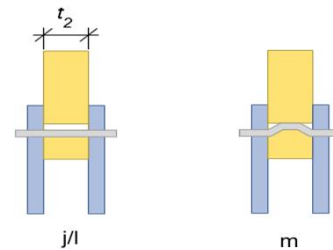
- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 8 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques intermédiaires \Rightarrow interpolation

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (l) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 15002 \text{ N mode (j/l)} \\ 14043 \text{ N mode (k/m)} \end{cases} \rightarrow F_{v,Rk} = 14043 \text{ N Mode k/m}$$



- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax,Rk}; X \cdot F_{v,Rk})$

Pour des broches, $X = 0$

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 14.04 = 154.04 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 14.04 = 207.17 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1+\beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right] + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2+\beta} \left[\sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta} + \frac{4(2+\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2(1+\beta) + \frac{4(1+2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1+\beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

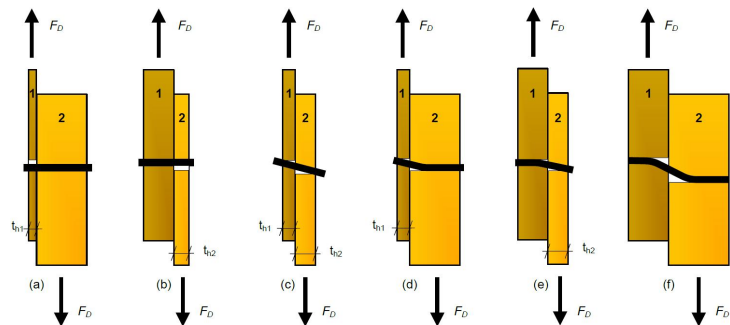
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 8 mm

th2 = 90/2 = 45 mm

$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 27,78/600 = 0,05$

$$F_{v,Rk,D} = \min \left\{ \begin{array}{l} 57600 \text{ N mode (a)} \\ 15002 \text{ N mode (b)} \\ 8551 \text{ N mode (c)} \\ 14514 \text{ N mode (d)} \\ 12948 \text{ N mode (e)} \\ 19829 \text{ N mode (f)} \end{array} \right.$$



Note : Les parties métalliques étant considéré dans la partie "2", les modes "c" et "d" ne sont pas considéré

$F_{v,Rk,D} = 12948 \text{ N mode : (e)}$

* Contribution de l'effet de corde :

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (12948,09 \cdot 8) = 207,17 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

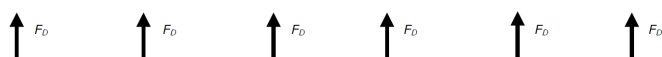
1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 8 mm

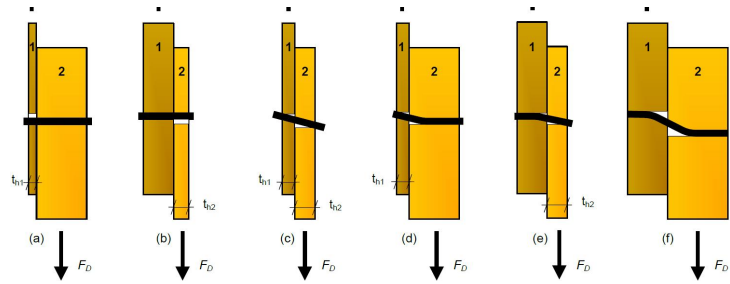
th2 = 90/2 = 45 mm



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$\beta = f_{h,2,exp}/f_{h,1,k} = 29,3/600 = 0,05$$

$$F_{v,Rep,D} = \min \begin{cases} 57600 \text{ N mode (a)} \\ 15822 \text{ N mode (b)} \\ 8857 \text{ N mode (c)} \\ 15899 \text{ N mode (d)} \\ 14448 \text{ N mode (e)} \\ 22258 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



Note : Les parties métalliques étant considéré dans la partie "2", les modes "c" et "d" ne sont pas considéré

$$F_{v,Rep,D} = 14448 \text{ N mode : (e)}$$

* Contribution de l'effet de corde :

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rep,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rep,D} \cdot n) = 2 \cdot (14447,6 \cdot 8) = 231,16 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5 Justification des vis de renfort

1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

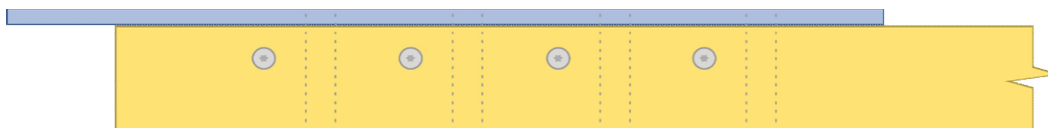
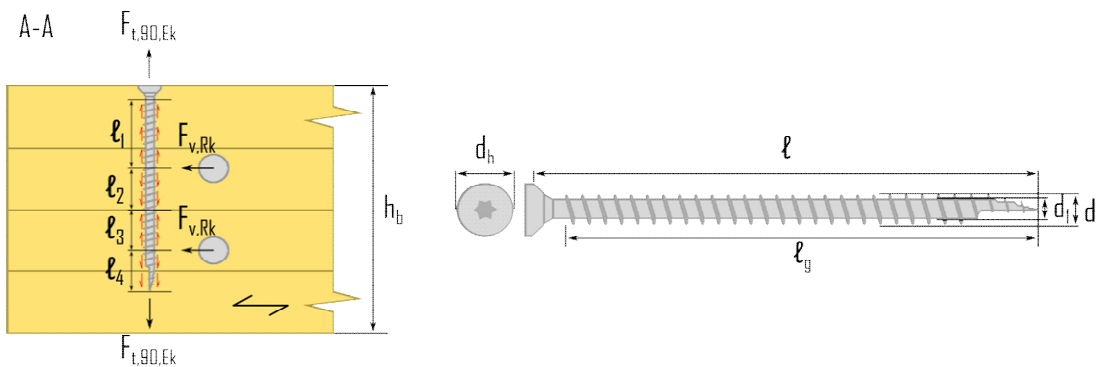
Vis Hecko 6X120 => Fournisseur : (type Hecko)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 120 \text{ mm}$
$l_g = 120 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 6 \text{ mm}$
$d_f = 2,7 \text{ mm}$
$d_h = 9,6 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 11,5 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 13 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 5,3 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broche par plan de cisaillement.



2 ou 4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

$l_1 = a_4, c = 3, d = 36 \text{ mm}$ en considérant la tête en dehors du bois

$l_2 = l_3 = a_2/2 = 36/2 = 18 \text{ mm}$. Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a_2

$l_4 = l - hb/2 - a_2/2 = 120 - 108/2 - 36/2 = 48 \text{ mm}$

Note : pour les pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

- Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^{\circ},k} = f_{ax,90,k} \cdot d \cdot l_{i,\min} = 11,5 \cdot 6 \cdot 36 = 2,48 \text{ kN}$$

- Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} = 5,3 = 5,3 \text{ kN}$$

- Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((9,6^2 - 2,7^2)/4) \cdot 13 = 0,87 \text{ kN} \quad \textit{Justification à titre indicatif}$$

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

- * Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement:

$$F_{v,Rk} = 14,04 \text{ kN}$$

- * Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_{t,90,Rk} = 0,3 \cdot F_{v,Rk} = 0,3 \cdot 14,04 = 4,21 \text{ kN}$$

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^{\circ},k}; R_{head,k}); R_{tens,k}) \geq F_{t,90,Ek} / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(2,48; 0,87); 5,3) = 2,48 \text{ kN}$$

$$F_{t,90,Ek} / n_{vis} = 4,21 / 2 = 2,11 \text{ kN}$$

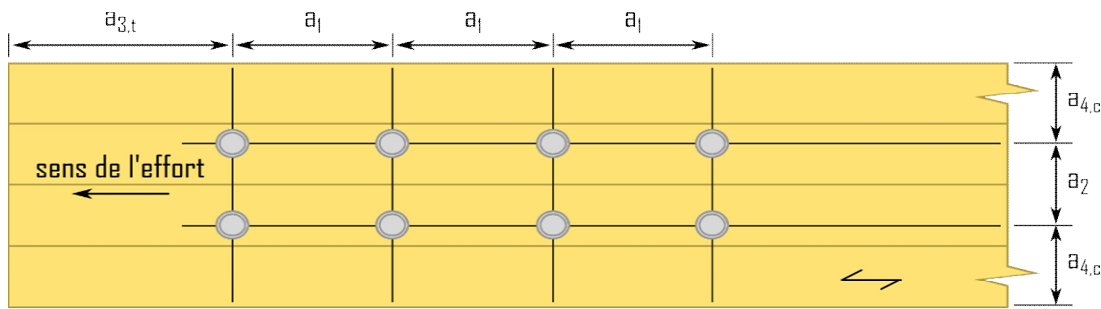
=> 1 vis de part et d'autre de la broche

$$R_{renf,k} > 0,3 \cdot F_{t,90,k} = 2,48 > 2,11 \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

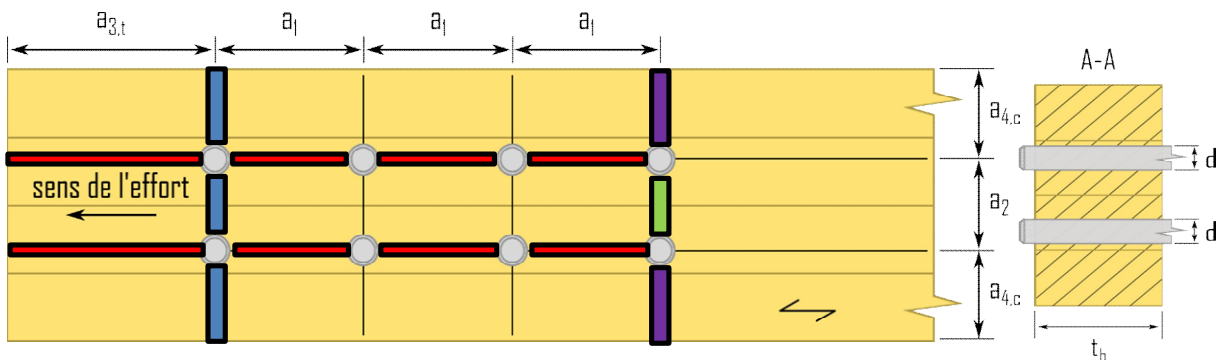
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 12; 80 \text{ mm}) = 84 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



$$A_{net,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot t_{b,ext} = (108 - 2 \cdot 12) \cdot 90 = 7560 \text{ mm}^2$$



$$L_{net,v} = 2 \cdot a_3 + 2 \cdot (n_c - 1) \cdot (a_1 - d) - d = 2 \cdot 84 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (60 - 12) - 12 = 444 \text{ mm}$$

$$A_{net,v} = L_{net,v} \cdot t_b = 444 \cdot 90 = 39960 \text{ mm}^2$$



$$L_{net,t,int} = (nr - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$$

$$A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot t_b = 24 \cdot 90 = 2160 \text{ mm}^2$$



$$L_{net,t,ext} = hb - d - (nr - 1) \cdot a_2 = 108 - 12 - (2 - 1) \cdot 36 = 60 \text{ mm}$$

$$A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot t_b = 60 \cdot 90 = 5400 \text{ mm}^2$$

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations , néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,Rmean,ass} = \max \left(\min \begin{cases} 1,25 \cdot A_{net,t,ext-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v-fv,mean} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int-ft,0,mean} \end{cases} \right) = \max \left(\min \begin{cases} 1,25 \cdot 5400 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 39960 \cdot 4,64 \\ 1,25 \cdot 2160 \cdot 25,46 \end{cases} \right) = \max \left(\min \begin{cases} 171883 \\ 129844 \\ 68753 \end{cases} \right)$$

$F_{bsn,Rmean,ass} = 129,84$ kN rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 7560 \cdot 25,46 = 192,51 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = \max \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v-fv,k} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int-ft,0,k} \end{array} \right| = \max \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot 5400 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 39960 \cdot 3,5 \\ 1,25 \cdot 2160 \cdot 19,2 \end{array} \right| = \max \left| \begin{array}{l} 129600 \\ 97902 \\ 51840 \end{array} \right|$$

$F_{bs,Rk,ass} = 97,9$ kN rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette ECS

$F_{t,0,Rk,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,k} = 7560 \cdot 19,2 = 145,15$ kN

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Epaisseur efficace $t_{ef}(e)$

Pénétration totale de l'organe

Mode de rupture : mode(e)

$L_{p,i}/d = 90/12 = 7,5 < 11,5 \Rightarrow t_{ef}(e) = 1 \cdot t_2 = 90$ mm

Longueur nette cisailée

$L_c = a_1 \cdot (n_c - 1) + a_3, t = 60 \cdot (4 - 1) + 84 = 264$ mm

Coefficient k_v

$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{mean}/E_{0,mean}) = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(650/11500) = 0,73$

Coefficient k_t

$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{mean}/E_{0,mean}) = 0,9 + 1,4 \cdot \text{racine}(650/11500) = 1,23$

Résistance au cisaillement

$F_{v,l,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 90 \cdot 264 \cdot 3,5 = 60,94$ kN

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR

Résistance totale

$F_{rs,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,l,k} = 2 \cdot 2 \cdot 60942,99 = 243,77$ kN sans rupture séquentielle

1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR

Hauteur nette en traction

$b_{net} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24$ mm

Résistance au cisaillement

$F_{v,l,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 90 \cdot 264 \cdot 3,5 = 60,94$ kN

Résistance en traction nette

$F_{t,k} = k_t \cdot b_{net} \cdot t_{ef} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 24 \cdot 90 \cdot 19,2 = 51,13$ kN

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Rupture de bloc

$$F_{bs,k} = 2 \cdot F_v \cdot l_d + F_{t,k} = 2 \cdot 60,94 + 51,13 = 173,01 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING

$$F_{sp,k} / \text{file} / \text{plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (222 + 2 \cdot 12) \cdot 90 \cdot 0,5 = 23,25 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} \cdot n_r = 23,25 \cdot 2 = 46,49 \text{ kN}$$

L'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage (supposition)

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} / 0,3 = 46,49 / 0,3 = 154,98 \text{ kN}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

$$F_{br,Rk, \text{fendage}} = \min(F_{sp,Rk}; F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(154,98; 173,01; 243,77) = 154,98 \text{ kN}$$

Sans fendage

$$F_{br,Rk} = \min(F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(173,01; 243,77) = 173,01 \text{ kN}$$

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 12 / 23 = 4490,84 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser,ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 4490,84 = 143,71 \text{ kN/mm}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

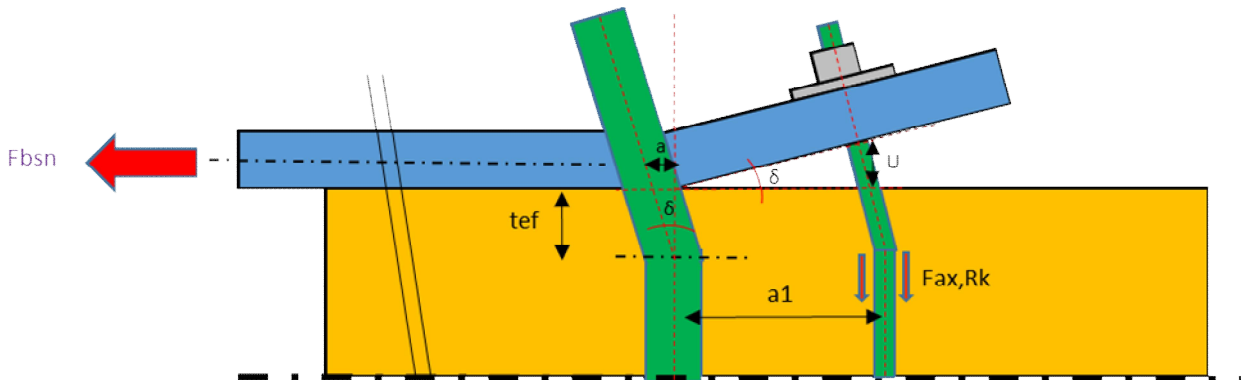
Fermeture de l'assemblage par une tige filetée traversante, calcul à titre indicatif

Tige filetée avec écrous, diamètre tige : 8 mm

Propriétés caractéristiques de géométrie	
Tige filetée	
d=	8 mm
A=	50,27 mm ²
As=	36,6 mm ²

Propriétés caractéristiques de résistance	
Classe =	8,8
fub=	800 Mpa

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.5), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 97,9 kN, et K la raideur total de l'assemblage. L'ouverture de l'assemblage en bout de plaque est causée par la déformation des 2 dernières broches. L'effort à rupture est donc calculé pour ces 2 broches : $F = F/8*2 = 97,9/8*2 = 24,48$ kN

La broche se plie avec un angle de $\delta = (F/K)/(tef) = (24,48/143,71)/(32,37) = 0,005$ rad

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort dans l'organe :

Déplacement "u" de l'organe de fermeture :

$$u = a1 \cdot \tan(\delta) = 5 \cdot 8 \cdot 0,005 = 0,21 \text{ mm}$$

Raideur de l'organe de fermeture :

$$K_{ferm} = ES/l = 210000 \cdot 36,6/90 = 85400 \text{ N/mm}$$

Effort de traction de l'organe de fermeture :

$$F_{ax,Rk} = K_{ferm} \cdot u = 85400 \cdot 0,21 = 17971,43 \text{ N}$$

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la tige filetée :

Traction dans la tige filetée :

$$F_{t,Rk} = k2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 0,9 \cdot 800 \cdot 36,6 = 26352 \text{ N}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$F_{t,Rk} > F_{ax,Rk}$

$F_{t,Rk} = 26352 > 17971 \text{ N}$

Il faut donc disposer de 1 tige filetée afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES

Fendage

$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 14,04 = 154,04 \text{ kN}$

Plastique

$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 14,04 = 207,17 \text{ kN}$

Rupture de bloc

$F_{bs,Rk,ass} = 97,9 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

Traction nette

$F_{t,0,Rk,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,K} = 7560 \cdot 19,2 = 145,15 \text{ kN}$

1.6.10.2 Valeurs MOYENNES

Fendage

$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 14,42 = 158,2 \text{ kN}$

Plastique

$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 14,42 = 230,76 \text{ kN}$

Rupture de bloc

$F_{bs,Rmean,ass} = 129,84 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

Traction nette

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 7560 \cdot 25,46 = 192,51 \text{ kN}$

1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES

Fendage

$F_{v,Rexp,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 15,82 = 173,55 \text{ kN}$

Plastique

$F_{v,Rexp,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 15,82 = 253,15 \text{ kN}$

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Plastique majorée

$$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 230,76 \cdot 1,2 = 276,91 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

$$F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 129,84 \cdot 1,2 = 155,81 \text{ kN}$$

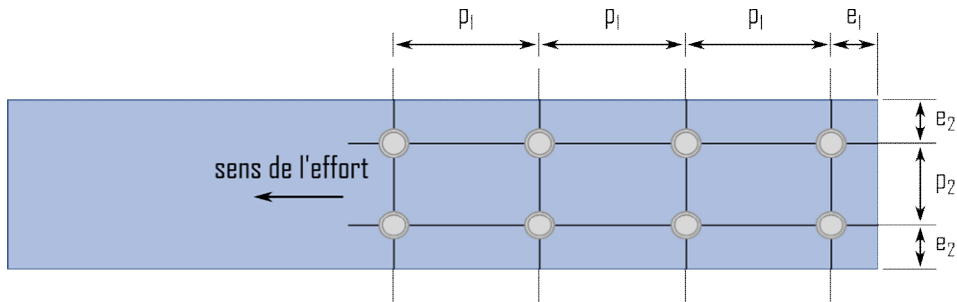
Traction nette majorée

$$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = F_{t,0,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 192,51 \cdot 1,2 = 231,01 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$d_0 = d + j = 12 + 0,6 = 12,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale :

$$\text{Critère } (2,2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 60 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2,4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 36 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 16 \text{ mm}$$

· Pince transversale :

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 17 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique : $h_m = 70 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique : $t_m = 8 \text{ mm}$

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

$$k_1 = \min (2,8 \cdot 17 / 12,6 - 1,7; 1,4 \cdot 36 / 12,6 - 1,7; 2,5) = 2,08$$

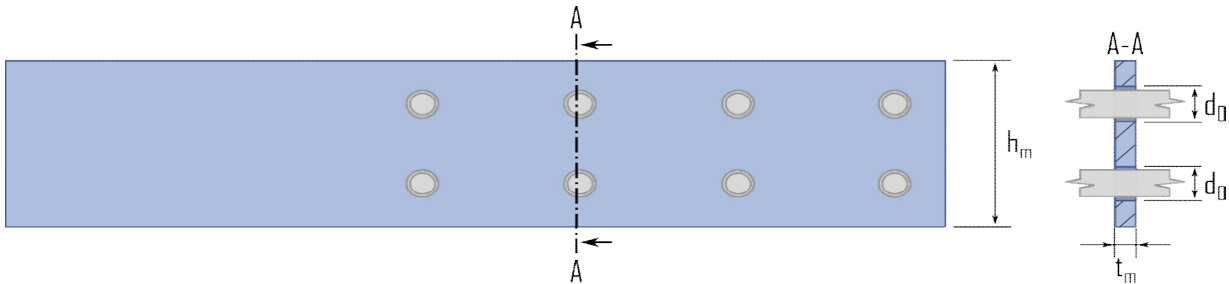
$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

$$\alpha_b = \min (16 / (3 \cdot 12,6); 60 / (3 \cdot 12,6) - 0,25; 900 / 540; 1) = 0,42$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,08 \cdot 0,42 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 729,48 \text{ kN}$$

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (70 - 2 \cdot 12,6) \cdot 8 = 358,4 \text{ mm}^2 \quad \text{Aire par tôle cisillée}$$

$$A_{net,m,ass} = A_{net,m} \cdot n_{plaque} = 358,4 \cdot 2 = 716,8 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{net,m,ass} \cdot f_{u,k,m} = 0,9 \cdot 717 \cdot 540 = 348,36 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 70 \cdot 8 \cdot 460 = 515,2 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

$$\text{* Bois : } E_{0,mean} \cdot h_b \cdot t_b = 11500 \cdot 108 \cdot 90 = 111780 \text{ kN}$$

$$\text{* Métal : } 2 \cdot E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m = 2 \cdot 210000 \cdot 70 \cdot 8 = 235200 \text{ kN}$$

$$\text{Écart de rigidité ((Métal-Bois)/Métal) = 52,47 \%}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique} = 224,69 \text{ kN}$	224,69 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage} = 154,04 \text{ kN}$	154,04 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass} = 97,9 \text{ kN}$	97,902 kN
Traction nette $F_{t,D}, R_k, \text{ass}, \text{traction} = 145,15 \text{ kN}$	145,15 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique}, D = 207,17 \text{ kN}$	207,17 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage}, D = 154,98 \text{ kN}$	154,98 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass}, D = 173,01 \text{ kN}$	173,01 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique} = 231,16 \text{ kN}$	231,16 kN
Fendage $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{fendage}, = 158,48 \text{ kN}$	158,48 kN

1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique} = 253,15 \text{ kN}$	253,15 kN
---------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

1.9.5. Bois EC5 MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{plastique} = 230,76 \text{ kN}$	230,76 kN
Fendage $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{fendage} = 158,2 \text{ kN}$	158,2 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{\text{mean}}, \text{ass} = 129,84 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement	129,84 kN
Traction nette $F_{t,D}, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{traction} = 192,51 \text{ kN}$	192,51 kN

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Cisaillement plastique majoré
 $F_{v,Rmajor,ass,plastique} = 276,91 \text{ kN}$ 276,91 kN

Rupture de bloc majorée
 $F_{bs,Rmajor,ass} = 155,81 \text{ kN}$ 155,81 kN

Traction nette majorée
 $F_{t,D,Rmajor,ass,traction} = 231,01 \text{ kN}$ 231,01 kN

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans l'élément bois par colonne d'organes par plan.

$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^\circ}, k; R_{head,k}) R_{tens,k}) \geq F_{t,90,Ek} / n_{vis}$

$R_{renf,k} = \min(\max(2,48; 0,87); 5,3) = 2,48 \text{ kN} > 2,11 \text{ kN}$ Frettage possible, rupture par fendage impossible

· Boulon de fermeture :

1 tige filetée en extrémité afin de fermer l'assemblage.

$F_{t,Rk} > F_{ax,Rk}$

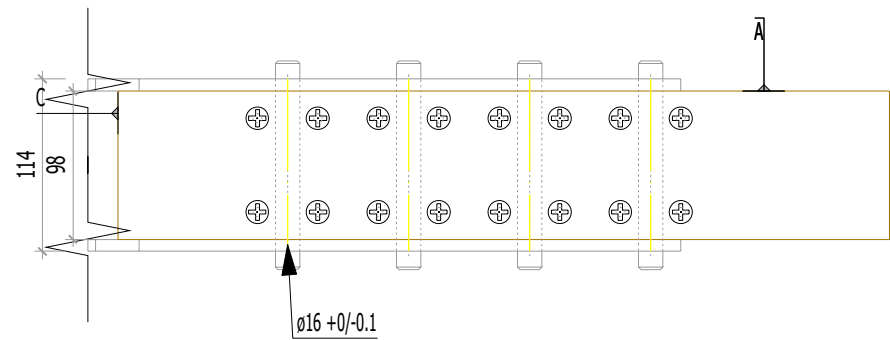
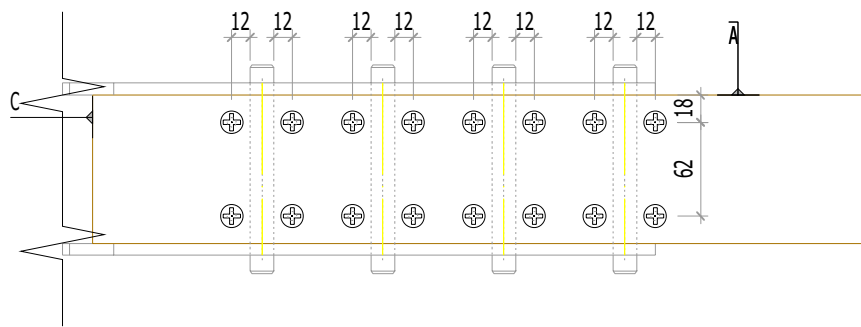
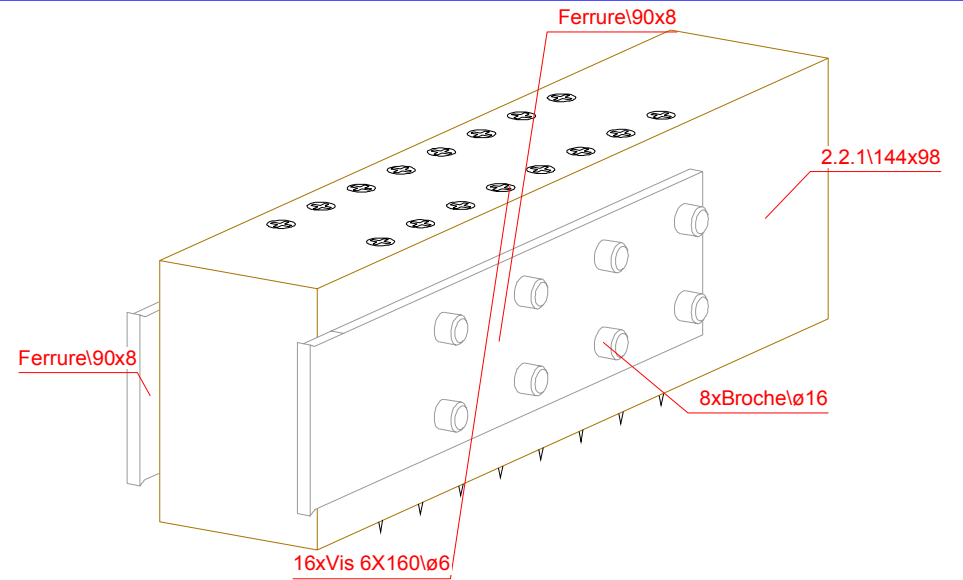
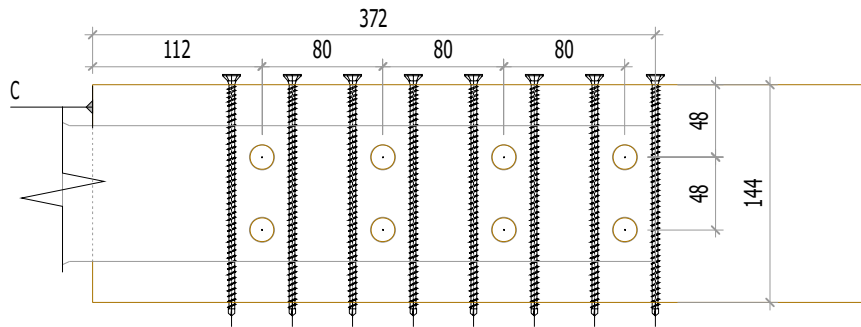
$F_{t,Rk} = 26352 > 17971,43 \text{ N}$

1.9.8. Métal

Pression diamétrale
 $N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u \cdot k_m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,08 \cdot 0,42 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 729,48 \text{ kN}$ 729,48 kN

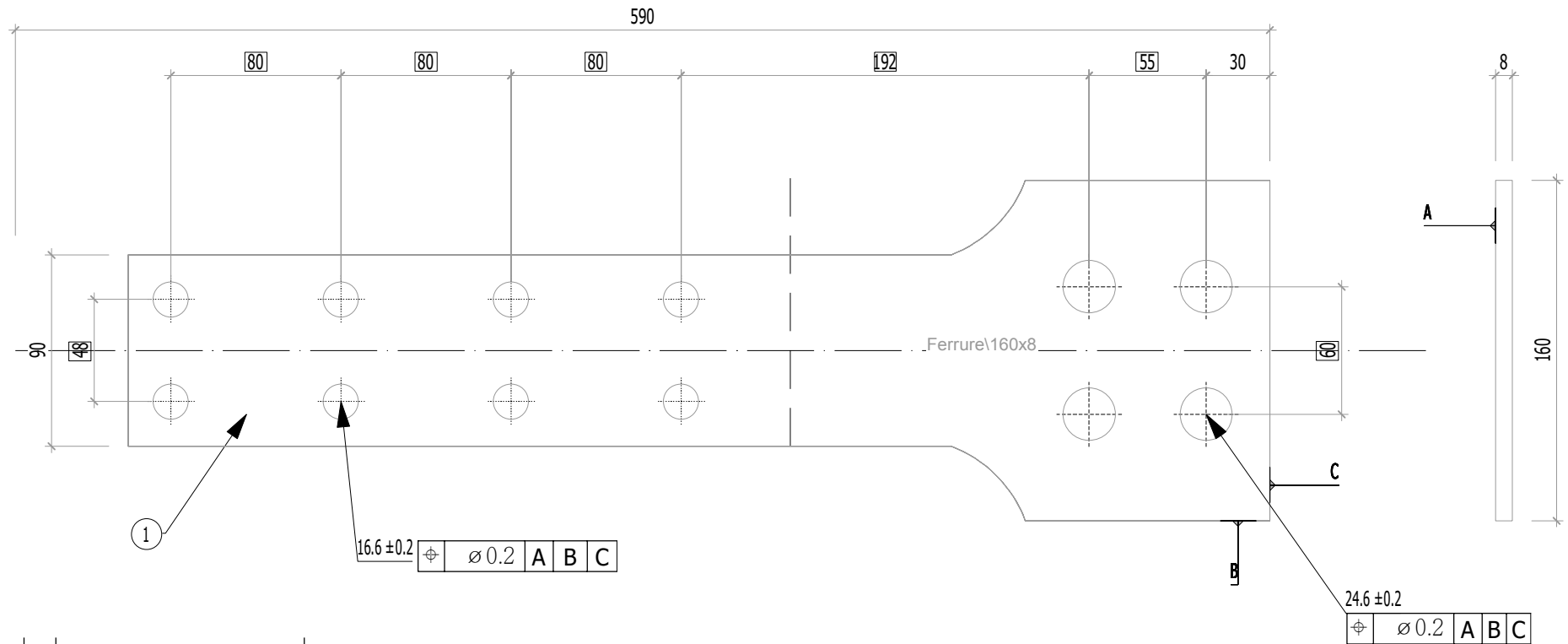
Section nette
 $N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{nt,m} \cdot f_u \cdot k_m = 0,9 \cdot 717 \cdot 540 = 348,36 \text{ kN}$ 348,36 kN

$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_y \cdot \text{mean},m = 70 \cdot 8 \cdot 460 = 515,2 \text{ kN}$ 515,2 kN



2.2.1

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



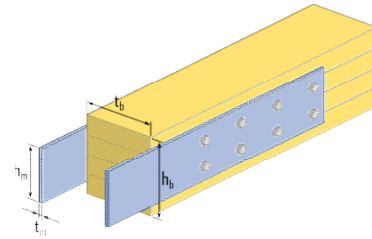
1		80	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0620185 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent		Casser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	+0,5 X 0,5	Ra12,5 indicateurs coniques
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Echelle: 1: 3
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			3.595 kg	Dessinateur: ALBERT LEO Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F2.2.1/2.2.2/2.2.3/5.2.2/5.2.3

1. Assemblage bois en double cisaillement avec plaques métalliques externes sollicité en traction 2x4

1.0. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes : Broches
Nombre d'organes $n = 8$ (2 files de 4 broches)



Fermeture de l'assemblage : 1 tiges filetées en extrémité afin de fermer l'assemblage avec élément extérieur.

Renforcement de l'assemblage : 2 vis de frettage dans l'élément bois par colonne d'organes par plan.

Section bois : 113 X 108 mm

Section métal : 2 X 8 X 70 mm

La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLG".

1.1. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur caractéristique. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode : (mode k/m) => soit le mode 2

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation plastique du mode de rupture et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométriques des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.2.1. Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.2.2. Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1. Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2. Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1. Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2. Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1. Calcul du cisaillement plastique Draft
 - 1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.6.1. Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5. Justification des vis de renfort
 - 1.5.1. Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2. Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3. Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4. Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5. Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1. Eurocode 5
 - 1.6.9. Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1. Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2. Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1. Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2. Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3. Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.1. Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2. Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.4. Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.7.2. Section métal
 - 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
 - 1.7.4. Calculs des sections nettes
 - 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
- 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
- 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
- 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
- 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
- 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
- 1.9.7. Renforcement
- 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

- Diamètre des organes: $d = 12$ mm tolérance (h7)
- Classe des broches: 8.8
 - Résistance en traction des organes :
 - Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900$ Mpa (données fournisseurs : VIAL FRERES)
 - Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57$ Mpa (COV 0,03)
 - Limite d'élasticité des organes :
 - Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720$ Mpa (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)
 - Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26$ Mpa (COV 0,03)
 - Moment d'écoulement plastique des organes : (EC5)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 900 \cdot 12^{2,6} = 172677$ N.mm
 - Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 947 \cdot 12^{2,6} = 181613$ N.mm
 - * Moment d'écoulement plastique des organes : (Draft)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (f_{u,k}) \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (900) \cdot 12^3 = 233280$ N.mm
 - * Moment d'écoulement plastique des organes : (Expérimentale)
 - Valeur expérimentale $M_{y,Rexp} = 279360$ N.mm

1.3.2. Bois

- * Classe de résistance: (Schneider)
- * Masse volumique : (EC5)
 - Valeur caractéristique: $\rho_k = 385$ kg/m³
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61$ kg/m³ (COV =0,15)
- * Module d'élasticité parallèle au fil : (EC5)
 - Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500$ Mpa
- * Résistance en traction parallèle au fil : (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2$ Mpa
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46$ MPa (COV = 0,15)
- * Résistance en cisaillement : (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5$ Mpa
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64$ Mpa (COV = 0,15)
- * Portance locale parallèle au fil : (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 385 = 27,78$ Mpa
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 510,61 = 36,85$ Mpa
 - Valeur expérimentale : $f_{h,0,exp} = 29,3$ Mpa

1.3.3. Métal

- Nuance d'acier: S460

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Module d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Portance locale parallèle au fil : (EC5 Draft)
Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé «N» $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation plastique du mode de rupture et de la capacité en file

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois: $h_b = 108 \text{ mm}$
- Epaisseur des éléments bois: $t_2 = 113 \text{ mm}$

1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 8 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques intermédiaires \Rightarrow interpolation

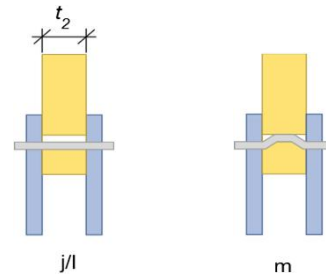
$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, exp} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y, Rexp} f_{h, 2, exp} d} + \frac{F_{ax, exp}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, exp} t_2 d & (l) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rexp} f_{h, 2, exp} d} + \frac{F_{ax, Rexp}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (k et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 19865 \text{ N mode (j/l)} \\ 15951 \text{ N mode (k/m)} \end{cases} \rightarrow F_{v, Rexp} = 15951 \text{ N Mode k/m}$$



- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax, Rexp}; X \cdot F_{v, Rexp})$

Pour des broches, $X = 0$

1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a/l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v, Rexp, ass, fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 15.95 = 174.97 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v, Rexp, ass, plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 15.95 = 255.22 \text{ kN}$$

1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 8 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques intermédiaires \Rightarrow interpolation

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, mean} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + \frac{F_{ax, Rmean}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, mean} t_2 d & (l) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + \frac{F_{ax, Rmean}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (k et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

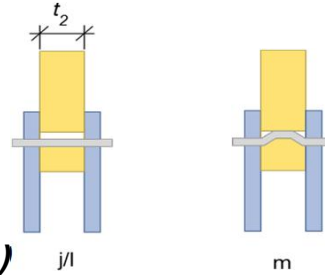
$$F_{v,Rmean} = \min \begin{cases} 24981 \text{ N mode (j/l)} \\ 14423 \text{ N mode (k/m)} \end{cases} \rightarrow F_{v,Rmean} = 14423 \text{ N Mode k/m}$$

- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax,Rmean}; X \cdot F_{v,Rmean})$

Pour des broches, $X = 0$



1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 14.42 = 158.2 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 14.42 = 230.76 \text{ kN}$$

1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement:

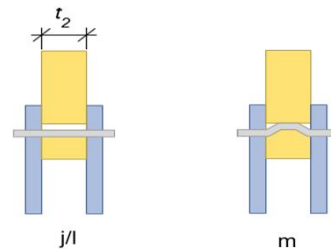
$t_m = 8 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques intermédiaires \Rightarrow interpolation

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (l) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 18836 \text{ N mode (j/l)} \\ 14043 \text{ N mode (k/m)} \end{cases} \rightarrow F_{v,Rk} = 14043 \text{ N Mode k/m}$$



- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax,Rk}; X \cdot F_{v,Rk})$

Pour des broches, $X = 0$

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 14.04 = 154.04 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 14.04 = 216.23 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_{h1} d & \text{(a)} \\ f_{h,2,k} t_{h2} d & \text{(b)} \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1+\beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right] + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] & \text{(c)} \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2+\beta} \left[\sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta} + \frac{4(2+\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] & \text{(d)} \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2(1+\beta) + \frac{4(1+2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] & \text{(e)} \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1+\beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} & \text{(f)} \end{cases}$$

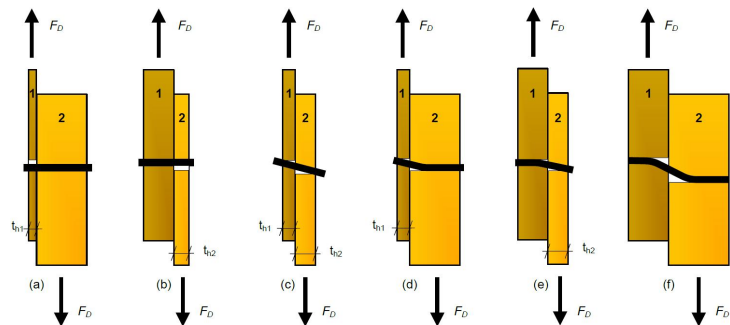
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 8 mm

th2 = 113/2 = 56,5 mm

$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 27,78/600 = 0,05$

$$F_{v,Rk,D} = \min \begin{cases} 57600 \text{ N mode (a)} \\ 18836 \text{ N mode (b)} \\ 9586 \text{ N mode (c)} \\ 14514 \text{ N mode (d)} \\ 13514 \text{ N mode (e)} \\ 19829 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



Note : Les parties métalliques étant considéré dans la partie "2", les modes "c" et "d" ne sont pas considéré

$F_{v,Rk,D} = 13514 \text{ N mode : (e)}$

* Contribution de l'effet de corde :

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass.plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (13514,5 \cdot 8) = 216,23 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

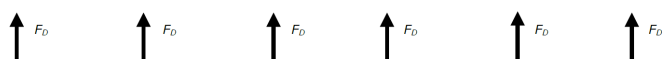
1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 8 mm

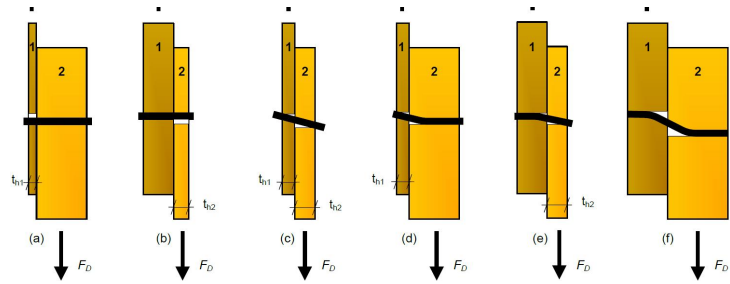
th2 = 113/2 = 56,5 mm



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$\beta = f_{h,2,exp}/f_{h,1,k} = 29,3/600 = 0,05$$

$$F_{v,Rep,D} = \min \begin{cases} 57600 \text{ N mode (a)} \\ 19865 \text{ N mode (b)} \\ 9973 \text{ N mode (c)} \\ 15899 \text{ N mode (d)} \\ 14940 \text{ N mode (e)} \\ 22258 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



Note : Les parties métalliques étant considéré dans la partie "2", les modes "c" et "d" ne sont pas considéré

$$F_{v,Rep,D} = 14940 \text{ N mode : (e)}$$

* Contribution de l'effet de corde :
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rep,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rep,D} \cdot n) = 2 \cdot (14939,83 \cdot 8) = 239,04 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5 Justification des vis de renfort

1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

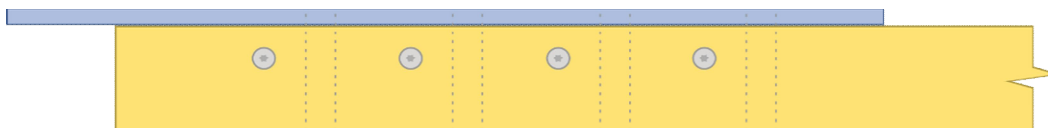
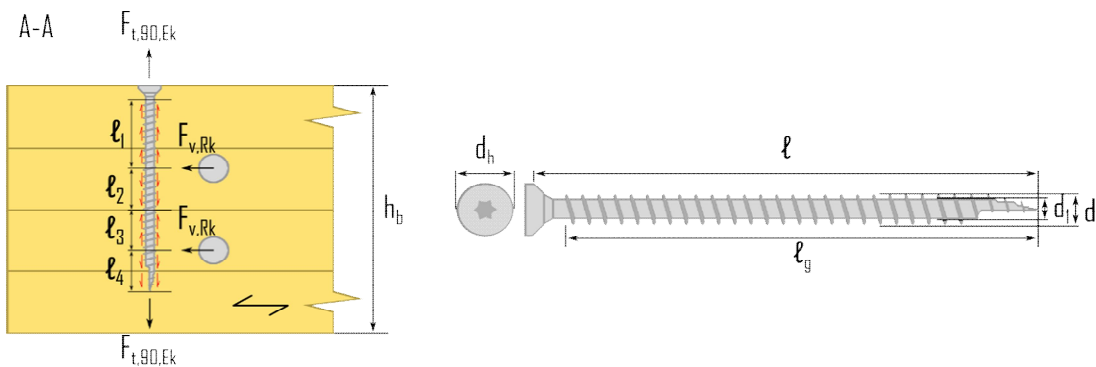
Vis Hecko 6X120 => Fournisseur : (type Hecko)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 120 \text{ mm}$
$l_g = 120 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 6 \text{ mm}$
$d_f = 2,7 \text{ mm}$
$d_h = 9,6 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 11,5 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 13 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 5,3 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broche par plan de cisailment.



2 ou 4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

$l_1 = a_4, c = 3, d = 36 \text{ mm}$ en considérant la tête en dehors du bois

$l_2 = l_3 = a_2/2 = 36/2 = 18 \text{ mm}$. Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a_2

$l_4 = l - h_b/2 - a_2/2 = 120 - 108/2 - 36/2 = 48 \text{ mm}$

Note : pour les pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

- Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^{\circ},k} = f_{ax,90,k} \cdot d \cdot l_{i,\min} = 11,5 \cdot 6 \cdot 36 = 2,48 \text{ kN}$$

- Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} \cdot s = 5,3 = 5,3 \text{ kN}$$

- Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((9,6^2 - 2,7^2)/4) \cdot 13 = 0,87 \text{ kN} \quad \textit{Justification à titre indicatif}$$

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

- * Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement:

$$F_{v,Rk} = 14,04 \text{ kN}$$

- * Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_{t,90,Rk} = 0,3 \cdot F_{v,Rk} = 0,3 \cdot 14,04 = 4,21 \text{ kN}$$

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^{\circ},k}; R_{head,k}); R_{tens,k}) \geq F_{t,90,Rk} / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(2,48; 0,87); 5,3) = 2,48 \text{ kN}$$

$$F_{t,90,Rk} / n_{vis} = 4,21 / 2 = 2,11 \text{ kN}$$

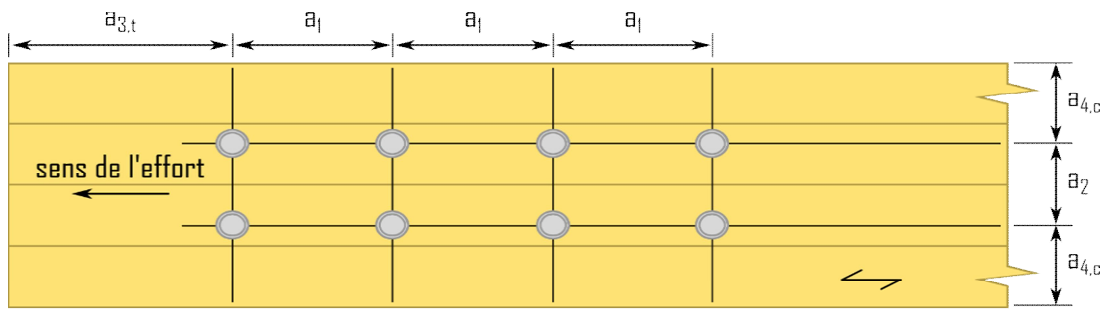
=> 1 vis de part et d'autre de la broche

$$R_{renf,k} > 0,3 \cdot F_{t,90,Rk} = 2,48 > 2,11 \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

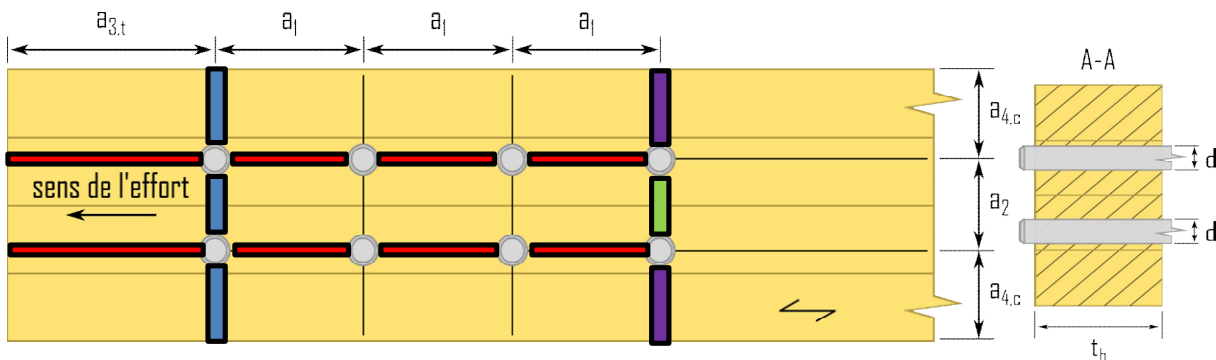
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a3,t = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 12; 80 \text{ mm}) = 84 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a4,c = 3d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



$$A_{net,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot t_{b,ext} = (108 - 2 \cdot 12) \cdot 113 = 9492 \text{ mm}^2$$



$$L_{net,v} = 2 \cdot a3 + 2 \cdot (nc - 1) \cdot (a1 - d) - d = 2 \cdot 84 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (60 - 12) - 12 = 444 \text{ mm}$$

$$A_{net,v} = L_{net,v} \cdot t_b = 444 \cdot 113 = 50172 \text{ mm}^2$$



$$L_{net,t,int} = (nr - 1) \cdot (a2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$$

$$A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot t_b = 24 \cdot 113 = 2712 \text{ mm}^2$$



$$L_{net,t,ext} = hb - d - (nr - 1) \cdot a2 = 108 - 12 - (2 - 1) \cdot 36 = 60 \text{ mm}$$

$$A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot t_b = 60 \cdot 113 = 6780 \text{ mm}^2$$

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations , néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,Rmean,ass} = \max \left| \begin{array}{l} \min \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v-fv,mean} \end{array} \right. \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int-ft,0,mean} \end{array} \right. = \max \left| \begin{array}{l} \min \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot 6780 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 50172 \cdot 4,64 \end{array} \right. \\ 1,25 \cdot 2712 \cdot 25,46 \end{array} \right. = \max \left| \begin{array}{l} \min \left| \begin{array}{l} 215809 \\ 163026 \end{array} \right. \\ 86324 \end{array} \right.$$

$F_{bsn,Rmean,ass} = 163,03$ kN rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 9492 \cdot 25,46 = 241,71 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = \max \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v-fv,k} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int-ft,0,k} \end{array} \right| = \max \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot 6780 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 50172 \cdot 3,5 \\ 1,25 \cdot 2712 \cdot 19,2 \end{array} \right| = \max \left| \begin{array}{l} 162720 \\ 122921 \\ 65088 \end{array} \right|$$

$F_{bs,Rk,ass} = 122,92 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette ECS

$F_{t,0,Rk,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,k} = 9492 \cdot 19,2 = 182,25 \text{ kN}$

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Epaisseur efficace $t_{ef}(e)$

Pénétration totale de l'organe

Mode de rupture : mode(e)

$L_{p,i}/d = 113/12 = 9,42 < 11,5 \Rightarrow t_{ef}(e) = l \cdot t_2 = 113 \text{ mm}$

Longueur nette cisailée

$L_c = a_1 \cdot (n_c - 1) + a_3, t = 60 \cdot (4 - 1) + 84 = 264 \text{ mm}$

Coefficient k_v

$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{mean}/E_{0,mean}) = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(650/11500) = 0,73$

Coefficient k_t

$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{mean}/E_{0,mean}) = 0,9 + 1,4 \cdot \text{racine}(650/11500) = 1,23$

Résistance au cisaillement

$F_{v,l,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 113 \cdot 264 \cdot 3,5 = 76,52 \text{ kN}$

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR

Résistance totale

$F_{rs,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,l,k} = 2 \cdot 2 \cdot 76517,31 = 306,07 \text{ kN}$ sans rupture séquentielle

1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR

Hauteur nette en traction

$b_{net} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$

Résistance au cisaillement

$F_{v,l,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 113 \cdot 264 \cdot 3,5 = 76,52 \text{ kN}$

Résistance en traction nette

$F_{t,k} = k_t \cdot b_{net} \cdot t_{ef} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 24 \cdot 113 \cdot 19,2 = 64,19 \text{ kN}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Rupture de bloc

$$F_{bs,k} = 2 \cdot F_v \cdot l_d + F_{t,k} = 2 \cdot 76,52 + 64,19 = 217,23 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING

$$F_{sp,k} / \text{file} / \text{plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (222 + 2 \cdot 12) \cdot 113 \cdot 0,5 = 29,19 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} \cdot n_r = 29,19 \cdot 2 = 58,38 \text{ kN}$$

L'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage (supposition)

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} / 0,3 = 58,38 / 0,3 = 194,59 \text{ kN}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

$$F_{br,Rk, \text{fendage}} = \min(F_{sp,Rk}; F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(194,59; 217,23; 306,07) = 194,59 \text{ kN}$$

Sans fendage

$$F_{br,Rk} = \min(F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(217,23; 306,07) = 217,23 \text{ kN}$$

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 12 / 23 = 4490,84 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser,ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 4490,84 = 143,71 \text{ kN/mm}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

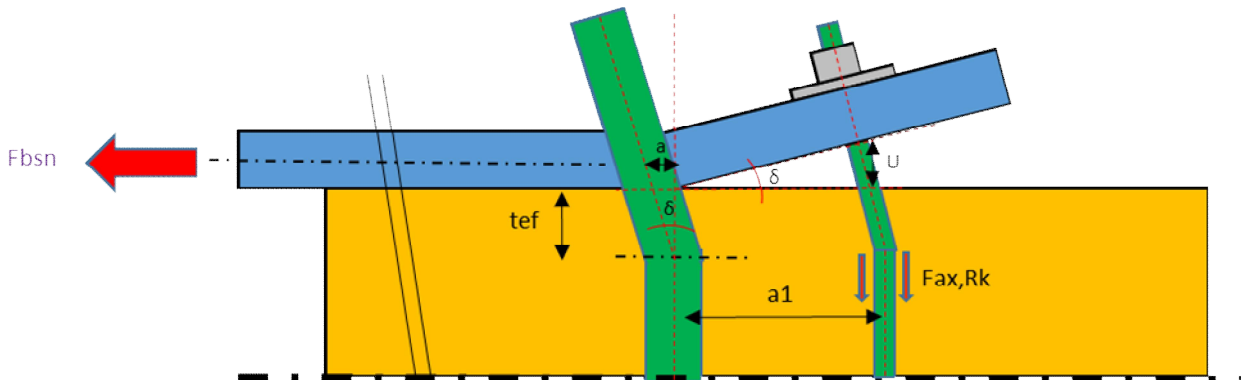
Fermeture de l'assemblage par une tige filetée traversante, calcul à titre indicatif

Tige filetée avec écrous, diamètre tige : 8 mm

Propriétés caractéristiques de géométrie	
Tige filetée	
d=	8 mm
A=	50,27 mm ²
A _s =	36,6 mm ²

Propriétés caractéristiques de résistance	
Classe =	8,8
f _{ub} =	800 Mpa

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.5), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 122,92 kN, et K la raideur total de l'assemblage. L'ouverture de l'assemblage en bout de plaque est causée par la déformation des 2 dernières broches. L'effort à rupture est donc calculé pour ces 2 broches : $F = F/8*2 = 122,92/8*2 = 30,73$ kN

La broche se plie avec un angle de $\delta = (F/K)/(tef) = (30,73/143,71)/(32,37) = 0,007$ rad

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort dans l'organe :

Déplacement "u" de l'organe de fermeture :

$$u = a \cdot \tan(\delta) = 5 \cdot 8 \cdot 0,007 = 0,26 \text{ mm}$$

Raideur de l'organe de fermeture :

$$K_{ferm} = ES/l = 210000 \cdot 36,6 / 113 = 68018 \text{ N.mm}$$

Effort de traction de l'organe de fermeture :

$$F_{ax, Rk} = K_{ferm} \cdot u = 68017,7 \cdot 0,26 = 17971,52 \text{ N}$$

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la tige filetée :

Traction dans la tige filetée :

$$F_{t, Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 0,9 \cdot 800 \cdot 36,6 = 26352 \text{ N}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$F_t, R_k > F_{ax}, R_k$

$F_t, R_k = 26352 > 17972 \text{ N}$

Il faut donc disposer de 1 tige filetée afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES

Fendage

$F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{\text{ef}} \cdot F_v, R_k = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 14,04 = 154,04 \text{ kN}$

Plastique

$F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_k = 2 \cdot 8 \cdot 14,04 = 216,23 \text{ kN}$

Rupture de bloc

$F_{bs}, R_k, \text{ass} = 122,92 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

Traction nette

$F_t, D, R_k, \text{ass}, \text{traction} = A_{\text{net}, b-ft, D, K} = 9492 \cdot 19,2 = 182,25 \text{ kN}$

1.6.10.2 Valeurs MOYENNES

Fendage

$F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{fendage} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{\text{ef}} \cdot F_v, R_{\text{mean}} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 14,42 = 158,2 \text{ kN}$

Plastique

$F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{plastique} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_{\text{mean}} = 2 \cdot 8 \cdot 14,42 = 230,76 \text{ kN}$

Rupture de bloc

$F_{bs}, R_{\text{mean}}, \text{ass} = 163,03 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

Traction nette

$F_t, D, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{traction} = A_{\text{net}, b-ft, D, \text{mean}} = 9492 \cdot 25,46 = 241,71 \text{ kN}$

1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES

Fendage

$F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{fendage} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{\text{ef}} \cdot F_v, R_{\text{exp}} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 19,87 = 174,97 \text{ kN}$

Plastique

$F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_{\text{exp}} = 2 \cdot 8 \cdot 19,87 = 255,22 \text{ kN}$

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Plastique majorée

$$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 230,76 \cdot 1,2 = 276,91 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

$$F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 163,03 \cdot 1,2 = 195,63 \text{ kN}$$

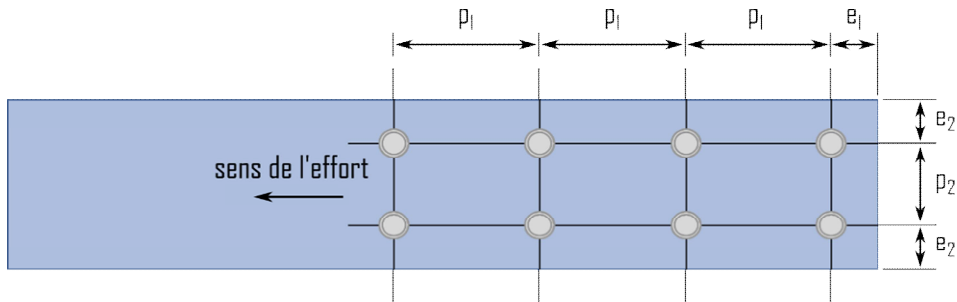
Traction nette majorée

$$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = F_{t,0,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 241,71 \cdot 1,2 = 290,05 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$d_0 = d + j = 12 + 0,6 = 12,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale :

$$\text{Critère } (2,2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 60 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2,4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 36 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 16 \text{ mm}$$

· Pince transversale :

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 17 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique : $h_m = 70 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique : $t_m = 8 \text{ mm}$

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

$$k_1 = \min (2,8 \cdot 17 / 12,6 - 1,7; 1,4 \cdot 36 / 12,6 - 1,7; 2,5) = 2,08$$

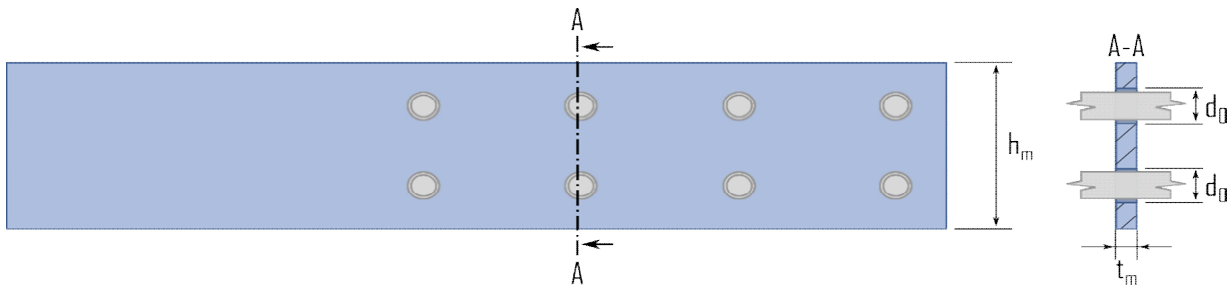
$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

$$\alpha_b = \min (16 / (3 \cdot 12,6); 60 / (3 \cdot 12,6) - 0,25; 900 / 540; 1) = 0,42$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,08 \cdot 0,42 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 729,48 \text{ kN}$$

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (70 - 2 \cdot 12,6) \cdot 8 = 358,4 \text{ mm}^2 \quad \text{Aire par tôle cisillée}$$

$$A_{net,m,ass} = A_{net,m} \cdot n_{plaque} = 358,4 \cdot 2 = 716,8 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{net,m,ass} \cdot f_{u,k,m} = 0,9 \cdot 717 \cdot 540 = 348,36 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 70 \cdot 8 \cdot 460 = 515,2 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

$$\text{* Bois : } E_{0,mean} \cdot h_b \cdot t_b = 11500 \cdot 108 \cdot 113 = 140346 \text{ kN}$$

$$\text{* Métal : } 2 \cdot E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m = 2 \cdot 210000 \cdot 70 \cdot 8 = 235200 \text{ kN}$$

$$\text{Écart de rigidité } ((\text{Métal}-\text{Bois})/\text{Métal}) = 40,33 \%$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique} = 224,69 \text{ kN}$	224,69 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage} = 154,04 \text{ kN}$	154,04 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass} = 122,92 \text{ kN}$	122,92 kN
Traction nette $F_t, D, R_k, \text{ass}, \text{traction} = 182,25 \text{ kN}$	182,25 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique}, D = 216,23 \text{ kN}$	216,23 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage}, D = 194,59 \text{ kN}$	194,59 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass}, D = 217,23 \text{ kN}$	217,23 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique} = 239,04 \text{ kN}$	239,04 kN
Fendage $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{fendage}, = 163,88 \text{ kN}$	163,88 kN

1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique} = 255,22 \text{ kN}$	255,22 kN
---------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

1.9.5. Bois EC5 MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{plastique} = 230,76 \text{ kN}$	230,76 kN
Fendage $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{fendage} = 158,2 \text{ kN}$	158,2 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{\text{mean}}, \text{ass} = 163,03 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement	163,03 kN
Traction nette $F_t, D, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{traction} = 241,71 \text{ kN}$	241,71 kN

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Cisaillement plastique majoré
 $F_{v,Rmajor,ass,plastique} = 276,91 \text{ kN}$ 276,91 kN

Rupture de bloc majorée
 $F_{bs,Rmajor,ass} = 195,63 \text{ kN}$ 195,63 kN

Traction nette majorée
 $F_{t,D,Rmajor,ass,traction} = 290,05 \text{ kN}$ 290,05 kN

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans l'élément bois par colonne d'organes par plan.

$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^\circ}, k; R_{head,k}) R_{tens,k}) \geq F_{t,90,Ek} / n_{vis}$

$R_{renf,k} = \min(\max(2,48; 0,87); 5,3) = 2,48 \text{ kN} > 2,11 \text{ kN}$ Frettage possible, rupture par fendage impossible

· Boulon de fermeture :

1 tige filetée en extrémité afin de fermer l'assemblage.

$F_{t,Rk} > F_{ax,Rk}$

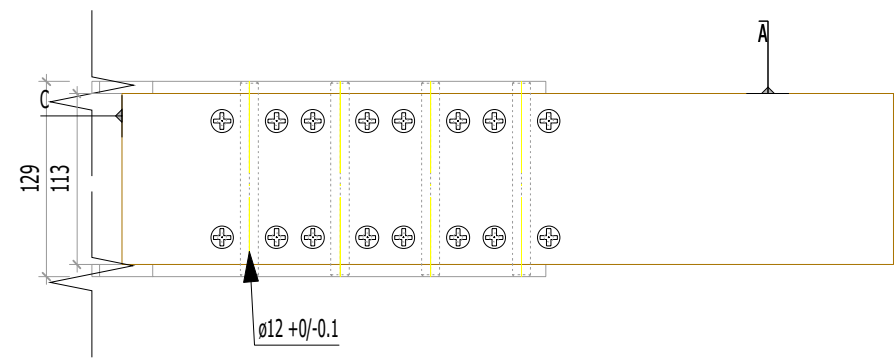
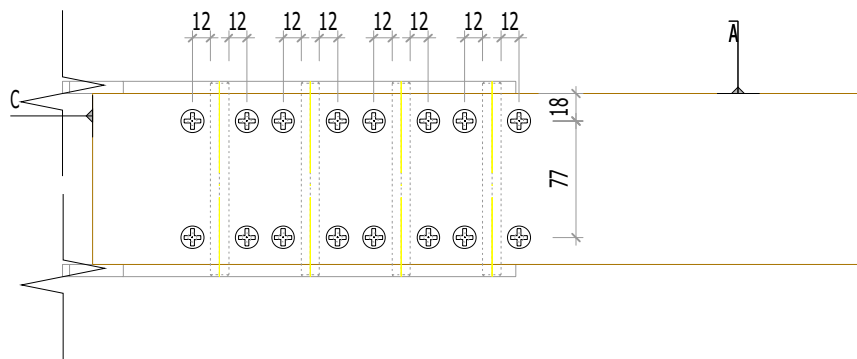
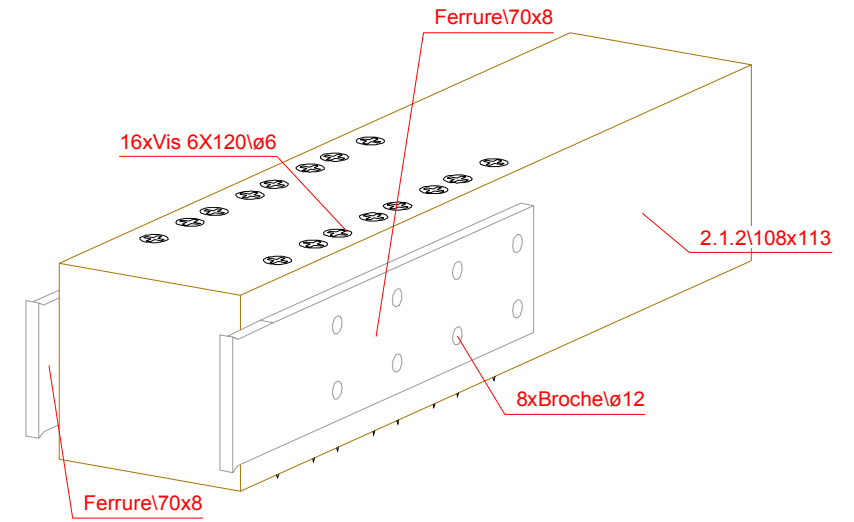
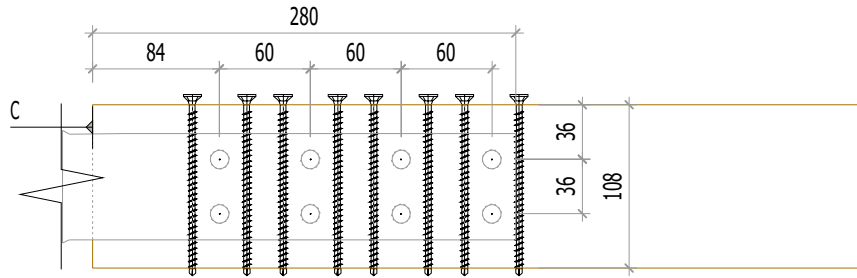
$F_{t,Rk} = 26352 > 17971,52 \text{ N}$

1.9.8. Métal

Pression diamétrale
 $N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u \cdot k_m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,08 \cdot 0,42 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 729,48 \text{ kN}$ 729,48 kN

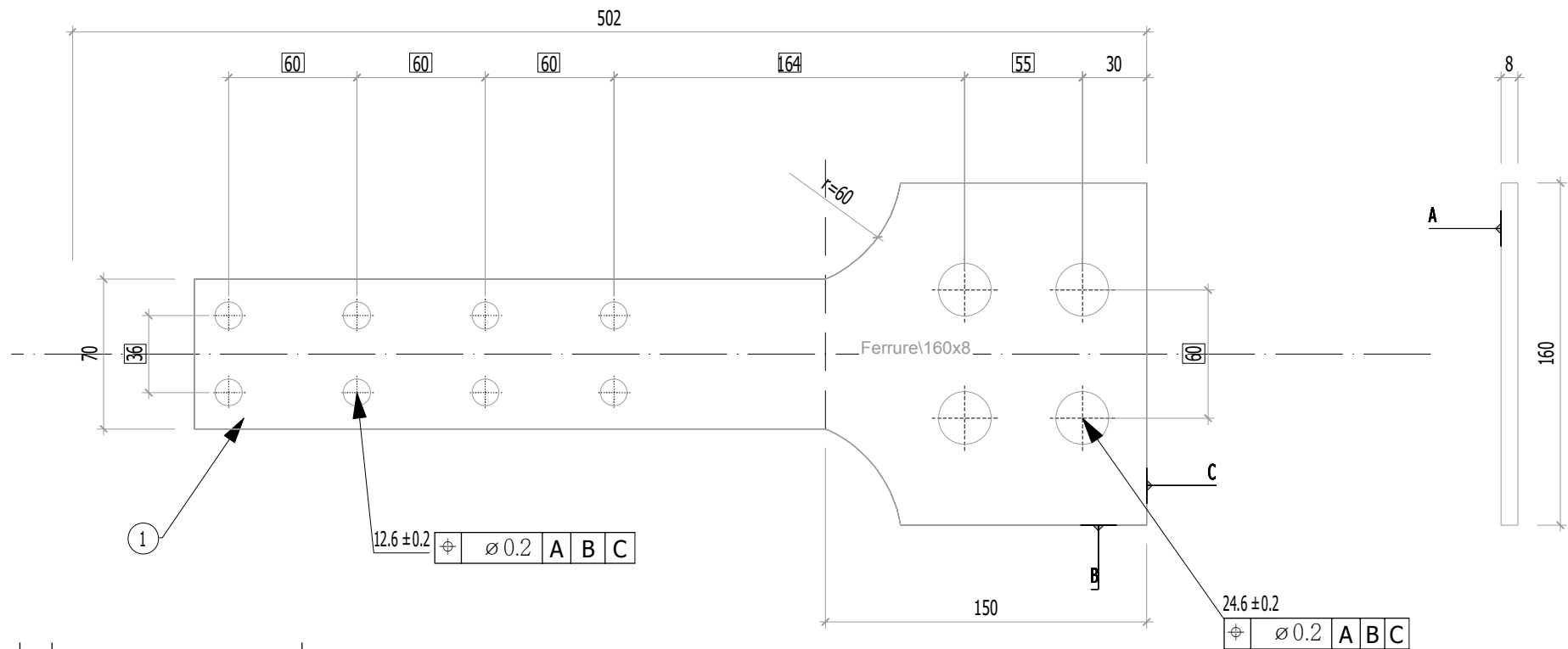
Section nette
 $N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{nt,m} \cdot f_u \cdot k_m = 0,9 \cdot 717 \cdot 540 = 348,36 \text{ kN}$ 348,36 kN

$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_y \cdot \text{mean},m = 70 \cdot 8 \cdot 460 = 515,2 \text{ kN}$ 515,2 kN



2.1.2

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



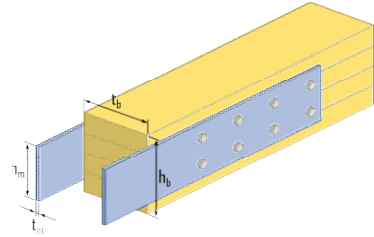
1		86	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0465105 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent		Ceser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	+0,5 X 0,5	Ra12,5 indicateurs coniques
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Dessinateur: ALBERT LEO
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			2.67 kg	Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50	Fax : 03-29-34-09-76	Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F2.1.1/2.1.2/2.1.3/5.1.2/5.1.3

1. Assemblage bois en double cisaillement avec plaques métalliques externes sollicité en traction 2x4

1.0. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes : Broches
Nombre d'organes $n = 8$ (2 files de 4 broches)



Fermeture de l'assemblage : 1 tiges filetées en extrémité afin de fermer l'assemblage avec élément extérieur.

Renforcement de l'assemblage : 2 vis de frettage dans l'élément bois par colonne d'organes par plan.

Section bois : 113 X 108 mm

Section métal : 2 X 16 X 70 mm

La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLG".

1.1. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur caractéristique. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode : => soit le mode 2

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation plastique du mode de rupture et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométriques des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.2.1. Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.2.2. Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1. Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2. Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1. Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2. Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1. Calcul du cisaillement plastique Draft
 - 1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.6.1. Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5. Justification des vis de renfort
 - 1.5.1. Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2. Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3. Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4. Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5. Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1. Eurocode 5
 - 1.6.9. Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1. Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2. Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1. Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2. Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3. Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.1. Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2. Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.4. Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.7.2. Section métal
 - 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
 - 1.7.4. Calculs des sections nettes
 - 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
- 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
- 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
- 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
- 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
- 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
- 1.9.7. Renforcement
- 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

Diamètre des organes: $d = 12$ mm tolérance (h7)

· Classe des broches: 8.8

· Résistance en traction des organes:

Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900$ Mpa (données fournisseurs : VIAL FRERES)

Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57$ Mpa (COV 0,03)

· Limite d'élasticité des organes:

Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720$ Mpa (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)

Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26$ Mpa (COV 0,03)

· Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 900 \cdot 12^2 \cdot 2,6 = 172677$ N.mm

Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 947 \cdot 12^2 \cdot 2,6 = 181613$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes: (Draft)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (f_{u,k}) \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (900) \cdot 12^3 = 233280$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes: (Expérimentale)

Valeur expérimentale $M_{y,Rexp} = 279360$ N.mm

1.3.2. Bois

* Classe de résistance: (Schneider)

* Masse volumique: (EC5)

Valeur caractéristique: $\rho_k = 385$ kg/m³

Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61$ kg/m³ (COV =0,15)

* Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)

Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500$ Mpa

* Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46$ MPa (COV = 0,15)

* Résistance en cisaillement: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64$ Mpa (COV = 0,15)

* Portance locale parallèle au fil: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 385 = 27,78$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 510,61 = 36,85$ Mpa

Valeur expérimentale: $f_{h,0,exp} = 29,3$ Mpa

1.3.3. Métal

· Nuance d'acier: S460

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Module d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Portance locale parallèle au fil : (EC5 Draft)
Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé «N» $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation plastique du mode de rupture et de la capacité en file

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois: $h_b = 108 \text{ mm}$
- Epaisseur des éléments bois: $t_2 = 113 \text{ mm}$

1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 16 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques épaisses

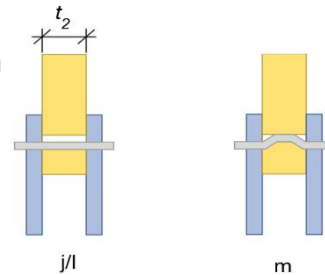
$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, exp} t_2 d & (j) \\ 1 \sqrt{2 M_{y, Rexp} f_{h, 2, exp} d} + \frac{F_{ax, exp}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, exp} t_2 d & (l) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rexp} f_{h, 2, exp} d} + \frac{F_{ax, Rexp}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (k et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 19865 \text{ N mode (l)} \\ 19822 \text{ N mode (m)} \end{cases} \quad \rightarrow \quad F_{v, Rexp} = 19822 \text{ N Mode k/m}$$



- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

$$\text{Effet de corde} = \min(0.25 \cdot F_{ax, Rexp}; X \cdot F_{v, Rexp})$$

Pour des broches, $X = 0$

1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v, Rexp, ass, fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 19.82 = 217.42 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v, Rexp, ass, plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 19.82 = 317.14 \text{ kN}$$

1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 16 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques épaisses

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, mean} t_2 d & (j) \\ 1 \sqrt{2 M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + \frac{F_{ax, Rmean}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, mean} t_2 d & (l) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + \frac{F_{ax, Rmean}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (k et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

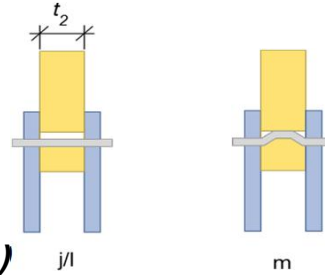
$$F_{v,Rmean} = \min \begin{cases} 24981 \text{ N mode (l)} \\ 17922 \text{ N mode (m)} \end{cases} \rightarrow F_{v,Rmean} = 17922 \text{ N Mode k/m}$$

- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

$$\text{Effet de corde} = \min(0.25 \cdot F_{ax,Rmean}; X \cdot F_{v,Rmean})$$

Pour des broches, $X = 0$



1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 17.92 = 196.59 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 17.92 = 286.75 \text{ kN}$$

1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 16 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques épaisses

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (l) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

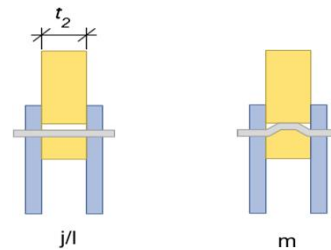
$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 18836 \text{ N mode (l)} \\ 17451 \text{ N mode (m)} \end{cases} \rightarrow F_{v,Rk} = 17451 \text{ N Mode k/m}$$

- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

$$\text{Effet de corde} = \min(0.25 \cdot F_{ax,Rk}; X \cdot F_{v,Rk})$$

Pour des broches, $X = 0$



1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 17.45 = 191.42 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 17.45 = 216.23 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1+\beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right] + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2+\beta} \left[\sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta} + \frac{4(2+\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2(1+\beta) + \frac{4(1+2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1+\beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

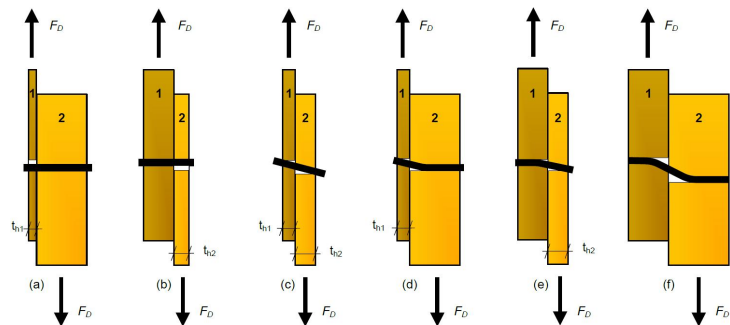
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 16 mm

th2 = 113/2 = 56,5 mm

$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 27,78/600 = 0,05$

$$F_{v,Rk,D} = \min \left\{ \begin{array}{l} 115200 \text{ N mode (a)} \\ 18836 \text{ N mode (b)} \\ 15110 \text{ N mode (c)} \\ 19761 \text{ N mode (d)} \\ 13514 \text{ N mode (e)} \\ 19829 \text{ N mode (f)} \end{array} \right.$$



Note : Les parties métalliques étant considéré dans la partie "2", les modes "c" et "d" ne sont pas considéré

$F_{v,Rk,D} = 13514 \text{ N mode : (e)}$

* Contribution de l'effet de corde :

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass.plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (13514,5 \cdot 8) = 216,23 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

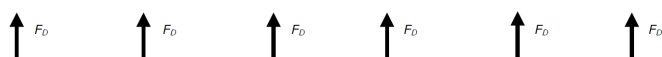
1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 16 mm

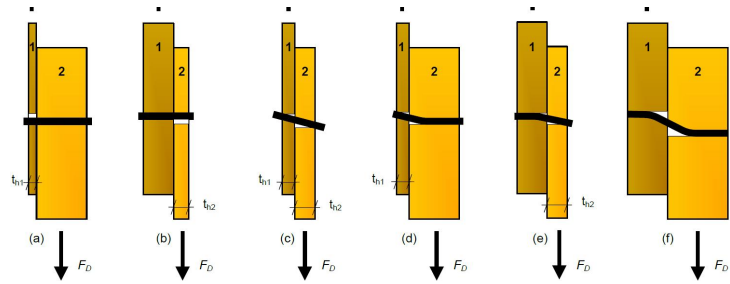
th2 = 113/2 = 56,5 mm



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$\beta = f_{h,2,exp}/f_{h,1,k} = 29,3/600 = 0,05$$

$$F_{v,Rexp,D} = \min \begin{cases} 115200 \text{ N mode (a)} \\ 19865 \text{ N mode (b)} \\ 15506 \text{ N mode (c)} \\ 20959 \text{ N mode (d)} \\ 14940 \text{ N mode (e)} \\ 22258 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



Note : Les parties métalliques étant considéré dans la partie "2", les modes "c" et "d" ne sont pas considéré

$$F_{v,Rexp,D} = 14940 \text{ N mode : (e)}$$

* Contribution de l'effet de corde :

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rexp,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rexp,D} \cdot n) = 2 \cdot (14939,83 \cdot 8) = 239,04 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5 Justification des vis de renfort

1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

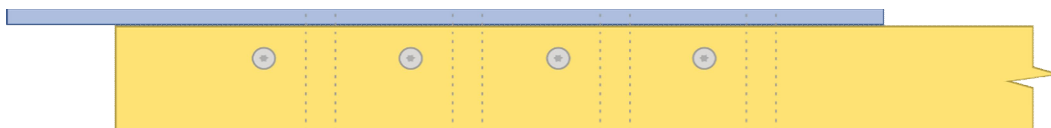
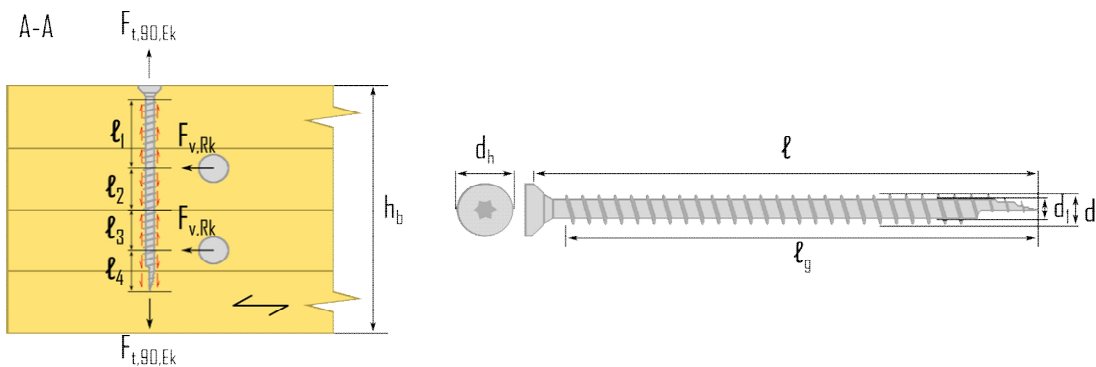
ESCRFTC8.0x120 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 120 \text{ mm}$
$l_g = 120 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 8 \text{ mm}$
$d_f = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broche par plan de cisaillement.



2 ou 4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

$l_1 = a_4, c = 3, d = 36 \text{ mm}$ en considérant la tête en dehors du bois

$l_2 = l_3 = a_2/2 = 36/2 = 18 \text{ mm}$. Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a_2

$l_4 = l - h_b/2 - a_2/2 = 120 - 108/2 - 36/2 = 48 \text{ mm}$

Note : pour les pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

- * Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^{\circ},k} = f_{ax,90,k} \cdot d \cdot l_{i,\min} = 13,1 \cdot 8 \cdot 36 = 3,77 \text{ kN}$$

- * Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} \cdot k = 24,1 = 24,1 \text{ kN}$$

- * Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((15^2 - 5,2^2)/4) \cdot 12,4 = 1,93 \text{ kN} \quad \textit{Justification à titre indicatif}$$

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

- * Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement:

$$F_v, R_k = 17,45 \text{ kN}$$

- * Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_{t,90,Rk} = 0,3 \cdot F_v, R_k = 0,3 \cdot 17,45 = 5,24 \text{ kN}$$

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^{\circ},k}; R_{head,k}); R_{tens,k}) \geq F_{t,90}, E_k / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(3,77; 1,93); 24,1) = 3,77 \text{ kN}$$

$$F_{t,90}, E_k / n_{vis} = 5,24 / 2 = 2,62 \text{ kN}$$

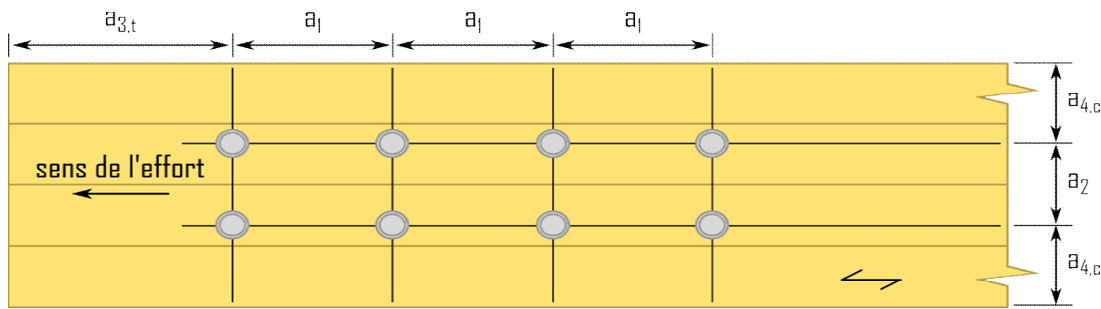
=> 1 vis de part et d'autre de la broche

$$R_{renf,k} > 0,3 \cdot F_{t,90},k = 3,77 > 2,62 \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

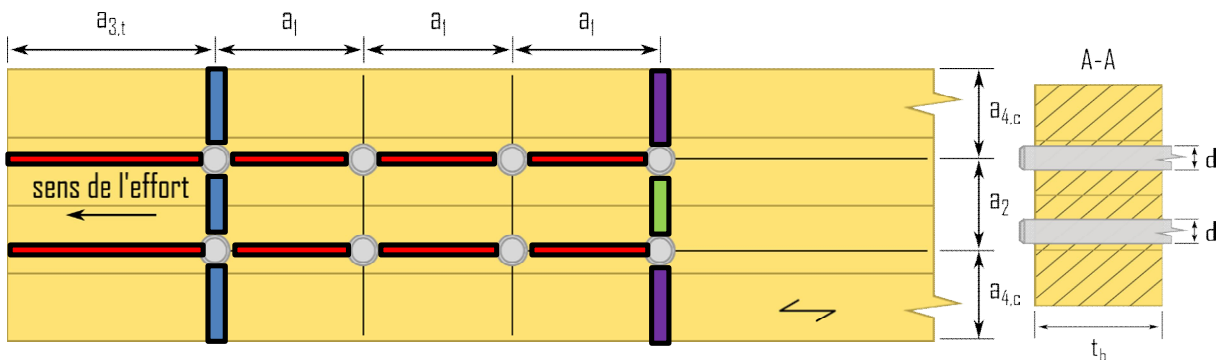
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a3,t = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 12; 80 \text{ mm}) = 84 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a4,c = 3d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



$$A_{net,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot tb_{ext} = (108 - 2 \cdot 12) \cdot 113 = 9492 \text{ mm}^2$$



$$L_{net,v} = 2 \cdot a3 + 2 \cdot (nc - 1) \cdot (a1 - d) - d = 2 \cdot 84 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (60 - 12) - 12 = 444 \text{ mm}$$

$$A_{net,v} = L_{net,v} \cdot tb = 444 \cdot 113 = 50172 \text{ mm}^2$$



$$L_{net,t,int} = (nr - 1) \cdot (a2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$$

$$A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot tb = 24 \cdot 113 = 2712 \text{ mm}^2$$



$$L_{net,t,ext} = hb - d - (nr - 1) \cdot a2 = 108 - 12 - (2 - 1) \cdot 36 = 60 \text{ mm}$$

$$A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot tb = 60 \cdot 113 = 6780 \text{ mm}^2$$

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations , néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,Rmean,ass} = \max \left| \begin{array}{l} \min \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v-fv,mean} \end{array} \right. \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int-ft,0,mean} \end{array} \right. = \max \left| \begin{array}{l} \min \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot 6780 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 50172 \cdot 4,64 \end{array} \right. \\ 1,25 \cdot 2712 \cdot 25,46 \end{array} \right. = \max \left| \begin{array}{l} \min \left| \begin{array}{l} 215809 \\ 163026 \end{array} \right. \\ 86324 \end{array} \right.$$

$F_{bsn,Rmean,ass} = 163,03$ kN rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 9492 \cdot 25,46 = 241,71 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = \max \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v-fv,k} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int-ft,0,k} \end{array} \right| = \max \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot 6780 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 50172 \cdot 3,5 \\ 1,25 \cdot 2712 \cdot 19,2 \end{array} \right| = \max \left| \begin{array}{l} 162720 \\ 122921 \\ 65088 \end{array} \right|$$

$F_{bs,Rk,ass} = 122,92 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette ECS

$F_{t,0,Rk,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,k} = 9492 \cdot 19,2 = 182,25 \text{ kN}$

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Epaisseur efficace $t_{ef}(e)$

Pénétration totale de l'organe

Mode de rupture : mode(e)

$L_{p,i}/d = 113/12 = 9,42 < 11,5 \Rightarrow t_{ef}(e) = l \cdot t_2 = 113 \text{ mm}$

Longueur nette cisailée

$L_c = a_1 \cdot (n_c - 1) + a_3, t = 60 \cdot (4 - 1) + 84 = 264 \text{ mm}$

Coefficient k_v

$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{mean}/E_{0,mean}) = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(650/11500) = 0,73$

Coefficient k_t

$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{mean}/E_{0,mean}) = 0,9 + 1,4 \cdot \text{racine}(650/11500) = 1,23$

Résistance au cisaillement

$F_{v,l,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 113 \cdot 264 \cdot 3,5 = 76,52 \text{ kN}$

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR

Résistance totale

$F_{rs,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,l,k} = 2 \cdot 2 \cdot 76517,31 = 306,07 \text{ kN}$ sans rupture séquentielle

1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR

Hauteur nette en traction

$b_{net} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$

Résistance au cisaillement

$F_{v,l,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 113 \cdot 264 \cdot 3,5 = 76,52 \text{ kN}$

Résistance en traction nette

$F_{t,k} = k_t \cdot b_{net} \cdot t_{ef} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 24 \cdot 113 \cdot 19,2 = 64,19 \text{ kN}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Rupture de bloc

$$F_{bs,k} = 2 \cdot F_v \cdot l_d + F_{t,k} = 2 \cdot 76,52 + 64,19 = 217,23 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING

$$F_{sp,k} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (222 + 2 \cdot 12) \cdot 113 \cdot 0,5 = 29,19 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} \cdot n_r = 29,19 \cdot 2 = 58,38 \text{ kN}$$

L'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage (supposition)

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} / 0,3 = 58,38 / 0,3 = 194,59 \text{ kN}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

$$F_{br,Rk, \text{fendage}} = \min(F_{sp,Rk}; F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(194,59; 217,23; 306,07) = 194,59 \text{ kN}$$

Sans fendage

$$F_{br,Rk} = \min(F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(217,23; 306,07) = 217,23 \text{ kN}$$

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 12 / 23 = 4490,84 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser,ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 4490,84 = 143,71 \text{ kN/mm}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

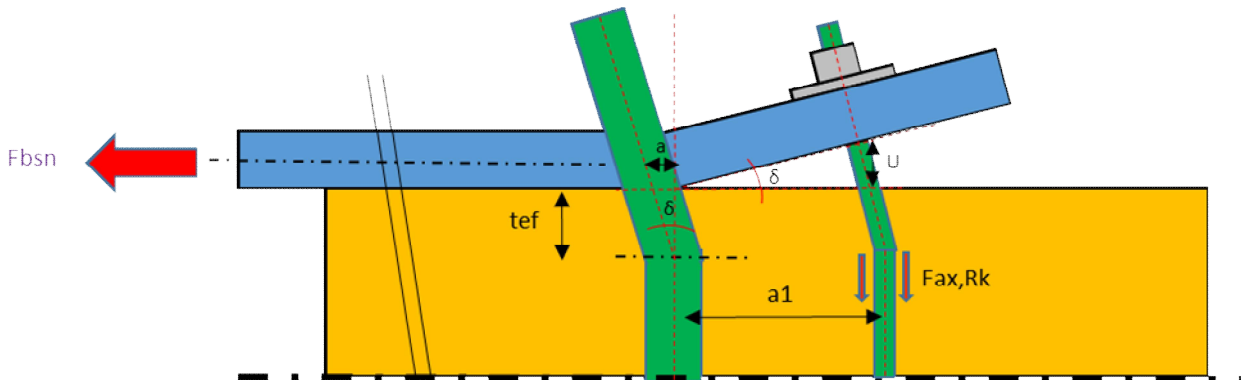
Fermeture de l'assemblage par une tige filetée traversante, calcul à titre indicatif

Tige filetée avec écrous, diamètre tige : 8 mm

Propriétés caractéristiques de géométrie	
Tige filetée	
d=	8 mm
A=	50,27 mm ²
As=	36,6 mm ²

Propriétés caractéristiques de résistance	
Classe =	8,8
fub=	800 Mpa

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.5), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 122,92 kN, et K la raideur total de l'assemblage. L'ouverture de l'assemblage en bout de plaque est causée par la déformation des 2 dernières broches. L'effort à rupture est donc calculé pour ces 2 broches : $F = F/8*2 = 122,92/8*2 = 30,73$ kN

La broche se plie avec un angle de $\delta = (F/K)/(tef) = (30,73/143,71)/(36,37) = 0,006$ rad

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort dans l'organe :

Déplacement "u" de l'organe de fermeture :

$$u = a \cdot \tan(\delta) = 5 \cdot 8 \cdot 0,006 = 0,24 \text{ mm}$$

Raideur de l'organe de fermeture :

$$K_{ferm} = ES/l = 210000 \cdot 36,6 / 113 = 68018 \text{ N.mm}$$

Effort de traction de l'organe de fermeture :

$$F_{ax,Rk} = K_{ferm} \cdot u = 68017,7 \cdot 0,24 = 15995,16 \text{ N}$$

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la tige filetée :

Traction dans la tige filetée :

$$F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 0,9 \cdot 800 \cdot 36,6 = 26352 \text{ N}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$F_t, R_k > F_{ax}, R_k$

$F_t, R_k = 26352 > 15995 \text{ N}$

Il faut donc disposer de 1 tige filetée afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES

Fendage

$F_v, R_k, \text{ass, fendage} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{\text{ef}} \cdot F_v, R_k = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 17,45 = 191,42 \text{ kN}$

Plastique

$F_v, R_k, \text{ass, plastique} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_k = 2 \cdot 8 \cdot 17,45 = 216,23 \text{ kN}$

Rupture de bloc

$F_{bs}, R_k, \text{ass} = 122,92 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

Traction nette

$F_t, D, R_k, \text{ass, traction} = A_{\text{net, b-ft, D, K}} = 9492 \cdot 19,2 = 182,25 \text{ kN}$

1.6.10.2 Valeurs MOYENNES

Fendage

$F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass, fendage} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{\text{ef}} \cdot F_v, R_{\text{mean}} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 17,92 = 196,59 \text{ kN}$

Plastique

$F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass, plastique} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_{\text{mean}} = 2 \cdot 8 \cdot 17,92 = 286,75 \text{ kN}$

Rupture de bloc

$F_{bs}, R_{\text{mean}}, \text{ass} = 163,03 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

Traction nette

$F_t, D, R_{\text{mean}}, \text{ass, traction} = A_{\text{net, b-ft, D, mean}} = 9492 \cdot 25,46 = 241,71 \text{ kN}$

1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES

Fendage

$F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass, fendage} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{\text{ef}} \cdot F_v, R_{\text{exp}} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 19,87 = 217,42 \text{ kN}$

Plastique

$F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass, plastique} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_{\text{exp}} = 2 \cdot 8 \cdot 19,87 = 317,14 \text{ kN}$

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Plastique majorée

$$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 286,75 \cdot 1,2 = 344,1 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

$$F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 163,03 \cdot 1,2 = 195,63 \text{ kN}$$

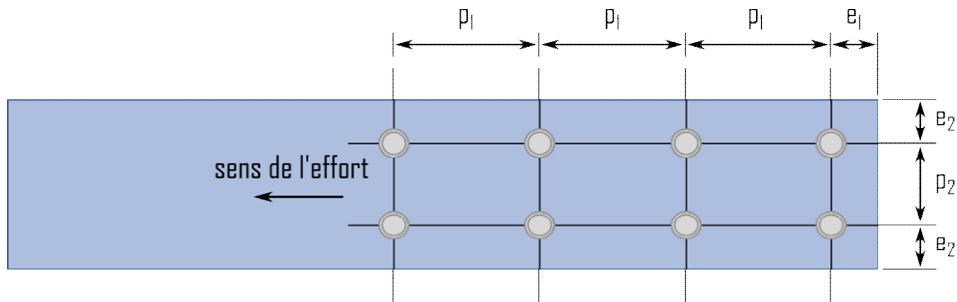
Traction nette majorée

$$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = F_{t,0,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 241,71 \cdot 1,2 = 290,05 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$d_0 = d + j = 12 + 0,6 = 12,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale :

$$\text{Critère } (2,2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 60 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2,4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 36 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 16 \text{ mm}$$

· Pince transversale :

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 17 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique : $h_m = 70 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique : $t_m = 16 \text{ mm}$

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

$$k_1 = \min (2,8 \cdot 17 / 12,6 - 1,7; 1,4 \cdot 36 / 12,6 - 1,7; 2,5) = 2,08$$

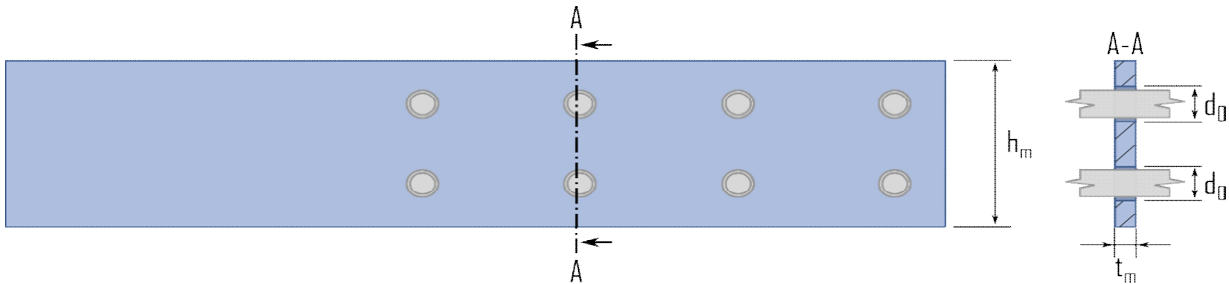
$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

$$\alpha_b = \min (16 / (3 \cdot 12,6); 60 / (3 \cdot 12,6) - 0,25; 900 / 540; 1) = 0,42$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,08 \cdot 0,42 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 16 = 1458,96 \text{ kN}$$

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (70 - 2 \cdot 12,6) \cdot 16 = 716,8 \text{ mm}^2 \quad \text{Aire par tôle cisailée}$$

$$A_{net,m,ass} = A_{net,m} \cdot n_{plaque} = 716,8 \cdot 2 = 1433,6 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{net,m,ass} \cdot f_{u,k,m} = 0,9 \cdot 1433,6 \cdot 540 = 696,73 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 70 \cdot 16 \cdot 460 = 1030,4 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

$$\text{* Bois : } E_{0,mean} \cdot h_b \cdot t_b = 11500 \cdot 108 \cdot 113 = 140346 \text{ kN}$$

$$\text{* Métal : } 2 \cdot E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m = 2 \cdot 210000 \cdot 70 \cdot 16 = 470400 \text{ kN}$$

$$\text{Écart de rigidité ((Métal-Bois)/Métal) = 70,16 \%}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique} = 279,21 \text{ kN}$	279,21 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage} = 191,42 \text{ kN}$	191,42 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass} = 122,92 \text{ kN}$	122,92 kN
Traction nette $F_t, D, R_k, \text{ass}, \text{traction} = 182,25 \text{ kN}$	182,25 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique}, D = 216,23 \text{ kN}$	216,23 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage}, D = 194,59 \text{ kN}$	194,59 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass}, D = 217,23 \text{ kN}$	217,23 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique} = 239,04 \text{ kN}$	239,04 kN
Fendage $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{fendage}, = 163,88 \text{ kN}$	163,88 kN

1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique} = 317,14 \text{ kN}$	317,14 kN
---------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

1.9.5. Bois EC5 MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{plastique} = 286,75 \text{ kN}$	286,75 kN
Fendage $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{fendage} = 196,59 \text{ kN}$	196,59 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{\text{mean}}, \text{ass} = 163,03 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement	163,03 kN
Traction nette $F_t, D, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{traction} = 241,71 \text{ kN}$	241,71 kN

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Cisaillement plastique majoré $F_{v,Rmajor,ass,plastique} = 344,1 \text{ kN}$	344,1 kN
Rupture de bloc majorée $F_{bs,Rmajor,ass} = 195,63 \text{ kN}$	195,63 kN
Traction nette majorée $F_{t,D,Rmajor,ass,traction} = 290,05 \text{ kN}$	290,05 kN

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans l'élément bois par colonne d'organes par plan.

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^\circ,k}; R_{head,k}); R_{tens,k}) \geq F_{t,90,Ek} / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(3,77; 1,93); 24,1) = 3,77 \text{ kN} > 2,62 \text{ kN} \quad \text{Frettage possible, rupture par fendage impossible}$$

· Boulon de fermeture :

1 tige filetée en extrémité afin de fermer l'assemblage.

$$F_{t,Rk} > F_{ax,Rk}$$

$$F_{t,Rk} = 26352 > 15995,16 \text{ N}$$

1.9.8. Métal

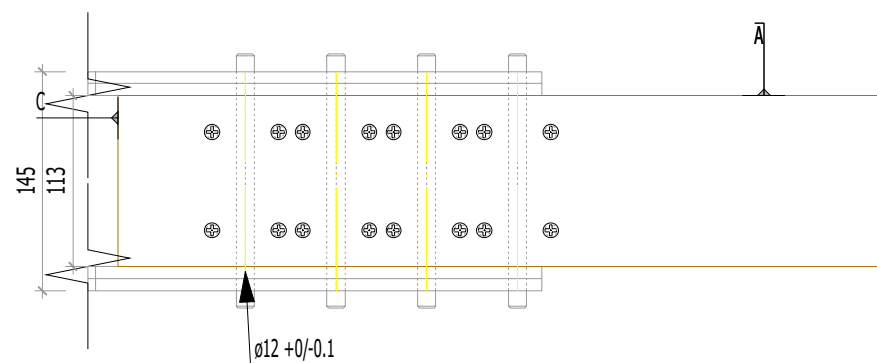
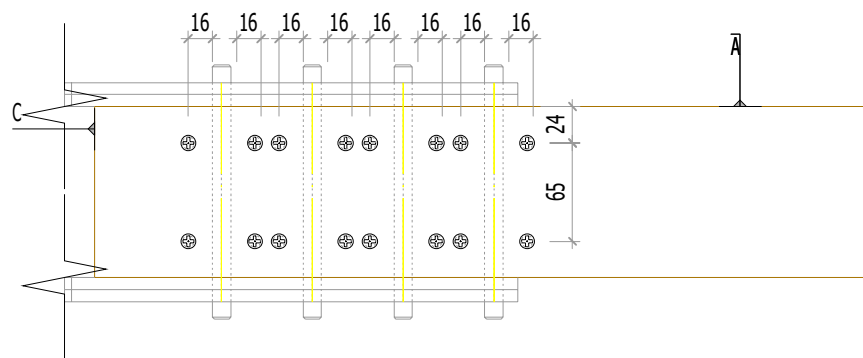
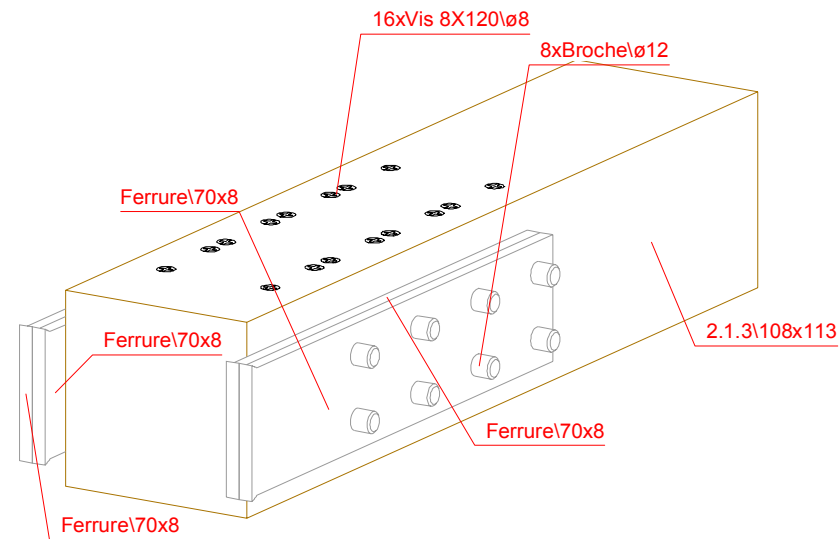
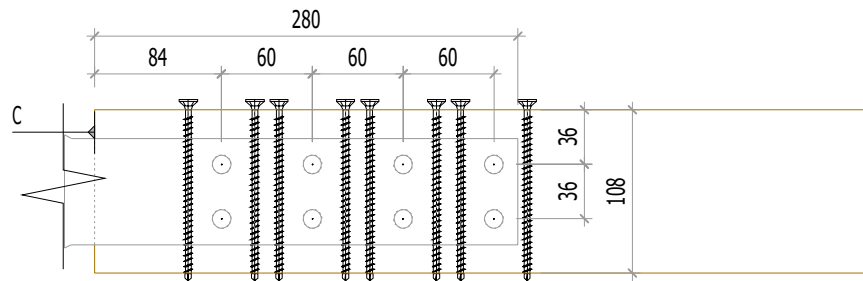
Pression diamétrale

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u \cdot k_m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,08 \cdot 0,42 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 16 = 1458,96 \text{ kN}$$

Section nette

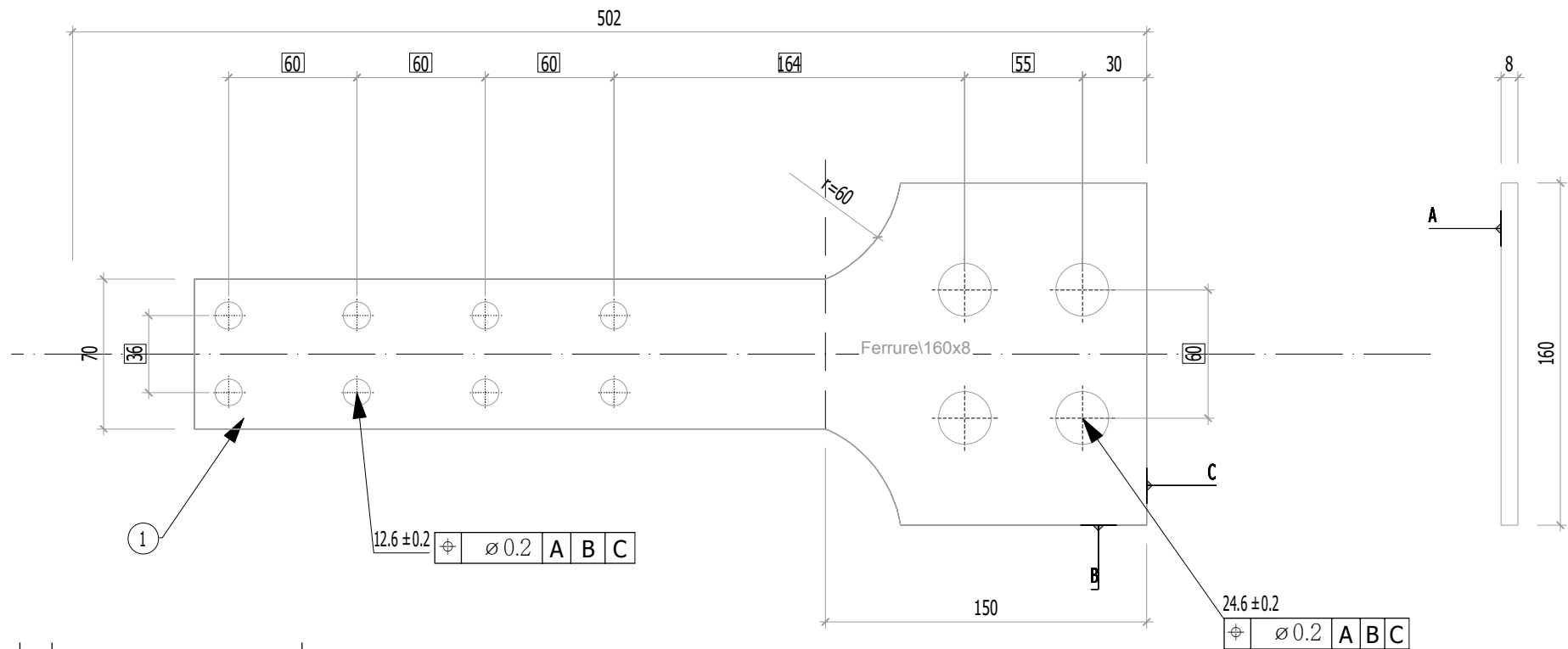
$$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{nt,m} \cdot f_u \cdot k_m = 0,9 \cdot 1434 \cdot 540 = 696,73 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_y \cdot \text{mean},m = 70 \cdot 16 \cdot 460 = 1030,4 \text{ kN}$$



2.1.3

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



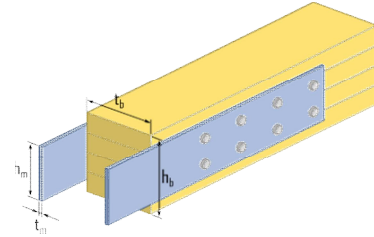
1		86	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0465105 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent		Ciser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	X ^{+0,5} _{-0,5}	Ra 12,5
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Dessinateur: ALBERT LEO
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			2.67 kg	Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F2.1.1/2.1.2/2.1.3/5.1.2/5.1.3

1. Assemblage bois en double cisaillement avec plaques métalliques externes sollicité en traction 2x4

1.0. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes : Broches
Nombre d'organes $n = 8$ (2 files de 4 broches)



Fermeture de l'assemblage : 1 tiges filetées en extrémité afin de fermer l'assemblage avec élément extérieur.

Renforcement de l'assemblage : 2 vis de frettage dans l'élément bois par colonne d'organes par plan.

Section bois : 98 X 144 mm

Section métal : 2 X 8 X 90 mm

La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLC".

1.1. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur caractéristique. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode : (mode k/m) => soit le mode 2

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation plastique du mode de rupture et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométriques des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.2.1. Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.2.2. Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1. Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2. Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1. Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2. Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1. Calcul du cisaillement plastique Draft
 - 1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.6.1. Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5. Justification des vis de renfort
 - 1.5.1. Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2. Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3. Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4. Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5. Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1. Eurocode 5
 - 1.6.9. Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1. Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2. Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1. Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2. Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3. Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.1. Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2. Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.4. Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.7.2. Section métal
 - 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
 - 1.7.4. Calculs des sections nettes
 - 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
- 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
- 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
- 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
- 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
- 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
- 1.9.7. Renforcement
- 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

Diamètre des organes: $d = 16$ mm tolérance (h7)

· Classe des broches: 8.8

· Résistance en traction des organes :

Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900$ Mpa (données fournisseurs : VIAL FRERES)

Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57$ Mpa (COV 0,03)

· Limite d'élasticité des organes :

Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720$ Mpa (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)

Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26$ Mpa (COV 0,03)

· Moment d'écoulement plastique des organes : (EC5)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 900 \cdot 16^{2,6} = 364818$ N.mm

Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 947 \cdot 16^{2,6} = 383695$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Draft)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (f_{u,k}) \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (900) \cdot 16^3 = 552960$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes : (Expérimentale)

Valeur expérimentale $M_{y,Rexp} = 669013$ N.mm

1.3.2. Bois

* Classe de résistance: (Schneider)

* Masse volumique : (EC5)

Valeur caractéristique: $\rho_k = 385$ kg/m³

Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61$ kg/m³ (COV =0,15)

* Module d'élasticité parallèle au fil : (EC5)

Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500$ Mpa

* Résistance en traction parallèle au fil : (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46$ MPa (COV = 0,15)

* Résistance en cisaillement : (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64$ Mpa (COV = 0,15)

* Portance locale parallèle au fil : (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 385 = 26,52$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 510,61 = 35,17$ Mpa

Valeur expérimentale : $f_{h,0,exp} = 34,21$ Mpa

1.3.3. Métal

· Nuance d'acier: S460

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Module d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Portance locale parallèle au fil : (EC5 Draft)
Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé «N» $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation plastique du mode de rupture et de la capacité en file

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois: $h_b = 144 \text{ mm}$
- Epaisseur des éléments bois: $t_2 = 98 \text{ mm}$

1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 8 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques minces

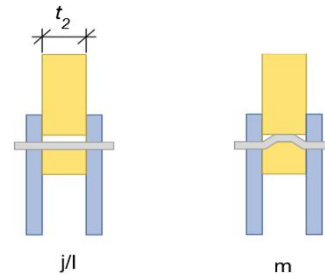
$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, exp} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y, Rexp} f_{h, 2, exp} d} + \frac{F_{ax, exp}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, exp} t_2 d & (l) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rexp} f_{h, 2, exp} d} + \frac{F_{ax, Rexp}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (k et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 26821 \text{ N mode (j)} \\ 27063 \text{ N mode (k)} \end{cases} \rightarrow F_{v, Rexp} = 26821 \text{ N Mode j/l}$$



- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

$$\text{Effet de corde} = \min(0.25 \cdot F_{ax, Rexp}; X \cdot F_{v, Rexp})$$

Pour des broches, $X = 0$

1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a/l) / (13 \cdot d)^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v, Rexp, ass, fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 26,82 = 294,2 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v, Rexp, ass, plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 26,82 = 429,13 \text{ kN}$$

1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 8 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques minces

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, mean} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + \frac{F_{ax, Rmean}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, mean} t_2 d & (l) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + \frac{F_{ax, Rmean}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (k et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

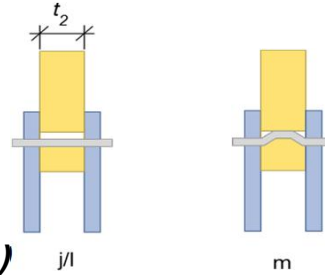
$$F_{v,Rmean} = \min \begin{cases} 27574 \text{ N mode (j)} \\ 20781 \text{ N mode (k)} \end{cases} \rightarrow F_{v,Rmean} = 20781 \text{ N Mode k/m}$$

- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax,Rmean}; X \cdot F_{v,Rmean})$

Pour des broches, $X = 0$



1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 20.78 = 227.95 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 20.78 = 332.49 \text{ kN}$$

1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

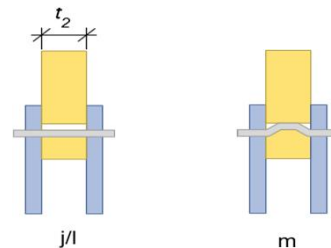
- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 8 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques minces

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (l) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 20791 \text{ N mode (j)} \\ 20234 \text{ N mode (k)} \end{cases} \rightarrow F_{v,Rk} = 20234 \text{ N Mode k/m}$$



- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax,Rk}; X \cdot F_{v,Rk})$

Pour des broches, $X = 0$

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 20.23 = 221.95 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 20.23 = 323.65 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1+\beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right] + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2+\beta} \left[\sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta} + \frac{4(2+\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2(1+\beta) + \frac{4(1+2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1+\beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

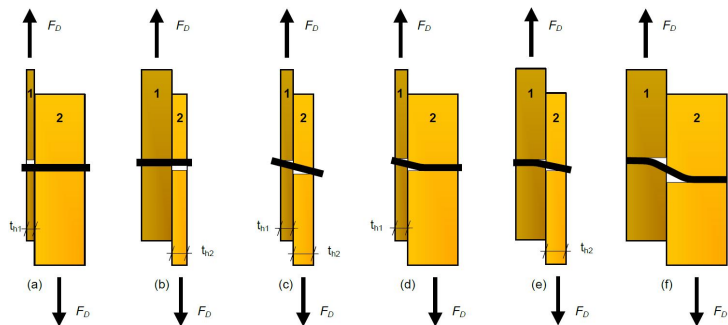
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 8 mm

th2 = 98/2 = 49 mm

$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 26,52/600 = 0,04$

$$F_{v,Rk,D} = \min \left\{ \begin{array}{l} 76800 \text{ N mode (a)} \\ 20791 \text{ N mode (b)} \\ 11481 \text{ N mode (c)} \\ 23748 \text{ N mode (d)} \\ 22261 \text{ N mode (e)} \\ 34476 \text{ N mode (f)} \end{array} \right.$$



Note : Les parties métalliques étant considéré dans la partie "2", les modes "c" et "d" ne sont pas considéré

$F_{v,Rk,D} = 20791 \text{ N mode : (b)}$

* Contribution de l'effet de corde :

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass.plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (20790,74 \cdot 8) = 332,65 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 8 mm

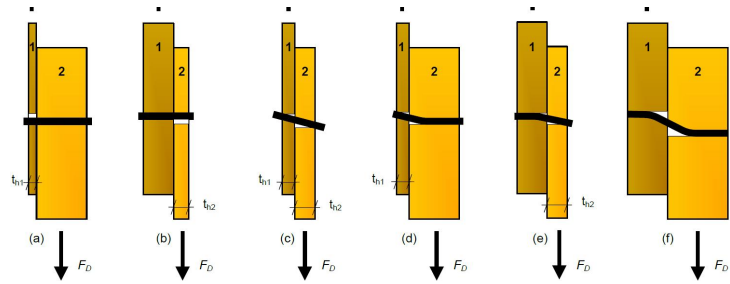
th2 = 98/2 = 49 mm



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$\beta = f_{h,2,exp}/f_{h,1,k} = 34,21/600 = 0,06$$

$$F_{v,Rep,D} = \min \begin{cases} 76800 \text{ N mode (a)} \\ 26821 \text{ N mode (b)} \\ 13726 \text{ N mode (c)} \\ 28915 \text{ N mode (d)} \\ 27641 \text{ N mode (e)} \\ 42810 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



Note : Les parties métalliques étant considéré dans la partie "2", les modes "c" et "d" ne sont pas considéré

$$F_{v,Rep,D} = 26821 \text{ N mode : (b)}$$

* Contribution de l'effet de corde :
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rep,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rep,D} \cdot n) = 2 \cdot (26820,64 \cdot 8) = 429,13 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5 Justification des vis de renfort

1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

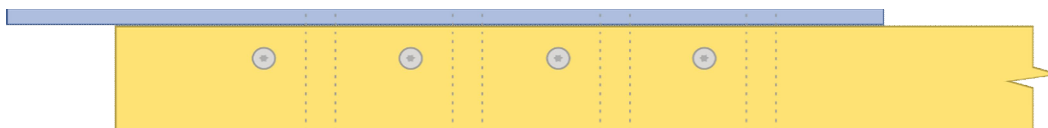
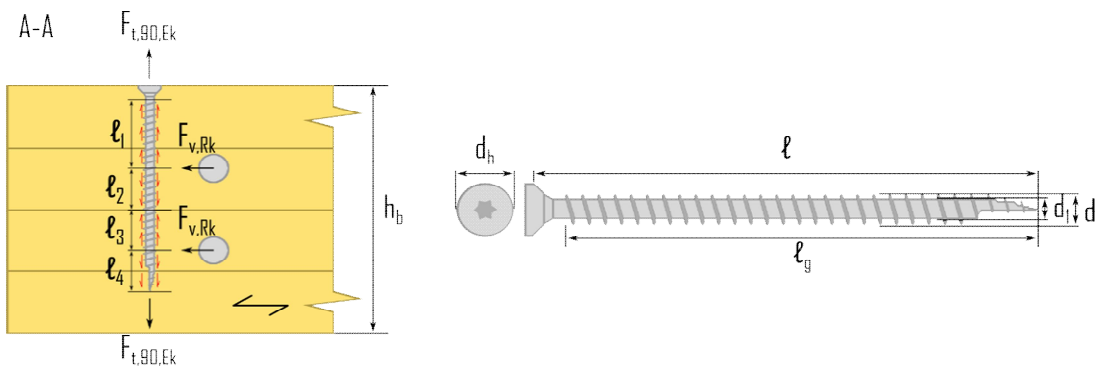
Vis Hecko 6X160 => Fournisseur : (type Hecko)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 160 \text{ mm}$
$l_g = 160 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 6 \text{ mm}$
$d_f = 2,7 \text{ mm}$
$d_h = 9,6 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 11,5 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 13 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 5,3 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broche par plan de cisaillement.



2 ou 4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

$l_1 = a_4, c = 3, d = 48 \text{ mm}$ en considérant la tête en dehors du bois

$l_2 = l_3 = a_2/2 = 48/2 = 24 \text{ mm}$, Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a_2

$l_4 = l - hb/2 - a_2/2 = 160 - 144/2 - 48/2 = 64 \text{ mm}$

Note : pour les pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

- Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^{\circ},k} = f_{ax,90,k} \cdot d \cdot l_{i,\min} = 11,5 \cdot 6 \cdot 48 = 3,31 \text{ kN}$$

- Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} = 5,3 = 5,3 \text{ kN}$$

- Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((9,6^2 - 2,7^2)/4) \cdot 13 = 0,87 \text{ kN} \quad \textit{Justification à titre indicatif}$$

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

- * Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement:

$$F_{v,Rk} = 20,23 \text{ kN}$$

- * Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_{t,90,Rk} = 0,3 \cdot F_{v,Rk} = 0,3 \cdot 20,23 = 6,07 \text{ kN}$$

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^{\circ},k}; R_{head,k}); R_{tens,k}) \geq F_{t,90,Rk} / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(3,31; 0,87); 5,3) = 3,31 \text{ kN}$$

$$F_{t,90,Rk} / n_{vis} = 6,07 / 2 = 3,04 \text{ kN}$$

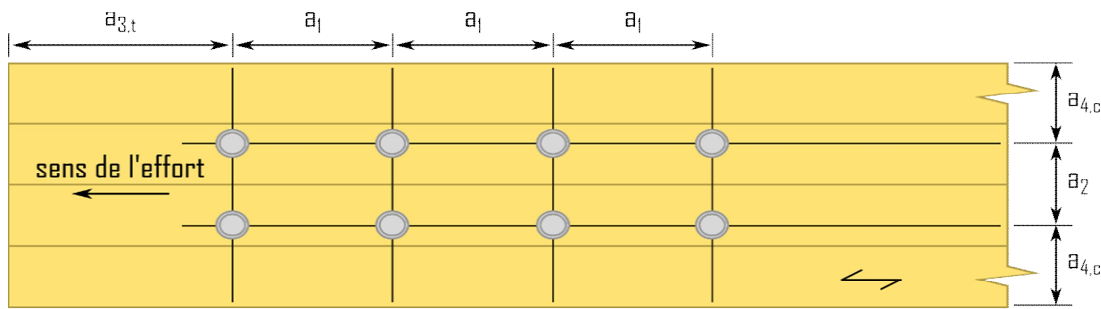
=> 1 vis de part et d'autre de la broche

$$R_{renf,k} > 0,3 \cdot F_{t,90,Rk} = 3,31 > 3,04 \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 16 = 80 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

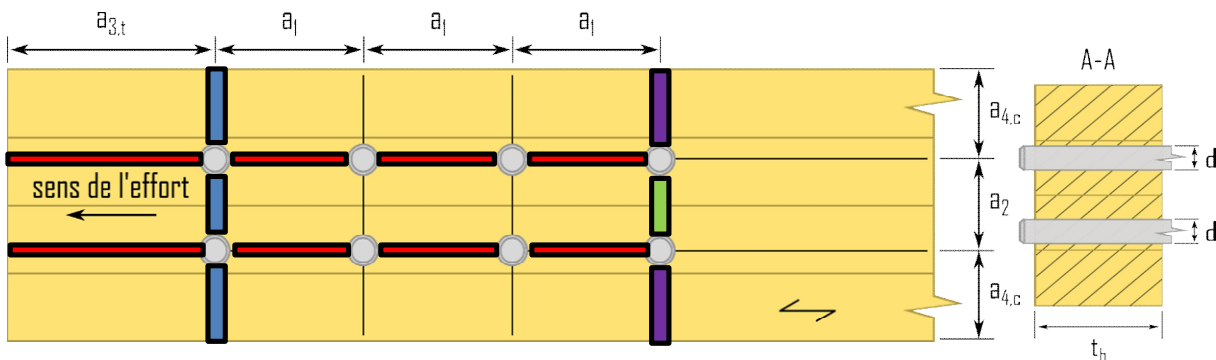
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a3,t = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 16; 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a4,c = 3d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



$$A_{net,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot tb_{ext} = (144 - 2 \cdot 16) \cdot 98 = 10976 \text{ mm}^2$$



$$L_{net,v} = 2 \cdot a3 + 2 \cdot (nc - 1) \cdot (a1 - d) - d = 2 \cdot 112 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (80 - 16) - 16 = 592 \text{ mm}$$

$$A_{net,v} = L_{net,v} \cdot tb = 592 \cdot 98 = 58016 \text{ mm}^2$$



$$L_{net,t,int} = (nr - 1) \cdot (a2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$$

$$A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot tb = 32 \cdot 98 = 3136 \text{ mm}^2$$



$$L_{net,t,ext} = hb - d - (nr - 1) \cdot a2 = 144 - 16 - (2 - 1) \cdot 48 = 80 \text{ mm}$$

$$A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot tb = 80 \cdot 98 = 7840 \text{ mm}^2$$

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations , néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,Rmean,ass} = \max \left(\min \begin{cases} 1,25 \cdot A_{net,t,ext-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v-fv,mean} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int-ft,0,mean} \end{cases} \right) = \max \left(\min \begin{cases} 1,25 \cdot 7840 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 58016 \cdot 4,64 \\ 1,25 \cdot 3136 \cdot 25,46 \end{cases} \right) = \max \left(\min \begin{cases} 249549 \\ 188514 \\ 99820 \end{cases} \right)$$

$F_{bsn,Rmean,ass} = 188,51$ kN rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 10976 \cdot 25,46 = 279,49$ kN

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = \max \left| \begin{array}{l} \min \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v-fv,k} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int-ft,0,k} \end{array} \right. \\ \min \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot 7840 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 58016 \cdot 3,5 \\ 1,25 \cdot 3136 \cdot 19,2 \end{array} \right. \end{array} \right. = \max \left| \begin{array}{l} \min \left| \begin{array}{l} 188160 \\ 142139 \end{array} \right. \\ 75264 \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rk,ass} = 142,14 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette ECS

$F_{t,0,Rk,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,k} = 10976 \cdot 19,2 = 210,74 \text{ kN}$

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Epaisseur efficace $t_{ef,(e)}$

Pénétration totale de l'organe

Mode de rupture : mode (b)

$L_{p,i}/d = 98/16 = 6,13 < 11,5 \Rightarrow t_{ef,(e)} = l \cdot t_2 = 98 \text{ mm}$

Longueur nette cisailée

$L_c = a_1 \cdot (n_c - 1) + a_3, t = 80 \cdot (4 - 1) + 112 = 352 \text{ mm}$

Coefficient k_v

$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{mean}/E_{0,mean}) = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(650/11500) = 0,73$

Coefficient k_t

$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{mean}/E_{0,mean}) = 0,9 + 1,4 \cdot \text{racine}(650/11500) = 1,23$

Résistance au cisaillement

$F_{v,l,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 98 \cdot 352 \cdot 3,5 = 88,48 \text{ kN}$

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR

Résistance totale

$F_{rs,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,l,k} = 2 \cdot 2 \cdot 88480,2 = 353,92 \text{ kN}$ sans rupture séquentielle

1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR

Hauteur nette en traction

$b_{net} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$

Résistance au cisaillement

$F_{v,l,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 98 \cdot 352 \cdot 3,5 = 88,48 \text{ kN}$

Résistance en traction nette

$F_{t,k} = k_t \cdot b_{net} \cdot t_{ef} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 32 \cdot 98 \cdot 19,2 = 74,23 \text{ kN}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Rupture de bloc

$$F_{bs,k} = 2 \cdot F_v \cdot l_d + F_{t,k} = 2 \cdot 88,48 + 74,23 = 251,19 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING

$$F_{sp,k} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (296 + 2 \cdot 16) \cdot 98 \cdot 0,5 = 33,75 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} \cdot n_r = 33,75 \cdot 2 = 67,5 \text{ kN}$$

L'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage (supposition)

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} / 0,3 = 67,5 / 0,3 = 225,01 \text{ kN}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

$$F_{br,Rk, \text{fendage}} = \min(F_{sp}, R_k; F_{bs}, R_k; F_{rs}, R_k) = \min(225,01; 251,19; 353,92) = 225,01 \text{ kN}$$

Sans fendage

$$F_{br,Rk} = \min(F_{bs}, R_k; F_{rs}, R_k) = \min(251,19; 353,92) = 251,19 \text{ kN}$$

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 16 / 23 = 5987,78 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser,ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5987,78 = 191,61 \text{ kN/mm}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

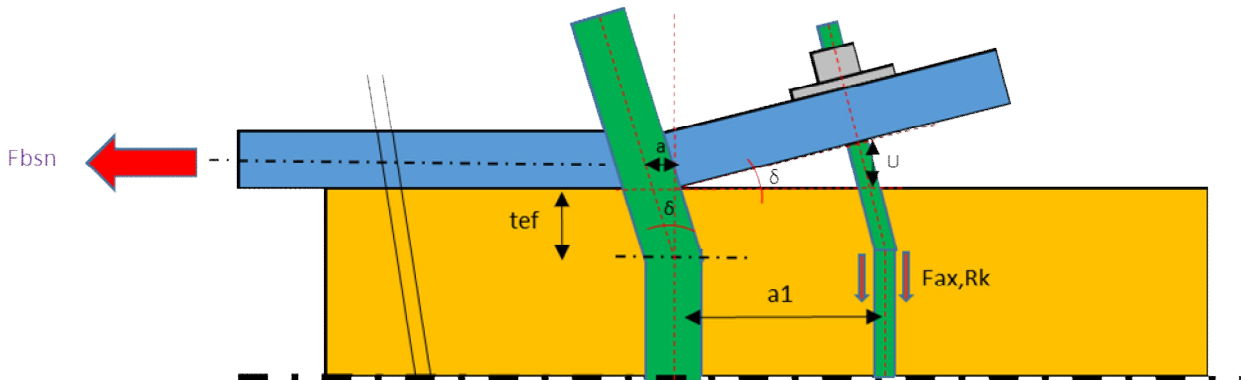
Fermeture de l'assemblage par une tige filetée traversante, calcul à titre indicatif

Tige filetée avec écrous, diamètre tige : 8 mm

Propriétés caractéristiques de géométrie	
Tige filetée	
d=	8 mm
A=	50,27 mm ²
As=	36,6 mm ²

Propriétés caractéristiques de résistance	
Classe =	8,8
fub=	800 Mpa

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.5), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 142,14 kN, et K la raideur total de l'assemblage. L'ouverture de l'assemblage en bout de plaque est causée par la déformation des 2 dernières broches. L'effort à rupture est donc calculé pour ces 2 broches : $F = F/8*2 = 142,14/8*2 = 35,53$ kN

La broche se plie avec un angle de $\delta = (F/K)/(t_{ef}) = (35,53/191,61)/(40,56) = 0,005$ rad

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort dans l'organe :

Déplacement "u" de l'organe de fermeture :

$$u = a \cdot \tan(\delta) = 5 \cdot 8 \cdot 0,005 = 0,18 \text{ mm}$$

Raideur de l'organe de fermeture :

$$K_{ferm} = ES/l = 210000 \cdot 36,6/98 = 78429 \text{ N/mm}$$

Effort de traction de l'organe de fermeture :

$$F_{ax,Rk} = K_{ferm} \cdot u = 78428,57 \cdot 0,18 = 14345,3 \text{ N}$$

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la tige filetée :

Traction dans la tige filetée :

$$F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 0,9 \cdot 800 \cdot 36,6 = 26352 \text{ N}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$F_{t,Rk} > F_{ax,Rk}$

$F_{t,Rk} = 26352 > 14345 \text{ N}$

Il faut donc disposer de 1 tige filetée afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES

Fendage

$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 20,23 = 221,95 \text{ kN}$

Plastique

$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 20,23 = 332,65 \text{ kN}$

Rupture de bloc

$F_{bs,Rk,ass} = 142,14 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

Traction nette

$F_{t,0,Rk,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,K} = 10976 \cdot 19,2 = 210,74 \text{ kN}$

1.6.10.2 Valeurs MOYENNES

Fendage

$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 20,78 = 227,95 \text{ kN}$

Plastique

$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 20,78 = 332,49 \text{ kN}$

Rupture de bloc

$F_{bs,Rmean,ass} = 188,51 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

Traction nette

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 10976 \cdot 25,46 = 279,49 \text{ kN}$

1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES

Fendage

$F_{v,Rexp,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 26,82 = 294,2 \text{ kN}$

Plastique

$F_{v,Rexp,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 26,82 = 429,13 \text{ kN}$

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Plastique majorée

$$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 332,49 \cdot 1,2 = 398,99 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

$$F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 188,51 \cdot 1,2 = 226,22 \text{ kN}$$

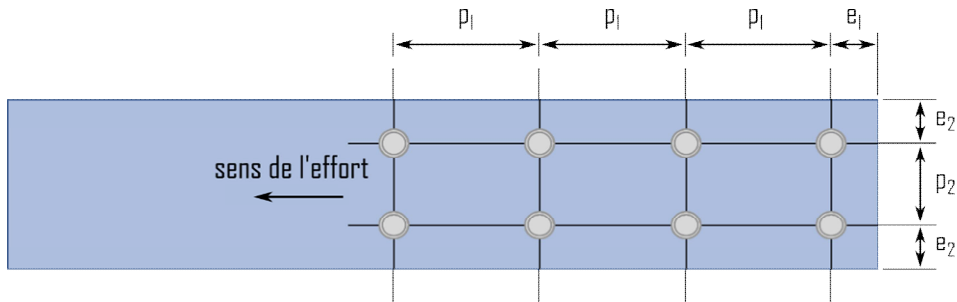
Traction nette majorée

$$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = F_{t,0,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 279,49 \cdot 1,2 = 335,39 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$d_0 = d + j = 16 + 0,6 = 16,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale :

$$\text{Critère } (2.2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 80 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2.4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 48 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (1.2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 20 \text{ mm}$$

· Pince transversale :

$$\text{Critère } (1.2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 21 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique : $h_m = 90 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique : $t_m = 8 \text{ mm}$

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right)$$

$$k_1 = \min (2.8 \cdot 21 / 16.6 - 1.7; 1.4 \cdot 48 / 16.6 - 1.7; 2.5) = 1.84$$

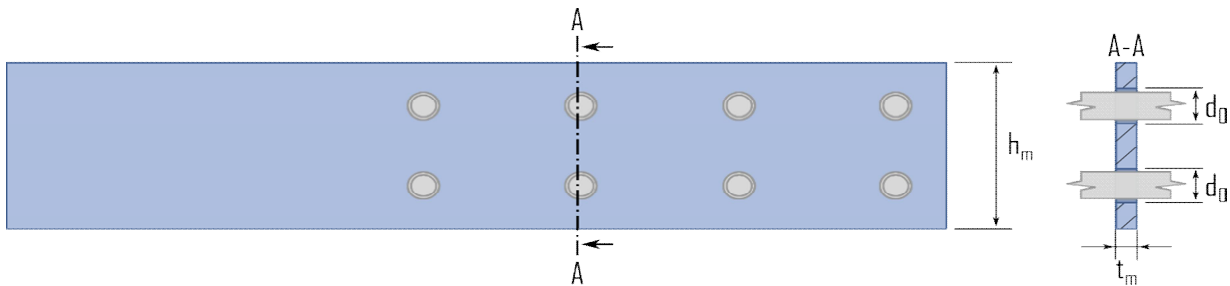
$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

$$\alpha_b = \min (20 / (3 \cdot 16.6); 80 / (3 \cdot 16.6) - 0.25; 900 / 540; 1) = 0.4$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 818,19 \text{ kN}$$

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (90 - 2 \cdot 16,6) \cdot 8 = 454,4 \text{ mm}^2 \quad \text{Aire par tôle cisailée}$$
$$A_{net,m,ass} = A_{net,m} \cdot n_{plaque} = 454,4 \cdot 2 = 908,8 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{net,m,ass} \cdot f_{u,k,m} = 0,9 \cdot 908,8 \cdot 540 = 441,68 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 90 \cdot 8 \cdot 460 = 662,4 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

* Bois : $E_{0,mean} \cdot h_b \cdot t_b = 11500 \cdot 144 \cdot 98 = 162288 \text{ kN}$

* Métal : $2 \cdot E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m = 2 \cdot 210000 \cdot 90 \cdot 8 = 302400 \text{ kN}$

$$\text{Écart de rigidité } ((\text{Métal}-\text{Bois})/\text{Métal}) = 46,33 \%$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique} = 323,75 \text{ kN}$	323,75 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage} = 221,95 \text{ kN}$	221,95 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass} = 142,14 \text{ kN}$	142,14 kN
Traction nette $F_t, D, R_k, \text{ass}, \text{traction} = 210,74 \text{ kN}$	210,74 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique}, D = 332,65 \text{ kN}$	332,65 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage}, D = 225,01 \text{ kN}$	225,01 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass}, D = 251,19 \text{ kN}$	251,19 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique} = 429,13 \text{ kN}$	429,13 kN
Fendage $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{fendage}, = 294,2 \text{ kN}$	294,20 kN

1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique} = 429,13 \text{ kN}$	429,13 kN
---------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

1.9.5. Bois EC5 MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{plastique} = 332,49 \text{ kN}$	332,49 kN
Fendage $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{fendage} = 227,95 \text{ kN}$	227,95 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{\text{mean}}, \text{ass} = 188,51 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement	188,51 kN
Traction nette $F_t, D, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{traction} = 279,49 \text{ kN}$	279,49 kN

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Cisaillement plastique majoré
 $F_v, R_{major, ass, plastique} = 398,99 \text{ kN}$ 398,99 kN

Rupture de bloc majorée
 $F_{bs, R_{major, ass}} = 226,22 \text{ kN}$ 226,22 kN

Traction nette majorée
 $F_{t, D, R_{major, ass, traction}} = 335,39 \text{ kN}$ 335,39 kN

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans l'élément bois par colonne d'organes par plan.

$R_{renf, k} = \min(\max(R_{ax, 90^\circ}, k; R_{head, k}) R_{tens, k}) \geq F_t, 90, E_k / n_{vis}$

$R_{renf, k} = \min(\max(3,31; 0,87); 5,3) = 3,31 \text{ kN} > 3,04 \text{ kN}$ Frettage possible, rupture par fendage impossible

· Boulon de fermeture :

1 tige filetée en extrémité afin de fermer l'assemblage.

$F_t, R_k > F_{ax}, R_k$

$F_t, R_k = 26352 > 14345,3 \text{ N}$

1.9.8. Métal

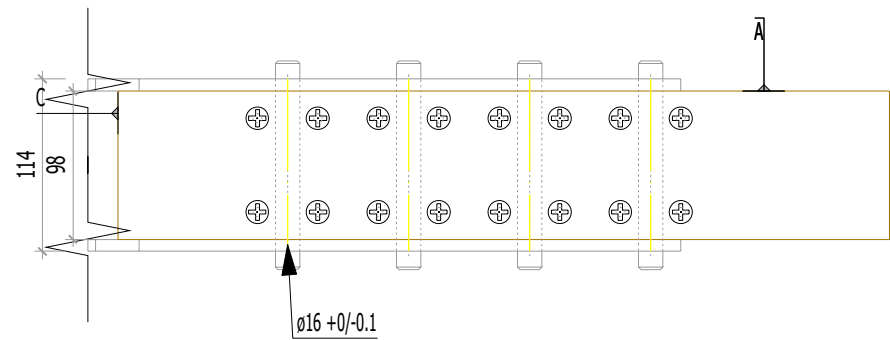
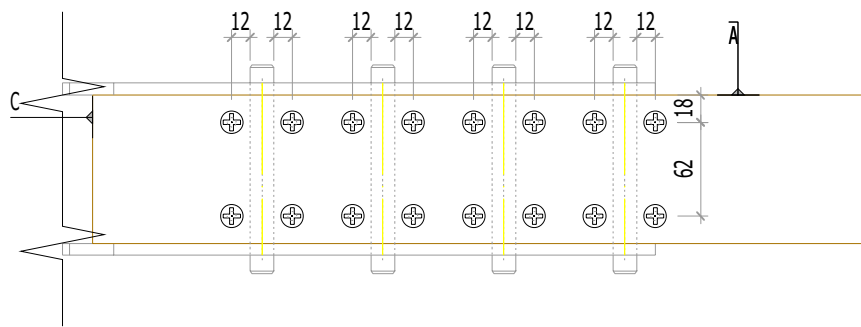
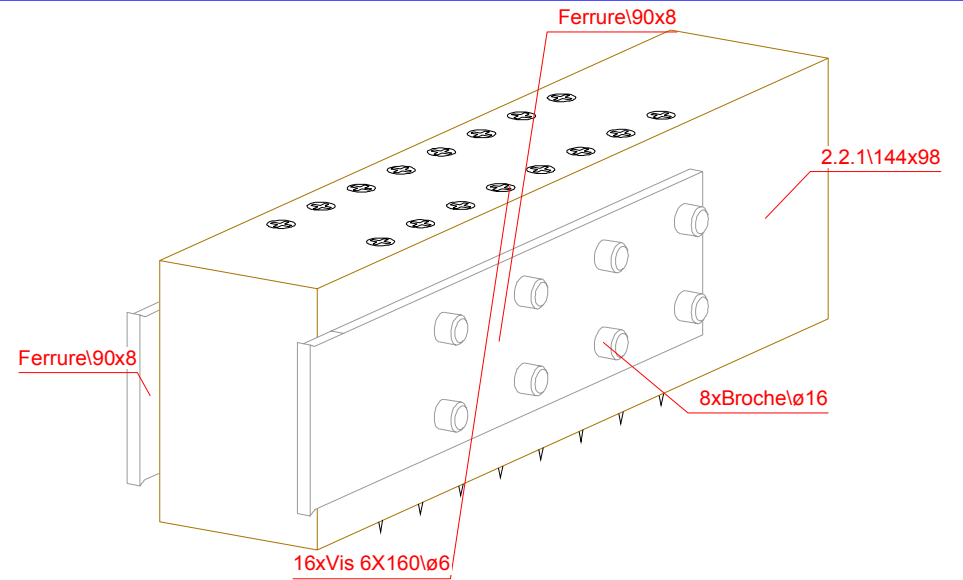
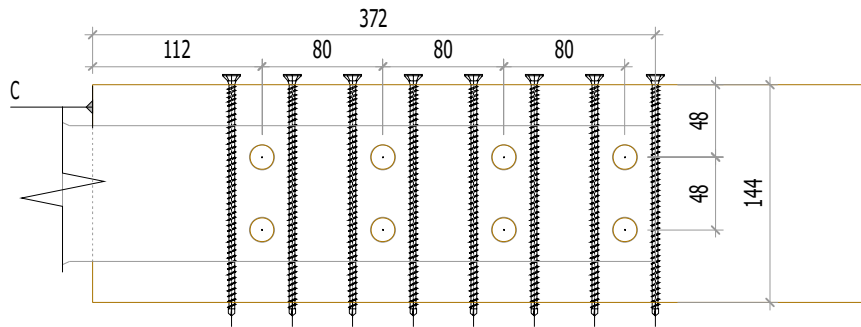
Pression diamétrale

$N_b, R_k, ass = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u \cdot k_m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 818,19 \text{ kN}$ 818,19 kN

Section nette

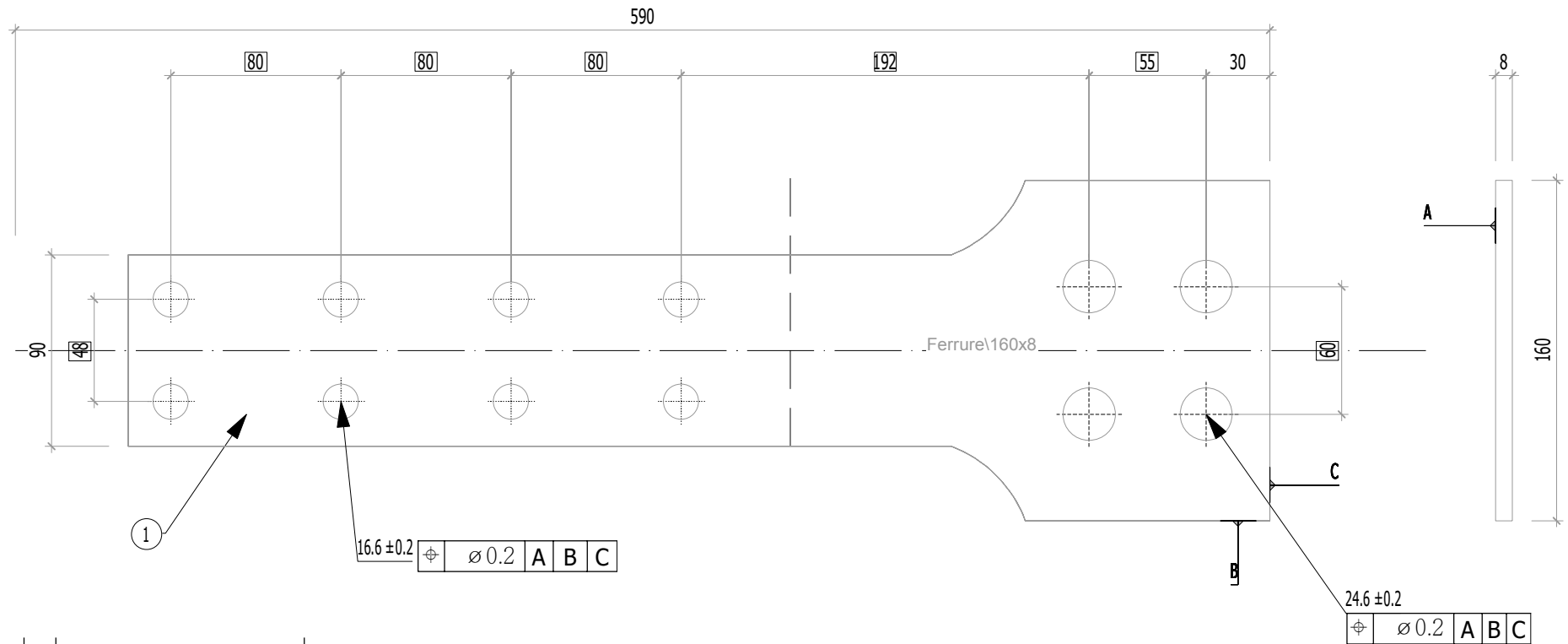
$N_u, R_k, ass = 0,9 \cdot A_{nt, m} \cdot f_u \cdot k_m = 0,9 \cdot 909 \cdot 540 = 441,68 \text{ kN}$ 441,68 kN

$N_{pl}, R_k, ass = A_m \cdot f_y, mean, m = 90 \cdot 8 \cdot 460 = 662,4 \text{ kN}$ 662,4 kN



2.2.1

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



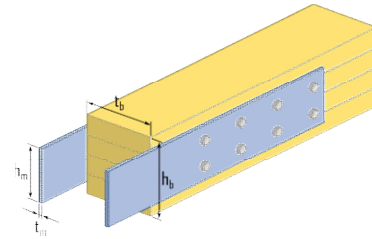
1		80	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0620185 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent		Casser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	+0,5 X 0,5	Ra12,5 indicateurs coniques
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Echelle: 1: 3
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			3.595 kg	Dessinateur: ALBERT LEO Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F2.2.1/2.2.2/2.2.3/5.2.2/5.2.3

1. Assemblage bois en double cisaillement avec plaques métalliques externes sollicité en traction 2x4

1.0. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes : Broches
Nombre d'organes $n = 8$ (2 files de 4 broches)



Fermeture de l'assemblage 1 tiges filetées en extrémité afin de fermer l'assemblage avec élément extérieur.

Renforcement de l'assemblage 2 vis de frettage dans l'élément bois par colonne d'organes par plan.

Section bois : 140 X 144 mm

Section métal : 2 X 8 X 90 mm

La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLG".

1.1. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur caractéristique. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode : (mode k/m) => soit le mode 2

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation plastique du mode de rupture et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométriques des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.2.1. Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.2.2. Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1. Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2. Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1. Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2. Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1. Calcul du cisaillement plastique Draft
 - 1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.6.1. Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5. Justification des vis de renfort
 - 1.5.1. Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2. Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3. Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4. Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5. Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1. Eurocode 5
 - 1.6.9. Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1. Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2. Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1. Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2. Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3. Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.1. Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2. Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.4. Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.7.2. Section métal
 - 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
 - 1.7.4. Calculs des sections nettes
 - 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
- 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
- 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
- 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
- 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
- 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
- 1.9.7. Renforcement
- 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

Diamètre des organes: $d = 16$ mm tolérance (h7)

· Classe des broches: 8.8

· Résistance en traction des organes:

Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900$ Mpa (données fournisseurs : VIAL FRERES)

Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57$ Mpa (COV 0,03)

· Limite d'élasticité des organes:

Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720$ Mpa (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)

Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26$ Mpa (COV 0,03)

· Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 900 \cdot 16^{2,6} = 364818$ N.mm

Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 947 \cdot 16^{2,6} = 383695$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes: (Draft)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (f_{u,k}) \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (900) \cdot 16^3 = 552960$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes: (Expérimentale)

Valeur expérimentale $M_{y,Rexp} = 669013$ N.mm

1.3.2. Bois

* Classe de résistance: (Schneider)

* Masse volumique: (EC5)

Valeur caractéristique: $\rho_k = 385$ kg/m³

Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61$ kg/m³ (COV =0,15)

* Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)

Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500$ Mpa

* Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46$ MPa (COV = 0,15)

* Résistance en cisaillement: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64$ Mpa (COV = 0,15)

* Portance locale parallèle au fil: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 385 = 26,52$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 510,61 = 35,17$ Mpa

Valeur expérimentale: $f_{h,0,exp} = 34,21$ Mpa

1.3.3. Métal

· Nuance d'acier: S460

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Module d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Portance locale parallèle au fil : (EC5 Draft)
Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé «N» $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation plastique du mode de rupture et de la capacité en file

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois: $h_b = 144 \text{ mm}$
- Epaisseur des éléments bois: $t_2 = 140 \text{ mm}$

1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 8 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques minces

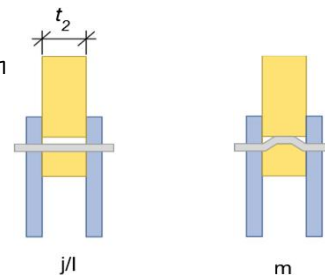
$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, exp} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y, Rexp} f_{h, 2, exp} d} + \frac{F_{ax, exp}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, exp} t_2 d & (l) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rexp} f_{h, 2, exp} d} + \frac{F_{ax, Rexp}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (k et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 38315 \text{ N mode (j)} \\ 27063 \text{ N mode (k)} \end{cases} \quad \rightarrow \quad F_{v, Rexp} = 27063 \text{ N Mode k/m}$$



- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

$$\text{Effet de corde} = \min(0.25 \cdot F_{ax, Rexp}; X \cdot F_{v, Rexp})$$

Pour des broches, $X = 0$

1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v, Rexp, ass, fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 27.06 = 296.85 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v, Rexp, ass, plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 27.06 = 433 \text{ kN}$$

1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 8 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques minces

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, mean} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + \frac{F_{ax, Rmean}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, mean} t_2 d & (l) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + \frac{F_{ax, Rmean}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (k et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

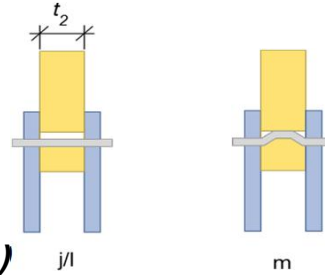
$$F_{v,Rmean} = \min \begin{cases} 39391 \text{ N mode (j)} \\ 20781 \text{ N mode (k)} \end{cases} \rightarrow F_{v,Rmean} = 20781 \text{ N Mode k/m}$$

- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax,Rmean}; X \cdot F_{v,Rmean})$

Pour des broches, $X = 0$



1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 20.78 = 227.95 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 20.78 = 332.49 \text{ kN}$$

1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

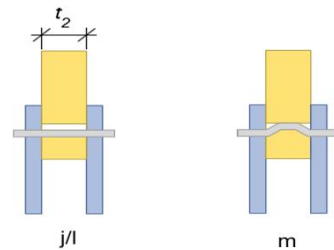
- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 8 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques minces

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (l) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 29701 \text{ N mode (j)} \\ 20234 \text{ N mode (k)} \end{cases} \rightarrow F_{v,Rk} = 20234 \text{ N Mode k/m}$$



- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax,Rk}; X \cdot F_{v,Rk})$

Pour des broches, $X = 0$

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 20.23 = 221.95 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 20.23 = 323.68 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_{h1} d & \text{(a)} \\ f_{h,2,k} t_{h2} d & \text{(b)} \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1+\beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right] + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] & \text{(c)} \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2+\beta} \left[\sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta} + \frac{4(2+\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] & \text{(d)} \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2(1+\beta) + \frac{4(1+2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] & \text{(e)} \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1+\beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} & \text{(f)} \end{cases}$$

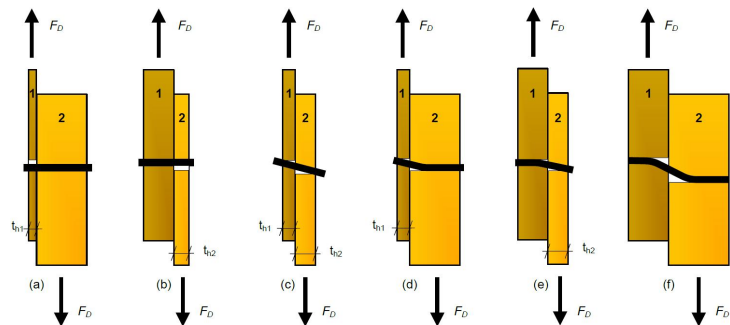
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 8 mm

th2 = 140/2 = 70 mm

$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 26,52/600 = 0,04$

$$F_{v,Rk,D} = \min \begin{cases} 76800 \text{ N mode (a)} \\ 29701 \text{ N mode (b)} \\ 14120 \text{ N mode (c)} \\ 23748 \text{ N mode (d)} \\ 22973 \text{ N mode (e)} \\ 34476 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



Note : Les parties métalliques étant considéré dans la partie "2", les modes "c" et "d" ne sont pas considéré

$F_{v,Rk,D} = 22973 \text{ N mode : (e)}$

* Contribution de l'effet de corde :

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (22972,7 \cdot 8) = 367,56 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

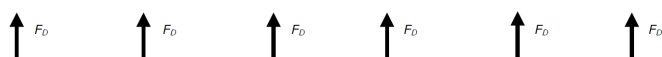
1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 8 mm

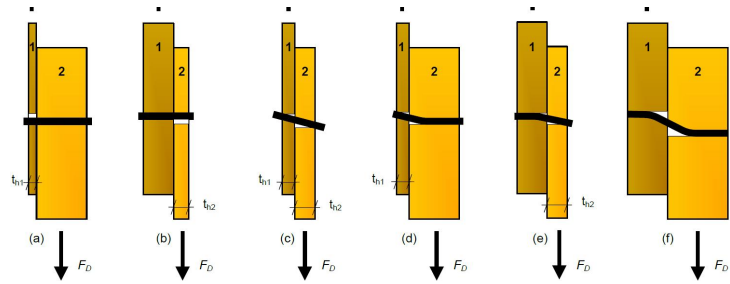
th2 = 140/2 = 70 mm



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$\beta = f_{h,2,exp}/f_{h,1,k} = 34,21/600 = 0,06$$

$$F_{v,Rep,D} = \min \begin{cases} 76800 \text{ N mode (a)} \\ 38315 \text{ N mode (b)} \\ 17388 \text{ N mode (c)} \\ 28915 \text{ N mode (d)} \\ 28745 \text{ N mode (e)} \\ 42810 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



Note : Les parties métalliques étant considéré dans la partie "2", les modes "c" et "d" ne sont pas considéré

$$F_{v,Rep,D} = 28745 \text{ N mode : (e)}$$

* Contribution de l'effet de corde :

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rep,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rep,D} \cdot n) = 2 \cdot (28745,39 \cdot 8) = 459,93 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5 Justification des vis de renfort

1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

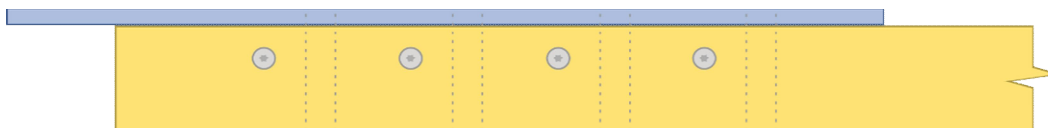
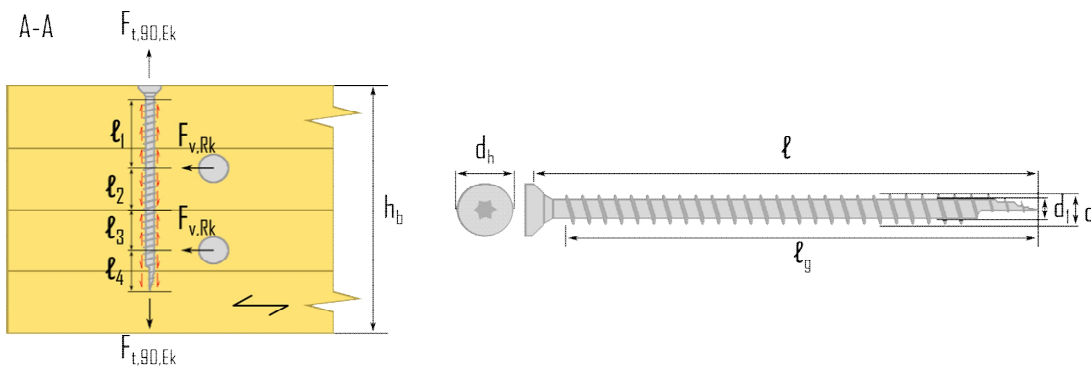
Vis Hecko 6X160 => Fournisseur : (type Hecko)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 160 \text{ mm}$
$l_g = 160 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 6 \text{ mm}$
$d_f = 2,7 \text{ mm}$
$d_h = 9,6 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 11,5 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 13 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 5,3 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broche par plan de cisaillement.



2 ou 4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

$l_1 = a_4, c = 3, d = 48 \text{ mm}$ en considérant la tête en dehors du bois

$l_2 = l_3 = a_2/2 = 48/2 = 24 \text{ mm}$, Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a_2

$l_4 = l - h_b/2 - a_2/2 = 160 - 144/2 - 48/2 = 64 \text{ mm}$

Note : pour les pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

- Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^{\circ},k} = f_{ax,90,k} \cdot d \cdot l_{i,\min} = 11,5 \cdot 6 \cdot 48 = 3,31 \text{ kN}$$

- Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} \cdot s = 5,3 = 5,3 \text{ kN}$$

- Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((9,6^2 - 2,7^2)/4) \cdot 13 = 0,87 \text{ kN} \quad \textit{Justification à titre indicatif}$$

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

- * Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement:

$$F_{v,Rk} = 20,23 \text{ kN}$$

- * Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_{t,90,Rk} = 0,3 \cdot F_{v,Rk} = 0,3 \cdot 20,23 = 6,07 \text{ kN}$$

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^{\circ},k}; R_{head,k}); R_{tens,k}) \geq F_{t,90,Rk} / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(3,31; 0,87); 5,3) = 3,31 \text{ kN}$$

$$F_{t,90,Rk} / n_{vis} = 6,07 / 2 = 3,04 \text{ kN}$$

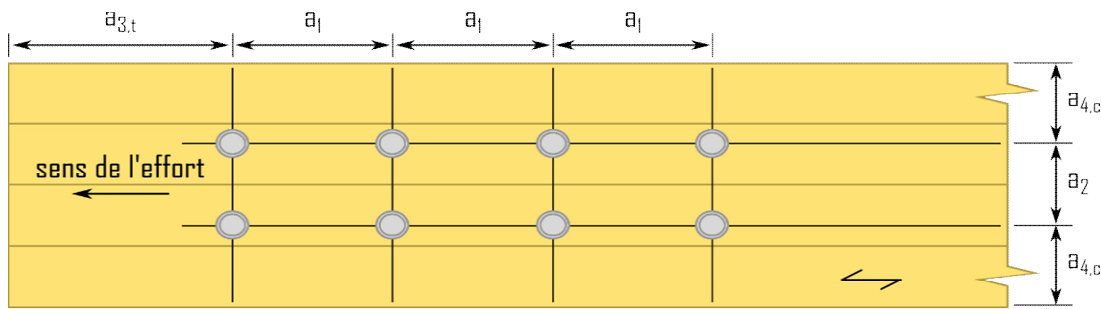
=> 1 vis de part et d'autre de la broche

$$R_{renf,k} > 0,3 \cdot F_{t,90,Rk} = 3,31 > 3,04 \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 16 = 80 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

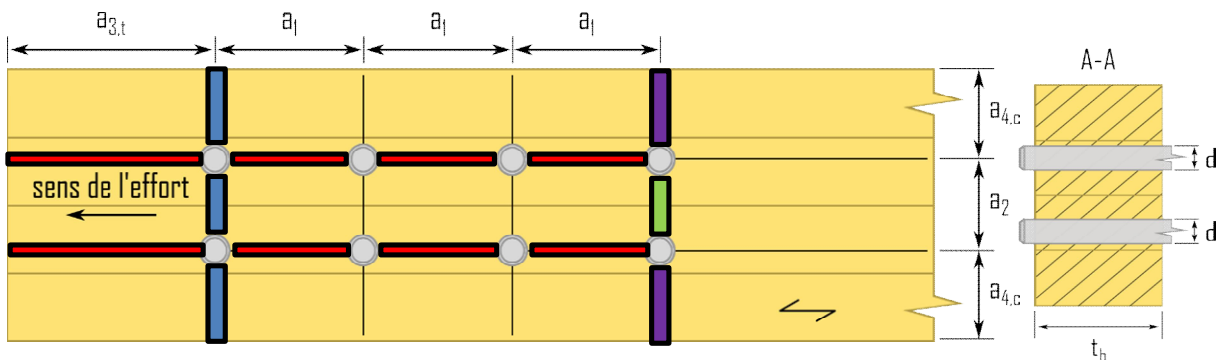
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 16; 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



$$A_{net,b} = (h_b - n_r \cdot d) \cdot t_{b,ext} = (144 - 2 \cdot 16) \cdot 140 = 15680 \text{ mm}^2$$



$$L_{net,v} = 2 \cdot a_3 + 2 \cdot (n_c - 1) \cdot (a_1 - d) - d = 2 \cdot 112 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (80 - 16) - 16 = 592 \text{ mm}$$

$$A_{net,v} = L_{net,v} \cdot t_b = 592 \cdot 140 = 82880 \text{ mm}^2$$



$$L_{net,t,int} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$$

$$A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot t_b = 32 \cdot 140 = 4480 \text{ mm}^2$$



$$L_{net,t,ext} = h_b - d - (n_r - 1) \cdot a_2 = 144 - 16 - (2 - 1) \cdot 48 = 80 \text{ mm}$$

$$A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot t_b = 80 \cdot 140 = 11200 \text{ mm}^2$$

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations , néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,Rmean,ass} = \max \left| \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v-fv,mean} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int-ft,0,mean} \end{array} \right. \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 11200 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 82880 \cdot 4,64 \\ 1,25 \cdot 4480 \cdot 25,46 \end{array} \right. \end{array} \right. = \max \left| \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} 356499 \\ 269305 \\ 142599 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bsn,Rmean,ass} = 269,31$ kN rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 15680 \cdot 25,46 = 399,28$ kN

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = \max \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v-fv,k} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int-ft,0,k} \end{array} \right| = \max \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot 11200 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 82880 \cdot 3,5 \\ 1,25 \cdot 4480 \cdot 19,2 \end{array} \right| = \max \left| \begin{array}{l} 268800 \\ 203056 \\ 107520 \end{array} \right|$$

$F_{bs,Rk,ass} = 203,06 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette ECS

$F_{t,0,Rk,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,k} = 15680 \cdot 19,2 = 301,06 \text{ kN}$

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Epaisseur efficace $t_{ef}(e)$

Pénétration totale de l'organe

Mode de rupture : mode(e)

$L_{p,i}/d = 140/16 = 8,75 < 11,5 \Rightarrow t_{ef}(e) = 1 \cdot t = 140 \text{ mm}$

Longueur nette cisailée

$L_c = a_1 \cdot (n_c - 1) + a_3, t = 80 \cdot (4 - 1) + 112 = 352 \text{ mm}$

Coefficient k_v

$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{mean}/E_{0,mean}) = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(650/11500) = 0,73$

Coefficient k_t

$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{mean}/E_{0,mean}) = 0,9 + 1,4 \cdot \text{racine}(650/11500) = 1,23$

Résistance au cisaillement

$F_{v,l,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 140 \cdot 352 \cdot 3,5 = 126,4 \text{ kN}$

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR

Résistance totale

$F_{rs,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,l,k} = 2 \cdot 2 \cdot 126400,28 = 505,6 \text{ kN}$ sans rupture séquentielle

1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR

Hauteur nette en traction

$b_{net} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$

Résistance au cisaillement

$F_{v,l,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 140 \cdot 352 \cdot 3,5 = 126,4 \text{ kN}$

Résistance en traction nette

$F_{t,k} = k_t \cdot b_{net} \cdot t_{ef} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 32 \cdot 140 \cdot 19,2 = 106,04 \text{ kN}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Rupture de bloc

$$F_{bs,k} = 2 \cdot F_v \cdot l_d + F_{t,k} = 2 \cdot 126,4 + 106,04 = 358,84 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING

$$F_{sp,k} / \text{file} / \text{plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (296 + 2 \cdot 16) \cdot 140 \cdot 0,5 = 48,22 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} \cdot n_r = 48,22 \cdot 2 = 96,43 \text{ kN}$$

L'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage (supposition)

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} / 0,3 = 96,43 / 0,3 = 321,44 \text{ kN}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

$$F_{br,Rk, \text{fendage}} = \min(F_{sp,Rk}; F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(321,44; 358,84; 505,6) = 321,44 \text{ kN}$$

Sans fendage

$$F_{br,Rk} = \min(F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(358,84; 505,6) = 358,84 \text{ kN}$$

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 16 / 23 = 5987,78 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser,ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5987,78 = 191,61 \text{ kN/mm}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

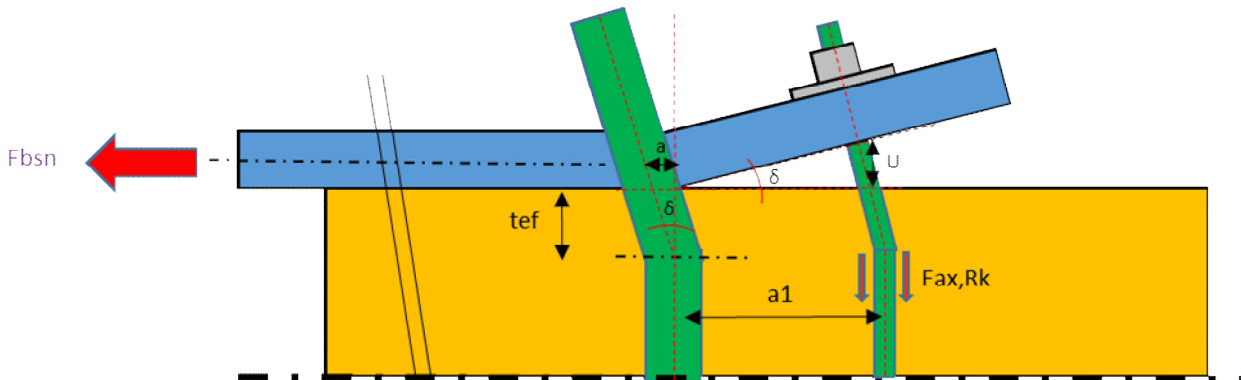
Fermeture de l'assemblage par une tige filetée traversante, calcul à titre indicatif

Tige filetée avec écrous, diamètre tige : 8 mm

Propriétés caractéristiques de géométrie	
Tige filetée	
d=	8 mm
A=	50,27 mm ²
A _s =	36,6 mm ²

Propriétés caractéristiques de résistance	
Classe =	8,8
f _{ub} =	800 Mpa

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.5), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 203,06 kN, et K la raideur total de l'assemblage. L'ouverture de l'assemblage en bout de plaque est causée par la déformation des 2 dernières broches. L'effort à rupture est donc calculé pour ces 2 broches : $F = F/8*2 = 203,06/8*2 = 50,76$ kN

La broche se plie avec un angle de $\delta = (F/K)/(tef) = (50,76/191,61)/(40,56) = 0,007$ rad

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort dans l'organe :

Déplacement "u" de l'organe de fermeture :

$$u = a \cdot \tan(\delta) = 5 \cdot 8 \cdot 0,007 = 0,26 \text{ mm}$$

Raideur de l'organe de fermeture :

$$K_{ferm} = ES/l = 210000 \cdot 36,6/140 = 54900 \text{ N.mm}$$

Effort de traction de l'organe de fermeture :

$$F_{ax,Rk} = K_{ferm} \cdot u = 54900 \cdot 0,26 = 14345,41 \text{ N}$$

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la tige filetée :

Traction dans la tige filetée :

$$F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 0,9 \cdot 800 \cdot 36,6 = 26352 \text{ N}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$F_t, R_k > F_{ax}, R_k$

$$F_t, R_k = 26352 > 14345 \text{ N}$$

Il faut donc disposer de 1 tige filetée afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES

Fendage

$$F_v, R_k, \text{ass, fendage} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{\text{ef}} \cdot F_v, R_k = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 20,23 = 221,95 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_v, R_k, \text{ass, plastique} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_k = 2 \cdot 8 \cdot 20,23 = 323,68 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs}, R_k, \text{ass} = 203,06 \text{ kN rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_t, D, R_k, \text{ass, traction} = A_{\text{net}, b-ft, D, K} = 15680 \cdot 19,2 = 301,06 \text{ kN}$$

1.6.10.2 Valeurs MOYENNES

Fendage

$$F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass, fendage} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{\text{ef}} \cdot F_v, R_{\text{mean}} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 20,78 = 227,95 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass, plastique} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_{\text{mean}} = 2 \cdot 8 \cdot 20,78 = 332,49 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs}, R_{\text{mean}}, \text{ass} = 269,31 \text{ kN rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_t, D, R_{\text{mean}}, \text{ass, traction} = A_{\text{net}, b-ft, D, \text{mean}} = 15680 \cdot 25,46 = 399,28 \text{ kN}$$

1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES

Fendage

$$F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass, fendage} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{\text{ef}} \cdot F_v, R_{\text{exp}} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 38,32 = 296,85 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass, plastique} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_{\text{exp}} = 2 \cdot 8 \cdot 38,32 = 433 \text{ kN}$$

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Plastique majorée

$$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 332,49 \cdot 1,2 = 398,99 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

$$F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 269,31 \cdot 1,2 = 323,17 \text{ kN}$$

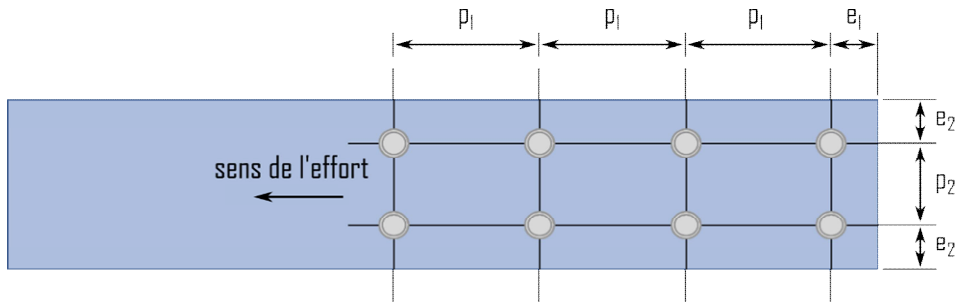
Traction nette majorée

$$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = F_{t,0,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 399,28 \cdot 1,2 = 479,13 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$d_0 = d + j = 16 + 0,6 = 16,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale :

$$\text{Critère } (2.2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 80 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2.4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 48 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (1.2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 20 \text{ mm}$$

· Pince transversale :

$$\text{Critère } (1.2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 21 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique : $h_m = 90 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique : $t_m = 8 \text{ mm}$

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right)$$

$$k_1 = \min (2.8 \cdot 21 / 16.6 - 1.7; 1.4 \cdot 48 / 16.6 - 1.7; 2.5) = 1.84$$

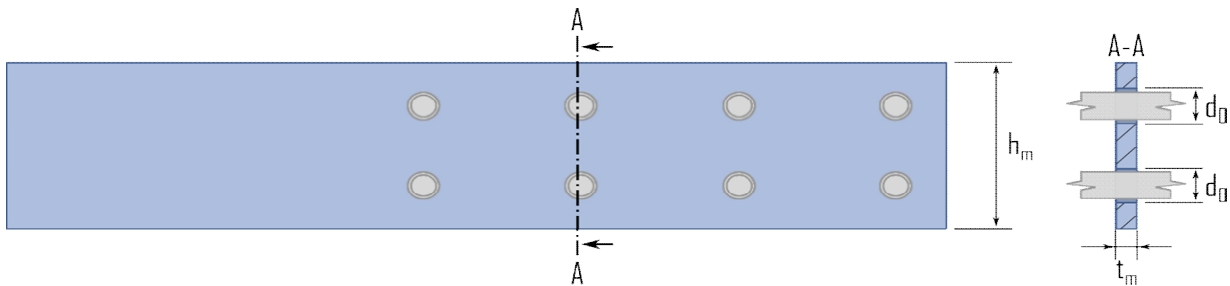
$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

$$\alpha_b = \min (20 / (3 \cdot 16.6); 80 / (3 \cdot 16.6) - 0.25; 900 / 540; 1) = 0.4$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 818,19 \text{ kN}$$

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (90 - 2 \cdot 16,6) \cdot 8 = 454,4 \text{ mm}^2 \quad \text{Aire par tôle cisailée}$$

$$A_{net,m,ass} = A_{net,m} \cdot n_{plaque} = 454,4 \cdot 2 = 908,8 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{net,m,ass} \cdot f_{u,k,m} = 0,9 \cdot 908,8 \cdot 540 = 441,68 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 90 \cdot 8 \cdot 460 = 662,4 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

$$\text{* Bois : } E_{0,mean} \cdot h_b \cdot t_b = 11500 \cdot 144 \cdot 140 = 231840 \text{ kN}$$

$$\text{* Métal : } 2 \cdot E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m = 2 \cdot 210000 \cdot 90 \cdot 8 = 302400 \text{ kN}$$

$$\text{Écart de rigidité } ((\text{Métal-Bois})/\text{Métal}) = 23,33 \%$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_{k, ass, plastique} = 323,75 \text{ kN}$	323,75 kN
Fendage $F_v, R_{k, ass, fendage} = 221,95 \text{ kN}$	221,95 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{k, ass} = 203,06 \text{ kN}$	203,06 kN
Traction nette $F_{t, D}, R_{k, ass, traction} = 301,06 \text{ kN}$	301,06 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_{k, ass, plastique, D} = 367,56 \text{ kN}$	367,56 kN
Fendage $F_v, R_{k, ass, fendage, D} = 321,44 \text{ kN}$	321,44 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{k, ass, D} = 358,84 \text{ kN}$	358,84 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp, ass, plastique} = 459,93 \text{ kN}$	459,93 kN
Fendage $F_v, R_{exp, ass, fendage,} = 315,31 \text{ kN}$	315,31 kN

1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp, ass, plastique} = 433 \text{ kN}$	433,00 kN
---------------------------------------------------------------------------	-----------

1.9.5. Bois EC5 MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{mean, ass, plastique} = 332,49 \text{ kN}$	332,49 kN
Fendage $F_v, R_{mean, ass, fendage} = 227,95 \text{ kN}$	227,95 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{mean, ass} = 269,31 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement	269,31 kN
Traction nette $F_{t, D}, R_{mean, ass, traction} = 399,28 \text{ kN}$	399,28 kN

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Cisaillement plastique majoré
 $F_v, R_{major, ass, plastique} = 398,99 \text{ kN}$ 398,99 kN

Rupture de bloc majorée
 $F_{bs, R_{major, ass}} = 323,17 \text{ kN}$ 323,17 kN

Traction nette majorée
 $F_{t, D, R_{major, ass, traction}} = 479,13 \text{ kN}$ 479,13 kN

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans l'élément bois par colonne d'organes par plan.

$R_{renf, k} = \min(\max(R_{ax, 90^\circ}, k; R_{head, k}) R_{tens, k}) \geq F_t, 90, E_k / n_{vis}$

$R_{renf, k} = \min(\max(3,31; 0,87); 5,3) = 3,31 \text{ kN} > 3,04 \text{ kN}$ Frettage possible, rupture par fendage impossible

· Boulon de fermeture :

1 tige filetée en extrémité afin de fermer l'assemblage.

$F_t, R_k > F_{ax}, R_k$

$F_t, R_k = 26352 > 14345,41 \text{ N}$

1.9.8. Métal

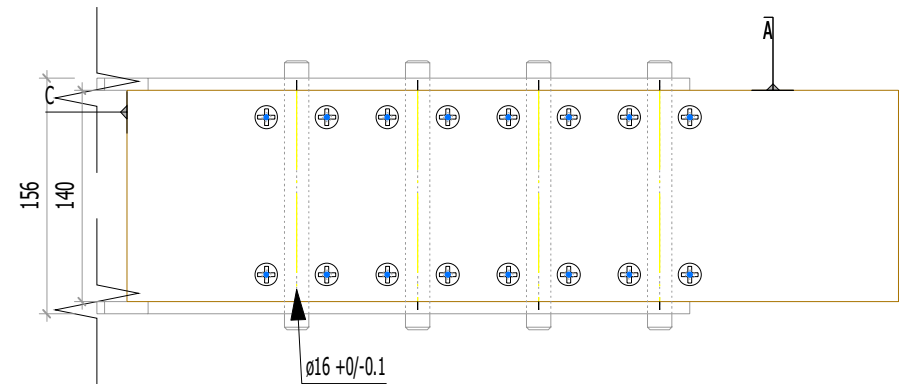
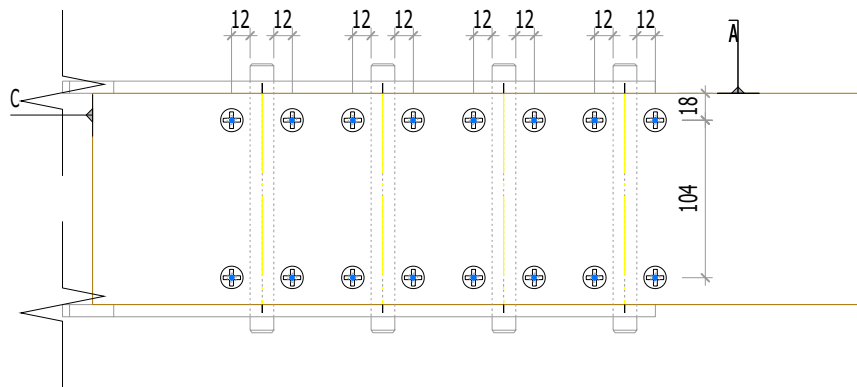
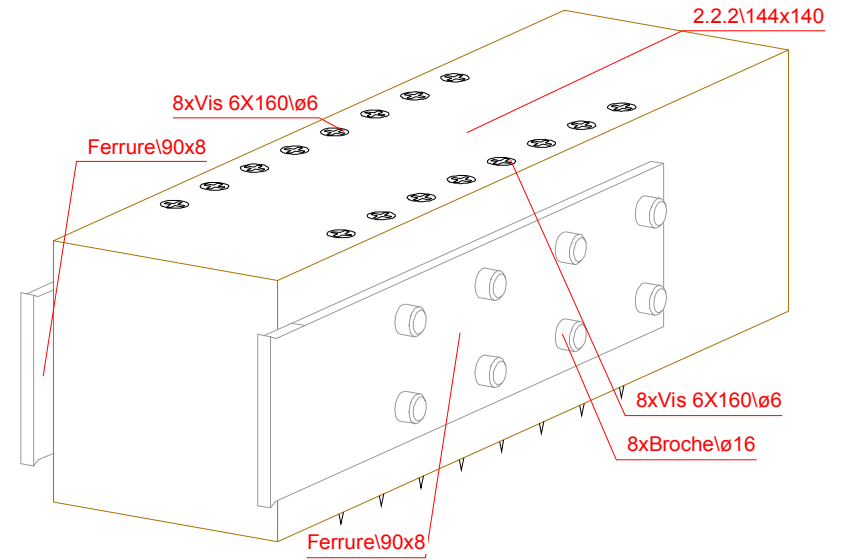
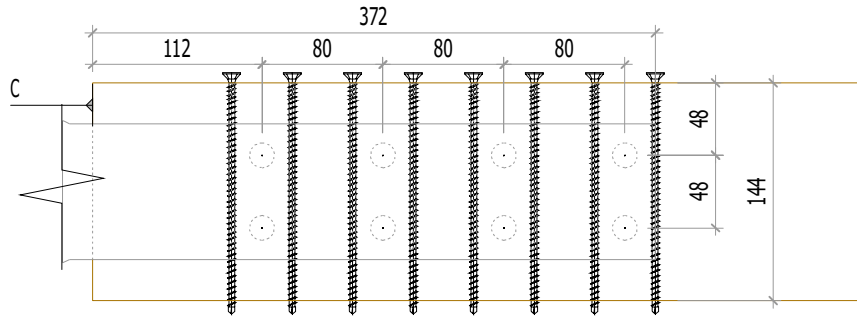
Pression diamétrale

$N_b, R_k, ass = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u \cdot k_m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 818,19 \text{ kN}$ 818,19 kN

Section nette

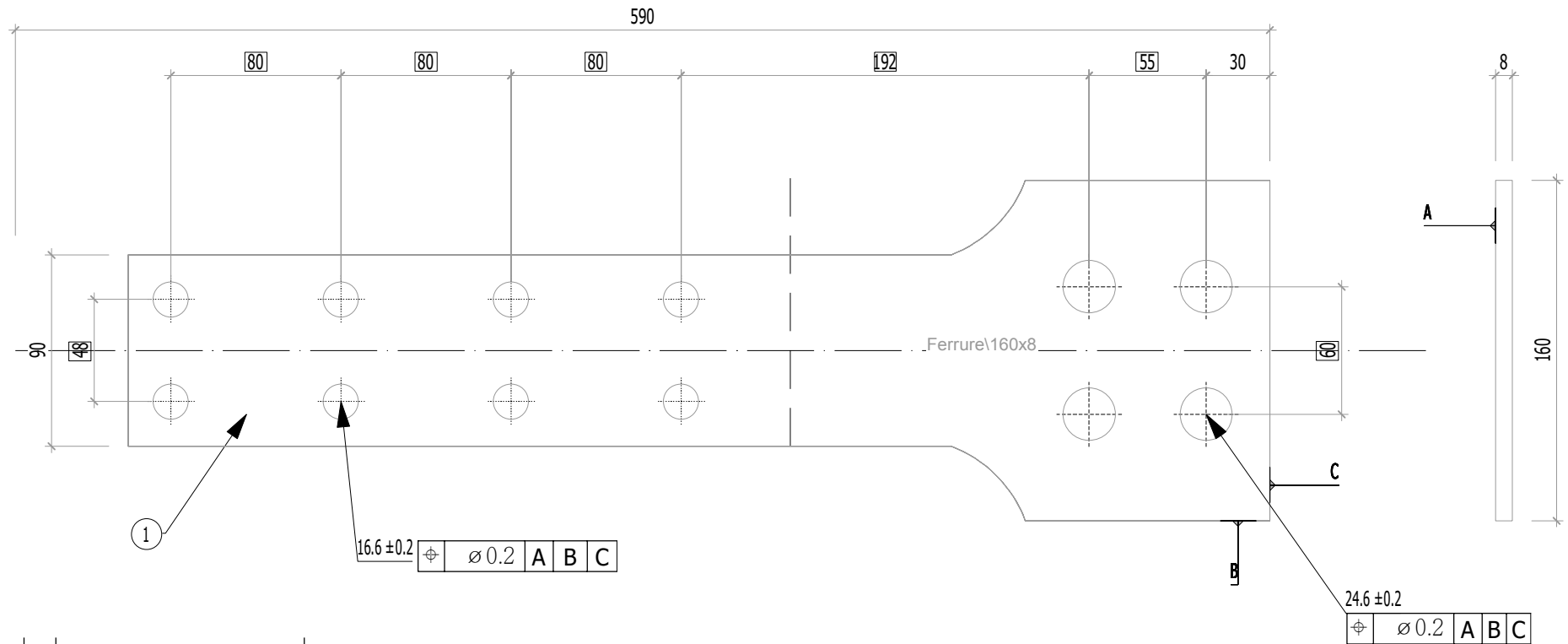
$N_u, R_k, ass = 0,9 \cdot A_{nt, m} \cdot f_u \cdot k_m = 0,9 \cdot 909 \cdot 540 = 441,68 \text{ kN}$ 441,68 kN

$N_{pl}, R_k, ass = A_m \cdot f_y, mean, m = 90 \cdot 8 \cdot 460 = 662,4 \text{ kN}$ 662,4 kN



2.2.2

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



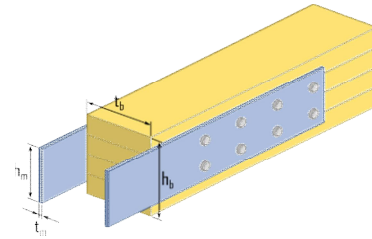
1		80	Ferrure								
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0620185 m ²							
Matière	Traitement			Tol généré	Usinage	Ech					
S 460 ou équivalent			Casser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	X ^{+0,5} _{-0,5}	Ra12,5 <small>indicateurs comparés</small>	Echelle: 1: 3					
ENSTIB-LERMAB-CRITT				MASSE		Dessinateur: ALBERT LEO					
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS				3.595 kg		Date: 03.04.2020					
ENSTIB		Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76				Feuille: Ind:					
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9											

F2.2.1/2.2.2/2.2.3/5.2.2/5.2.3

1. Assemblage bois en double cisaillement avec plaques métalliques externes sollicité en traction 2x4

1.0. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes : Broches
Nombre d'organes $n = 8$ (2 files de 4 broches)



Fermeture de l'assemblage : 1 tiges filetées en extrémité afin de fermer l'assemblage avec élément extérieur.

Renforcement de l'assemblage : 2 vis de frettage dans l'élément bois par colonne d'organes par plan.

Section bois : 140 X 144 mm

Section métal : 2 X 16 X 90 mm

La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLG".

1.1. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur caractéristique. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode : (mode k/m) => soit le mode 2

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation plastique du mode de rupture et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométriques des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.2.1. Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.2.2. Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1. Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2. Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1. Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2. Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1. Calcul du cisaillement plastique Draft
 - 1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.6.1. Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5. Justification des vis de renfort
 - 1.5.1. Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2. Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3. Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4. Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5. Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1. Eurocode 5
 - 1.6.9. Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1. Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2. Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1. Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2. Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3. Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.1. Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2. Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.4. Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.7.2. Section métal
 - 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
 - 1.7.4. Calculs des sections nettes
 - 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
- 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
- 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
- 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
- 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
- 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
- 1.9.7. Renforcement
- 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

Diamètre des organes: $d = 16$ mm tolérance (h7)

· Classe des broches: 8.8

· Résistance en traction des organes:

Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900$ Mpa (données fournisseurs : VIAL FRERES)

Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57$ Mpa (COV 0,03)

· Limite d'élasticité des organes:

Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720$ Mpa (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)

Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26$ Mpa (COV 0,03)

· Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 900 \cdot 16^{2,6} = 364818$ N.mm

Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 947 \cdot 16^{2,6} = 383695$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes: (Draft)

Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (f_{u,k}) \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot (900) \cdot 16^3 = 552960$ N.mm

* Moment d'écoulement plastique des organes: (Expérimentale)

Valeur expérimentale $M_{y,Rexp} = 669013$ N.mm

1.3.2. Bois

* Classe de résistance: (Schneider)

* Masse volumique: (EC5)

Valeur caractéristique: $\rho_k = 385$ kg/m³

Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61$ kg/m³ (COV =0,15)

* Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)

Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500$ Mpa

* Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46$ MPa (COV = 0,15)

* Résistance en cisaillement: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64$ Mpa (COV = 0,15)

* Portance locale parallèle au fil: (EC5)

Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 385 = 26,52$ Mpa

Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 510,61 = 35,17$ Mpa

Valeur expérimentale: $f_{h,0,exp} = 34,21$ Mpa

1.3.3. Métal

· Nuance d'acier: S460

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Module d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Portance locale parallèle au fil : (EC5 Draft)
Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé «N» $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation plastique du mode de rupture et de la capacité en file

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois: $h_b = 144 \text{ mm}$
- Epaisseur des éléments bois: $t_2 = 140 \text{ mm}$

1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 16 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques épaisses

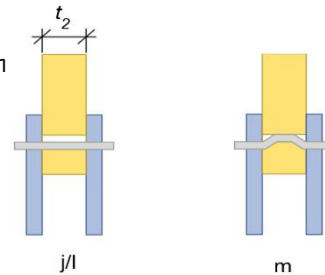
$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, exp} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y, Rexp} f_{h, 2, exp} d} + \frac{F_{ax, exp}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, exp} t_2 d & (l) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rexp} f_{h, 2, exp} d} + \frac{F_{ax, Rexp}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (k et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v, Rexp} = \min \begin{cases} 38315 \text{ N mode (l)} \\ 38272 \text{ N mode (m)} \end{cases} \rightarrow F_{v, Rexp} = 38272 \text{ N Mode k/m}$$



- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

$$\text{Effet de corde} = \min(0.25 \cdot F_{ax, Rexp}; X \cdot F_{v, Rexp})$$

Pour des broches, $X = 0$

1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v, Rexp, ass, fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 38.27 = 419.81 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v, Rexp, ass, plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 38.27 = 612.36 \text{ kN}$$

1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 16 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques épaisses

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, mean} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + \frac{F_{ax, Rmean}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h, 2, mean} t_2 d & (l) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + \frac{F_{ax, Rmean}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (k et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre le bois et l'acier.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

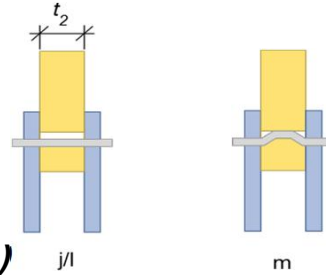
$$F_{v,Rmean} = \min \begin{cases} 39391 \text{ N mode (l)} \\ 29388 \text{ N mode (m)} \end{cases} \rightarrow F_{v,Rmean} = 29388 \text{ N Mode k/m}$$

- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

$$\text{Effet de corde} = \min(0.25 \cdot F_{ax,Rmean}; X \cdot F_{v,Rmean})$$

Pour des broches, $X = 0$



1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 29.39 = 322.36 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 29.39 = 470.21 \text{ kN}$$

1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

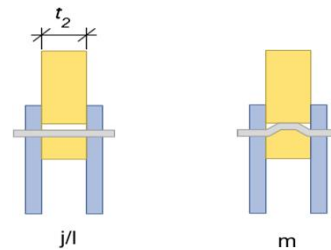
- Pour une plaque métallique constituant les éléments externes d'un assemblage à double cisaillement: $t_m = 16 \text{ mm} \Rightarrow$ plaques épaisses

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (j) \\ 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (k) \end{cases} \quad \text{Plaque mince}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d & (l) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (m) \end{cases} \quad \text{Plaque épaisse}$$

- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 29701 \text{ N mode (l)} \\ 28616 \text{ N mode (m)} \end{cases} \rightarrow F_{v,Rk} = 28616 \text{ N Mode k/m}$$



- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

$$\text{Effet de corde} = \min(0.25 \cdot F_{ax,Rk}; X \cdot F_{v,Rk})$$

Pour des broches, $X = 0$

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 28.62 = 313.89 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 28.62 = 367.56 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1+\beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right] + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2+\beta} \left[\sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta} + \frac{4(2+\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2(1+\beta) + \frac{4(1+2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1+\beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

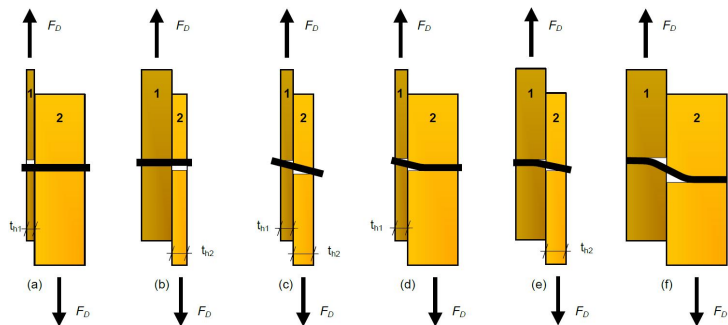
* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 16 mm

th2 = 140/2 = 70 mm

$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 26,52/600 = 0,04$

$$F_{v,Rk,D} = \min \left\{ \begin{array}{l} 153600 \text{ N mode (a)} \\ 29701 \text{ N mode (b)} \\ 20414 \text{ N mode (c)} \\ 29387 \text{ N mode (d)} \\ 22973 \text{ N mode (e)} \\ 34476 \text{ N mode (f)} \end{array} \right.$$



Note : Les parties métalliques étant considéré dans la partie "2", les modes "c" et "d" ne sont pas considéré

$F_{v,Rk,D} = 22973 \text{ N mode : (e)}$

* Contribution de l'effet de corde :

Effet de corde pour les broches = 0

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (22972,7 \cdot 8) = 367,56 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

th1 = 16 mm

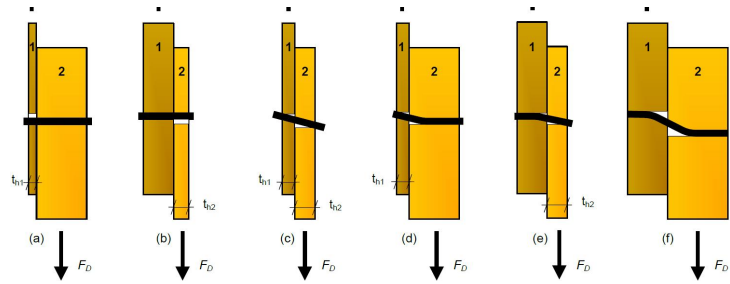
th2 = 140/2 = 70 mm



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$\beta = f_{h,2,exp}/f_{h,1,k} = 34,21/600 = 0,06$$

$$F_{v,Rexp,D} = \min \begin{cases} 153600 \text{ N mode (a)} \\ 38315 \text{ N mode (b)} \\ 23619 \text{ N mode (c)} \\ 34594 \text{ N mode (d)} \\ 28745 \text{ N mode (e)} \\ 42810 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



Note : Les parties métalliques étant considéré dans la partie "2", les modes "c" et "d" ne sont pas considéré

$$F_{v,Rexp,D} = 28745 \text{ N mode : (e)}$$

* Contribution de l'effet de corde :
Effet de corde pour les broches = 0

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rexp,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rexp,D} \cdot n) = 2 \cdot (28745,39 \cdot 8) = 459,93 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5 Justification des vis de renfort

1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

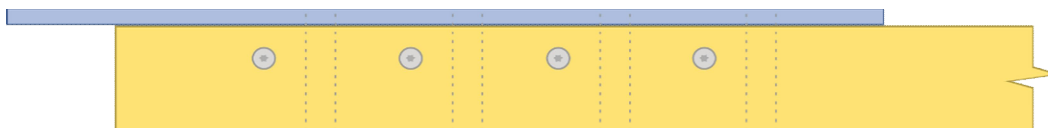
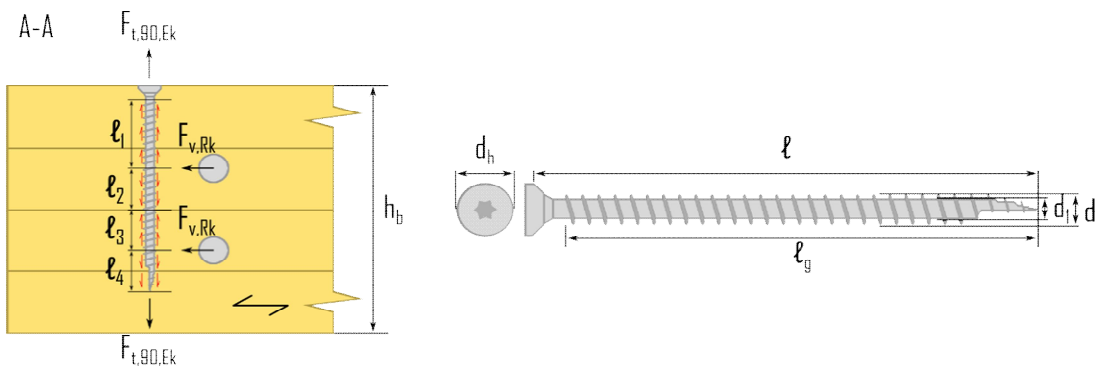
ESCRFTC8.0x160 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 160 \text{ mm}$
$l_g = 160 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 8 \text{ mm}$
$d_f = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broche par plan de cisaillement.



2 ou 4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

$l_1 = a_4, c = 3, d = 48 \text{ mm}$ en considérant la tête en dehors du bois

$l_2 = l_3 = a_2/2 = 48/2 = 24 \text{ mm}$, Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a_2

$l_4 = l - h_b/2 - a_2/2 = 160 - 144/2 - 48/2 = 64 \text{ mm}$

Note : pour les pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

- * Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^{\circ},k} = f_{ax,90,k} \cdot d \cdot l_{i,\min} = 13,1 \cdot 8 \cdot 48 = 5,03 \text{ kN}$$

- * Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} \cdot A = 24,1 \cdot 1 = 24,1 \text{ kN}$$

- * Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((15^2 - 5,2^2)/4) \cdot 12,4 = 1,93 \text{ kN} \quad \textit{Justification à titre indicatif}$$

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

- * Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement:

$$F_{v,Rk} = 28,62 \text{ kN}$$

- * Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_{t,90,Rk} = 0,3 \cdot F_{v,Rk} = 0,3 \cdot 28,616 = 8,58 \text{ kN}$$

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^{\circ},k}; R_{head,k}); R_{tens,k}) \geq F_{t,90,Rk} / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(5,03; 1,93); 24,1) = 5,03 \text{ kN}$$

$$F_{t,90,Rk} / n_{vis} = 8,58 / 2 = 4,29 \text{ kN}$$

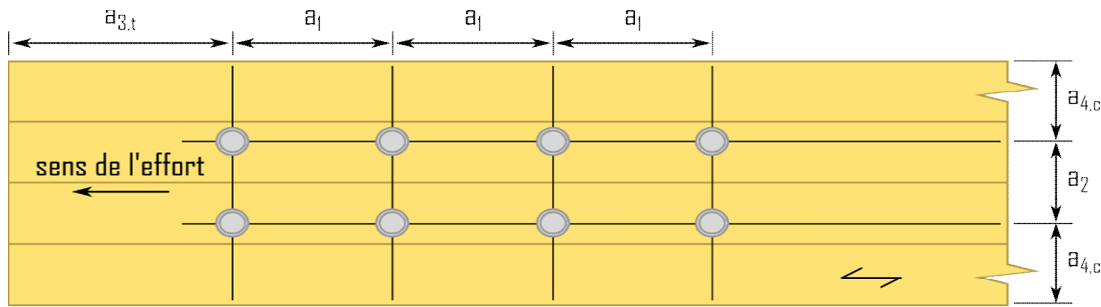
=> 1 vis de part et d'autre de la broche

$$R_{renf,k} > 0,3 \cdot F_{t,90,Rk} = 5,03 > 4,29 \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 16 = 80 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

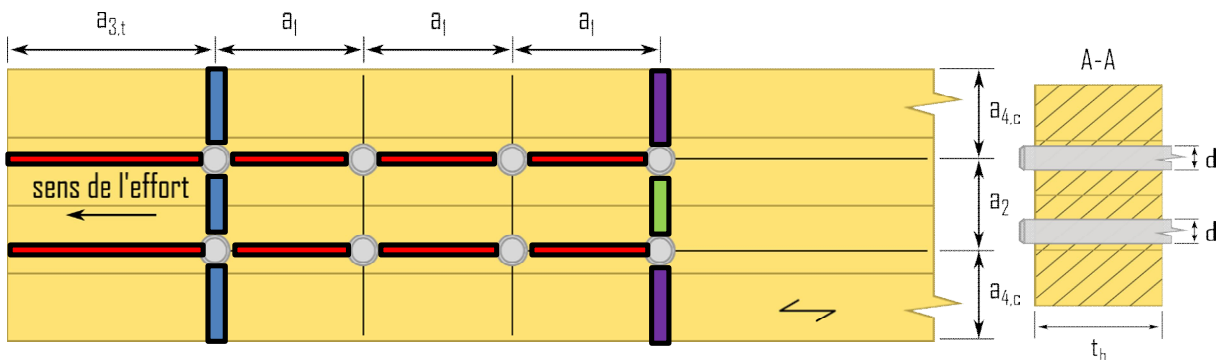
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 16; 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



$$A_{\text{net},b} = (h_b - n_r \cdot d) \cdot t_{b,\text{ext}} = (144 - 2 \cdot 16) \cdot 140 = 15680 \text{ mm}^2$$



$$L_{\text{net},v} = 2 \cdot a_3 + 2 \cdot (n_c - 1) \cdot (a_1 - d) - d = 2 \cdot 112 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (80 - 16) - 16 = 592 \text{ mm}$$

$$A_{\text{net},v} = L_{\text{net},v} \cdot t_b = 592 \cdot 140 = 82880 \text{ mm}^2$$



$$L_{\text{net},t,\text{int}} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$$

$$A_{\text{net},t,\text{int}} = L_{\text{net},t,\text{int}} \cdot t_b = 32 \cdot 140 = 4480 \text{ mm}^2$$



$$L_{\text{net},t,\text{ext}} = h_b - d - (n_r - 1) \cdot a_2 = 144 - 16 - (2 - 1) \cdot 48 = 80 \text{ mm}$$

$$A_{\text{net},t,\text{ext}} = L_{\text{net},t,\text{ext}} \cdot t_b = 80 \cdot 140 = 11200 \text{ mm}^2$$

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations , néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,Rmean,ass} = \max \left(\min \begin{cases} 1,25 \cdot A_{net,t,ext-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v-fv,mean} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int-ft,0,mean} \end{cases} \right) = \max \left(\min \begin{cases} 1,25 \cdot 11200 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 82880 \cdot 4,64 \\ 1,25 \cdot 4480 \cdot 25,46 \end{cases} \right) = \max \left(\min \begin{cases} 356499 \\ 269305 \\ 142599 \end{cases} \right)$$

$F_{bsn,Rmean,ass} = 269,31$ kN rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 15680 \cdot 25,46 = 399,28 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = \max \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v-fv,k} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int-ft,0,k} \end{array} \right| = \max \left| \begin{array}{l} 1,25 \cdot 11200 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 82880 \cdot 3,5 \\ 1,25 \cdot 4480 \cdot 19,2 \end{array} \right| = \max \left| \begin{array}{l} 268800 \\ 203056 \\ 107520 \end{array} \right|$$

$F_{bs,Rk,ass} = 203,06 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette ECS

$F_{t,0,Rk,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,k} = 15680 \cdot 19,2 = 301,06 \text{ kN}$

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Epaisseur efficace $t_{ef,(e)}$

Pénétration totale de l'organe

Mode de rupture : mode (e)

$L_{p,i}/d = 140/16 = 8,75 < 11,5 \Rightarrow t_{ef,(e)} = 1 \cdot t = 140 \text{ mm}$

Longueur nette cisailée

$L_c = a_1 \cdot (n_c - 1) + a_3, t = 80 \cdot (4 - 1) + 112 = 352 \text{ mm}$

Coefficient k_v

$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{mean}/E_{0,mean}) = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(650/11500) = 0,73$

Coefficient k_t

$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{mean}/E_{0,mean}) = 0,9 + 1,4 \cdot \text{racine}(650/11500) = 1,23$

Résistance au cisaillement

$F_{v,l,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 140 \cdot 352 \cdot 3,5 = 126,4 \text{ kN}$

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR

Résistance totale

$F_{rs,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,l,k} = 2 \cdot 2 \cdot 126400,28 = 505,6 \text{ kN}$ sans rupture séquentielle

1.6.7.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR

Hauteur nette en traction

$b_{net} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$

Résistance au cisaillement

$F_{v,l,k} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 140 \cdot 352 \cdot 3,5 = 126,4 \text{ kN}$

Résistance en traction nette

$F_{t,k} = k_t \cdot b_{net} \cdot t_{ef} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 32 \cdot 140 \cdot 19,2 = 106,04 \text{ kN}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Rupture de bloc

$$F_{bs,k} = 2 \cdot F_v \cdot l_d + F_{t,k} = 2 \cdot 126,4 + 106,04 = 358,84 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING

$$F_{sp,k} / \text{file} / \text{plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (296 + 2 \cdot 16) \cdot 140 \cdot 0,5 = 48,22 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} \cdot n_r = 48,22 \cdot 2 = 96,43 \text{ kN}$$

L'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage (supposition)

$$F_{sp,k} = F_{sp,k} / 0,3 = 96,43 / 0,3 = 321,44 \text{ kN}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

$$F_{br,Rk, \text{fendage}} = \min(F_{sp,Rk}; F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(321,44; 358,84; 505,6) = 321,44 \text{ kN}$$

Sans fendage

$$F_{br,Rk} = \min(F_{bs,Rk}; F_{rs,Rk}) = \min(358,84; 505,6) = 358,84 \text{ kN}$$

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 16 / 23 = 5987,78 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser,ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5987,78 = 191,61 \text{ kN/mm}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

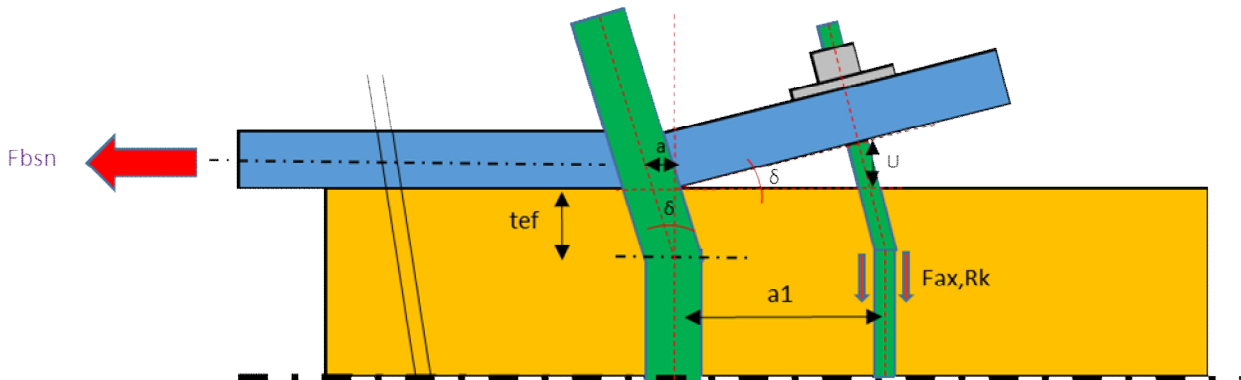
Fermeture de l'assemblage par une tige filetée traversante, calcul à titre indicatif

Tige filetée avec écrous, diamètre tige : 8 mm

Propriétés caractéristiques de géométrie	
Tige filetée	
d=	8 mm
A=	50,27 mm ²
As=	36,6 mm ²

Propriétés caractéristiques de résistance	
Classe =	8,8
fub=	800 Mpa

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.5), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 203,06 kN, et K la raideur total de l'assemblage. L'ouverture de l'assemblage en bout de plaque est causée par la déformation des 2 dernières broches. L'effort à rupture est donc calculé pour ces 2 broches : $F = F/8*2 = 203,06/8*2 = 50,76$ kN

La broche se plie avec un angle de $\delta = (F/K)/(tef) = (50,76/191,61)/(44,56) = 0,006$ rad

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort dans l'organe :

Déplacement "u" de l'organe de fermeture :

$$u = a \cdot \tan(\delta) = 5 \cdot 8 \cdot 0,006 = 0,24 \text{ mm}$$

Raideur de l'organe de fermeture :

$$K_{ferm} = ES/l = 210000 \cdot 36,6/140 = 54900 \text{ N/mm}$$

Effort de traction de l'organe de fermeture :

$$F_{ax,Rk} = K_{ferm} \cdot u = 54900 \cdot 0,24 = 13057,55 \text{ N}$$

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la tige filetée :

Traction dans la tige filetée :

$$F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 0,9 \cdot 800 \cdot 36,6 = 26352 \text{ N}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$F_t, R_k > F_{ax}, R_k$

$$F_t, R_k = 26352 > 13058 \text{ N}$$

Il faut donc disposer de 1 tige filetée afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

1.6.10.1 Valeurs CARACTERISTIQUES

Fendage

$$F_v, R_k, \text{ass, fendage} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{\text{ef}} \cdot F_v, R_k = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 28,62 = 313,89 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_v, R_k, \text{ass, plastique} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_k = 2 \cdot 8 \cdot 28,62 = 367,56 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs}, R_k, \text{ass} = 203,06 \text{ kN rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_t, 0, R_k, \text{ass, traction} = A_{\text{net, b-ft, 0, K}} = 15680 \cdot 19,2 = 301,06 \text{ kN}$$

1.6.10.2 Valeurs MOYENNES

Fendage

$$F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass, fendage} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{\text{ef}} \cdot F_v, R_{\text{mean}} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 29,39 = 322,36 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass, plastique} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_{\text{mean}} = 2 \cdot 8 \cdot 29,39 = 470,21 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

$$F_{bs}, R_{\text{mean}}, \text{ass} = 269,31 \text{ kN rupture de bloc par cisaillement}$$

Traction nette

$$F_t, 0, R_{\text{mean}}, \text{ass, traction} = A_{\text{net, b-ft, 0, mean}} = 15680 \cdot 25,46 = 399,28 \text{ kN}$$

1.6.10.3 Valeurs EXPERIMENTALES

Fendage

$$F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass, fendage} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{\text{ef}} \cdot F_v, R_{\text{exp}} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 38,32 = 419,81 \text{ kN}$$

Plastique

$$F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass, plastique} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_{\text{exp}} = 2 \cdot 8 \cdot 38,32 = 612,36 \text{ kN}$$

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Plastique majorée

$$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 470,21 \cdot 1,2 = 564,26 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

$$F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 269,31 \cdot 1,2 = 323,17 \text{ kN}$$

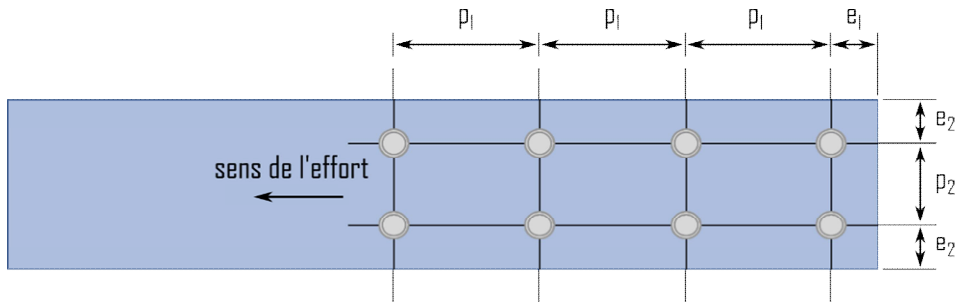
Traction nette majorée

$$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = F_{t,0,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 399,28 \cdot 1,2 = 479,13 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$d_0 = d + j = 16 + 0,6 = 16,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale :

$$\text{Critère } (2,2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 80 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2,4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 48 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 20 \text{ mm}$$

· Pince transversale :

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 21 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique : $h_m = 90 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique : $t_m = 16 \text{ mm}$

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

$$k_1 = \min (2,8 \cdot 21 / 16,6 - 1,7; 1,4 \cdot 48 / 16,6 - 1,7; 2,5) = 1,84$$

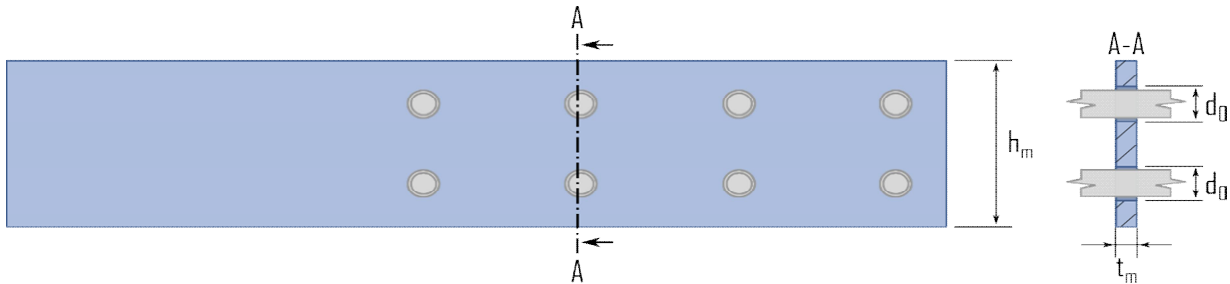
$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

$$\alpha_b = \min (20 / (3 \cdot 16,6); 80 / (3 \cdot 16,6) - 0,25; 900 / 540; 1) = 0,4$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 16 = 1636,38 \text{ kN}$$

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (90 - 2 \cdot 16,6) \cdot 16 = 908,8 \text{ mm}^2 \quad \text{Aire par tôle cisailée}$$

$$A_{net,m,ass} = A_{net,m} \cdot n_{plaque} = 908,8 \cdot 2 = 1817,6 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{net,m,ass} \cdot f_{u,k,m} = 0,9 \cdot 1817,6 \cdot 540 = 883,35 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 90 \cdot 16 \cdot 460 = 1324,8 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

* Bois : $E_{0,mean} \cdot h_b \cdot t_b = 11500 \cdot 144 \cdot 140 = 231840 \text{ kN}$

* Métal : $2 \cdot E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m = 2 \cdot 210000 \cdot 90 \cdot 16 = 604800 \text{ kN}$

$$\text{Écart de rigidité } ((\text{Métal}-\text{Bois})/\text{Métal}) = 61,67 \%$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_{v,Rk,ass,plastique} = 457,85 \text{ kN}$	457,85 kN
Fendage $F_{v,Rk,ass,fendage} = 313,89 \text{ kN}$	313,89 kN
Rupture de bloc $F_{bs,Rk,ass} = 203,06 \text{ kN}$	203,06 kN
Traction nette $F_{t,D,Rk,ass,traction} = 301,06 \text{ kN}$	301,06 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_{v,Rk,ass,plastique,D} = 367,56 \text{ kN}$	367,56 kN
Fendage $F_{v,Rk,ass,fendage,D} = 321,44 \text{ kN}$	321,44 kN
Rupture de bloc $F_{bs,Rk,ass,D} = 358,84 \text{ kN}$	358,84 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_{v,Rexp,ass,plastique} = 459,93 \text{ kN}$	459,93 kN
Fendage $F_{v,Rexp,ass,fendage} = 315,31 \text{ kN}$	315,31 kN

1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_{v,Rexp,ass,plastique} = 612,36 \text{ kN}$	612,36 kN
--------------------------------------------------------------------------	-----------

1.9.5. Bois EC5 MOYEN

Cisaillement plastique $F_{v,Rmean,ass,plastique} = 470,21 \text{ kN}$	470,21 kN
Fendage $F_{v,Rmean,ass,fendage} = 322,36 \text{ kN}$	322,36 kN
Rupture de bloc $F_{bs,Rmean,ass} = 269,31 \text{ kN}$ rupture de bloc par cisaillement	269,31 kN
Traction nette $F_{t,D,Rmean,ass,traction} = 399,28 \text{ kN}$	399,28 kN

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Cisaillement plastique majoré
 $F_{v,Rmajor,ass,plastique} = 564,26 \text{ kN}$ 564,26 kN

Rupture de bloc majorée
 $F_{bs,Rmajor,ass} = 323,17 \text{ kN}$ 323,17 kN

Traction nette majorée
 $F_{t,D,Rmajor,ass,traction} = 479,13 \text{ kN}$ 479,13 kN

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans l'élément bois par colonne d'organes par plan.

$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^\circ}, k; R_{head,k}) R_{tens,k}) \geq F_t, 90, E_k / n_{vis}$

$R_{renf,k} = \min(\max(5,03; 1,93); 24,1) = 5,03 \text{ kN} > 4,29 \text{ kN}$ Frettage possible, rupture par fendage impossible

· Boulon de fermeture :

1 tige filetée en extrémité afin de fermer l'assemblage.

$F_t, Rk > F_{ax}, Rk$

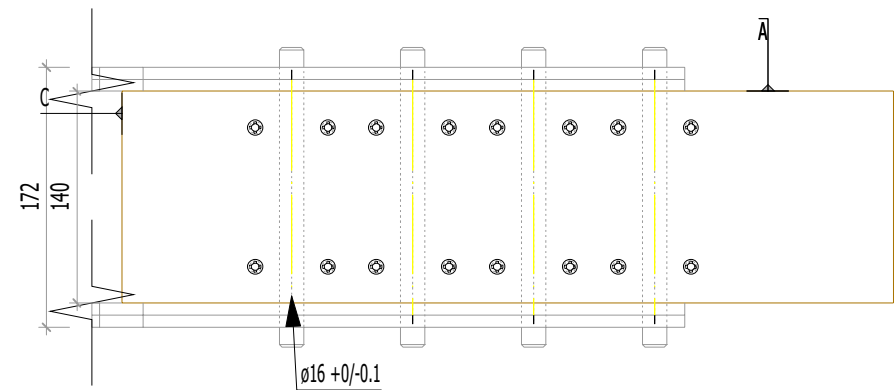
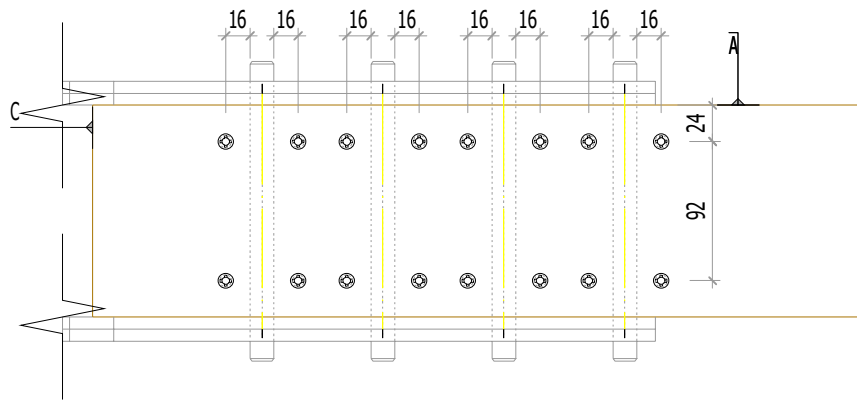
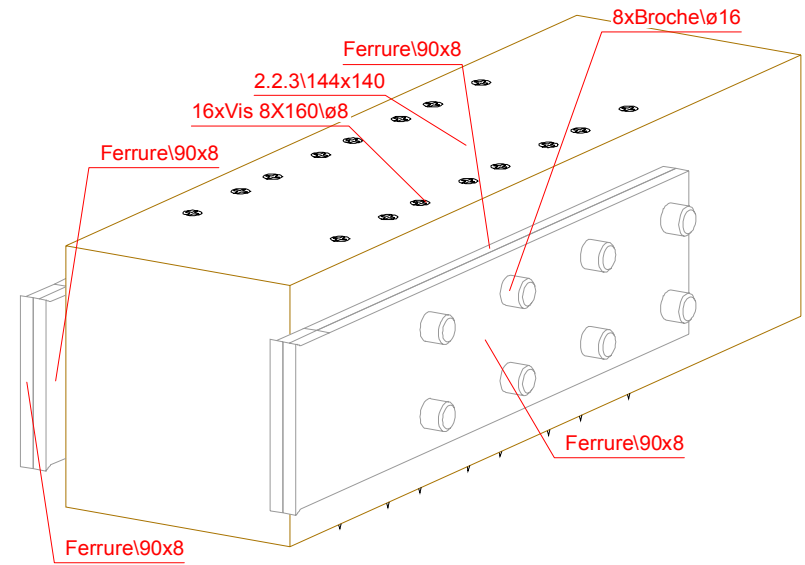
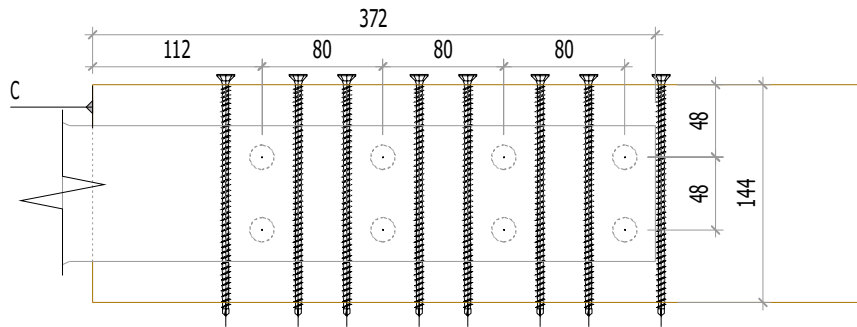
$F_t, Rk = 26352 > 13057,55 \text{ N}$

1.9.8. Métal

Pression diamétrale
 $N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u \cdot k_m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 16 = 1636,38 \text{ kN}$ 1636,4 kN

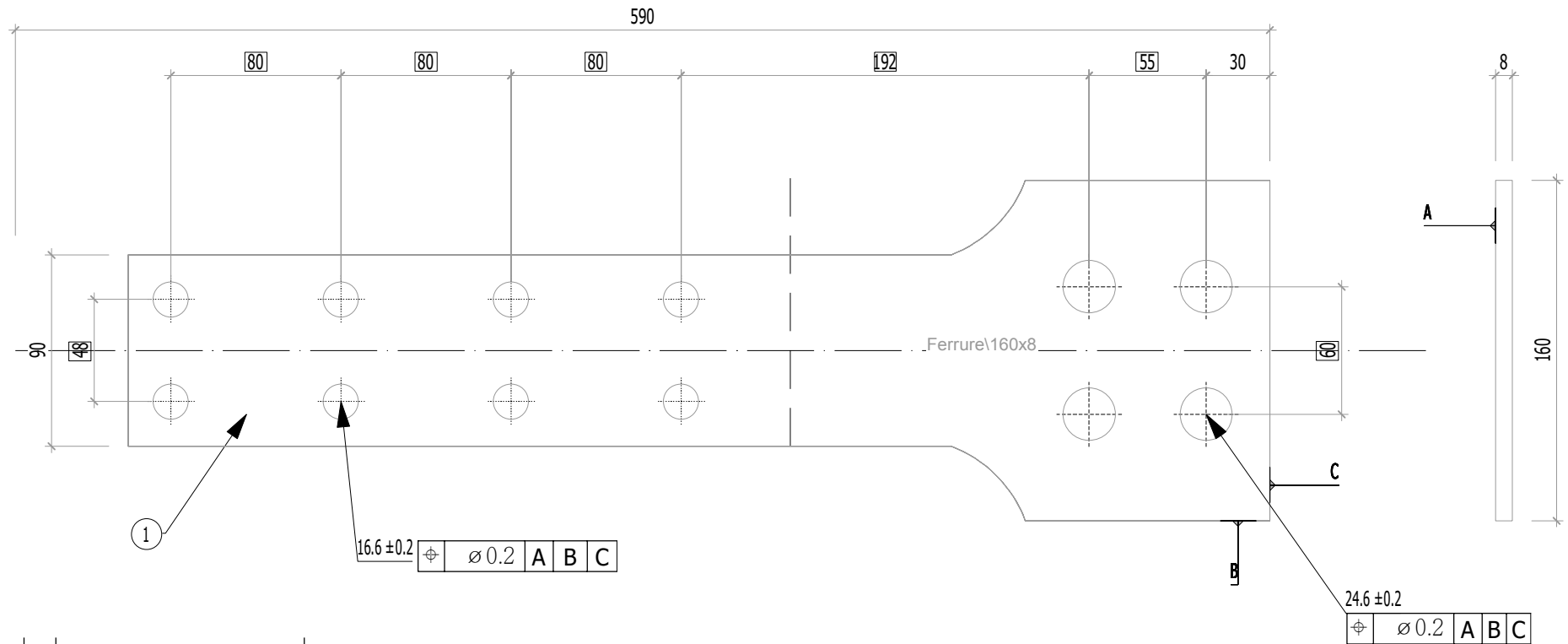
Section nette
 $N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{nt,m} \cdot f_u \cdot k_m = 0,9 \cdot 1818 \cdot 540 = 883,35 \text{ kN}$ 883,35 kN

$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_y, mean, m = 90 \cdot 16 \cdot 460 = 1324,8 \text{ kN}$ 1324,8 kN



2.2.3

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



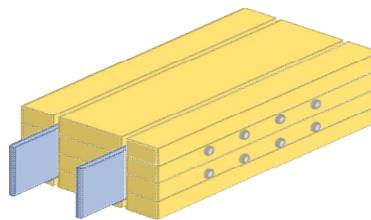
1		80	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0620185 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent		Casser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	+0,5 X 0,5	Ra12,5 indicateurs coniques
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Echelle: 1: 3
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			3.595 kg	Dessinateur: ALBERT LEO Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F2.2.1/2.2.2/2.2.3/5.2.2/5.2.3

1. Assemblage bois multiplan sollicité en traction

1.0. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes :	Broches
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 vis en extrémité, de part et d'autre de l'assemblage (chevauchement) pour la fermeture en valeurs caractéristique.
Renforcement de l'assemblage	2 vis de frettage par plan par colonne d'organes
Section bois :	$(2 \times 39 + 60) \times 108$ mm
Section métal :	70 X 8 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLC".

1.1. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur moyenne. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode (g+j/l) => soit le mode 2.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométriques des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.2.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
 - 1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5 Justification des vis de renfort
 - 1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1 Eurocode 5
 - 1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.2 Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2.1 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 non renforcé (rupture par fendage)
 - 1.6.10.2.2 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)
 - 1.6.10.2.3 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 cisaillement plastique
 - 1.6.10.2.4 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 traction nette
 - 1.6.10.3 Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.3.1 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 non renforcé (rupture par fendage)
 - 1.6.10.3.2 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.6.10.3.3 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 cisaillement plastique
- 1.6.10.3.4 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 traction nette
- 1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs caractéristiques partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.7.2. Section métal
 - 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
 - 1.7.4. Calculs des sections nettes
 - 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats
 - 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
 - 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
 - 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
 - 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
 - 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
 - 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
 - 1.9.7. Renforcement
 - 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

- Diamètre des organes: $d = 12 \text{ mm}$ tolérance ($\pm h7$)
- Classe de broche: 8.8
 - Résistance en traction des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900 \text{ Mpa}$ (données fournisseurs : VIAL FRERES)
 - Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Limite d'élasticité des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720 \text{ Mpa}$ (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)
 - Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 900 \cdot 12^2 \cdot 2,6 = 172677 \text{ N.mm}$
 - Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 946,57 \cdot 12^2 \cdot 2,6 = 181613 \text{ N.mm}$
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (Draft)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot f_{u,k} \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot 900 \cdot 12^3 = 233280 \text{ N.mm}$
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (Expérimentale)
 - Valeur expérimentale: $M_{y,Rexp} = 279360 \text{ N.mm}$

1.3.2. Bois

- Classe de résistance: GL24h (Schneider)
- Masse volumique: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61 \text{ kg/m}^3$ (COV = 0,15)
- Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction parallèle au fil:
 - Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46 \text{ MPa}$ (COV = 0,15)
- Résistance en cisaillement: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64 \text{ Mpa}$ (COV = 0,15)
- Portance locale parallèle au fil: (EC5 / Draft)
 - Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 385 = 27,78 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 510,61 = 36,85 \text{ Mpa}$
 - Valeur expérimentale: $f_{h,0,exp} = 29,3 \text{ Mpa}$

1.3.3. Métal

- Nuance d'acier: S460

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Module d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Portance locale parallèle au fil: (Draft)
Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique:
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé «N» $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois: $hb = 108 \text{ mm}$
- Épaisseur des éléments bois: $text = 39 \text{ mm}$ et $tint = 60 \text{ mm}$

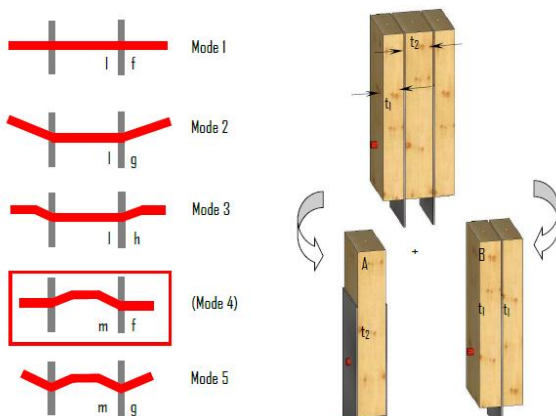
1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v, \text{Rexp}} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2, \text{exp}} t_2 d + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d & (l + f) \\ 0.5 f_{h,2, \text{exp}} t_2 d + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y, \text{Rexp}}}{f_{h,1, \text{exp}} dt_1^2}} - 1 \right] & (l + g) \\ 0.5 f_{h,2, \text{exp}} t_2 d + 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,1, \text{exp}} d} & (l + h) \\ 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,2, \text{exp}} d} + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d & (m + f) \\ 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,2, \text{exp}} d} + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y, \text{Rexp}}}{f_{h,1, \text{exp}} dt_1^2}} - 1 \right] & (m + g) \\ 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,2, \text{exp}} d} + 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,1, \text{exp}} d} & (m + h) \end{cases}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (h et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre l'acier et le bois.
- La décomposition pour l'analyse limite se fait en considérant la partie intérieure de l'assemblage au centre de deux plaques épaisses. Pour les parties extérieures, l'épaisseur des plaques métalliques est sans importance.
- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v, \text{Rexp}} = \min \begin{cases} 10548 + 13712 = 24260 \text{ N mode } (l + f) \\ 10548 + 14018 = 24566 \text{ N mode } (l + g) \\ 10548 + 19822 = 30370 \text{ N mode } (l + h) \\ 19822 + 13712 = 33534 \text{ N mode } (m + f) \\ 19822 + 14018 = 33839 \text{ N mode } (m + g) \\ 19822 + 19822 = 39643 \text{ N mode } (m + h) \end{cases} \rightarrow F_{v, \text{Rexp}} = 24260 \text{ N (mode } l + f) \quad \textit{Effort par plaque}$$

- Contribution de l'effet de corde:
dimensionnant
Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax, \text{Rexp}}; X \cdot F_{v, \text{Rexp}})$
Pour des broches, $X = 0$



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2,74$$

Partie extérieure

$$F_{v,Rexp,ext} = 13712,4 \text{ N}$$

$$F_{v,ext,Rexp,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rexp,ext} = 1 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 13,71 = 75,21 \text{ kN}$$

Partie intérieure

$$F_{v,Rexp,int} = 10548 \text{ N}$$

$$F_{v,int,Rexp,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rexp,int} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 10,55 = 115,7 \text{ kN}$$

Assemblage compét

$$F_{v,Rexp,ass,fendage} = 2 \cdot F_{v,ext,Rexp,ass,fendage} + F_{v,int,Rexp,ass,fendage} = 2 \cdot 75,21 + 115,7 = 266,11 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rexp,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 24,26 = 388,17 \text{ kN}$$

1.4.2.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage

$$F_{t,ext} = 13712,4 \text{ N}$$

$$S_{ext} = t_{ext} \cdot h_b = 39 \cdot 108 = 4212 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

$$F_{t,int} = 10548 \text{ N}$$

$$S_{int} = t_{int} / 2 \cdot h_b = 60 / 2 \cdot 108 = 3240 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

Isocontrainte si $[F_{t,ext} / S_{ext} = F_{t,int} / S_{int}]$

$$\text{soit } [13712,4 / 4212 = 10548 / 3240] \Rightarrow [3,26 = 3,26] \Rightarrow \text{soit un écart de } 0 \%$$

1.4.3 Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v,Rmean} = \min \begin{cases} 0,5 f_{h,2,mean} t_2 d + f_{h,1,mean} t_1 d & (l + f) \\ 0,5 f_{h,2,mean} t_2 d + f_{h,1,mean} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rmean}}{f_{h,1,mean} d t_1^2}} - 1 \right] & (l + g) \\ 0,5 f_{h,2,mean} t_2 d + 2 \sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,1,mean} d} & (l + h) \\ 2 \sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,2,mean} d} + f_{h,1,mean} t_1 d & (m + f) \\ 2 \sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,2,mean} d} + f_{h,1,mean} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rmean}}{f_{h,1,mean} d t_1^2}} - 1 \right] & (m + g) \\ 2 \sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,2,mean} d} + 2 \sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,1,mean} d} & (m + h) \end{cases}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (h et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre l'acier et le bois.
- La décomposition pour l'analyse limite se fait en considérant la partie intérieure de l'assemblage au centre

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

de deux plaques épaisses. Pour les parties extérieures, l'épaisseur des plaques métalliques est sans importance.

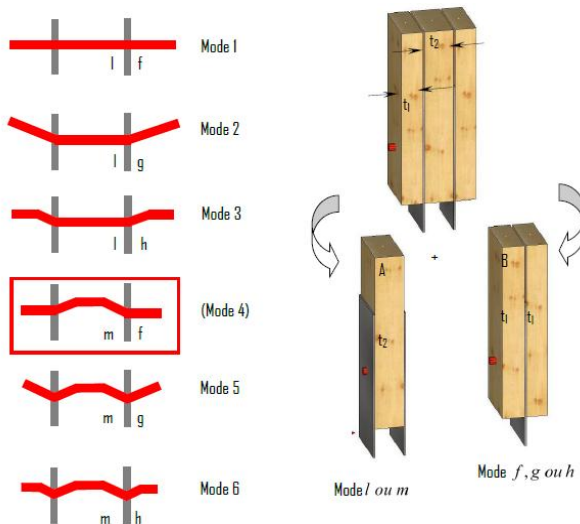
- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_v, R_{\text{mean}} = \min \begin{cases} 13264 + 17244 = 30508 \text{ N mode (l + f)} \\ 13264 + 13020 = 26284 \text{ N mode (l + g)} \\ 13264 + 17922 = 31186 \text{ N mode (l + h)} \\ 17922 + 17244 = 35166 \text{ N mode (m + f)} \\ 17922 + 13020 = 30942 \text{ N mode (m + g)} \\ 17922 + 17922 = 35844 \text{ N mode (m + h)} \end{cases} \rightarrow F_v, R_{\text{mean}} = 26284 \text{ N (mode l + g)} \quad \text{Effort par plaque}$$

- Contribution de l'effet de corde:
dimensionnant

$$\text{Effet de corde} = \min(0.25 \cdot F_{ax}, R_{\text{mean}}; X \cdot F_v, R_{\text{mean}})$$

Pour des broches, $X = 0$



1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2.74$$

Partie extérieure

$$\text{Effort de rupture partie extérieure} : F_v, R_{\text{mean}, \text{ext}} = 13019.96 \text{ N}$$

$$F_v, \text{ext}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{ef} \cdot F_v, R_{\text{mean}, \text{ext}} = 1 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 13.02 = 71.41 \text{ kN}$$

Partie intérieure

$$\text{Effort de rupture partie intérieure} : F_v, R_{\text{mean}, \text{int}} = 13264.42 \text{ N}$$

$$F_v, \text{int}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{ef} \cdot F_v, R_{\text{mean}, \text{int}} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 13.26 = 145.5 \text{ kN}$$

Assemblage complet

$$F_v, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}} = 2 \cdot F_v, \text{ext}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}} + F_v, \text{int}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}} = 2 \cdot 71.41 + 145.5 = 288.32 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_v, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{plastique}} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_{\text{mean}} = 2 \cdot 8 \cdot 26.28 = 420.55 \text{ kN}$$

1.4.3.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{text} = 13019,96 \text{ N} \quad S_{ext} = t_{ext} \cdot h_b = 39 \cdot 108 = 4212 \text{ mm}^2$$

$$F_{tint} = 13264,42 \text{ N} \quad S_{int} = t_{int} / 2 \cdot h_b = 60 / 2 \cdot 108 = 3240 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

Effort par plan

Isococontrainte si $[F_{text}/S_{ext} = F_{tint}/S_{int}]$

soit $[13019,96/4212 = 13264,42/3240] \Rightarrow [3,09 = 4,09] \Rightarrow$ soit un écart de -32,44 %

1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{ll} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + f_{h,1,k} t_1 d & (l + f) \\ 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] & (l + g) \\ 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} & (l + h) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + f_{h,1,k} t_1 d & (m + f) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] & (m + g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} & (m + h) \end{array} \right.$$

· Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 10001 + 13002 = 23003 \text{ N mode (l + f)} \\ 10001 + 10839 = 20840 \text{ N mode (l + g)} \\ 10001 + 17451 = 27452 \text{ N mode (l + h)} \\ 17451 + 13002 = 30453 \text{ N mode (m + f)} \\ 17451 + 10839 = 28289 \text{ N mode (m + g)} \\ 17451 + 17451 = 34902 \text{ N mode (m + h)} \end{array} \right. \rightarrow F_{v,Rk} = 20840 \text{ N (mode l + g)} \quad \textit{Effort par plaque}$$

Note : le mode (m + f) n'est pas un mode cinématiquement possible

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Contribution de l'effet de corde:
mode (g+j/l) dimensionnant
Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax,Rk}; X \cdot F_{v,Rk})$
Pour des broches, $X = 0$

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2,74$$

Partie extérieure

$$\text{Effort de rupture partie extérieure : } F_{v,Rk,ext} = 10838,53 \text{ N}$$

$$F_{v,ext,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 1 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 10,84 = 59,44 \text{ kN}$$

Partie intérieure

$$\text{Effort de rupture partie intérieure : } F_{v,Rk,int} = 10001,38 \text{ N}$$

$$F_{v,int,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 10 = 109,71 \text{ kN}$$

Assemblage complet

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = 2 \cdot F_{v,ext,Rmean,ass,fendage} + F_{v,int,Rmean,ass,fendage} = 2 \cdot 59,44 + 109,71 = 228,59 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 20,84 = 333,44 \text{ kN}$$

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right]} + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2 + \beta} \left[\sqrt{\frac{2(1 + \beta)}{\beta} + \frac{4(2 + \beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2(1 + \beta) + \frac{4(1 + 2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1 + \beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

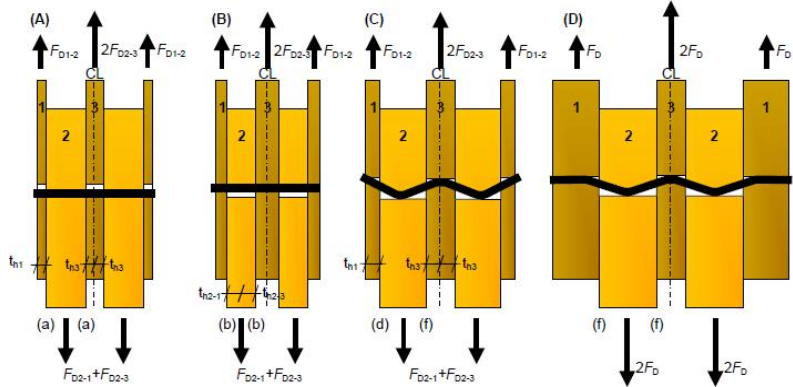
* Partie 1/2

$$th1 = t_{ext} = 39 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 600/27,78 = 21,6$$

Fv,rk,D,1/2 = min	13002 N mode (a)
	28800 N mode (b)
	5946 N mode (c)
	12815 N mode (d)
	13055 N mode (e)
	19829 N mode (f)



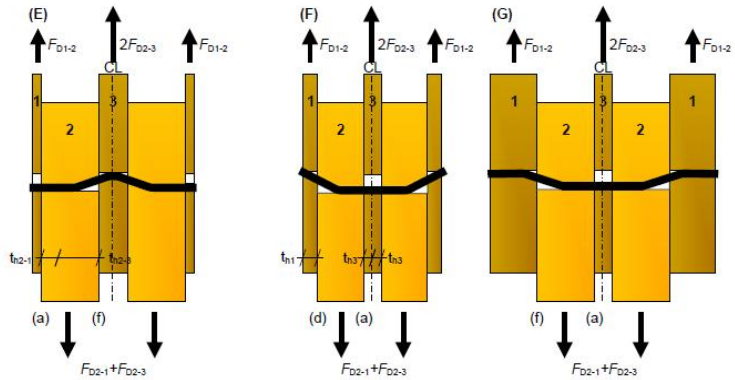
* Partie 3/2

$$th1 = t_{int}/2 = 60/2 = 39 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 600/27,78 = 21,6$$

Fv,rk,D,3/2 = min	10001 N mode (a)
	28800 N mode (b)
	4968 N mode (c)
	12910 N mode (d)
	13055 N mode (e)
	19829 N mode (f)



* Addition des modes

Fv,rk,D = min	mode (a) + (a) = 13002 + 10001 = 23003 N
	mode (b) + (b) = 28800 + 28800 = 57600 N
	mode (d) + (f) = 12815 + 19829 = 32645 N
	mode (f) + (f) = 19829 + 19829 = 39659 N
	mode (a) + (f) = 13002 + 19829 = 32831 N
	mode (d) + (a) = 12815 + 10001 = 22817 N
	mode (f) + (a) = 19829 + 10001 = 29831 N

$$Fv,rk,D = 22817 \text{ N modes (d) + (a)}$$

Effort par plaque

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (22816,6 \cdot 8) = 365,07 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

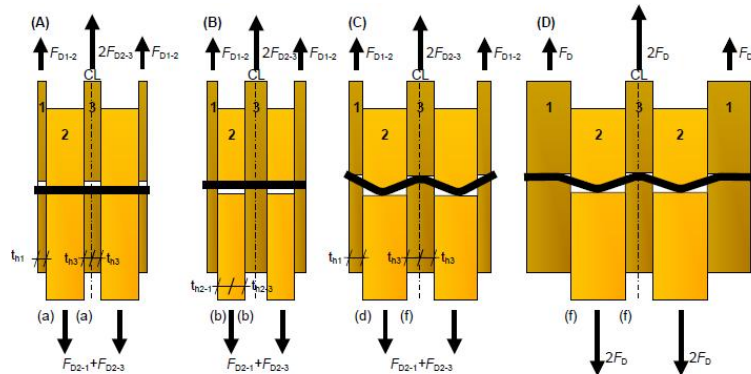
* Partie 1/2

$$th1 = text = 39 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/29,3 = 20,48$$

$$F_{v,exp,D,1/2} = \min \begin{cases} 13712 \text{ N mode (a)} \\ 28800 \text{ N mode (b)} \\ 6217 \text{ N mode (c)} \\ 14370 \text{ N mode (d)} \\ 14568 \text{ N mode (e)} \\ 22258 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



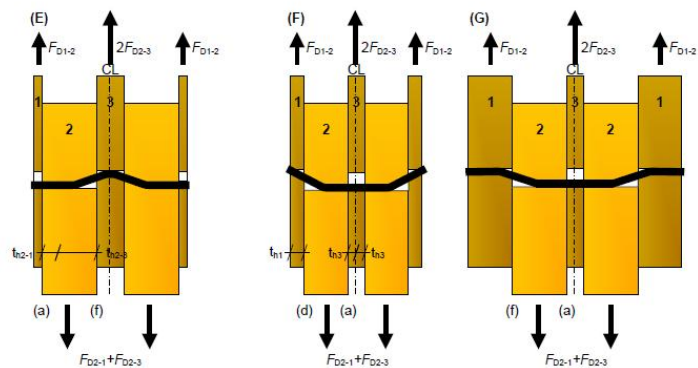
* Partie 3/2

$$th1 = tint/2 = 60/2 = 39 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/29,3 = 20,48$$

$$F_{v,exp,D,3/2} = \min \begin{cases} 10548 \text{ N mode (a)} \\ 28800 \text{ N mode (b)} \\ 5174 \text{ N mode (c)} \\ 14571 \text{ N mode (d)} \\ 14568 \text{ N mode (e)} \\ 22258 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



* Addition des modes

$$F_{v,exp,D} = \min \begin{cases} \text{mode (a) + (a)} = 13712 + 10548 = 24260 \text{ N} \\ \text{mode (b) + (b)} = 28800 + 28800 = 57600 \text{ N} \\ \text{mode (d) + (f)} = 14370 + 22258 = 36628 \text{ N} \\ \text{mode (f) + (f)} = 22258 + 22258 = 44515 \text{ N} \\ \text{mode (a) + (f)} = 13712 + 22258 = 35970 \text{ N} \\ \text{mode (d) + (a)} = 14370 + 10548 = 24918 \text{ N} \\ \text{mode (f) + (a)} = 22258 + 10548 = 32806 \text{ N} \end{cases}$$

$$F_{v,exp,D} = 24260 \text{ N modes (a) + (a)} \quad \text{Effort par plaque}$$

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rexp,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rexp,D} \cdot n) = 2 \cdot (24260,4 \cdot 8) = 388,17 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.5 Justification des vis de renfort

1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

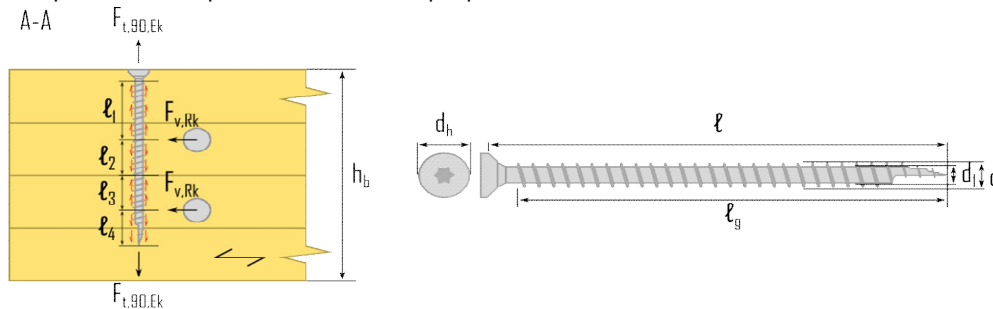
Vis Hecko 6X120 => Fournisseur : (type Hecko)

Propriétés caractéristiques de géométrie
l = 120 mm
lg = 120 mm filetage total lors des essais
d = 6 mm
dl = 2,7 mm
dh = 9,6 mm

Propriétés caractéristique de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 11,5 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 13 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 5,3 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broche, par plan de cisaillement.



4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

$$l1 = hb/2 - 1,5d - l + lg = 108/2 - 1,5 \cdot 12 - 120 + 120 = 36 \text{ mm}$$

$$l2 = 13 \cdot a2/2 = 36/2 = 18 \text{ mm, Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a2}$$

$$l4 = l - hb/2 - a2/2 = 120 - 108/2 - 36/2 = 48 \text{ mm}$$

Note : pour les valeurs de pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

· Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^\circ,k} = f_{ax,90^\circ,k} \cdot d \cdot l_{i,min} = 11,5 \cdot 6 \cdot 36 = 2,48 \text{ kN}$$

· Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} = 5,3 \text{ kN}$$

· Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((dh^2 - d^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((9,6^2 - 2,7^2)/4) \cdot 13 = 0,87 \text{ kN}$$

Justification à titre indicatif

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

- Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement :

$$F_{v,rk} = 20840 \text{ N (mode l + g)}$$

- Effort résistant intérieur et extérieur par plan :

$$F_{v,rk,ext} = 10838,53 \text{ N}$$

$$F_{v,rk,int} = 10001,38 \text{ N}$$

- Effort résistant maximum par plan :

$$F_{v,rk} = \max(F_{v,rk,ext} ; F_{v,rk,int}) = \max(10001 ; 10839) = 10839 \text{ N}$$

- Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_{t,90,Ek} = 0,3 \cdot F_{v,Rk} = 0,3 \cdot 10839 = 3,25 \text{ kN}$$

Note : Pour le calcul du renforcement, l'effort maximum par plan de part et d'autre de la plaque est retenue

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^{\circ},k}; R_{head,k}) R_{tens,k}) \geq F_{t,90,Ek} / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(2,48; 0,87); 5,3) = 2,48 \text{ kN}$$

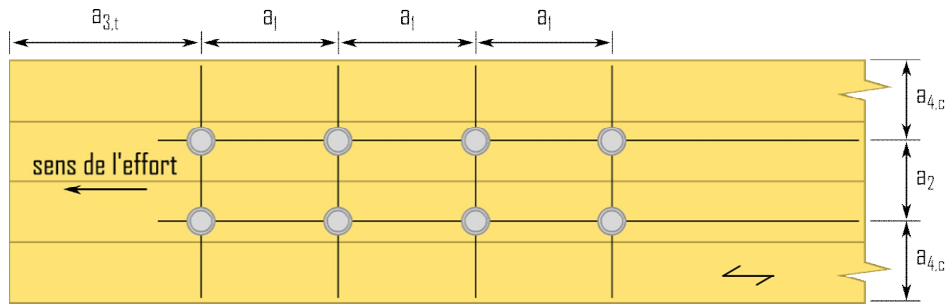
$$F_{t,90,Ek} / n_{vis} = 3,25 / 2 = 1,63 \text{ kN} \quad \Rightarrow \quad 2 \text{ vis par plan par colonne de broche.}$$

$$R_{renf,k} > 0,3 \cdot F_{t,90,k} \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



- Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$$

- Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

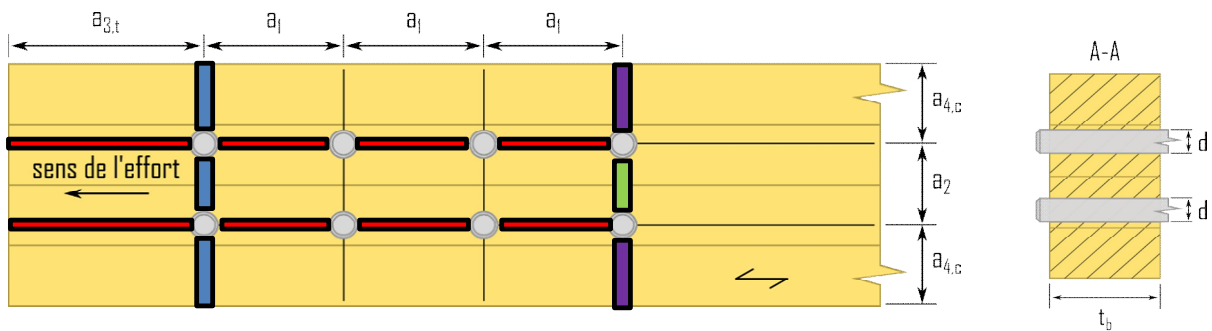
- Distance entre un organe et une extrémité chargée :





$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 12; 80 \text{ mm}) = 84 \text{ mm}$$

- Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



	$A_{\text{net},b,\text{ext}} =$ $A_{\text{net},b,\text{int}} =$	$(h_b - n_r \cdot d) \cdot t_{b,\text{ext}} = (108 - 2 \cdot 12) \cdot 39 = 3276 \text{ mm}^2$ $(h_b - n_r \cdot d) \cdot t_{b,\text{int}} = (108 - 2 \cdot 12) \cdot 60 = 5040 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>
	$L_{\text{net},v,i} =$ $A_{\text{net},v,\text{ext}} =$ $A_{\text{net},v,\text{int}} =$	$2 \cdot a_3 + 2 \cdot (n_c - 1) \cdot (a_1 - d) - d = 2 \cdot 84 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (60 - 12) - 12 = 444 \text{ mm}$ $L_{\text{net},v,i} \cdot t_{b,\text{ext}} = 444 \cdot 39 = 17316 \text{ mm}^2$ $L_{\text{net},v,i} \cdot t_{b,\text{int}} = 444 \cdot 60 = 26640 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>
	$L_{\text{net},t,i,\text{centre}} =$ $A_{\text{net},t,\text{ext},\text{centre}} =$ $A_{\text{net},t,\text{int},\text{centre}} =$	$(n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$ $L_{\text{net},t,i,\text{centre}} \cdot t_b = 24 \cdot 39 = 936 \text{ mm}^2$ $L_{\text{net},t,i,\text{centre}} \cdot t_b = 24 \cdot 60 = 1440 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>
	$L_{\text{net},t,i,\text{rive}} =$ $A_{\text{net},t,\text{ext},\text{rive}} =$ $A_{\text{net},t,\text{int},\text{rive}} =$	$h_b - d - (n_r - 1) \cdot a_2 = 108 - 12 - (2 - 1) \cdot 36 = 60 \text{ mm}$ $L_{\text{net},t,i,\text{rive}} \cdot t_b = 60 \cdot 39 = 2340 \text{ mm}^2$ $L_{\text{net},t,i,\text{rive}} \cdot t_b = 60 \cdot 60 = 3600 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,centre-ft,0,mean} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,rive-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,ext-fv,mean} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,centre-ft,0,mean} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,rive-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,int-fv,mean} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 936 \cdot 25,46 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 2340 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 17316 \cdot 4,64 \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 1440 \cdot 25,46 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 3600 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 26640 \cdot 4,64 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 29793,1 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 74482,76 \text{ N} \\ 56265,52 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 45836 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 114589 \text{ N} \\ 86562 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 199,09 \text{ kN} \Rightarrow$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$F_{v,Rmean,ass,traction} = \Sigma A_{net,b,i-ft,0,k} = (3276 + 5040 + 3276) \cdot 25,46 = 295,18 \text{ kN}$

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,centre-ft,0,k} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,rive-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,ext-fv,k} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,centre-ft,0,k} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,rive-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,int-fv,k} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 936 \cdot 19,2 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 2340 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 17316 \cdot 3,5 \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 1440 \cdot 19,2 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 3600 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 26640 \cdot 3,5 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 22464 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 56160 \text{ N} \\ 42424,2 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 34560 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 86400 \text{ N} \\ 65268 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rk,ass} = 150,12 \text{ kN} \Rightarrow$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette

$F_{v,Rk,ass,traction} = \Sigma A_{net,b,i-ft,0,k} = (3276 + 5040 + 3276) \cdot 19,2 = 222,57 \text{ kN}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Épaisseur efficace $t_{ef}(el)$

Pénétration totale de l'organe

Partie extérieure

Mode de rupture partie extérieure : mode (d)

$$L_{p,o}/d = 39/12 = 3,25 > 3 \Rightarrow t_{ef}(el) = \max(0,76 - L_{p,o}/(30d); 0,2) \cdot t_{ext} = 25,42 \text{ mm}$$

Partie intérieure

Mode de rupture partie intérieure : mode (a)

$$L_{p,i}/d = 60/12 = 5 < 7 \Rightarrow t_{ef}(el) = l_{tint} = 60 \text{ mm}$$

Longueur nette cisailée extérieure aux organes

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_{3,t} = 60 \cdot (4 - 1) + 84 = 264 \text{ mm}$$

Longueur de fendage

$$L_{net} = (n_c - 1) \cdot a_l + a_{3,t} - (n_c - 0,5) \cdot d_0 = (4 - 1) \cdot 60 + 84 - (4 - 0,5) \cdot 12 = 222 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean}/E_{0,mean}} = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{650/11500} = 0,73$$

Coefficient k_t

$$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean}/E_{0,mean}} = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{650/11500} = 1,23$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,ext,k} = k_v \cdot t_{ef,el,ext} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 25,42 \cdot 264 \cdot 3,5 = 17,21 \text{ kN}$$

$$F_{v,int,k} = k_v \cdot t_{ef,el,int} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 60 \cdot 264 \cdot 3,5 = 40,63 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc **BLOCK SHEAR**

Hauteur nette en traction

$$b_{net,t,int} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,ext,k} = k_t \cdot b_{net,t,ext} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 24 \cdot 25,42 \cdot 19,2 = 14,44 \text{ kN}$$

$$F_{t,int,k} = k_t \cdot b_{net,t,int} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 19,2 = 34,09 \text{ kN}$$

Résistance partie extérieure

$$F_{bs,ext,k} = 2 \cdot F_{v,ext,k} + F_{t,ext,k} = 2 \cdot 17209,62 + 14438,08 = 48,86 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{bs,int,k} = 2 \cdot F_{v,int,k} + F_{t,int,k} = 2 \cdot 40628,66 + 34085,57 = 115,34 \text{ kN}$$

Résistance total

$$F_{bs,k} = 2 \cdot (2 \cdot F_{v,ext,k} + F_{t,ext,k}) + 2 \cdot (2 \cdot F_{v,int,k} + F_{t,int,k}) = 2 \cdot (2 \cdot 17,21 + 14,44) + 2 \cdot (2 \cdot 40,63 + 34,09) = 213,06 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.2. Détermination de la résistance au cisaillement par file **SPLITTING**

Résistance partie extérieure

$$F_{sp,k,ext} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef,el,ext} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (222 + 2 \cdot 12) \cdot 25,42 \cdot 0,5 = 6,56 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k,ext} = F_{sp,k,ext} \cdot n_r = 6,56 \cdot 2 = 13,13 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{sp,k,int} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef,el,int} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (222 + 2 \cdot 12) \cdot 60 \cdot 0,5 = 15,5 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k,int} = F_{sp,k,int} \cdot n_r = 15,5 \cdot 2 = 31 \text{ kN}$$

Résistance total

$$F_{sp,k} = 2 \cdot F_{sp,k,ext} + F_{sp,k,int} = 2 \cdot 13,13 + 31 = 57,25 \text{ kN}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files **ROW SHEAR**

Résistance partie extérieure

$$F_{rs,ext,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,ext,k} = 2 \cdot 2 \cdot 17,21 = 68,84 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{rs,int,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,int,k} = 2 \cdot 2 \cdot 40,63 = 162,51 \text{ kN}$$

Résistance totale

$$F_{rs,k} = 2 \cdot (2 \cdot n_r \cdot F_{v,ext,k}) + 2 \cdot n_r \cdot F_{v,int,k} = 2 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 17,21) + 2 \cdot 2 \cdot 40,63 = 300,19 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

Hypothèse : l'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage, ce calcul est une supposition, le draft reste flou sur ce type de rupture.

Résistance partie extérieure

$$F_{b,o,k} = \min(F_{sp,k,ext}/0,3; F_{bs,ext,k}; F_{rs,ext,k}) = \min(43,76; 48,86; 68,84) = 43,76 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{b,i,k} = \min(F_{sp,k,int}/0,3; F_{bs,int,k}; F_{rs,int,k}) = \min(103,32; 115,34; 162,51) = 103,32 \text{ kN}$$

Résistance à la rupture fragile

$$F_{br,Rk,fendage} = \min(F_{b,o,k} (n_o + n_i t_i / t_o) ; F_{b,i,k} (n_o t_o / t_i + n_i)) = \min(43,76 (2 + 1 \cdot 60 / 39) ; 103,32 (2 \cdot 39 / 60 + 1)) = 154,86 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Sans fendage

Résistance partie extérieure

$$F_{b,o,k} = \min(F_{b,s,ext,k}; F_{r,s,ext,k}) = \min(48,86; 68,84) = 48,86 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{b,i,k} = \min(F_{b,s,int,k}; F_{r,s,int,k}) = \min(115,34; 162,51) = 115,34 \text{ kN}$$

Résistance à la rupture fragile

$$F_{br,Rk} = \min(F_{b,o,k} (n_o + n_i t_i / t_o); F_{b,i,k} (n_o t_o / t_i + n_i)) = \min(48,86 (2 + 1 \cdot 60 / 39); 115,34 (2 \cdot 39 / 60 + 1)) = 172,88 \text{ kN}$$

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 12 / 23 = 4490,84 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser,ass,ext} = n_{type} \cdot n_{plan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 4490,84 = 71,85 \text{ kN/mm}$$

Pour 1 plan extérieur

$$K_{ser,ass,int} = n_{type} \cdot n_{plan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 4490,84 = 143,71 \text{ kN/mm}$$

$$K_{ser,ass} = 2 \cdot K_{ser,ass,ext} + K_{ser,ass,int} = 2 \cdot 71,85 + 143,71 = 287,41 \text{ kN/mm}$$

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

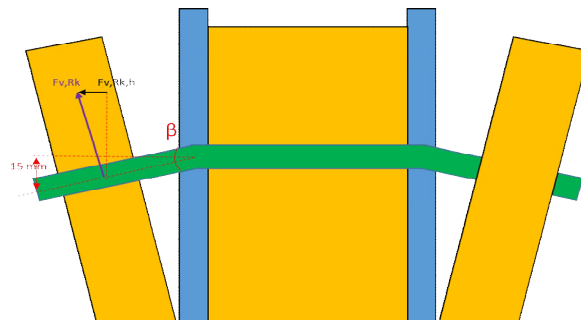
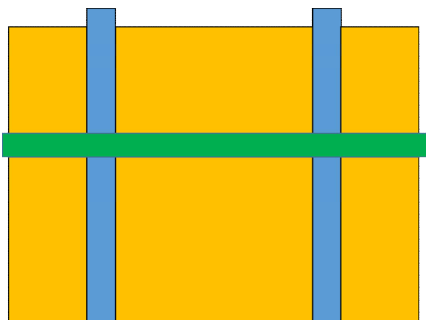
Fermeture de l'assemblage par une vis traversante

ESCRFTC8.0x160 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie
l = 160 mm
lg = 160 mm filetage total lors des essais
d = 8 mm
dI = 5,2 mm
dh = 15 mm

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Le mode de rupture est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.10.1.1), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 130,54 kN, et K la raideur total de l'assemblage.

La broche se plie au maximum avec un angle de $\beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{\text{pliable}})) = \text{Arctan}((130,54/287,41)/43) = 0,61^\circ$

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage :

Effort maximum que peut transmettre une broche : $F_{v,Rk} = 20,84 \text{ kN}$

Voir partie : 1.4.3

Effort horizontale qui ouvre l'assemblage : $F_{v,Rk,h} = \sin(\beta) \cdot F_{v,Rk} = \sin(0,61) \cdot 20839,91 = 220,1 \text{ N}$

Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_{v,R_{\text{mean},H}} = n \cdot F_{v,R_{\text{mean},h}} = 8 \cdot 220,1 = 1760,82 \text{ N}$

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la vis :

Air nette de la vis : $A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$

Traction dans la vis : $F_{t,Rk} = f_{tens} = 24100 \text{ N}$

Cisaillement dans le bois : $F_{ax,Rk} = f_{ax,90,k} \cdot d_s \cdot t_{\text{ext}} = 13,1 \cdot 8 \cdot 39 = 4087,2 \text{ N}$

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$

$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 4,09) \cdot 1 > 1,76 \text{ kN}$

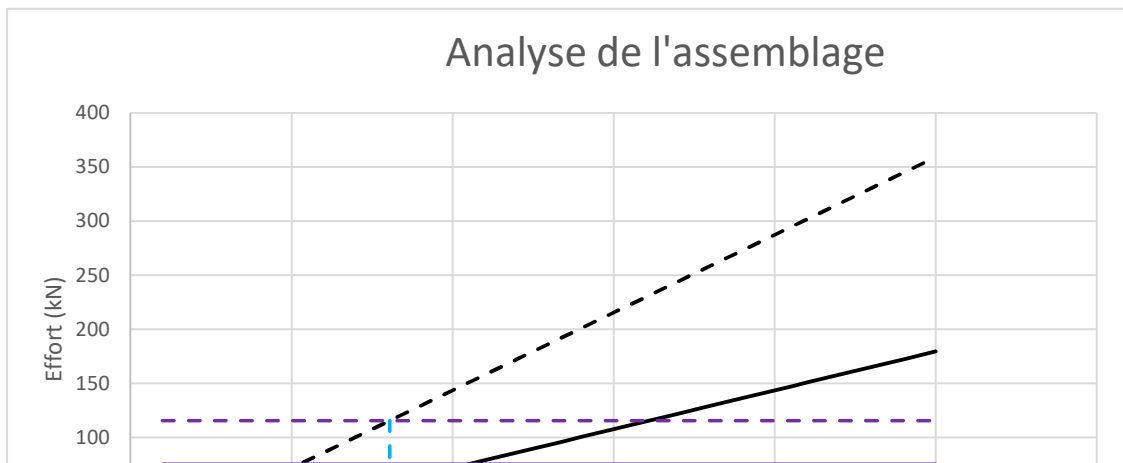
Il faut donc disposer de 1 vis référence : ESCRFTC8.0x160 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

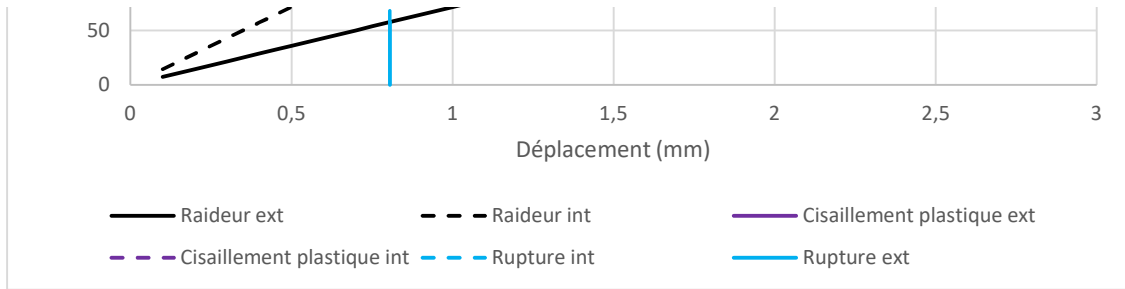
La rupture de l'assemblage en valeur moyenne est ici une rupture fragile. Lorsque la rupture intervient dans la partie intérieure, il est nécessaire de prendre en compte la charge qu'il y avait dans les parties extérieures afin de connaître la capacité de charge complète de l'assemblage à la rupture.

1.6.10.1 Valeurs EXPERIMENTALES

1.6.10.1.1 Rupture de l'assemblage EXPERIMENTALE EC5 non renforcé (rupture par fendage)



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{v,Rexp,ass,fendage} = F_{v,Rexp,int,fendage} + 2 \cdot (F_{v,Rexp,int,fendage} / K_{ser,int} - K_{ser,ext}) = 115,7 + 2 \cdot (115,7 / 143,71 - 71,85) = 231,4 \text{ kN}$$

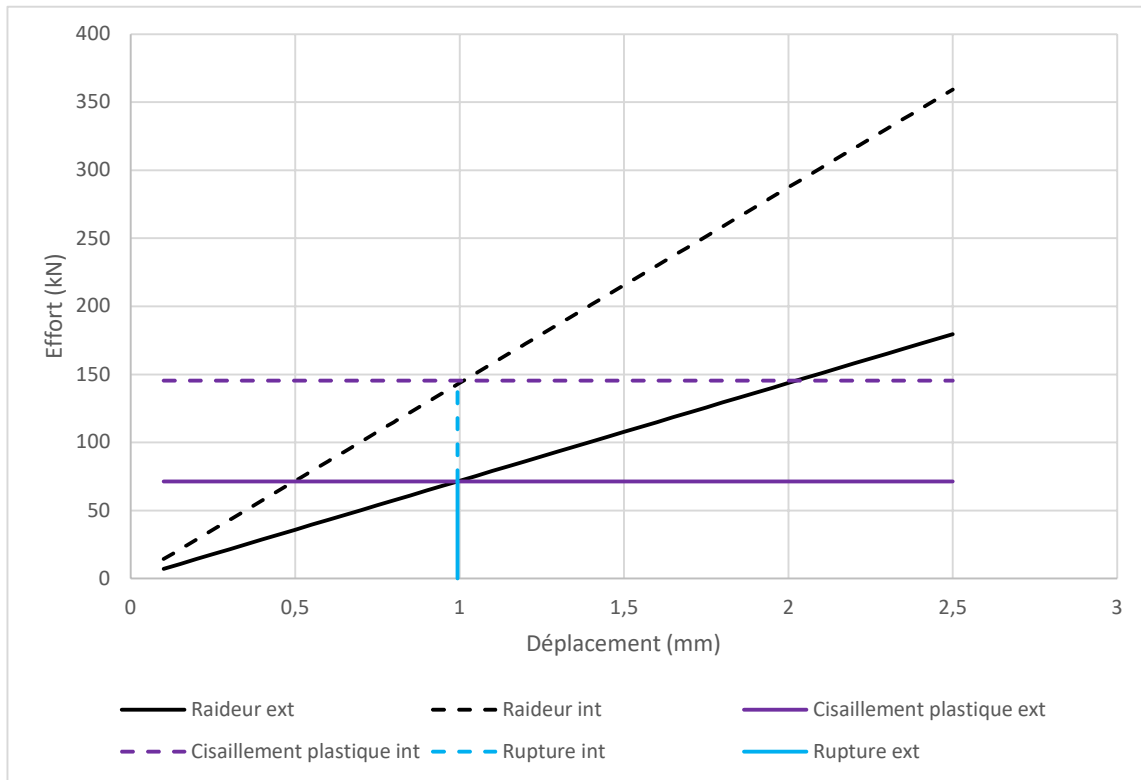
1.6.10.1.2 Rupture de l'assemblage EXPERIMENTALE EC5 cisaillement plastique

$$F_{v,Rexp,ass,plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 13712,4) + (2 \cdot 8 \cdot 10548) = 388,17 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.10.2 Valeurs CARACTERISTIQUES

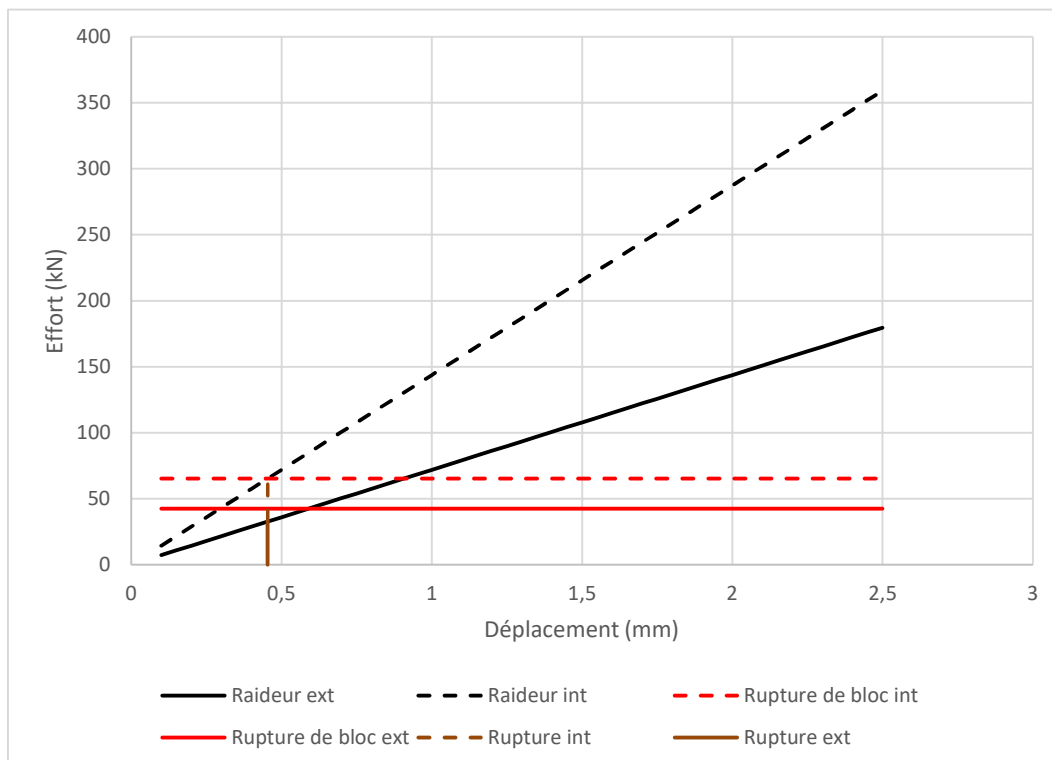
1.6.10.2.1 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 non renforcé (rupture par fendage)



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_v, R_k, \text{ass, fendage} = F_v, R_k, \text{int, fendage} + 2 \cdot (F_v, R_k, \text{int, fendage} / K_{\text{ser, int}} \cdot K_{\text{ser, ext}}) = 109,71 + 2 \cdot (109,71 / 143,71 \cdot 71,85) = 219,41 \text{ kN}$$

1.6.10.2.2 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)



Résistance de l'assemblage complet :

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{bs,Rk,ass} = F_{bs,Rk,int} + 2 \cdot (F_{bs,Rk,int} / K_{ser,int} - K_{ser,ext}) = 65,27 + 2 \cdot (65,27 / 143,71 - 71,85) = 130,54 \text{ kN}$$

1.6.10.2.3 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 cisaillement plastique

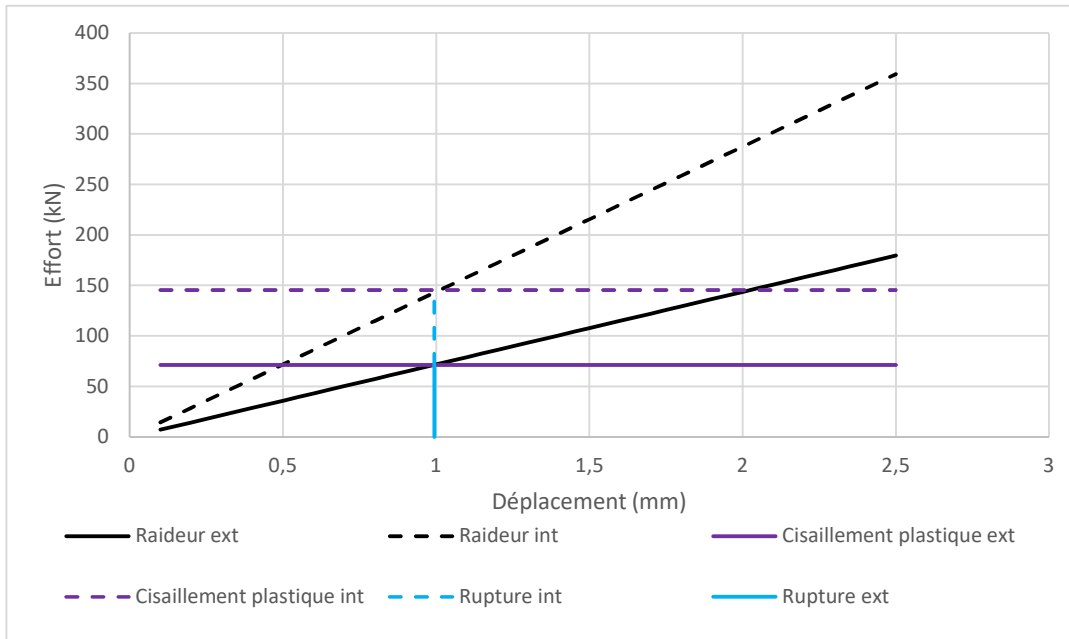
$$F_{v,Rk,ass,plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 10838,53) + (2 \cdot 8 \cdot 10001,38) = 333,44 \text{ kN}$$

1.6.10.2.4 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 traction nette

$$F_{t,D,Rk,ass,traction} = (2 \cdot A_{net,ext} + A_{net,int}) \cdot f_{t,D,k} = (2 \cdot 3276 + 5040) \cdot 19,2 = 222,57 \text{ kN}$$

1.6.10.3 Valeurs MOYENNES

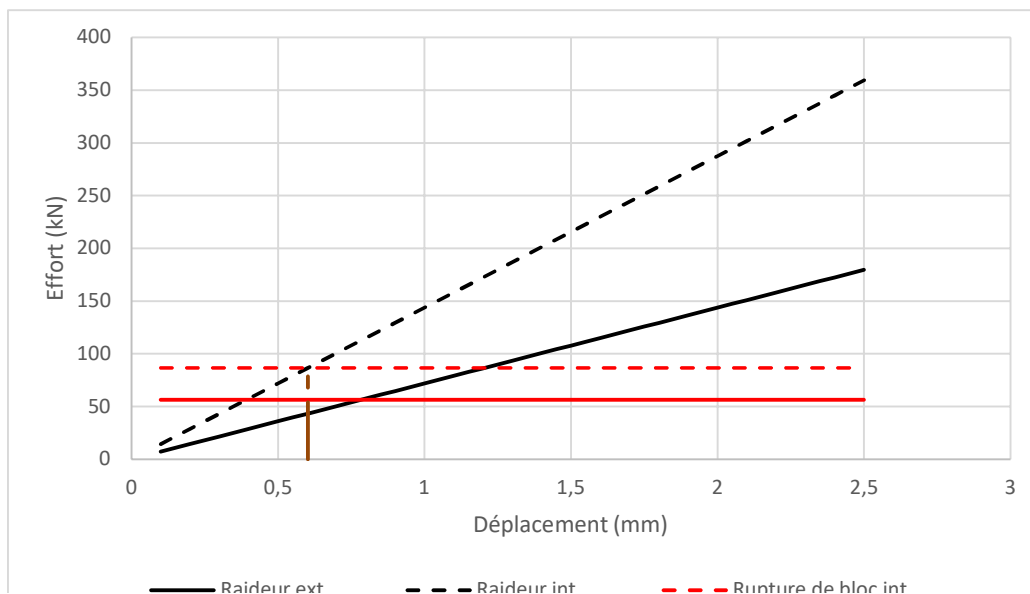
1.6.10.3.1 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 non renforcé (rupture par fendage)



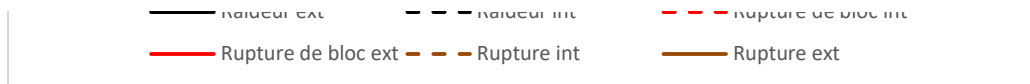
Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = 2 \cdot F_{v,Rk,ass,fendage} + (F_{v,Rk,ext,fendage} / K_{ser,ext} - K_{ser,int}) = 2 \cdot 71,41 + 71,41 / 71,85 - 143,71 = 285,63 \text{ kN}$$

1.6.10.3.2 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{bs,Rk,ass} = F_{bs,Rk,int} + 2 \cdot (F_{bs,Rk,int} / K_{ser,int} - K_{ser,ext}) = 86,56 + 2 \cdot (86,56 / 143,71 - 71,85) = 173,12 \text{ kN}$$

1.6.10.3.3 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 cisaillement plastique

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 13019,96) + (2 \cdot 8 \cdot 13264,42) = 420,55 \text{ kN}$$

1.6.10.3.4 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 traction nette

$$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = (2 \cdot A_{net,ext} + A_{net,int}) \cdot f_{t,0,mean} = (2 \cdot 3276 + 5040) \cdot 25,46 = 295,18 \text{ kN}$$

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Plastique majorée

$$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 420,55 \cdot 1,2 = 504,66 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

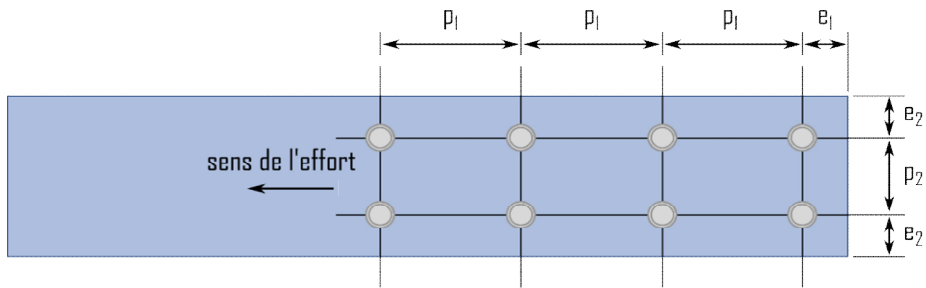
$$F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 173,12 \cdot 1,2 = 207,75 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = F_{t,0,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 295,18 \cdot 1,2 = 354,22 \text{ kN}$$

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs caractéristiques partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$d0 = d + j = 12 + 0,6 = 12,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale :

$$\text{Critère } (2.2 \cdot d0 \leq p1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p1 = 60 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2.4 \cdot d0 \leq p2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p2 = 36 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (1.2 \cdot d0 \leq e1) \quad e1 = 16 \text{ mm}$$

· Pince transversale :

$$\text{Critère } (1.2 \cdot d0 \leq e2) \quad e2 = 17 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique : $hm = 70 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique : $tm = 8 \text{ mm}$

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right)$$

$$k1 = \min(2.8 \cdot 17 / 12.6 - 1.7; 1.4 \cdot 36 / 12.6 - 1.7; 2.5) = 2.08$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

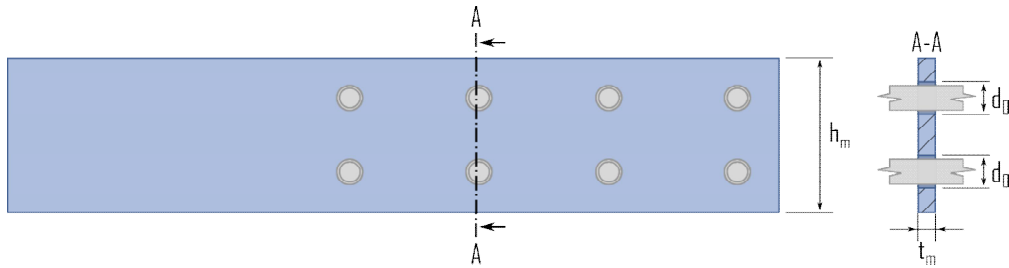
$$\alpha_b = \min(16 / (3 \cdot 12.6); 60 / (3 \cdot 12.6) - 0.25; 900 / 540; 1) = 0.42$$

$$Nb, Rk, ass = nbloc \cdot m \cdot n \cdot k1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot tm = 2 \cdot 8 \cdot 2.08 \cdot 0.42 \cdot 540 \cdot 12.6 = 729.48 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n_r \cdot d_0) \cdot t_m = (70 - 2 \cdot 12,6) \cdot 8 = 358,4 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = n_{bloc,m} \cdot 0,9 \cdot A_{net,m} \cdot f_{u,k,m} = 2 \cdot 0,9 \cdot 358 \cdot 540 = 348,36 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = n_{bloc,m} \cdot A_m \cdot f_{y,k,m} = 2 \cdot 70 \cdot 8 \cdot 460 = 515,2 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

- Bois :
 - Extérieures = $E_{0,mean} \cdot h_b \cdot (text \cdot 2) = 11500 \cdot 108 \cdot (39 \cdot 2) = 96876 \text{ kN}$
 - Intérieures = $E_{0,mean} \cdot h_b \cdot t_{int} = 11500 \cdot 108 \cdot 60 = 74520 \text{ kN}$
- Métal :
 - Extérieures = $E_m \cdot mean \cdot h_m \cdot t_m = 210000 \cdot 70 \cdot 8 = 117600 \text{ kN}$
 - Intérieures = $2 \cdot E_m \cdot mean \cdot h_m \cdot t_m / 2 = 2 \cdot 210000 \cdot 70 \cdot 8 / 2 = 117600 \text{ kN}$

$$\text{Écart de rigidité extérieures } ((\text{Métal,ext-Bois,ext})/\text{Métal,ext}) = 17,62 \%$$

$$\text{Écart de rigidité intérieures } ((\text{Métal,int-Bois,int})/\text{Métal,int}) = 36,63 \%$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, ass, plastique = 333,44 \text{ kN}$	333 kN
Fendage $F_v, R_k, ass, fendage = 219,41 \text{ kN}$	219 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, ass = 130,54 \text{ kN}$	131 kN
Traction nette $F_v, R_k, ass, traction = 222,57 \text{ kN}$	223 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, ass, plastique, D = 365,07 \text{ kN}$	365 kN
Fendage $F_v, R_k, ass, fendage, D = 154,86 \text{ kN}$	155 kN
Rupture de bloc (sans risque de fendage) $F_{bs}, R_k, ass = 172,88 \text{ kN}$	173 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp}, ass, plastique, D = 388,17 \text{ kN}$	388 kN
---------------------------------------------------------------------------------	--------

1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp}, ass, plastique = 388,17 \text{ kN}$	388 kN
Fendage $F_v, R_{exp}, ass, fendage, = 231,4 \text{ kN}$	231 kN

1.9.5. Bois EC5 MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{mean}, ass, plastique = 420,55 \text{ kN}$	421 kN
Fendage $F_v, R_{mean}, ass, fendage = 285,63 \text{ kN}$	286 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{mean}, ass = 173,12 \text{ kN}$	173 kN
Traction nette $F_t, D, R_{mean}, ass, traction = 295,18 \text{ kN}$	295 kN

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Cisaillement plastique majoré $F_v, R_{major, ass, plastique} = 504,66 \text{ kN}$	505 kN
Rupture de bloc majorée $F_{bs}, R_{major, ass} = 207,75 \text{ kN}$	208 kN
Traction nette majorée $F_t, R_{major, ass, traction} = 354,22 \text{ kN}$	354 kN

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes par plan.

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax}, 90^{\circ}, k; R_{head}, k) R_{tens}, k) \geq F_t, 90, E_k / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(2,48; 0,87); 5,3) = 2,48 \text{ kN} > 1,63 \text{ kN}$$

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité, de part et d'autre de l'assemblage (chevauchement) pour la fermeture en valeurs caractéristique.

$$R_{ax, ferm, k} = \min(F_t, R_k; F_{ax}, R_k) \cdot n_{vis} > F_v, R_k, H$$

$$R_{ax, ferm, k} = \min(24,1; 4,09) \cdot 1 > 1,76 \text{ kN}$$

1.9.8. Métal

Pression diamétrale

$$N_b, R_k, ass = n_{bloc, m} \cdot n_{kl} \cdot \alpha \cdot f_u, k, m \cdot d \cdot t_m = 2 \cdot 8 \cdot 2,08 \cdot 0,42 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 729,48 \text{ kN}$$

729 kN

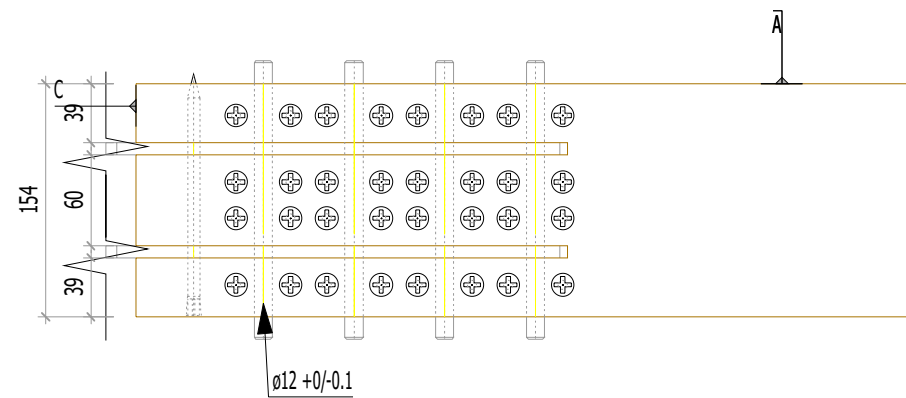
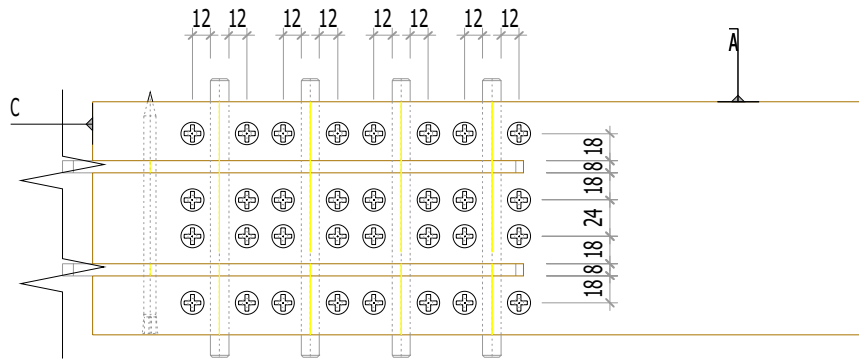
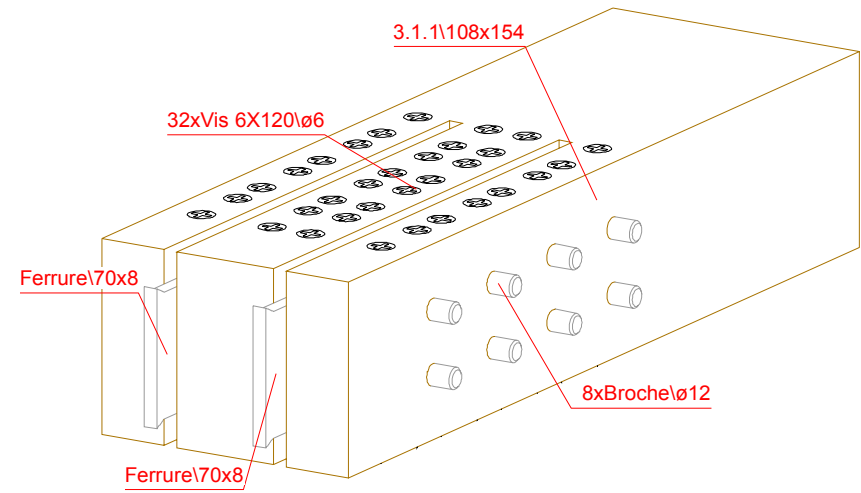
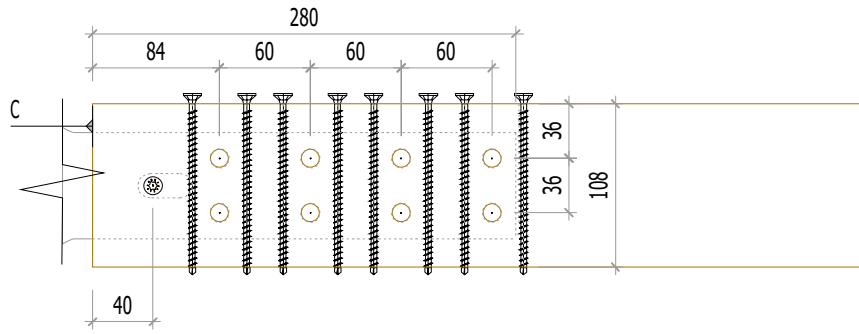
Section nette

$$N_u, R_k, ass = n_{bloc, m} \cdot 0,9 \cdot A_{nt, m} \cdot f_u, k, m = 2 \cdot 0,9 \cdot 358 \cdot 540 = 348,36 \text{ kN}$$

348 kN

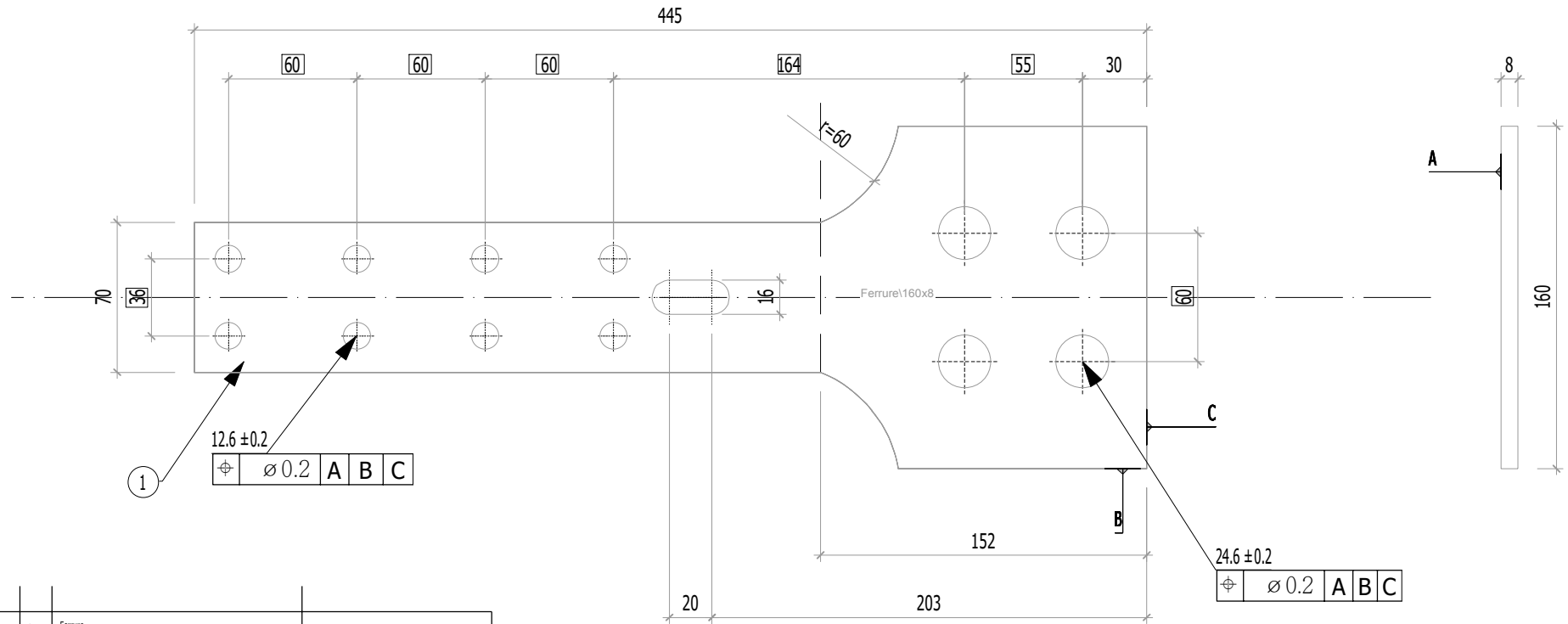
$$N_{pl}, R_k, ass = n_{bloc, m} \cdot A_m \cdot f_y, k, m = 2 \cdot 70 \cdot 8 \cdot 460 = 515,2 \text{ kN}$$

515 kN



3.1.1

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



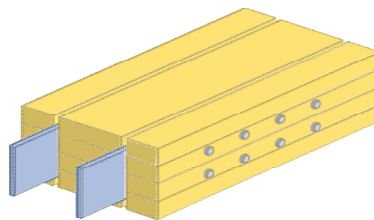
1		24	Ferrure								
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0426378m ²							
Matière	Traitement			Tol généré	Usinage	Ech					
S 460 ou équivalent			Ciser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	X ^{+0,5} _{-0,5}	Ra12,5 <small>selon indications construct.</small>	Echelle: 1: 3					
ENSTIB-LERMAB-CRITT				MASSE		Dessinateur: ALBERT LEO					
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS				2.678 kg		Date: 03.04.2020					
ENSTIB		Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76				Feuille: Ind:					
27 rue Philippe Seguin BP1041 880501 EPINAL Cedex 9											

F3.1.1

1. Assemblage bois multiplan sollicité en traction

1.0. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes :	Broches
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 vis en extrémité, de part et d'autre de l'assemblage (chevauchement) pour la fermeture en valeurs caractéristique.
Renforcement de l'assemblage	2 vis de frettage par plan par colonne d'organes
Section bois :	$(2 \times 76 + 94) \times 108$ mm
Section métal :	90 X 8 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLC".

1.1. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur moyenne. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode $(g+k/m) \Rightarrow$ soit le mode 5.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométriques des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.2.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
 - 1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5 Justification des vis de renfort
 - 1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1 Eurocode 5
 - 1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.2 Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2.1 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 non renforcé (rupture par fendage)
 - 1.6.10.2.2 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)
 - 1.6.10.2.3 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 cisaillement plastique
 - 1.6.10.2.4 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 traction nette
 - 1.6.10.3 Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.3.1 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 non renforcé (rupture par fendage)
 - 1.6.10.3.2 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.6.10.3.3 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 cisaillement plastique
- 1.6.10.3.4 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 traction nette
- 1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs caractéristiques partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.7.2. Section métal
 - 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
 - 1.7.4. Calculs des sections nettes
 - 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats
 - 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
 - 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
 - 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
 - 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
 - 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
 - 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
 - 1.9.7. Renforcement
 - 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

- Diamètre des organes: $d = 12 \text{ mm}$ tolérance ($\pm h7$)
- Classe de broche: 8.8
 - Résistance en traction des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900 \text{ Mpa}$ (données fournisseurs : VIAL FRERES)
 - Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Limite d'élasticité des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720 \text{ Mpa}$ (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)
 - Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 900 \cdot 12^2 \cdot 2,6 = 172677 \text{ N.mm}$
 - Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 946,57 \cdot 12^2 \cdot 2,6 = 181613 \text{ N.mm}$
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (Draft)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot f_{u,k} \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot 900 \cdot 12^3 = 233280 \text{ N.mm}$
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (Expérimentale)
 - Valeur expérimentale: $M_{y,Rexp} = 279360 \text{ N.mm}$

1.3.2. Bois

- Classe de résistance: GL24h (Schneider)
- Masse volumique: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61 \text{ kg/m}^3$ (COV = 0,15)
- Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction parallèle au fil:
 - Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46 \text{ MPa}$ (COV = 0,15)
- Résistance en cisaillement: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64 \text{ Mpa}$ (COV = 0,15)
- Portance locale parallèle au fil: (EC5 / Draft)
 - Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 385 = 27,78 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 510,61 = 36,85 \text{ Mpa}$
 - Valeur expérimentale: $f_{h,0,exp} = 29,3 \text{ Mpa}$

1.3.3. Métal

- Nuance d'acier: S460

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Module d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Portance locale parallèle au fil: (Draft)
Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique:
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé «N» $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois: $h_b = 108 \text{ mm}$
- Épaisseur des éléments bois: $t_{ext} = 76 \text{ mm}$ et $t_{int} = 94 \text{ mm}$

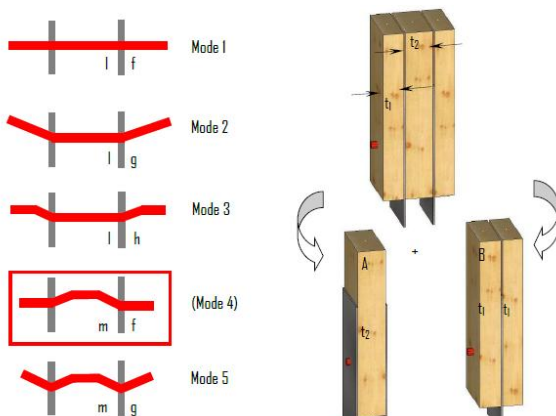
1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v,Rexp} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2,exp} t_2 d + f_{h,1,exp} t_1 d & (l + f) \\ 0.5 f_{h,2,exp} t_2 d + f_{h,1,exp} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rexp}}{f_{h,1,exp} d t_1^2}} - 1 \right] & (l + g) \\ 0.5 f_{h,2,exp} t_2 d + 2\sqrt{M_{y,Rexp} f_{h,1,exp} d} & (l + h) \\ 2\sqrt{M_{y,Rexp} f_{h,2,exp} d} + f_{h,1,exp} t_1 d & (m + f) \\ 2\sqrt{M_{y,Rexp} f_{h,2,exp} d} + f_{h,1,exp} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rexp}}{f_{h,1,exp} d t_1^2}} - 1 \right] & (m + g) \\ 2\sqrt{M_{y,Rexp} f_{h,2,exp} d} + 2\sqrt{M_{y,Rexp} f_{h,1,exp} d} & (m + h) \end{cases}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (h et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre l'acier et le bois.
- La décomposition pour l'analyse limite se fait en considérant la partie intérieure de l'assemblage au centre de deux plaques épaisses. Pour les parties extérieures, l'épaisseur des plaques métalliques est sans importance.
- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Rexp} = \min \begin{cases} 16525 + 26722 = 43247 \text{ N mode } (l + f) \\ 16525 + 15951 = 32477 \text{ N mode } (l + g) \\ 16525 + 19822 = 36347 \text{ N mode } (l + h) \\ 19822 + 26722 = 46543 \text{ N mode } (m + f) \\ 19822 + 15951 = 35773 \text{ N mode } (m + g) \\ 19822 + 19822 = 39643 \text{ N mode } (m + h) \end{cases} \rightarrow F_{v,Rexp} = 32477 \text{ N (mode } l + g) \quad \textit{Effort par plaque}$$

- Contribution de l'effet de corde:
dimensionnant
Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax,Rexp}; X \cdot F_{v,Rexp})$
Pour des broches, $X = 0$



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2,74$$

Partie extérieure

$$F_{v, Rexp, ext} = 15951,34 \text{ N}$$

$$F_{v, ext, Rexp, ass, fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v, Rexp, ext} = 1 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 15,95 = 87,49 \text{ kN}$$

Partie intérieure

$$F_{v, Rexp, int} = 16525,2 \text{ N}$$

$$F_{v, int, Rexp, ass, fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v, Rexp, int} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 16,53 = 181,27 \text{ kN}$$

Assemblage complet

$$F_{v, Rexp, ass, fendage} = 2 \cdot F_{v, ext, Rexp, ass, fendage} + F_{v, int, Rexp, ass, fendage} = 2 \cdot 87,49 + 181,27 = 356,24 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v, Rexp, ass, plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 32,48 = 519,62 \text{ kN}$$

1.4.2.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage

$$F_{t, ext} = 15951,34 \text{ N} \quad S_{ext} = t_{ext} \cdot h_b = 76 \cdot 108 = 8208 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

$$F_{t, int} = 16525,2 \text{ N} \quad S_{int} = t_{int} / 2 \cdot h_b = 94 / 2 \cdot 108 = 5076 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

Isocontrainte si $[F_{t, ext} / S_{ext} = F_{t, int} / S_{int}]$

$$\text{soit } [15951,34 / 8208 = 16525,2 / 5076] \Rightarrow [1,94 = 3,26] \Rightarrow \text{soit un écart de } -67,52 \%$$

1.4.3 Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0,5 f_{h, 2, mean} t_2 d + f_{h, 1, mean} t_1 d & (l + f) \\ 0,5 f_{h, 2, mean} t_2 d + f_{h, 1, mean} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y, Rmean}}{f_{h, 1, mean} d t_1^2}} - 1 \right] & (l + g) \\ 0,5 f_{h, 2, mean} t_2 d + 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 1, mean} d} & (l + h) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + f_{h, 1, mean} t_1 d & (m + f) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + f_{h, 1, mean} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y, Rmean}}{f_{h, 1, mean} d t_1^2}} - 1 \right] & (m + g) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 1, mean} d} & (m + h) \end{cases}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (h et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre l'acier et le bois.
- La décomposition pour l'analyse limite se fait en considérant la partie intérieure de l'assemblage au centre

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

de deux plaques épaisses. Pour les parties extérieures, l'épaisseur des plaques métalliques est sans importance.

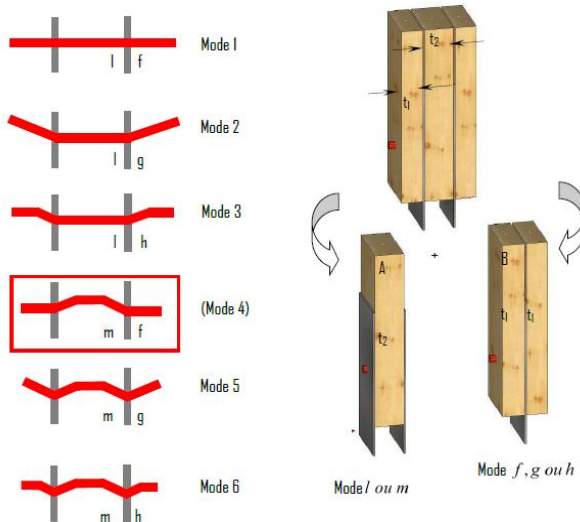
- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_v, R_{\text{mean}} = \min \begin{cases} 20781+33603 = 54384 \text{ N mode (l + f)} \\ 20781+17186 = 37967 \text{ N mode (l + g)} \\ 20781+17922 = 38703 \text{ N mode (l + h)} \\ 17922+33603 = 51525 \text{ N mode (m + f)} \\ 17922+17186 = 35108 \text{ N mode (m + g)} \\ 17922+17922 = 35844 \text{ N mode (m + h)} \end{cases} \rightarrow F_v, R_{\text{mean}} = 35108 \text{ N (mode m + g)} \quad \text{Effort par plaque}$$

- Contribution de l'effet de corde:
dimensionnant

$$\text{Effet de corde} = \min(0.25 \cdot F_{ax}, R_{\text{mean}}; X \cdot F_v, R_{\text{mean}})$$

Pour des broches, $X = 0$



1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2.74$$

Partie extérieure

$$\text{Effort de rupture partie extérieure} : F_v, R_{\text{mean}, \text{ext}} = 17186.06 \text{ N}$$

$$F_{v, \text{ext}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{ef} \cdot F_v, R_{\text{mean}, \text{ext}} = 1 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 17.19 = 94.26 \text{ kN}$$

Partie intérieure

$$\text{Effort de rupture partie intérieure} : F_v, R_{\text{mean}, \text{int}} = 17922 \text{ N}$$

$$F_{v, \text{int}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{ef} \cdot F_v, R_{\text{mean}, \text{int}} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 17.92 = 196.59 \text{ kN}$$

Assemblage complet

$$F_v, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}} = 2 \cdot F_{v, \text{ext}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} + F_{v, \text{int}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} = 2 \cdot 94.26 + 196.59 = 385.1 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_v, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{plastique}} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_{\text{mean}} = 2 \cdot 8 \cdot 35.11 = 561.73 \text{ kN}$$

1.4.3.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{\text{text}} = 17186,06 \text{ N}$$

$$S_{\text{ext}} = \text{text} \cdot \text{hb} = 76 \cdot 108 = 8208 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

$$F_{\text{tint}} = 17922 \text{ N}$$

$$S_{\text{int}} = \text{tint} / 2 \cdot \text{hb} = 94 / 2 \cdot 108 = 5076 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

Isococontrainte si $[F_{\text{text}}/S_{\text{ext}} = F_{\text{tint}}/S_{\text{int}}]$

soit $[17186,06/8208 = 17922/5076] \Rightarrow [2,09 = 3,53] \Rightarrow$ soit un écart de -68,63 %

1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{ll} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + f_{h,1,k} t_1 d & (l+f) \\ 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] & (l+g) \\ 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} & (l+h) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + f_{h,1,k} t_1 d & (m+f) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] & (m+g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} & (m+h) \end{array} \right.$$

· Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 15669 + 25337 = 41006 \text{ N mode } (l+f) \\ 15669 + 13576 = 29244 \text{ N mode } (l+g) \\ 15669 + 17451 = 33120 \text{ N mode } (l+h) \\ 17451 + 25337 = 42788 \text{ N mode } (m+f) \\ 17451 + 13576 = 31026 \text{ N mode } (m+g) \\ 17451 + 17451 = 34902 \text{ N mode } (m+h) \end{array} \right. \rightarrow F_{v,Rk} = 29244 \text{ N (mode } l+g) \quad \textit{Effort par plaque}$$

Note : le mode (m+f) n'est pas un mode cinématiquement possible

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Contribution de l'effet de corde:
mode (g+j/l) dimensionnant
Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax,Rk}; X \cdot F_{v,Rk})$
Pour des broches, $X = 0$

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2,74$$

Partie extérieure

Effort de rupture partie extérieure : $F_{v,Rk,ext} = 13575,61 \text{ N}$

$$F_{v,ext,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 1 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 13,58 = 74,46 \text{ kN}$$

Partie intérieure

Effort de rupture partie intérieure : $F_{v,Rk,int} = 15668,82 \text{ N}$

$$F_{v,int,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 15,67 = 171,87 \text{ kN}$$

Assemblage complet

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = 2 \cdot F_{v,ext,Rmean,ass,fendage} + F_{v,int,Rmean,ass,fendage} = 2 \cdot 74,46 + 171,87 = 320,78 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 29,24 = 467,91 \text{ kN}$$

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right]} + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2 + \beta} \left[\sqrt{\frac{2(1 + \beta)}{\beta} + \frac{4(2 + \beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2(1 + \beta) + \frac{4(1 + 2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1 + \beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

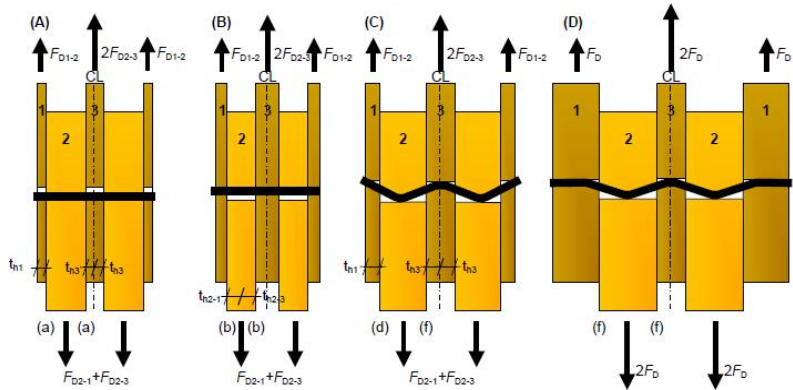
* Partie 1/2

$$th1 = text = 76 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = fh,2,k/fh,1,k = 600/27,78 = 21,6$$

Fv,rk,D,1/2 = min	25337 N mode (a)
	28800 N mode (b)
	10565 N mode (c)
	15079 N mode (d)
	13055 N mode (e)
	19829 N mode (f)



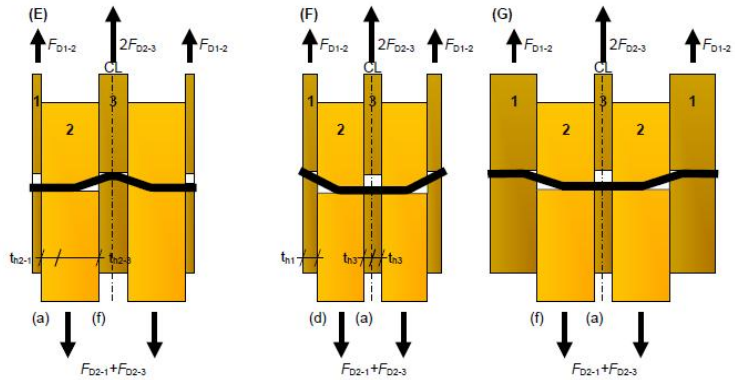
* Partie 3/2

$$th1 = tint/2 = 94/2 = 76 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = fh,2,k/fh,1,k = 600/27,78 = 21,6$$

Fv,rk,D,3/2 = min	15669 N mode (a)
	28800 N mode (b)
	6889 N mode (c)
	13020 N mode (d)
	13055 N mode (e)
	19829 N mode (f)



* Addition des modes

Fv,rk,D = min	mode (a) + (a) = 25337 + 15669 = 41006 N
	mode (b) + (b) = 28800 + 28800 = 57600 N
	mode (d) + (f) = 15079 + 19829 = 34908 N
	mode (f) + (f) = 19829 + 19829 = 39659 N
	mode (a) + (f) = 25337 + 19829 = 45166 N
	mode (d) + (a) = 15079 + 15669 = 30748 N
	mode (f) + (a) = 19829 + 15669 = 35498 N

$$Fv,rk,D = 30748 \text{ N modes (d) + (a)}$$

Effort par plaque

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (30747,57 \cdot 8) = 491,96 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

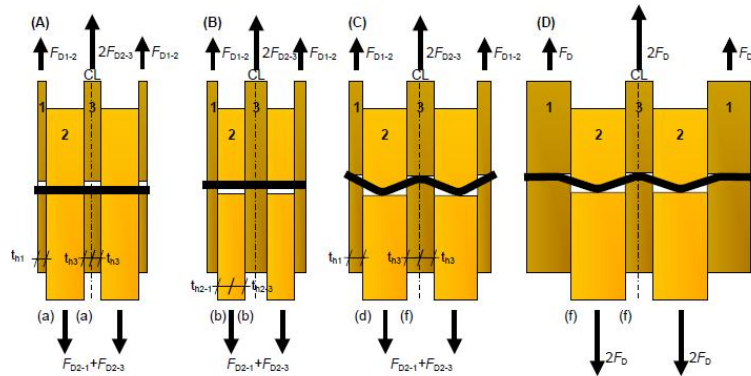
* Partie 1/2

$$th1 = text = 76 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/29,3 = 20,48$$

$$F_{v,exp,D,1/2} = \min \begin{cases} 26722 \text{ N mode (a)} \\ 28800 \text{ N mode (b)} \\ 11111 \text{ N mode (c)} \\ 16453 \text{ N mode (d)} \\ 14568 \text{ N mode (e)} \\ 22258 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



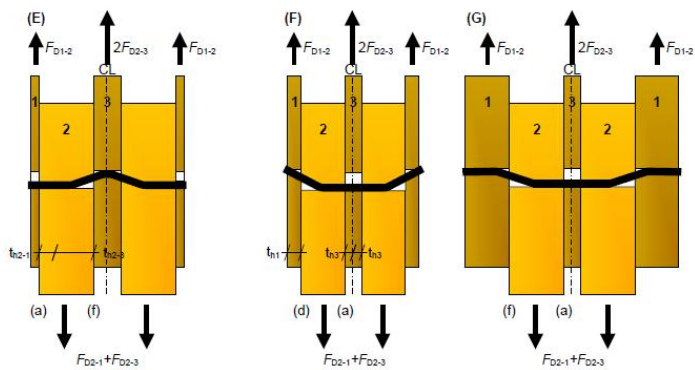
* Partie 3/2

$$th1 = tint/2 = 94/2 = 76 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/29,3 = 20,48$$

$$F_{v,exp,D,3/2} = \min \begin{cases} 16525 \text{ N mode (a)} \\ 28800 \text{ N mode (b)} \\ 7220 \text{ N mode (c)} \\ 14504 \text{ N mode (d)} \\ 14568 \text{ N mode (e)} \\ 22258 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



* Addition des modes

$$F_{v,exp,D} = \min \begin{cases} \text{mode (a) + (a)} = 26722 + 16525 = 43247 \text{ N} \\ \text{mode (b) + (b)} = 28800 + 28800 = 57600 \text{ N} \\ \text{mode (d) + (f)} = 16453 + 22258 = 38711 \text{ N} \\ \text{mode (f) + (f)} = 22258 + 22258 = 44515 \text{ N} \\ \text{mode (a) + (f)} = 26722 + 22258 = 48979 \text{ N} \\ \text{mode (d) + (a)} = 16453 + 16525 = 32978 \text{ N} \\ \text{mode (f) + (a)} = 22258 + 16525 = 38783 \text{ N} \end{cases}$$

$$F_{v,exp,D} = 32978 \text{ N modes (d) + (a)}$$

Effort par plaque

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rexp,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rexp,D} \cdot n) = 2 \cdot (32978,1 \cdot 8) = 527,65 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.5 Justification des vis de renfort

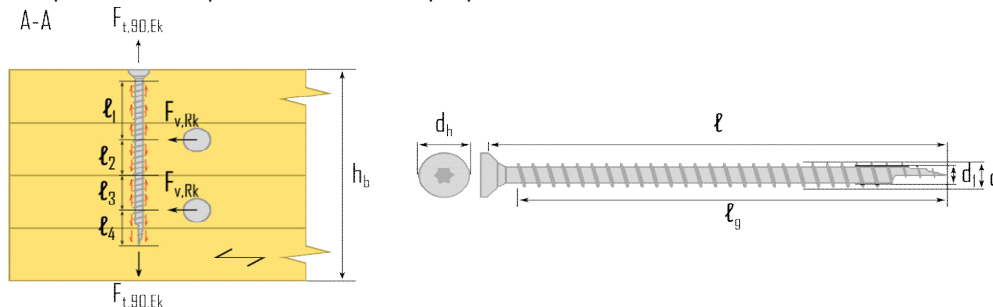
1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

Vis Hecko 6X120 => Fournisseur : (type Hecko)

Propriétés caractéristiques de géométrie	Propriétés caractéristique de résistance
$l = 120 \text{ mm}$ $l_g = 120 \text{ mm}$ filetage total lors des essais $d = 6 \text{ mm}$ $d_l = 2,7 \text{ mm}$ $d_h = 9,6 \text{ mm}$	$f_{ax,90^\circ,k} = 11,5 \text{ Mpa}$ $f_{head,k} = 13 \text{ Mpa}$ $f_{tens,k} = 5,3 \text{ kN}$ $f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broche, par plan de cisaillement.



4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

$$l_1 = h_b/2 - 1,5d - l + l_g = 108/2 - 1,5 \cdot 12 - 120 + 120 = 36 \text{ mm}$$

$$l_2 = 13 \cdot a_2/2 = 36/2 = 18 \text{ mm}$$

Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a2

$$l_4 = l - h_b/2 - a_2/2 = 120 - 108/2 - 36/2 = 48 \text{ mm}$$

Note : pour les valeurs de pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

· Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^\circ,k} = f_{ax,90^\circ,k} \cdot d \cdot l_{i,min} = 11,5 \cdot 6 \cdot 36 = 2,48 \text{ kN}$$

· Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} = 5,3 \text{ kN}$$

· Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d_l^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((9,6^2 - 2,7^2)/4) \cdot 13 = 0,87 \text{ kN}$$

Justification à titre indicatif

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

- Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement :

$$F_{v,rk} = 29244 \text{ N (mode I + g)}$$

- Effort résistant intérieur et extérieur par plan :

$$F_{v,rk,ext} = 13575,61 \text{ N}$$

$$F_{v,rk,int} = 15668,82 \text{ N}$$

- Effort résistant maximum par plan :

$$F_{v,rk} = \max(F_{v,rk,ext} ; F_{v,rk,int}) = \max(13576 ; 15669) = 15669 \text{ N}$$

- Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_{t,90,Ek} = 0,3 \cdot F_{v,Rk} = 0,3 \cdot 15669 = 4,7 \text{ kN}$$

Note : Pour le calcul du renforcement, l'effort maximum par plan de part et d'autre de la plaque est retenue

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^{\circ},k}; R_{head,k}) R_{tens,k}) \geq F_{t,90,Ek} / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(2,48; 0,87); 5,3) = 2,48 \text{ kN}$$

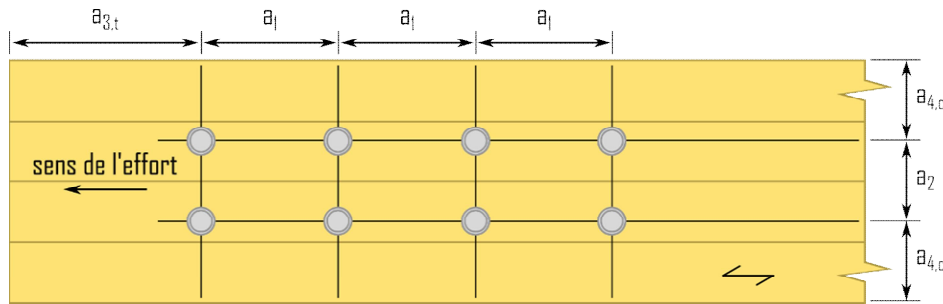
$$F_{t,90,Ek} / n_{vis} = 4,7 / 2 = 2,35 \text{ kN} \quad \Rightarrow \quad 2 \text{ vis par plan par colonne de broche.}$$

$$R_{renf,k} > 0,3 \cdot F_{t,90,k} \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



- Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$$

- Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

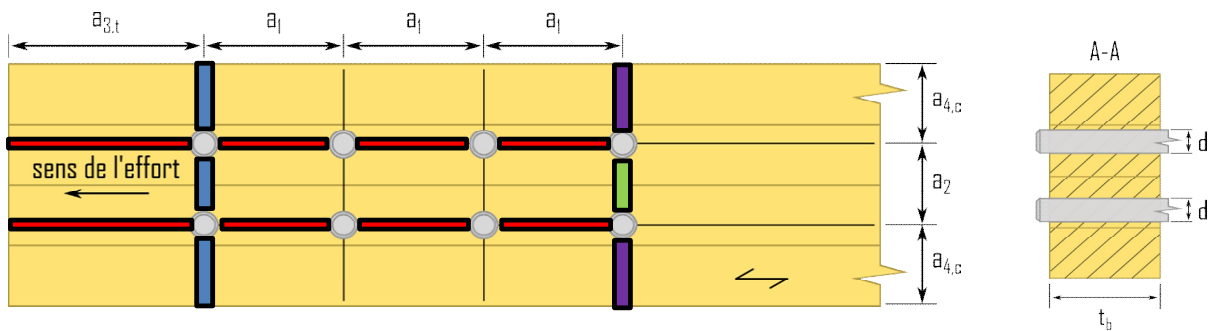
- Distance entre un organe et une extrémité chargée :





$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 12; 80 \text{ mm}) = 84 \text{ mm}$$

- Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



	$A_{net,b,ext} =$ $A_{net,b,int} =$	$(hb - nr \cdot d) \cdot t_{b,ext} = (108 - 2 \cdot 12) \cdot 76 = 6384 \text{ mm}^2$ $(hb - nr \cdot d) \cdot t_{b,int} = (108 - 2 \cdot 12) \cdot 94 = 7896 \text{ mm}^2$	<i>Pour la partie extérieure</i>
	$L_{net,v,i} =$ $A_{net,v,ext} =$ $A_{net,v,int} =$	$2 \cdot a_3 + 2 \cdot (nr - 1) \cdot (a_1 - d) - d = 2 \cdot 84 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (60 - 12) - 12 = 444 \text{ mm}$ $L_{net,v,i} \cdot t_{b,ext} = 444 \cdot 76 = 33744 \text{ mm}^2$ $L_{net,v,i} \cdot t_{b,int} = 444 \cdot 94 = 41736 \text{ mm}^2$	<i>Pour la partie extérieure</i>
	$L_{net,t,i,centre} =$ $A_{net,t,ext,centre} =$ $A_{net,t,int,centre} =$	$(nr - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$ $L_{net,t,i,centre} \cdot t_b = 24 \cdot 76 = 1824 \text{ mm}^2$ $L_{net,t,i,centre} \cdot t_b = 24 \cdot 94 = 2256 \text{ mm}^2$	<i>Pour la partie extérieure</i>
	$L_{net,t,i,rive} =$ $A_{net,t,ext,rive} =$ $A_{net,t,int,rive} =$	$hb - d - (nr - 1) \cdot a_2 = 108 - 12 - (2 - 1) \cdot 36 = 60 \text{ mm}$ $L_{net,t,i,rive} \cdot t_b = 60 \cdot 76 = 4560 \text{ mm}^2$ $L_{net,t,i,rive} \cdot t_b = 60 \cdot 94 = 5640 \text{ mm}^2$	<i>Pour la partie extérieure</i>

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,R_{mean,ass}} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,centre-ft,0,mean} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,rive-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,ext-fv,mean} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,centre-ft,0,mean} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,rive-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,int-fv,mean} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,R_{mean,ass}} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 1824 \cdot 25,46 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 4560 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 33744 \cdot 4,64 \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 2256 \cdot 25,46 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 5640 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 41736 \cdot 4,64 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,R_{mean,ass}} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 58058,36 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 145145,89 \text{ N} \\ 109645,62 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 71809 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 179523 \text{ N} \\ 135614 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,R_{mean,ass}} = 354,91 \text{ kN} \Rightarrow$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$F_{v,R_{mean,ass,traction}} = \Sigma A_{net,b,i-ft,0,k} = (6384 + 7896 + 6384) \cdot 25,46 = 526,19 \text{ kN}$

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,R_{k,ass}} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,centre-ft,0,k} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,rive-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,ext-fv,k} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,centre-ft,0,k} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,rive-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,int-fv,k} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,R_{k,ass}} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 1824 \cdot 19,2 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 4560 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 33744 \cdot 3,5 \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 2256 \cdot 19,2 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 5640 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 41736 \cdot 3,5 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,R_{k,ass}} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 43776 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 109440 \text{ N} \\ 82672,8 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 54144 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 135360 \text{ N} \\ 102253 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,R_{k,ass}} = 267,6 \text{ kN} \Rightarrow$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette

$F_{v,R_{k,ass,traction}} = \Sigma A_{net,b,i-ft,0,k} = (6384 + 7896 + 6384) \cdot 19,2 = 396,75 \text{ kN}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Épaisseur efficace $t_{ef}(el)$

Pénétration totale de l'organe

Partie extérieure

Mode de rupture partie extérieure : mode (d)

$$L_{p,o}/d = 76/12 = 6,33 > 3 \Rightarrow t_{ef}(el) = \max(0,76 - L_{p,o}/(30d); 0,2) \cdot t_{ext} = 41,72 \text{ mm}$$

Partie intérieure

Mode de rupture partie intérieure : mode (a)

$$L_{p,i}/d = 94/12 = 7,83 > 7 \Rightarrow t_{ef}(el) = \max(1,7 - L_{p,i}/(10d); 0,5) \cdot t_{int} = 86,17 \text{ mm}$$

Longueur nette cisailée extérieure aux organes

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 60 \cdot (4 - 1) + 84 = 264 \text{ mm}$$

Longueur de fendage

$$L_{net} = (n_c - 1) \cdot a_l + a_3 \cdot t - (n_c - 0,5) \cdot d_0 = (4 - 1) \cdot 60 + 84 - (4 - 0,5) \cdot 12 = 222 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean}/E_{0,mean}} = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{650/11500} = 0,73$$

Coefficient k_t

$$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean}/E_{0,mean}} = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{650/11500} = 1,23$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,ext,k} = k_v \cdot t_{ef,el,ext} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 41,72 \cdot 264 \cdot 3,5 = 28,25 \text{ kN}$$

$$F_{v,int,k} = k_v \cdot t_{ef,el,int} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 86,17 \cdot 264 \cdot 3,5 = 58,35 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc **BLOCK SHEAR**

Hauteur nette en traction

$$b_{net,t,int} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,ext,k} = k_t \cdot b_{net,t,ext} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 24 \cdot 41,72 \cdot 19,2 = 23,7 \text{ kN}$$

$$F_{t,int,k} = k_t \cdot b_{net,t,int} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 24 \cdot 86,17 \cdot 19,2 = 48,95 \text{ kN}$$

Résistance partie extérieure

$$F_{bs,ext,k} = 2 \cdot F_{v,ext,k} + F_{t,ext,k} = 2 \cdot 28247,45 + 23698,31 = 80,19 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{bs,int,k} = 2 \cdot F_{v,int,k} + F_{t,int,k} = 2 \cdot 58347,27 + 48950,66 = 165,65 \text{ kN}$$

Résistance total

$$F_{bs,k} = 2 \cdot (2 \cdot F_{v,ext,k} + F_{t,ext,k}) + 2 \cdot (2 \cdot F_{v,int,k} + F_{t,int,k}) = 2 \cdot (2 \cdot 28,25 + 23,7) + 2 \cdot (2 \cdot 58,35 + 48,95) = 326,03 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.2. Détermination de la résistance au cisaillement par file **SPLITTING**

Résistance partie extérieure

$$F_{sp,k,ext} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef,el,ext} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (222 + 2 \cdot 12) \cdot 41,72 \cdot 0,5 = 10,78 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k,ext} = F_{sp,k,ext} \cdot n_r = 10,78 \cdot 2 = 21,55 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{sp,k,int} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef,el,int} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (222 + 2 \cdot 12) \cdot 86,17 \cdot 0,5 = 22,26 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k,int} = F_{sp,k,int} \cdot n_r = 22,26 \cdot 2 = 44,51 \text{ kN}$$

Résistance total

$$F_{sp,k} = 2 \cdot F_{sp,k,ext} + F_{sp,k,int} = 2 \cdot 21,55 + 44,51 = 87,61 \text{ kN}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files **ROW SHEAR**

Résistance partie extérieure

$$F_{rs,ext,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,ext,k} = 2 \cdot 2 \cdot 28,25 = 112,99 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{rs,int,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,int,k} = 2 \cdot 2 \cdot 58,35 = 233,39 \text{ kN}$$

Résistance totale

$$F_{rs,k} = 2 \cdot (2 \cdot n_r \cdot F_{v,ext,k}) + 2 \cdot n_r \cdot F_{v,int,k} = 2 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 28,25) + 2 \cdot 2 \cdot 58,35 = 459,37 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

Hypothèse : l'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage, ce calcul est une supposition, le draft reste flou sur ce type de rupture.

Résistance partie extérieure

$$F_{b,o,k} = \min(F_{sp,k,ext}/0,3; F_{bs,ext,k}; F_{rs,ext,k}) = \min(71,83; 80,19; 112,99) = 71,83 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{b,i,k} = \min(F_{sp,k,int}/0,3; F_{bs,int,k}; F_{rs,int,k}) = \min(148,38; 165,65; 233,39) = 148,38 \text{ kN}$$

Résistance à la rupture fragile

$$F_{br,Rk,fendage} = \min(F_{b,o,k} (n_o + n_i t_i / t_o) ; F_{b,i,k} (n_o t_o / t_i + n_i)) = \min(71,83 (2 + 1 \cdot 94 / 76) ; 148,38 (2 \cdot 76 / 94 + 1)) = 232,52 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Sans fendage

Résistance partie extérieure

$$F_{b0,k} = \min(F_{bs,ext,k}; F_{rs,ext,k}) = \min(80,19; 112,99) = 80,19 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{b1,k} = \min(F_{bs,int,k}; F_{rs,int,k}) = \min(165,65; 233,39) = 165,65 \text{ kN}$$

Résistance à la rupture fragile

$$F_{br,Rk} = \min(F_{b0,k} (n_o + n_i \cdot t_i / t_o); F_{b1,k} (n_o \cdot t_o / t_i + n_i)) = \min(80,19 (2 + 1 \cdot 94 / 76); 165,65 (2 \cdot 76 / 94 + 1)) = 259,57 \text{ kN}$$

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 12 / 23 = 4490,84 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser,ass,ext} = n_{type} \cdot n_{plan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 4490,84 = 71,85 \text{ kN/mm}$$

Pour 1 plan extérieur

$$K_{ser,ass,int} = n_{type} \cdot n_{plan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 4490,84 = 143,71 \text{ kN/mm}$$

$$K_{ser,ass} = 2 \cdot K_{ser,ass,ext} + K_{ser,ass,int} = 2 \cdot 71,85 + 143,71 = 287,41 \text{ kN/mm}$$

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

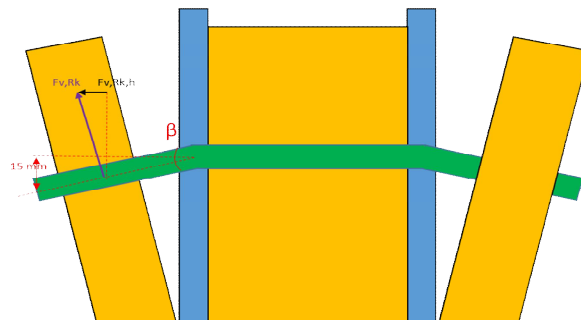
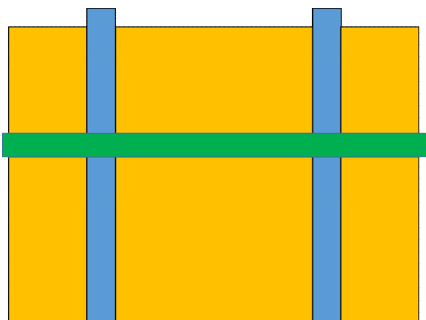
Fermeture de l'assemblage par une vis traversante

ESCRFTC8.0x140 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 140 \text{ mm}$
$l_g = 140 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 8 \text{ mm}$
$d_l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Le mode de rupture est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.10.1.1), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 204,51 kN, et K la raideur total de l'assemblage.

La broche se plie au maximum avec un angle de $\beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{\text{pliable}})) = \text{Arctan}((204,51/287,41)/80) = 0,51^\circ$

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage :

Effort maximum que peut transmettre une broche : $F_{v,Rk} = 29,24 \text{ kN}$

Voir partie : 1.4.3

Effort horizontale qui ouvre l'assemblage : $F_{v,Rk,h} = \sin(\beta) \cdot F_{v,Rk} = \sin(0,51) \cdot 29244,43 = 260,1 \text{ N}$

Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_{v,R_{\text{mean},H}} = n \cdot F_{v,R_{\text{mean},h}} = 8 \cdot 260,1 = 2080,78 \text{ N}$

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la vis :

Air nette de la vis : $A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$

Traction dans la vis : $F_{t,Rk} = f_{tens} = 24100 \text{ N}$

Cisaillement dans le bois : $F_{ax,Rk} = f_{ax,90,k} \cdot d_s \cdot t_{\text{ext}} = 13,1 \cdot 8 \cdot 76 = 7964,8 \text{ N}$

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$

$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 7,96) \cdot 1 > 2,08 \text{ kN}$

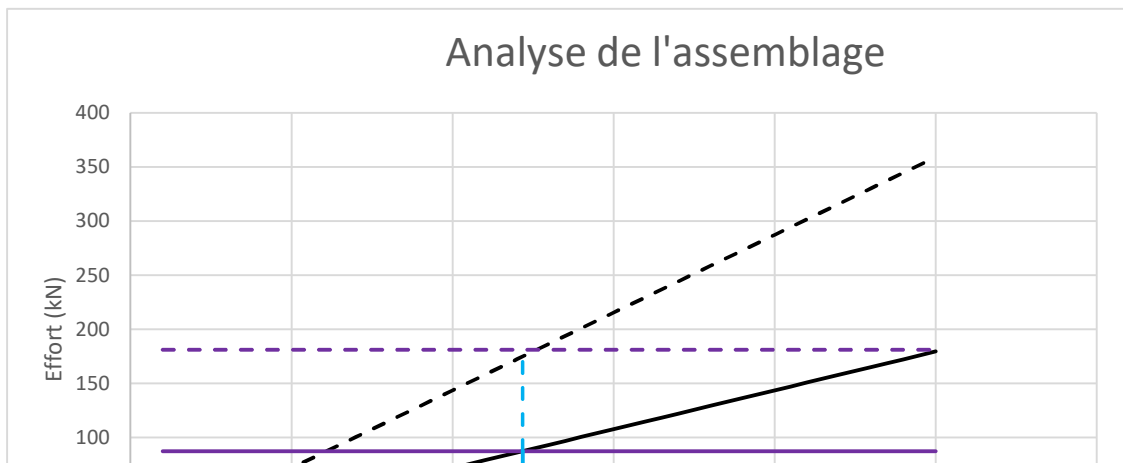
Il faut donc disposer de 1 vis référence : ESCRFTC8.0x140 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

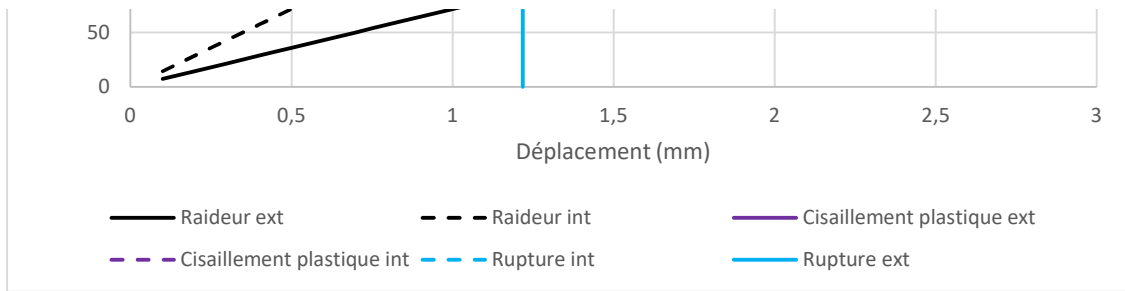
La rupture de l'assemblage en valeur moyenne est ici une rupture fragile. Lorsque la rupture intervient dans la partie intérieure, il est nécessaire de prendre en compte la charge qu'il y avait dans les parties extérieures afin de connaître la capacité de charge complète de l'assemblage à la rupture.

1.6.10.1 Valeurs EXPERIMENTALES

1.6.10.1.1 Rupture de l'assemblage EXPERIMENTALE EC5 non renforcé (rupture par fendage)



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{v,Rexp,ass, fendage} = 2 \cdot F_{v,Rexp,ass, fendage} + (F_{v,Rexp,ext, fendage} / K_{ser,ext} - K_{ser,int}) = 2 \cdot 87,49 + 87,49 / 71,85 - 143,71 = 349,94 \text{ kN}$$

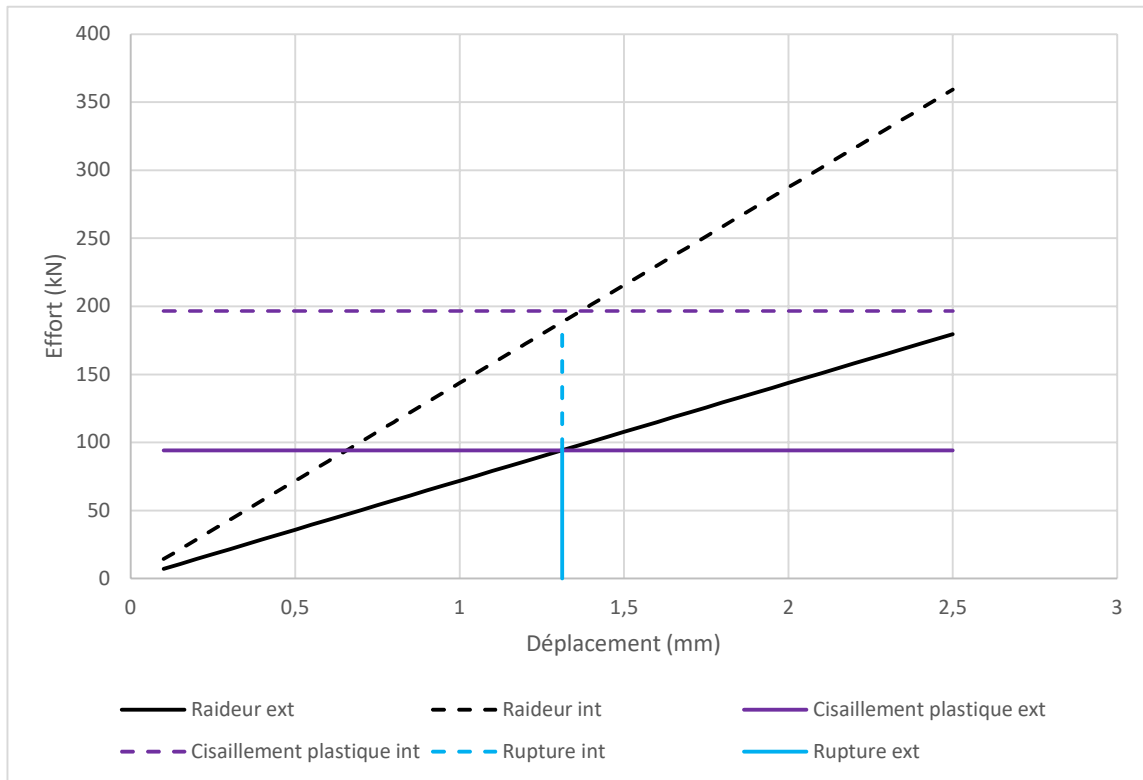
1.6.10.1.2 Rupture de l'assemblage EXPERIMENTALE EC5 cisaillement plastique

$$F_{v,Rexp,ass, plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 15951,34) + (2 \cdot 8 \cdot 16525,2) = 519,62 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.10.2 Valeurs CARACTERISTIQUES

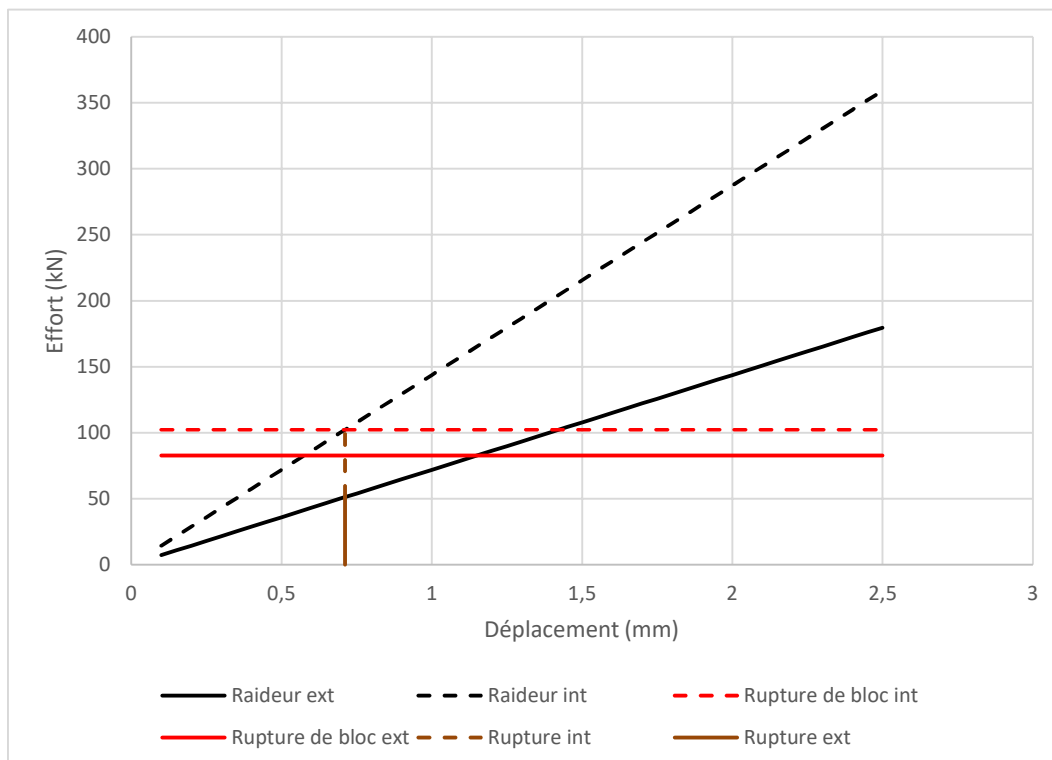
1.6.10.2.1 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 non renforcé (rupture par fendage)



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_v, R_k, \text{ass, fendage} = 2 \cdot F_v, R_k, \text{ass, fendage} + (F_v, R_k, \text{ext, fendage} / K_{\text{ser, ext}} + K_{\text{ser, int}}) = 2 \cdot 74,46 + 74,46 / 71,85 \cdot 143,71 = 297,82 \text{ kN}$$

1.6.10.2.2 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)



Résistance de l'assemblage complet :

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{bs,Rk,ass} = F_{bs,Rk,int} + 2 \cdot (F_{bs,Rk,int} / K_{ser,int} - K_{ser,ext}) = 102,25 + 2 \cdot (102,25 / 143,71 - 71,85) = 204,51 \text{ kN}$$

1.6.10.2.3 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 cisaillement plastique

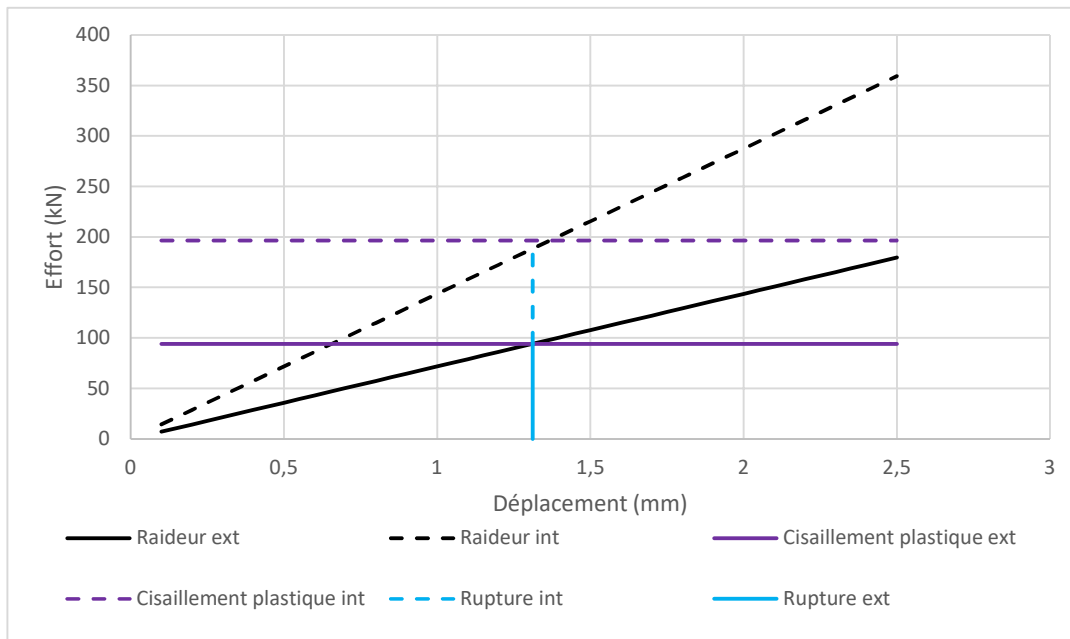
$$F_{v,Rk,ass,plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 13575,61) + (2 \cdot 8 \cdot 15668,82) = 467,91 \text{ kN}$$

1.6.10.2.4 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 traction nette

$$F_{t,D,Rk,ass,traction} = (2 \cdot A_{net,ext} + A_{net,int}) \cdot f_{t,D,k} = (2 \cdot 6384 + 7896) \cdot 19,2 = 396,75 \text{ kN}$$

1.6.10.3 Valeurs MOYENNES

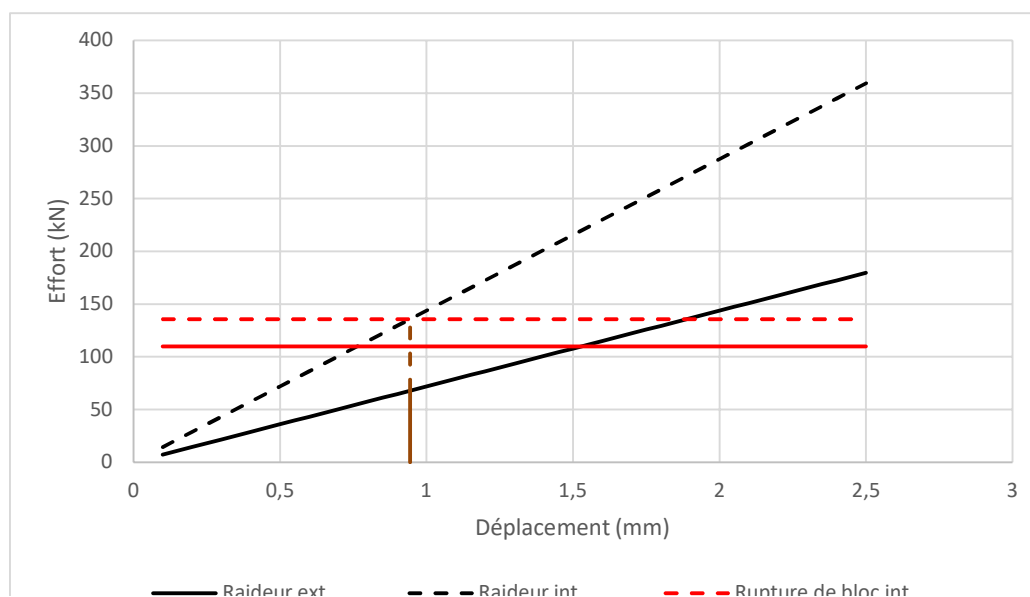
1.6.10.3.1 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 non renforcé (rupture par fendage)



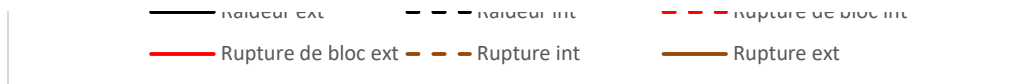
Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = 2 \cdot F_{v,Rk,ass,fendage} + (F_{v,Rk,ext,fendage} / K_{ser,ext} - K_{ser,int}) = 2 \cdot 94,26 + 94,26 / 71,85 - 143,71 = 377,03 \text{ kN}$$

1.6.10.3.2 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{bs,Rk,ass} = F_{bs,Rk,int} + 2 \cdot (F_{bs,Rk,int} / K_{ser,int} - K_{ser,ext}) = 135,61 + 2 \cdot (135,61 / 143,71 - 71,85) = 271,23 \text{ kN}$$

1.6.10.3.3 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 cisaillement plastique

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 17186,06) + (2 \cdot 8 \cdot 17922) = 561,73 \text{ kN}$$

1.6.10.3.4 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 traction nette

$$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = (2 \cdot A_{net,ext} + A_{net,int}) \cdot f_{t,0,mean} = (2 \cdot 6384 + 7896) \cdot 25,46 = 526,19 \text{ kN}$$

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Plastique majorée

$$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 561,73 \cdot 1,2 = 674,07 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

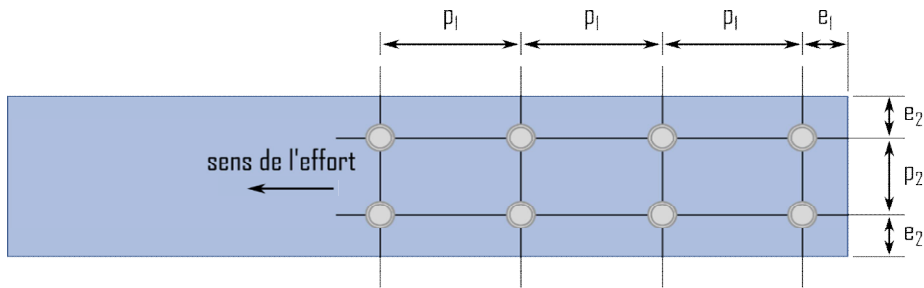
$$F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 271,23 \cdot 1,2 = 325,47 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = F_{t,0,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 526,19 \cdot 1,2 = 631,43 \text{ kN}$$

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs caractéristiques partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$d0 = d + j = 12 + 0,6 = 12,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale :

$$\text{Critère } (2.2 \cdot d0 \leq p1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p1 = 60 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2.4 \cdot d0 \leq p2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p2 = 36 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (1.2 \cdot d0 \leq e1) \quad e1 = 16 \text{ mm}$$

· Pince transversale :

$$\text{Critère } (1.2 \cdot d0 \leq e2) \quad e2 = 27 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique : $hm = 90 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique : $tm = 8 \text{ mm}$

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right)$$

$$k1 = \min(2.8 \cdot 27 / 12.6 - 1.7; 1.4 \cdot 36 / 12.6 - 1.7; 2.5) = 2.3$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

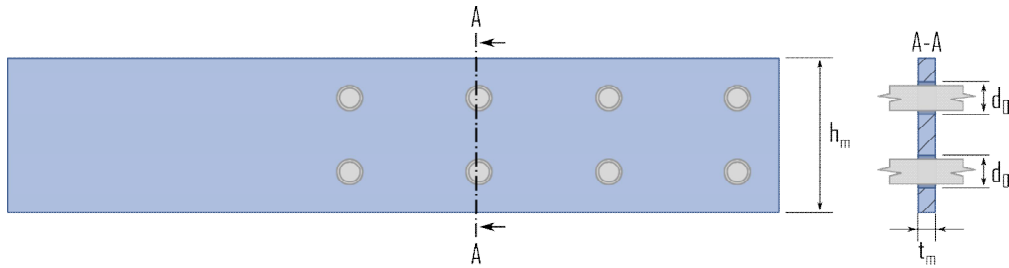
$$\alpha_b = \min(16 / (3 \cdot 12.6); 60 / (3 \cdot 12.6) - 0.25; 900 / 540; 1) = 0.42$$

$$N_{b,Rk,ass} = n_{bloc} \cdot m \cdot n \cdot k1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k} \cdot m \cdot d \cdot tm = 2 \cdot 8 \cdot 2.3 \cdot 0.42 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 807.5 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (90 - 2 \cdot 12,6) \cdot 8 = 518,4 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = n_{bloc,m} \cdot 0,9 \cdot A_{net,m} \cdot f_{u,k,m} = 2 \cdot 0,9 \cdot 518 \cdot 540 = 503,88 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = n_{bloc,m} \cdot A_m \cdot f_{y,k,m} = 2 \cdot 90 \cdot 8 \cdot 460 = 662,4 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

- Bois :
 - Extérieures = $E_{D,mean} \cdot h_b \cdot (text \cdot 2) = 11500 \cdot 108 \cdot (76 \cdot 2) = 188784 \text{ kN}$
 - Intérieures = $E_{D,mean} \cdot h_b \cdot t_{int} = 11500 \cdot 108 \cdot 94 = 116748 \text{ kN}$
- Métal :
 - Extérieures = $E_m \cdot mean \cdot h_m \cdot t_m = 210000 \cdot 90 \cdot 8 = 151200 \text{ kN}$
 - Intérieures = $2 \cdot E_m \cdot mean \cdot h_m \cdot t_m / 2 = 2 \cdot 210000 \cdot 90 \cdot 8 / 2 = 151200 \text{ kN}$

$$\text{Écart de rigidité extérieures } ((\text{Métal,ext-Bois,ext})/\text{Métal,ext}) = -24,86 \%$$

$$\text{Écart de rigidité intérieures } ((\text{Métal,int-Bois,int})/\text{Métal,int}) = 22,79 \%$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, ass, plastique = 467,91 \text{ kN}$	468 kN
Fendage $F_v, R_k, ass, fendage = 297,82 \text{ kN}$	298 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, ass = 204,51 \text{ kN}$	205 kN
Traction nette $F_v, R_k, ass, traction = 396,75 \text{ kN}$	397 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, ass, plastique, D = 491,96 \text{ kN}$	492 kN
Fendage $F_v, R_k, ass, fendage, D = 232,52 \text{ kN}$	233 kN
Rupture de bloc (sans risque de fendage) $F_{bs}, R_k, ass = 259,57 \text{ kN}$	260 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp}, ass, plastique, D = 527,65 \text{ kN}$	528 kN
---------------------------------------------------------------------------------	--------

1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp}, ass, plastique = 519,62 \text{ kN}$	520 kN
Fendage $F_v, R_{exp}, ass, fendage, = 349,94 \text{ kN}$	350 kN

1.9.5. Bois EC5 MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{mean}, ass, plastique = 561,73 \text{ kN}$	562 kN
Fendage $F_v, R_{mean}, ass, fendage = 377,03 \text{ kN}$	377 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{mean}, ass = 271,23 \text{ kN}$	271 kN
Traction nette $F_t, D, R_{mean}, ass, traction = 526,19 \text{ kN}$	526 kN

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Cisaillement plastique majoré $F_v, R_{major, ass, plastique} = 674,07 \text{ kN}$	674 kN
Rupture de bloc majorée $F_{bs}, R_{major, ass} = 325,47 \text{ kN}$	325 kN
Traction nette majorée $F_t, 0, R_{major, ass, traction} = 631,43 \text{ kN}$	631 kN

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes par plan.

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^\circ}, k; R_{head,k}) R_{tens,k}) \geq F_t, 90, E_k / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(2,48; 0,87); 5,3) = 2,48 \text{ kN} > 2,35 \text{ kN}$$

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité, de part et d'autre de l'assemblage (chevauchement) pour la fermeture en valeurs caractéristique.

$$R_{ax,ferm,k} = \min(F_t, R_k; F_{ax}, R_k) \cdot n_{vis} > F_v, R_k, H$$

$$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 7,96) \cdot 1 > 2,08 \text{ kN}$$

1.9.8. Métal

Pression diamétrale

$$N_b, R_k, ass = n_{bloc, m} \cdot n_{kl} \cdot \alpha \cdot f_u, k, m \cdot d \cdot t_m = 2 \cdot 8 \cdot 2,3 \cdot 0,42 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 807,5 \text{ kN}$$

807 kN

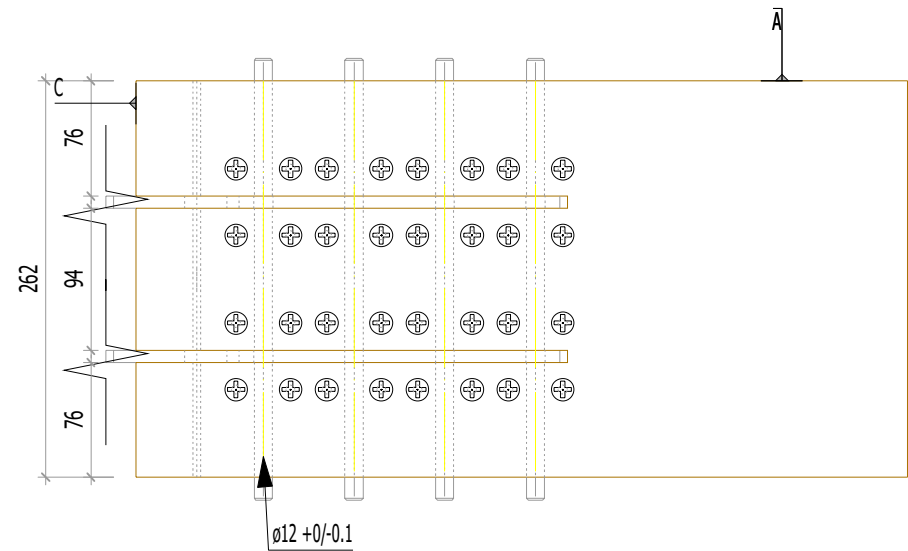
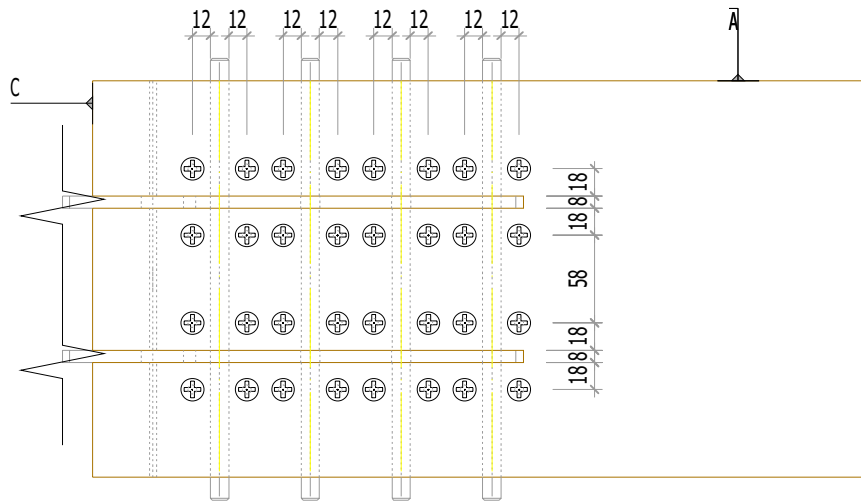
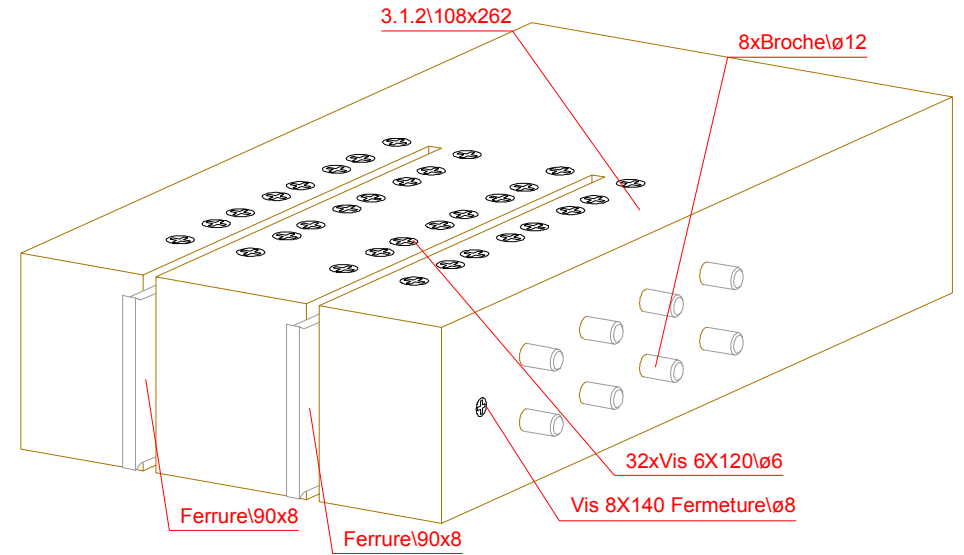
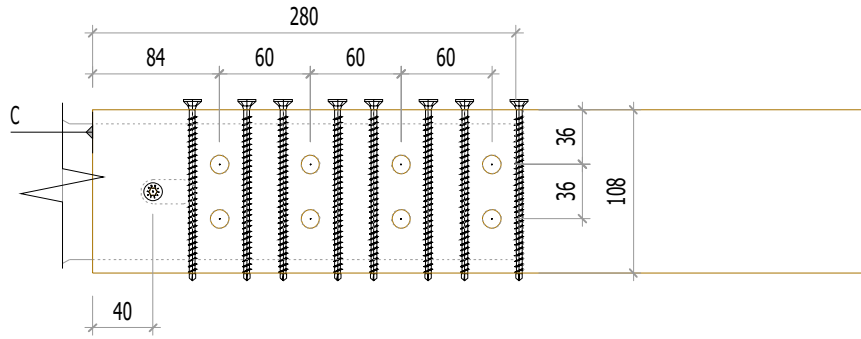
Section nette

$$N_u, R_k, ass = n_{bloc, m} \cdot 0,9 \cdot A_{nt, m} \cdot f_u, k, m = 2 \cdot 0,9 \cdot 518 \cdot 540 = 503,88 \text{ kN}$$

504 kN

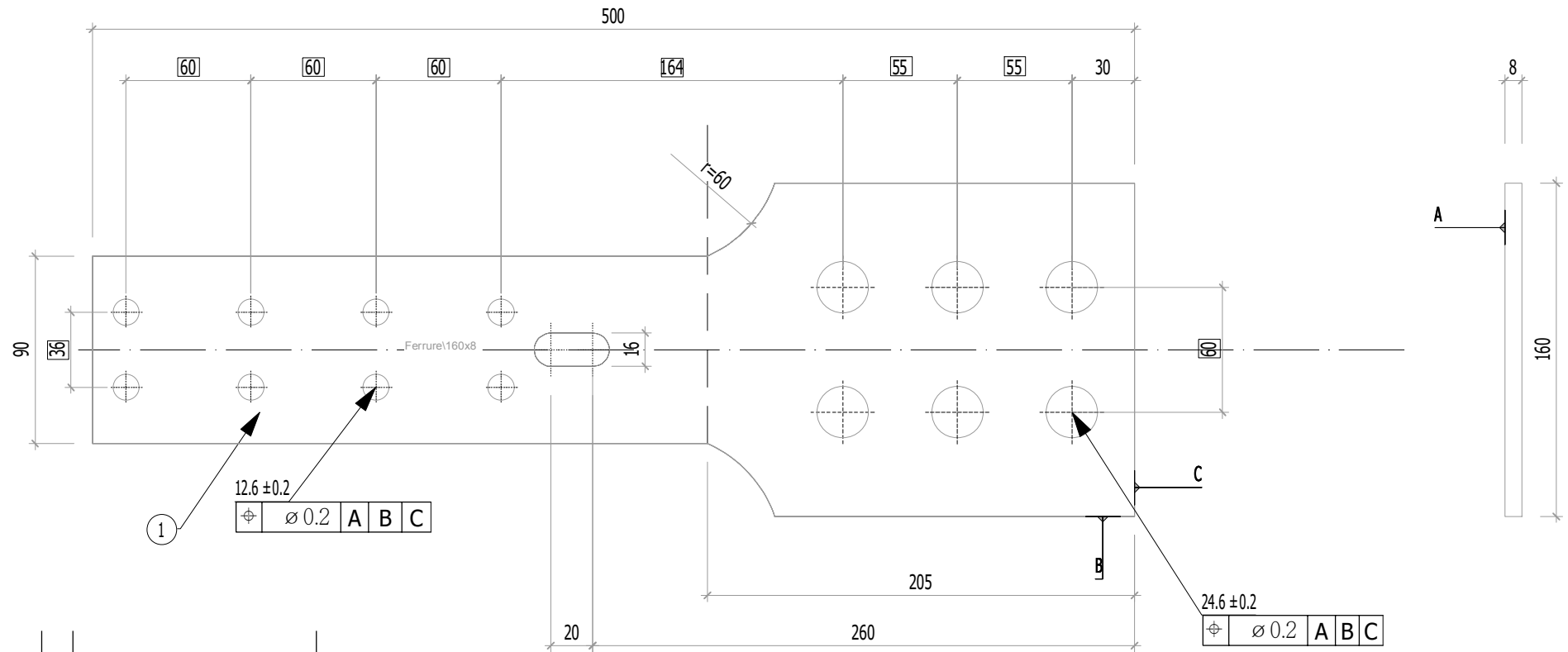
$$N_{pl}, R_k, ass = n_{bloc, m} \cdot A_m \cdot f_y, k, m = 2 \cdot 90 \cdot 8 \cdot 460 = 662,4 \text{ kN}$$

662 kN



3.1.2

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



1		20	Ferrure								
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0578978 m ²							
Matière	Traitement			Tol généré	Usinage	Ech					
S 460 ou équivalent			Casser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	X ^{+0,5} / _{-0,5}	Ra12,5 <small>indicateur comparé</small>	Echelle: 1: 3					
ENSTIB-LERMAB-CRITT				MASSE		Dessinateur: ALBERT LEO					
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS				3.636 kg		Date: 03.04.2020					
ENSTIB		Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76									
27 rue Philippe Seguin BP1041 880501 EPINAL Cedex 9				Feuille: Ind:							

F3.1.2

1. Assemblage bois multiplan sollicité en traction

1.0. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes : Broches

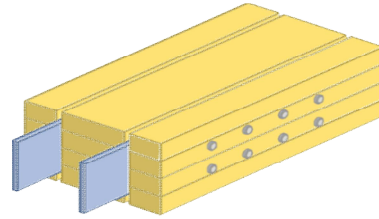
Nombre d'organes $n = 8$ (2 files de 4 broches)

Fermeture de l'assemblage 1 vis en extrémité, de part et d'autre de l'assemblage (chevauchement) pour la fermeture en valeurs caractéristique.

Renforcement de l'assemblage 2 vis de frettage par plan par colonne d'organes

Section bois : $(2 \times 113 + 113) \times 108$ mm

Section métal : 100×8 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLC".

1.1. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur moyenne. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode $(h+k/m) \Rightarrow$ soit le mode 6.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométriques des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.2.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
 - 1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5 Justification des vis de renfort
 - 1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1 Eurocode 5
 - 1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.2 Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2.1 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 non renforcé (rupture par fendage)
 - 1.6.10.2.2 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)
 - 1.6.10.2.3 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 cisaillement plastique
 - 1.6.10.2.4 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 traction nette
 - 1.6.10.3 Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.3.1 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 non renforcé (rupture par fendage)
 - 1.6.10.3.2 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.6.10.3.3 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 cisaillement plastique
- 1.6.10.3.4 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 traction nette
- 1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs caractéristiques partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.7.2. Section métal
 - 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
 - 1.7.4. Calculs des sections nettes
 - 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats
 - 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
 - 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
 - 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
 - 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
 - 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
 - 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
 - 1.9.7. Renforcement
 - 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

- Diamètre des organes: $d = 12 \text{ mm}$ tolérance ($\pm h7$)
- Classe de broche: 8.8
 - Résistance en traction des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900 \text{ Mpa}$ (données fournisseurs : VIAL FRERES)
 - Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Limite d'élasticité des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720 \text{ Mpa}$ (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)
 - Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 900 \cdot 12^2 \cdot 2,6 = 172677 \text{ N.mm}$
 - Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 946,57 \cdot 12^2 \cdot 2,6 = 181613 \text{ N.mm}$
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (Draft)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot f_{u,k} \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot 900 \cdot 12^3 = 233280 \text{ N.mm}$
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (Expérimentale)
 - Valeur expérimentale: $M_{y,Rexp} = 279360 \text{ N.mm}$

1.3.2. Bois

- Classe de résistance: GL24h (Schneider)
- Masse volumique: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61 \text{ kg/m}^3$ (COV = 0,15)
- Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction parallèle au fil:
 - Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46 \text{ MPa}$ (COV = 0,15)
- Résistance en cisaillement: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64 \text{ Mpa}$ (COV = 0,15)
- Portance locale parallèle au fil: (EC5 / Draft)
 - Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 385 = 27,78 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 510,61 = 36,85 \text{ Mpa}$
 - Valeur expérimentale: $f_{h,0,exp} = 29,3 \text{ Mpa}$

1.3.3. Métal

- Nuance d'acier: S460

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Module d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Portance locale parallèle au fil: (Draft)
Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique:
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé «N» $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois: $hb = 108 \text{ mm}$
- Épaisseur des éléments bois: $text = 113 \text{ mm}$ et $tint = 113 \text{ mm}$

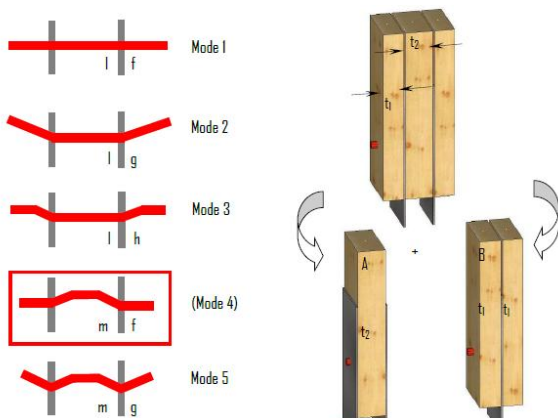
1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v, \text{Rexp}} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2, \text{exp}} t_2 d + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d & (l + f) \\ 0.5 f_{h,2, \text{exp}} t_2 d + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y, \text{Rexp}}}{f_{h,1, \text{exp}} dt_1^2}} - 1 \right] & (l + g) \\ 0.5 f_{h,2, \text{exp}} t_2 d + 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,1, \text{exp}} d} & (l + h) \\ 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,2, \text{exp}} d} + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d & (m + f) \\ 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,2, \text{exp}} d} + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y, \text{Rexp}}}{f_{h,1, \text{exp}} dt_1^2}} - 1 \right] & (m + g) \\ 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,2, \text{exp}} d} + 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,1, \text{exp}} d} & (m + h) \end{cases}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (h et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre l'acier et le bois.
- La décomposition pour l'analyse limite se fait en considérant la partie intérieure de l'assemblage au centre de deux plaques épaisses. Pour les parties extérieures, l'épaisseur des plaques métalliques est sans importance.
- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v, \text{Rexp}} = \min \begin{cases} 19865 + 39731 = 59596 \text{ N mode } (l + f) \\ 19865 + 19851 = 39716 \text{ N mode } (l + g) \\ 19865 + 19822 = 39687 \text{ N mode } (l + h) \\ 19822 + 39731 = 59552 \text{ N mode } (m + f) \\ 19822 + 19851 = 39672 \text{ N mode } (m + g) \\ 19822 + 19822 = 39643 \text{ N mode } (m + h) \end{cases} \rightarrow F_{v, \text{Rexp}} = 39643 \text{ N (mode } m + h) \quad \textit{Effort par plaque}$$

- Contribution de l'effet de corde:
dimensionnant
Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax, \text{Rexp}}; X \cdot F_{v, \text{Rexp}})$
Pour des broches, $X = 0$



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2,74$$

Partie extérieure

$$F_{v, Rexp, ext} = 19821,5 \text{ N}$$

$$F_{v, ext, Rexp, ass, fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v, Rexp, ext} = 1 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 19,82 = 108,71 \text{ kN}$$

Partie intérieure

$$F_{v, Rexp, int} = 19821,5 \text{ N}$$

$$F_{v, int, Rexp, ass, fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v, Rexp, int} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 19,82 = 217,42 \text{ kN}$$

Assemblage complet

$$F_{v, Rexp, ass, fendage} = 2 \cdot F_{v, ext, Rexp, ass, fendage} + F_{v, int, Rexp, ass, fendage} = 2 \cdot 108,71 + 217,42 = 434,85 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v, Rexp, ass, plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 39,64 = 634,29 \text{ kN}$$

1.4.2.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage

$$F_{t, ext} = 19821,5 \text{ N}$$

$$S_{ext} = t_{ext} \cdot h_b = 113 \cdot 108 = 12204 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

$$F_{t, int} = 19821,5 \text{ N}$$

$$S_{int} = t_{int} / 2 \cdot h_b = 113 / 2 \cdot 108 = 6102 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

Isocontrainte si $[F_{t, ext} / S_{ext} = F_{t, int} / S_{int}]$

$$\text{soit } [19821,5 / 12204 = 19821,5 / 6102] \Rightarrow [1,62 = 3,25] \Rightarrow \text{soit un écart de } -100 \%$$

1.4.3 Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0,5 f_{h, 2, mean} t_2 d + f_{h, 1, mean} t_1 d & (l + f) \\ 0,5 f_{h, 2, mean} t_2 d + f_{h, 1, mean} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y, Rmean}}{f_{h, 1, mean} d t_1^2}} - 1 \right] & (l + g) \\ 0,5 f_{h, 2, mean} t_2 d + 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 1, mean} d} & (l + h) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + f_{h, 1, mean} t_1 d & (m + f) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + f_{h, 1, mean} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y, Rmean}}{f_{h, 1, mean} d t_1^2}} - 1 \right] & (m + g) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 1, mean} d} & (m + h) \end{cases}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (h et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre l'acier et le bois.
- La décomposition pour l'analyse limite se fait en considérant la partie intérieure de l'assemblage au centre

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

de deux plaques épaisses. Pour les parties extérieures, l'épaisseur des plaques métalliques est sans importance.

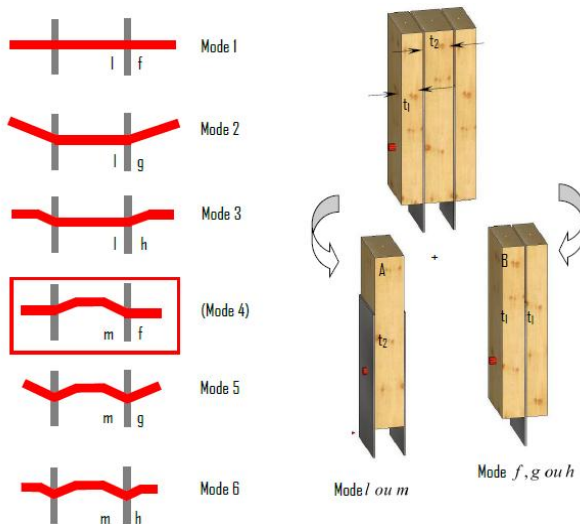
- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_v, R_{\text{mean}} = \min \begin{cases} 24981 + 49963 = 74944 \text{ N mode (l + f)} \\ 24981 + 22933 = 47914 \text{ N mode (l + g)} \\ 24981 + 17922 = 42903 \text{ N mode (l + h)} \\ 17922 + 49963 = 67885 \text{ N mode (m + f)} \\ 17922 + 22933 = 40855 \text{ N mode (m + g)} \\ 17922 + 17922 = 35844 \text{ N mode (m + h)} \end{cases} \rightarrow F_v, R_{\text{mean}} = 35844 \text{ N (mode m + h)} \quad \text{Effort par plaque}$$

- Contribution de l'effet de corde:
dimensionnant

$$\text{Effet de corde} = \min(0.25 \cdot F_{ax}, R_{\text{mean}}; X \cdot F_v, R_{\text{mean}})$$

Pour des broches, $X = 0$



1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2.74$$

Partie extérieure

$$\text{Effort de rupture partie extérieure} : F_v, R_{\text{mean}, \text{ext}} = 17922 \text{ N}$$

$$F_{v, \text{ext}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{ef} \cdot F_v, R_{\text{mean}, \text{ext}} = 1 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 17,92 = 98,29 \text{ kN}$$

Partie intérieure

$$\text{Effort de rupture partie intérieure} : F_v, R_{\text{mean}, \text{int}} = 17922 \text{ N}$$

$$F_{v, \text{int}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{ef} \cdot F_v, R_{\text{mean}, \text{int}} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 17,92 = 196,59 \text{ kN}$$

Assemblage complet

$$F_v, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}} = 2 \cdot F_{v, \text{ext}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} + F_{v, \text{int}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} = 2 \cdot 98,29 + 196,59 = 393,18 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_v, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{plastique}} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_{\text{mean}} = 2 \cdot 8 \cdot 35,84 = 573,5 \text{ kN}$$

1.4.3.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{text} = 17922 \text{ N}$$

$$S_{ext} = t_{ext} \cdot h_b = 113 \cdot 108 = 12204 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

$$F_{tint} = 17922 \text{ N}$$

$$S_{int} = t_{int} / 2 \cdot h_b = 113 / 2 \cdot 108 = 6102 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

Isococontrainte si $[F_{text}/S_{ext} = F_{tint}/S_{int}]$

soit $[17922/12204 = 17922/6102] \Rightarrow [1,47 = 2,94] \Rightarrow$ soit un écart de -100 %

1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{ll} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + f_{h,1,k} t_1 d & (l+f) \\ 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] & (l+g) \\ 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} & (l+h) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + f_{h,1,k} t_1 d & (m+f) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] & (m+g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} & (m+h) \end{array} \right.$$

· Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 18836 + 37672 = 56508 \text{ N mode (l+f)} \\ 18836 + 17723 = 36559 \text{ N mode (l+g)} \\ 18836 + 17451 = 36287 \text{ N mode (l+h)} \\ 17451 + 37672 = 55123 \text{ N mode (m+f)} \\ 17451 + 17723 = 35174 \text{ N mode (m+g)} \\ 17451 + 17451 = 34902 \text{ N mode (m+h)} \end{array} \right. \rightarrow F_{v,Rk} = 34902 \text{ N (mode m+h)} \quad \textit{Effort par plaque}$$

Note : le mode (m+f) n'est pas un mode cinématiquement possible

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

· Contribution de l'effet de corde:

mode (h+k/m) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax,Rk}; X \cdot F_{v,Rk})$

Pour des broches, $X = 0$

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (60 / (13 \cdot 12))^{1/4}) = 2,74$$

Partie extérieure

Effort de rupture partie extérieure : $F_{v,Rk,ext} = 17450,77 \text{ N}$

$F_{v,ext,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 1 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 17,45 = 95,71 \text{ kN}$

Partie intérieure

Effort de rupture partie intérieure : $F_{v,Rk,int} = 17450,77 \text{ N}$

$F_{v,int,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 17,45 = 191,42 \text{ kN}$

Assemblage complet

$F_{v,Rmean,ass,fendage} = 2 \cdot F_{v,ext,Rmean,ass,fendage} + F_{v,int,Rmean,ass,fendage} = 2 \cdot 95,71 + 191,42 = 382,84 \text{ kN}$

1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 34,9 = 558,42 \text{ kN}$

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right]} + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2 + \beta} \left[\sqrt{\frac{2(1 + \beta)}{\beta} + \frac{4(2 + \beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2(1 + \beta) + \frac{4(1 + 2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1 + \beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

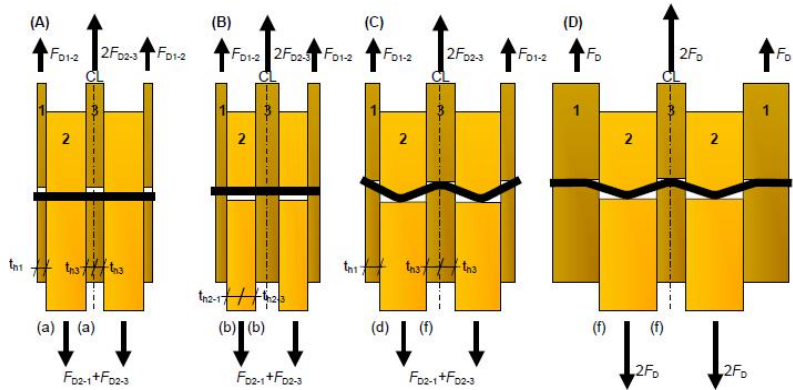
* Partie 1/2

$$th1 = t_{ext} = 113 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 600/27,78 = 21,6$$

$$F_{v,rk,D,1/2} = \min \begin{cases} 37672 \text{ N mode (a)} \\ 28800 \text{ N mode (b)} \\ 15473 \text{ N mode (c)} \\ 19083 \text{ N mode (d)} \\ 13055 \text{ N mode (e)} \\ 19829 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



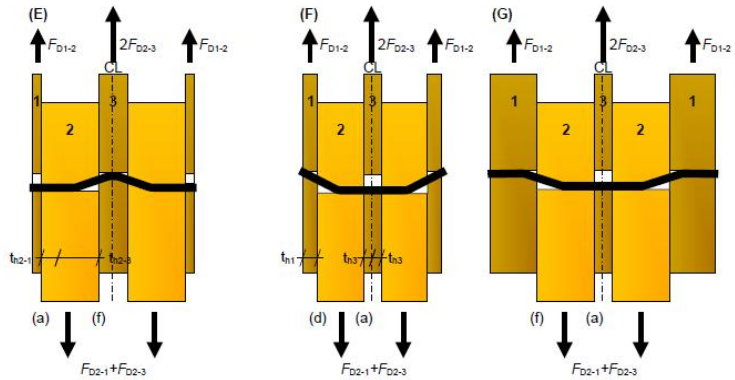
* Partie 3/2

$$th1 = t_{int}/2 = 113/2 = 113 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,k} = 600/27,78 = 21,6$$

$$F_{v,rk,D,3/2} = \min \begin{cases} 18836 \text{ N mode (a)} \\ 28800 \text{ N mode (b)} \\ 8062 \text{ N mode (c)} \\ 13514 \text{ N mode (d)} \\ 13055 \text{ N mode (e)} \\ 19829 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



* Addition des modes

$$F_{v,rk,D} = \min \begin{cases} \text{mode (a) + (a)} = 37672 + 18836 = 56508 \text{ N} \\ \text{mode (b) + (b)} = 28800 + 28800 = 57600 \text{ N} \\ \text{mode (d) + (f)} = 19083 + 19829 = 38913 \text{ N} \\ \text{mode (f) + (f)} = 19829 + 19829 = 39659 \text{ N} \\ \text{mode (a) + (f)} = 37672 + 19829 = 57501 \text{ N} \\ \text{mode (d) + (a)} = 19083 + 18836 = 37919 \text{ N} \\ \text{mode (f) + (a)} = 19829 + 18836 = 38665 \text{ N} \end{cases}$$

$$F_{v,rk,D} = 37919 \text{ N modes (d) + (a)}$$

Effort par plaque

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (37919,29 \cdot 8) = 606,71 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

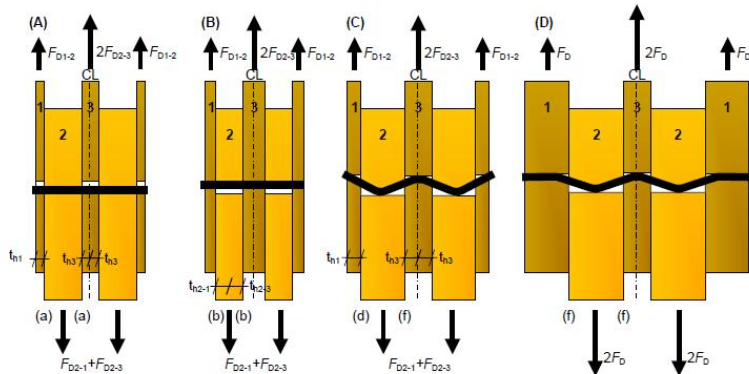
* Partie 1/2

$$th1 = text = 113 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/29,3 = 20,48$$

$$F_{v,exp,D,1/2} = \min \begin{cases} 39731 \text{ N mode (a)} \\ 28800 \text{ N mode (b)} \\ 16294 \text{ N mode (c)} \\ 20514 \text{ N mode (d)} \\ 14568 \text{ N mode (e)} \\ 22258 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



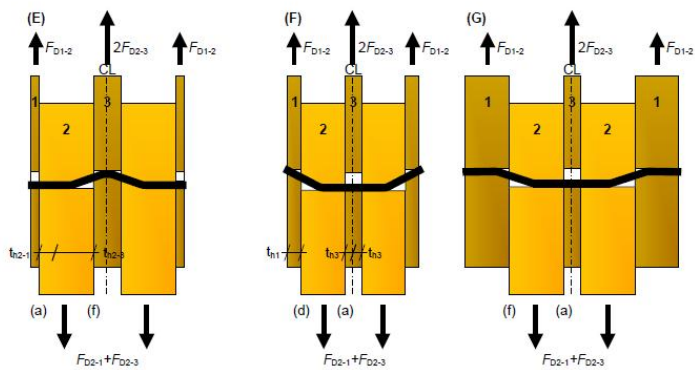
* Partie 3/2

$$th1 = tint/2 = 113/2 = 113 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/29,3 = 20,48$$

$$F_{v,exp,D,3/2} = \min \begin{cases} 19865 \text{ N mode (a)} \\ 28800 \text{ N mode (b)} \\ 8463 \text{ N mode (c)} \\ 14940 \text{ N mode (d)} \\ 14568 \text{ N mode (e)} \\ 22258 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



* Addition des modes

$$F_{v,exp,D} = \min \begin{cases} \text{mode (a) + (a)} = 39731 + 19865 = 59596 \text{ N} \\ \text{mode (b) + (b)} = 28800 + 28800 = 57600 \text{ N} \\ \text{mode (d) + (f)} = 20514 + 22258 = 42772 \text{ N} \\ \text{mode (f) + (f)} = 22258 + 22258 = 44515 \text{ N} \\ \text{mode (a) + (f)} = 39731 + 22258 = 61989 \text{ N} \\ \text{mode (d) + (a)} = 20514 + 19865 = 40379 \text{ N} \\ \text{mode (f) + (a)} = 22258 + 19865 = 42123 \text{ N} \end{cases}$$

$$F_{v,exp,D} = 40379 \text{ N modes (d) + (a)}$$

Effort par plaque

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rexp,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rexp,D} \cdot n) = 2 \cdot (40379,37 \cdot 8) = 646,07 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.5 Justification des vis de renfort

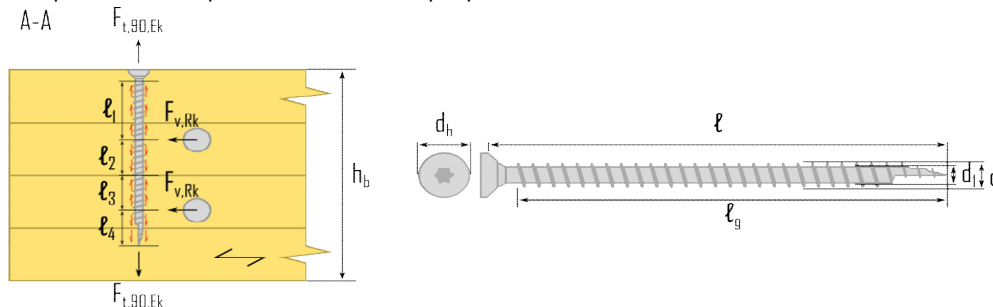
1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

ESCRFTC8.Dx160 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie	Propriétés caractéristique de résistance
$l = 160 \text{ mm}$ $l_g = 160 \text{ mm}$ filetage total lors des essais $d = 8 \text{ mm}$ $d_l = 5,2 \text{ mm}$ $d_h = 15 \text{ mm}$	$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$ $f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$ $f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$ $f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broche, par plan de cisaillement.



4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

$$l_1 = h_b/2 - 1,5d - l + l_g = 108/2 - 1,5 \cdot 12 - 160 + 160 = 36 \text{ mm}$$

$$l_2 = l_3 = a_2/2 = 36/2 = 18 \text{ mm}$$

Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a2

$$l_4 = l - h_b/2 - a_2/2 = 160 - 108/2 - 36/2 = 88 \text{ mm}$$

Note : pour les valeurs de pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

· Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^\circ,k} = f_{ax,90^\circ,k} \cdot d \cdot l_{i,min} = 13,1 \cdot 8 \cdot 36 = 3,77 \text{ kN}$$

· Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$$

· Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d_l^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((15^2 - 5,2^2)/4) \cdot 12,4 = 1,93 \text{ kN}$$

Justification à titre indicatif

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

- Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement :

$$F_{v,rk} = 34902 \text{ N (mode m + h)}$$

- Effort résistant intérieur et extérieur par plan :

$$F_{v,rk,ext} = 17450,77 \text{ N}$$

$$F_{v,rk,int} = 17450,77 \text{ N}$$

- Effort résistant maximum par plan :

$$F_{v,rk} = \max(F_{v,rk,ext} ; F_{v,rk,int}) = \max(17451 ; 17451) = 17451 \text{ N}$$

- Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_{t,90,Ek} = 0,3 \cdot F_{v,Rk} = 0,3 \cdot 17451 = 5,24 \text{ kN}$$

Note : Pour le calcul du renforcement, l'effort maximum par plan de part et d'autre de la plaque est retenue

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^{\circ},k}; R_{head,k}); R_{tens,k}) \geq F_{t,90,Ek} / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(3,77; 1,93); 24,1) = 3,77 \text{ kN}$$

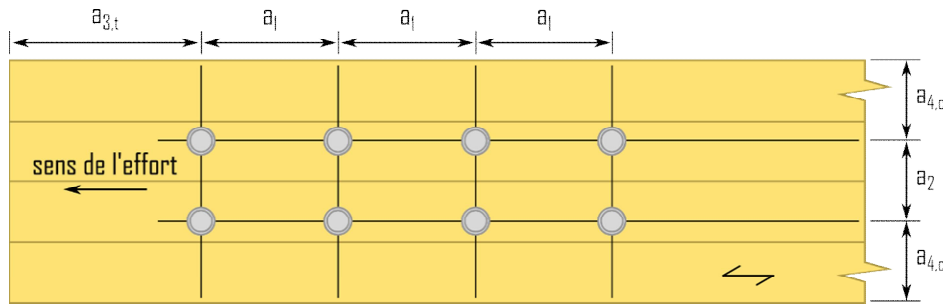
$$F_{t,90,Ek} / n_{vis} = 5,24 / 2 = 2,62 \text{ kN} \quad \Rightarrow \quad 2 \text{ vis par plan par colonne de broche.}$$

$$R_{renf,k} > 0,3 \cdot F_{t,90,k} \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



- Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$$

- Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

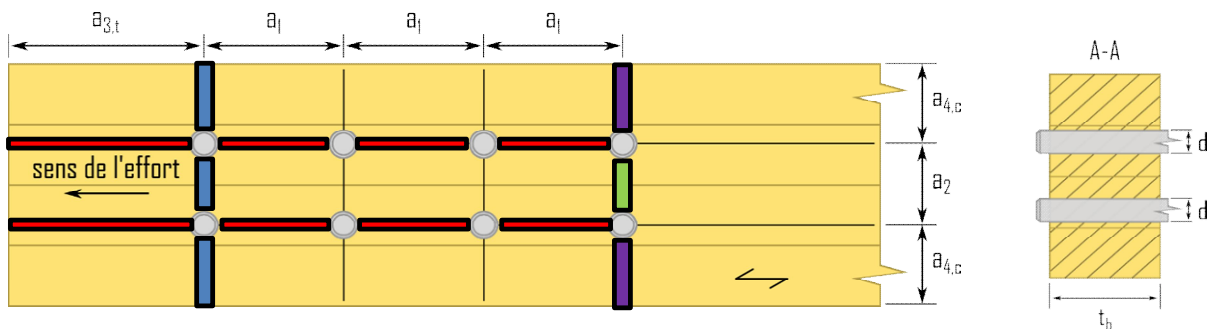
- Distance entre un organe et une extrémité chargée :





$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 12; 80 \text{ mm}) = 84 \text{ mm}$$

- Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



	$A_{net,b,ext} =$ $A_{net,b,int} =$	$(hb - nr \cdot d) \cdot t_{b,ext} = (108 - 2 \cdot 12) \cdot 113 = 9492 \text{ mm}^2$ $(hb - nr \cdot d) \cdot t_{b,int} = (108 - 2 \cdot 12) \cdot 113 = 9492 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>
	$L_{net,v,i} =$ $A_{net,v,ext} =$ $A_{net,v,int} =$	$2 \cdot a_3 + 2 \cdot (nr - 1) \cdot (a_1 - d) - d = 2 \cdot 84 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (60 - 12) - 12 = 444 \text{ mm}$ $L_{net,v,i} \cdot t_{b,ext} = 444 \cdot 113 = 50172 \text{ mm}^2$ $L_{net,v,i} \cdot t_{b,int} = 444 \cdot 113 = 50172 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>
	$L_{net,t,i,centre} =$ $A_{net,t,ext,centre} =$ $A_{net,t,int,centre} =$	$(nr - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$ $L_{net,t,i,centre} \cdot t_b = 24 \cdot 113 = 2712 \text{ mm}^2$ $L_{net,t,i,centre} \cdot t_b = 24 \cdot 113 = 2712 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>
	$L_{net,t,i,rive} =$ $A_{net,t,ext,rive} =$ $A_{net,t,int,rive} =$	$hb - d - (nr - 1) \cdot a_2 = 108 - 12 - (2 - 1) \cdot 36 = 60 \text{ mm}$ $L_{net,t,i,rive} \cdot t_b = 60 \cdot 113 = 6780 \text{ mm}^2$ $L_{net,t,i,rive} \cdot t_b = 60 \cdot 113 = 6780 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,centre-ft,0,mean} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,rive-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,ext-fv,mean} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,centre-ft,0,mean} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,rive-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,int-fv,mean} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 2712 \cdot 25,46 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 6780 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 50172 \cdot 4,64 \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 2712 \cdot 25,46 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 6780 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 50172 \cdot 4,64 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 86323,61 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 215809,02 \text{ N} \\ 163025,73 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 86324 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 215809 \text{ N} \\ 163026 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 489,08 \text{ kN} \Rightarrow$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$$F_{v,Rmean,ass,traction} = \Sigma A_{net,b,i-ft,0,k} = (9492 + 9492 + 9492) \cdot 25,46 = 725,12 \text{ kN}$$

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,centre-ft,0,k} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,rive-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,ext-fv,k} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,centre-ft,0,k} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,rive-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,int-fv,k} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 2712 \cdot 19,2 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 6780 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 50172 \cdot 3,5 \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 2712 \cdot 19,2 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 6780 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 50172 \cdot 3,5 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 65088 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 162720 \text{ N} \\ 122921,4 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 65088 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 162720 \text{ N} \\ 122921 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rk,ass} = 368,76 \text{ kN} \Rightarrow$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette

$$F_{v,Rk,ass,traction} = \Sigma A_{net,b,i-ft,0,k} = (9492 + 9492 + 9492) \cdot 19,2 = 546,74 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Épaisseur efficace $t_{ef}(el)$

Pénétration totale de l'organe

Partie extérieure

Mode de rupture partie extérieure : mode (d)

$$L_{p,o}/d = 113/12 = 9,42 > 3 \Rightarrow t_{ef}(el) = \max(0,76 \cdot L_{p,o}/(30d); 0,2) \cdot t_{ext} = 50,41 \text{ mm}$$

Partie intérieure

Mode de rupture partie intérieure : mode (a)

$$L_{p,i}/d = 113/12 = 9,42 > 7 \Rightarrow t_{ef}(el) = \max(1,7 \cdot L_{p,i}/(10d); 0,5) \cdot t_{int} = 85,69 \text{ mm}$$

Longueur nette cisailée extérieure aux organes

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 60 \cdot (4 - 1) + 84 = 264 \text{ mm}$$

Longueur de fendage

$$L_{net} = (n_c - 1) \cdot a_l + a_3 \cdot t - (n_c - 0,5) \cdot d_0 = (4 - 1) \cdot 60 + 84 - (4 - 0,5) \cdot 12 = 222 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean}/E_{0,mean}} = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{650/11500} = 0,73$$

Coefficient k_t

$$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean}/E_{0,mean}} = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{650/11500} = 1,23$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,ext,k} = k_v \cdot t_{ef,el,ext} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 50,41 \cdot 264 \cdot 3,5 = 34,14 \text{ kN}$$

$$F_{v,int,k} = k_v \cdot t_{ef,el,int} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 85,69 \cdot 264 \cdot 3,5 = 58,03 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR

Hauteur nette en traction

$$b_{net,t,int} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,ext,k} = k_t \cdot b_{net,t,ext} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 24 \cdot 50,41 \cdot 19,2 = 28,64 \text{ kN}$$

$$F_{t,int,k} = k_t \cdot b_{net,t,int} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 24 \cdot 85,69 \cdot 19,2 = 48,68 \text{ kN}$$

Résistance partie extérieure

$$F_{bs,ext,k} = 2 \cdot F_{v,ext,k} + F_{t,ext,k} = 2 \cdot 34135,22 + 28637,87 = 96,91 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{bs,int,k} = 2 \cdot F_{v,int,k} + F_{t,int,k} = 2 \cdot 58025,63 + 48680,82 = 164,73 \text{ kN}$$

Résistance total

$$F_{bs,k} = 2 \cdot (2 \cdot F_{v,ext,k} + F_{t,ext,k}) + 2 \cdot (2 \cdot F_{v,int,k} + F_{t,int,k}) = 2 \cdot (2 \cdot 34,14 + 28,64) + 2 \cdot (2 \cdot 58,03 + 48,68) = 358,55 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.2. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING

Résistance partie extérieure

$$F_{sp,k,ext} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef,el,ext} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (222 + 2 \cdot 12) \cdot 50,41 \cdot 0,5 = 13,02 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k,ext} = F_{sp,k,ext} \cdot n_r = 13,02 \cdot 2 = 26,04 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{sp,k,int} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef,el,int} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (222 + 2 \cdot 12) \cdot 85,69 \cdot 0,5 = 22,13 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k,int} = F_{sp,k,int} \cdot n_r = 22,13 \cdot 2 = 44,27 \text{ kN}$$

Résistance total

$$F_{sp,k} = 2 \cdot F_{sp,k,ext} + F_{sp,k,int} = 2 \cdot 26,04 + 44,27 = 96,35 \text{ kN}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR

Résistance partie extérieure

$$F_{rs,ext,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,ext,k} = 2 \cdot 2 \cdot 34,14 = 136,54 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{rs,int,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,int,k} = 2 \cdot 2 \cdot 58,03 = 232,1 \text{ kN}$$

Résistance totale

$$F_{rs,k} = 2 \cdot (2 \cdot n_r \cdot F_{v,ext,k}) + 2 \cdot n_r \cdot F_{v,int,k} = 2 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 34,14) + 2 \cdot 2 \cdot 58,03 = 505,18 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

Hypothèse : l'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage, ce calcul est une supposition, le draft reste flou sur ce type de rupture.

Résistance partie extérieure

$$F_{b,k} = \min(F_{sp,k,ext}/0,3; F_{bs,ext,k}; F_{rs,ext,k}) = \min(86,81; 96,91; 136,54) = 86,81 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{b,i,k} = \min(F_{sp,k,int}/0,3; F_{bs,int,k}; F_{rs,int,k}) = \min(147,56; 164,73; 232,1) = 147,56 \text{ kN}$$

Résistance à la rupture fragile

$$F_{br,Rk,fendage} = \min(F_{b,o,k} (n_o + n_i \cdot t_i / t_o); F_{b,i,k} (n_o \cdot t_o / (t_i + n_i))) = \min(86,81 (2 + 1 \cdot 113 / 113); 147,56 (2 \cdot 113 / (113 + 1))) = 260,42 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Sans fendage

Résistance partie extérieure

$$F_{b0,k} = \min(F_{bs,ext,k}; F_{rs,ext,k}) = \min(96,91; 136,54) = 96,91 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{b1,k} = \min(F_{bs,int,k}; F_{rs,int,k}) = \min(164,73; 232,1) = 164,73 \text{ kN}$$

Résistance à la rupture fragile

$$F_{br,Rk} = \min(F_{b0,k} (n_o + n_i \cdot t_i / t_o); F_{b1,k} (n_o \cdot t_o / t_i + n_i)) = \min(96,91 (2 + 1 \cdot 113 / 113); 164,73 (2 \cdot 113 / 113 + 1)) = 290,72 \text{ kN}$$

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 12 / 23 = 4490,84 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser,ass,ext} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 4490,84 = 71,85 \text{ kN/mm}$$

Pour 1 plan extérieur

$$K_{ser,ass,int} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 4490,84 = 143,71 \text{ kN/mm}$$

$$K_{ser,ass} = 2 \cdot K_{ser,ass,ext} + K_{ser,ass,int} = 2 \cdot 71,85 + 143,71 = 287,41 \text{ kN/mm}$$

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

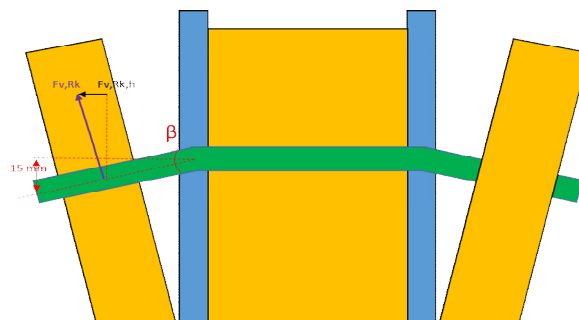
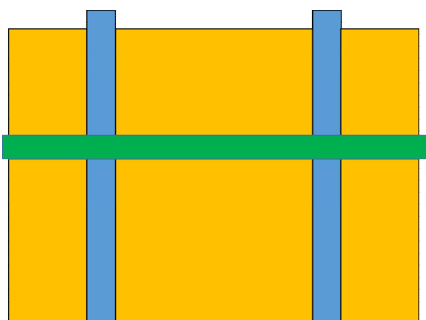
Fermeture de l'assemblage par une vis traversante

ESCRFTC8.0x180 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie
l = 180 mm
lg = 180 mm filetage total lors des essais
d = 8 mm
dI = 5,2 mm
dh = 15 mm

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Le mode de rupture est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.10.1.1), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 245,84 kN, et K la raideur total de l'assemblage.

La broche se plie au maximum avec un angle de $\beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{\text{pliable}})) = \text{Arctan}((245,84/287,41)/117) = 0,42^\circ$

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage :

Effort maximum que peut transmettre une broche : $F_{v,Rk} = 34,9 \text{ kN}$

Voir partie : 1.4.3

Effort horizontale qui ouvre l'assemblage : $F_{v,Rk,h} = \sin(\beta) \cdot F_{v,Rk} = \sin(0,42) \cdot 34901,54 = 255,15 \text{ N}$

Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_{v,Rmean,H} = n \cdot F_{v,Rmean,h} = 8 \cdot 255,15 = 2041,21 \text{ N}$

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la vis :

Air nette de la vis : $A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$

Traction dans la vis : $F_{t,Rk} = f_{tens} = 24100 \text{ N}$

Cisaillement dans le bois : $F_{ax,Rk} = f_{ax,90,k} \cdot d_s \cdot t_{ext} = 13,1 \cdot 8 \cdot 113 = 11842,4 \text{ N}$

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$

$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 11,84) \cdot 1 > 2,04 \text{ kN}$

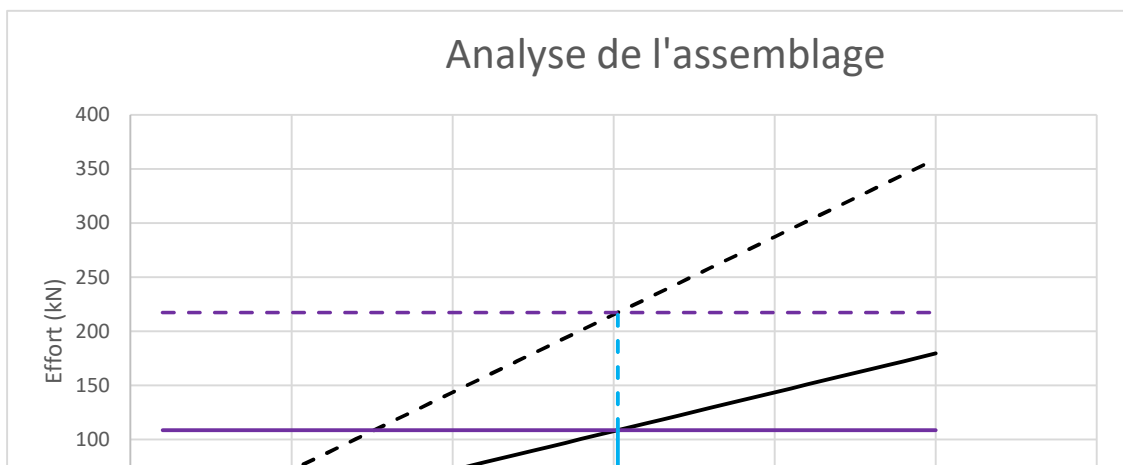
Il faut donc disposer de 1 vis référence : ESCRFTC8.0x180 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

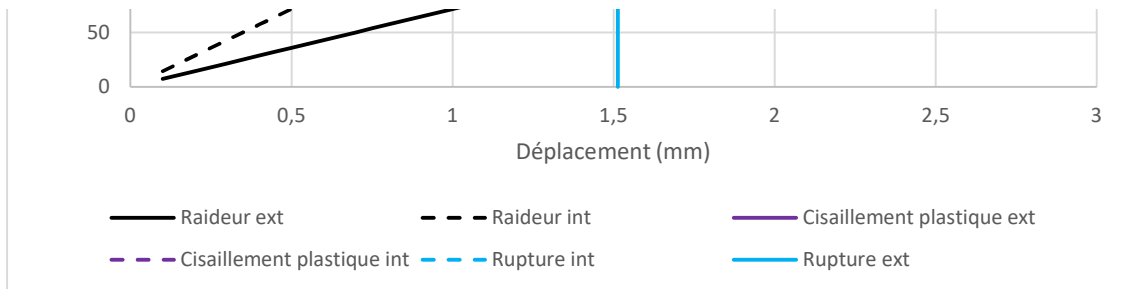
La rupture de l'assemblage en valeur moyenne est ici une rupture fragile. Lorsque la rupture intervient dans la partie intérieure, il est nécessaire de prendre en compte la charge qu'il y avait dans les parties extérieures afin de connaître la capacité de charge complète de l'assemblage à la rupture.

1.6.10.1 Valeurs EXPERIMENTALES

1.6.10.1.1 Rupture de l'assemblage EXPERIMENTALE EC5 non renforcé (rupture par fendage)



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{v,Rexp,ass, fendage} = 2 \cdot F_{v,Rexp,ass, fendage} + (F_{v,Rexp,ext, fendage} / K_{ser,ext} - K_{ser,int}) = 2 \cdot 108,71 + 108,71 / 71,85 - 143,71 = 434,85 \text{ kN}$$

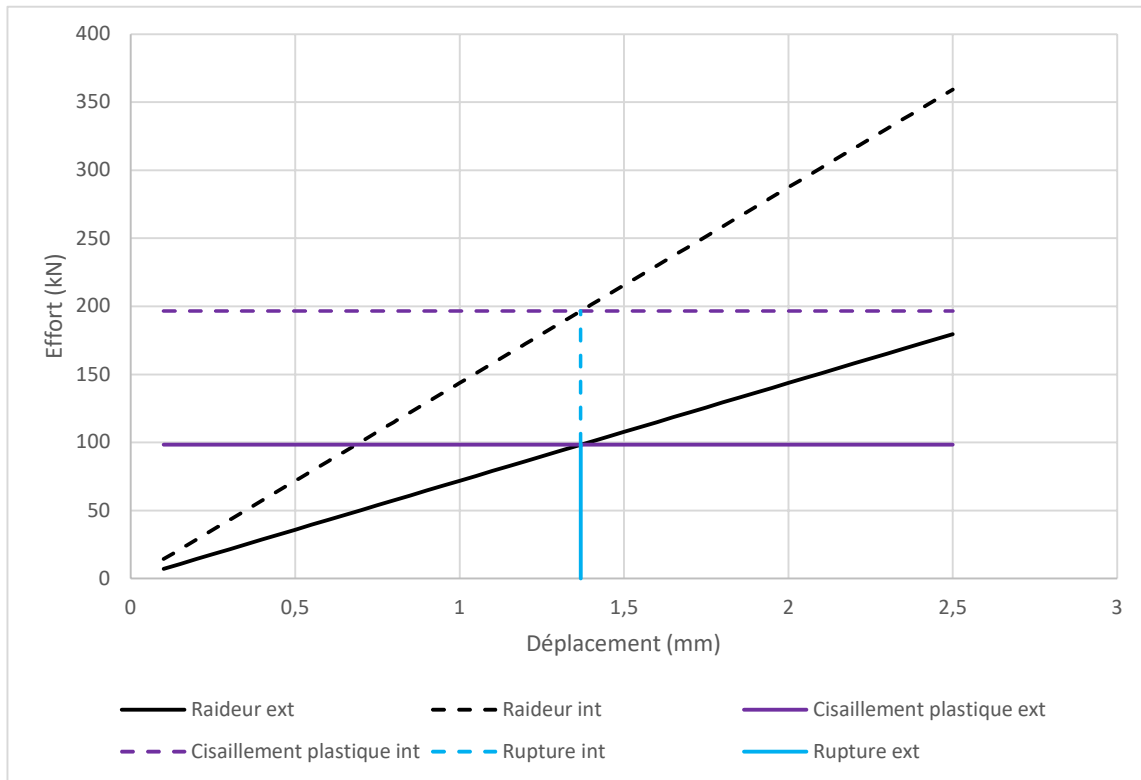
1.6.10.1.2 Rupture de l'assemblage EXPERIMENTALE EC5 cisaillement plastique

$$F_{v,Rexp,ass, plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 19821,5) + (2 \cdot 8 \cdot 19821,5) = 634,29 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.10.2 Valeurs CARACTERISTIQUES

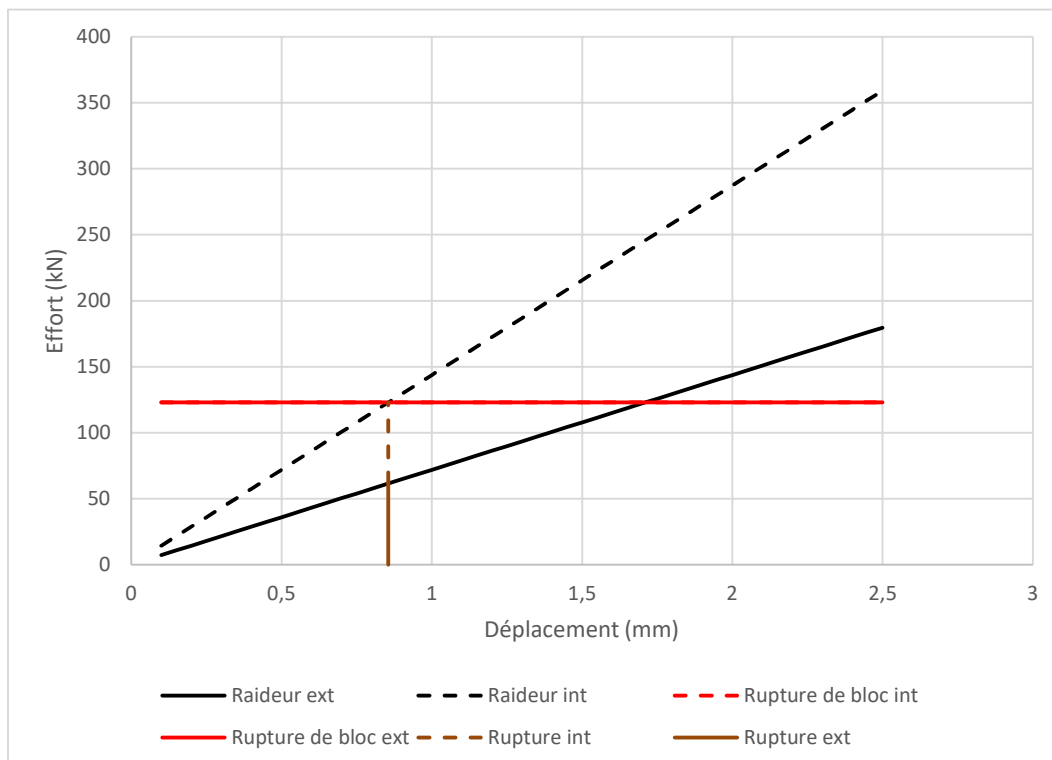
1.6.10.2.1 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 non renforcé (rupture par fendage)



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_v, R_k, \text{ass.fendage} = 2 \cdot F_v, R_k, \text{ass.fendage} + (F_v, R_k, \text{ext.fendage} / K_{\text{ser,ext}} - K_{\text{ser,int}}) = 2 \cdot 95,71 + 95,71 / 71,85 - 143,71 = 382,84 \text{ kN}$$

1.6.10.2.2 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)



Résistance de l'assemblage complet :

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{bs,Rk,ass} = F_{bs,Rk,int} + 2 \cdot (F_{bs,Rk,int} / K_{ser,int} - K_{ser,ext}) = 122,92 + 2 \cdot (122,92 / 143,71 - 71,85) = 245,84 \text{ kN}$$

1.6.10.2.3 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 cisaillement plastique

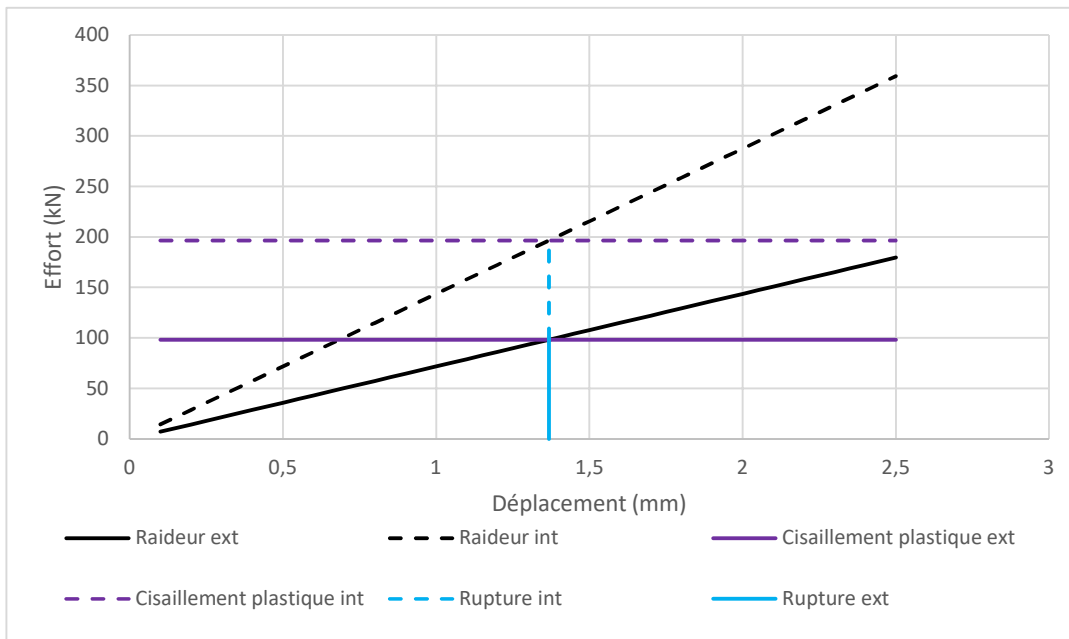
$$F_{v,Rk,ass,plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 17450,77) + (2 \cdot 8 \cdot 17450,77) = 558,42 \text{ kN}$$

1.6.10.2.4 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 traction nette

$$F_{t,0,Rk,ass,traction} = (2 \cdot A_{net,ext} + A_{net,int}) \cdot f_{t,0,k} = (2 \cdot 9492 + 9492) \cdot 19,2 = 546,74 \text{ kN}$$

1.6.10.3 Valeurs MOYENNES

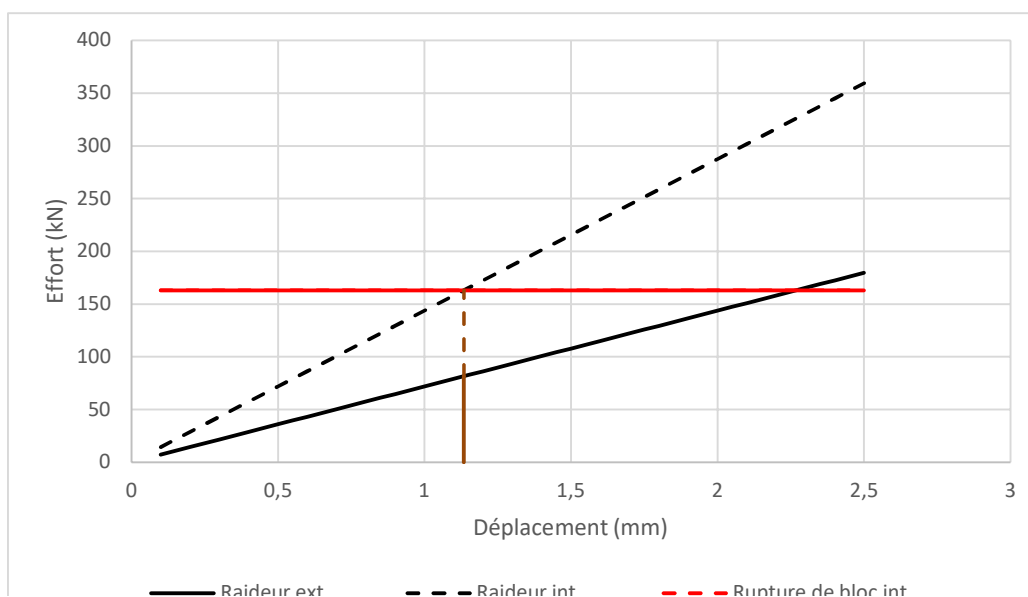
1.6.10.3.1 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 non renforcé (rupture par fendage)



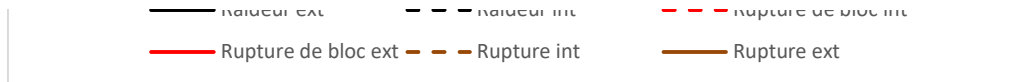
Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = 2 \cdot F_{v,Rk,ass,fendage} + (F_{v,Rk,ext,fendage} / K_{ser,ext} - K_{ser,int}) = 2 \cdot 98,29 + 98,29 / 71,85 - 143,71 = 393,18 \text{ kN}$$

1.6.10.3.2 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{bs,Rk,ass} = F_{bs,Rk,int} + 2 \cdot (F_{bs,Rk,int} / K_{ser,int} - K_{ser,ext}) = 163,03 + 2 \cdot (163,03 / 143,71 - 71,85) = 326,05 \text{ kN}$$

1.6.10.3.3 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 cisaillement plastique

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 17922) + (2 \cdot 8 \cdot 17922) = 573,5 \text{ kN}$$

1.6.10.3.4 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 traction nette

$$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = (2 \cdot A_{net,ext} + A_{net,int}) \cdot f_{t,0,mean} = (2 \cdot 9492 + 9492) \cdot 25,46 = 725,12 \text{ kN}$$

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Plastique majorée

$$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 573,5 \cdot 1,2 = 688,2 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

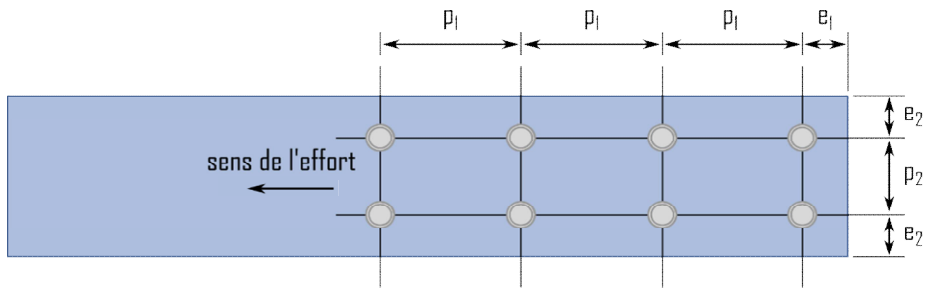
$$F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 326,05 \cdot 1,2 = 391,26 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = F_{t,0,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 725,12 \cdot 1,2 = 870,14 \text{ kN}$$

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs caractéristiques partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

- Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

- Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$d0 = d + j = 12 + 0,6 = 12,6 \text{ mm}$$

- Pas longitudinale :

$$\text{Critère } (2.2d0 \leq p1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p1 = 60 \text{ mm}$$

- Pas transversal

$$\text{Critère } (2.4d0 \leq p2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p2 = 36 \text{ mm}$$

- Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (1.2d0 \leq e1) \quad e1 = 16 \text{ mm}$$

- Pince transversale :

$$\text{Critère } (1.2d0 \leq e2) \quad e2 = 32 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

- Hauteur de la plaque métallique : $hm = 100 \text{ mm}$

- Épaisseur de la plaque métallique : $tm = 8 \text{ mm}$

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right)$$

$$k1 = \min(2.8 \cdot 32 / 12.6 - 1.7; 1.4 \cdot 36 / 12.6 - 1.7; 2.5) = 2.3$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

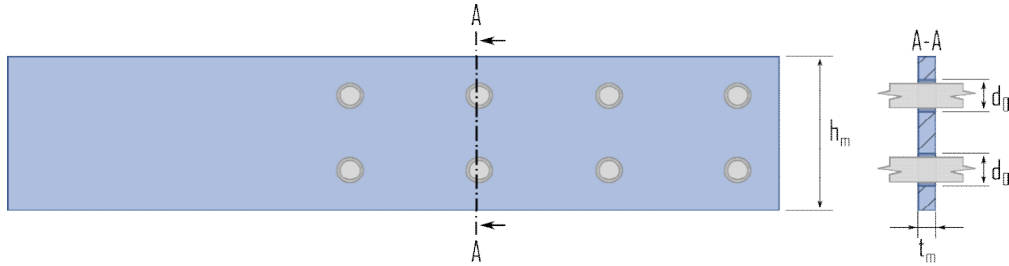
$$\alpha_b = \min(16 / (3 \cdot 12.6); 60 / (3 \cdot 12.6) - 0.25; 900 / 540; 1) = 0.42$$

$$Nb, Rk, ass = nbloc, m \cdot n \cdot k1 \cdot \alpha \cdot fu, k, m \cdot d \cdot tm = 2 \cdot 8 \cdot 2.3 \cdot 0.42 \cdot 540 \cdot 12.8 = 807.5 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - nr \cdot d_0) \cdot t_m = (100 - 2 \cdot 12,6) \cdot 8 = 598,4 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = nbloc,m \cdot 0,9 \cdot A_{net,m} \cdot f_{u,k,m} = 2 \cdot 0,9 \cdot 598 \cdot 540 = 581,64 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = nbloc,m \cdot A_m \cdot f_{y,k,m} = 2 \cdot 100 \cdot 8 \cdot 460 = 736 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

· Bois :

Extérieures =	$E_{0,mean} \cdot h_b \cdot (text \cdot 2) = 11500 \cdot 108 \cdot (113 \cdot 2) = 280692 \text{ kN}$
Intérieures =	$E_{0,mean} \cdot h_b \cdot tint = 11500 \cdot 108 \cdot 113 = 140346 \text{ kN}$

· Métal :

Extérieures =	$E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m = 210000 \cdot 100 \cdot 8 = 168000 \text{ kN}$
Intérieures =	$2 \cdot E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m / 2 = 2 \cdot 210000 \cdot 100 \cdot 8 / 2 = 168000 \text{ kN}$

$$\text{Écart de rigidité extérieures } ((\text{Métal,ext-Bois,ext})/\text{Métal,ext}) = -67,08 \%$$

$$\text{Écart de rigidité intérieures } ((\text{Métal,int-Bois,int})/\text{Métal,int}) = 16,46 \%$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, ass, plastique = 558,42 \text{ kN}$	558 kN
Fendage $F_v, R_k, ass, fendage = 382,84 \text{ kN}$	383 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, ass = 245,84 \text{ kN}$	246 kN
Traction nette $F_v, R_k, ass, traction = 546,74 \text{ kN}$	547 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, ass, plastique, D = 606,71 \text{ kN}$	607 kN
Fendage $F_v, R_k, ass, fendage, D = 260,42 \text{ kN}$	260 kN
Rupture de bloc (sans risque de fendage) $F_{bs}, R_k, ass = 290,72 \text{ kN}$	291 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp}, ass, plastique, D = 646,07 \text{ kN}$	646 kN
---------------------------------------------------------------------------------	--------

1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp}, ass, plastique = 634,29 \text{ kN}$	634 kN
Fendage $F_v, R_{exp}, ass, fendage, = 434,85 \text{ kN}$	435 kN

1.9.5. Bois EC5 MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{mean}, ass, plastique = 573,5 \text{ kN}$	574 kN
Fendage $F_v, R_{mean}, ass, fendage = 393,18 \text{ kN}$	393 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{mean}, ass = 326,05 \text{ kN}$	326 kN
Traction nette $F_t, D, R_{mean}, ass, traction = 725,12 \text{ kN}$	725 kN

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Cisaillement plastique majoré $F_v, R_{major, ass, plastique} = 688,2 \text{ kN}$	688 kN
Rupture de bloc majorée $F_{bs}, R_{major, ass} = 391,26 \text{ kN}$	391 kN
Traction nette majorée $F_t, 0, R_{major, ass, traction} = 870,14 \text{ kN}$	870 kN

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes par plan.

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax}, 90^a, k; R_{head}, k) R_{tens}, k) \geq F_t, 90, E_k / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(3,77; 1,93); 24,1) = 3,77 \text{ kN} > 2,62 \text{ kN}$$

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité, de part et d'autre de l'assemblage (chevauchement) pour la fermeture en valeurs caractéristique.

$$R_{ax,ferm,k} = \min(F_t, R_k; F_{ax}, R_k) \cdot n_{vis} > F_v, R_k, H$$

$$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 11,84) \cdot 1 > 2,04 \text{ kN}$$

1.9.8. Métal

Pression diamétrale

$$N_b, R_k, ass = n_{bloc, m} \cdot n_{kl} \cdot \alpha \cdot f_u, k, m \cdot d \cdot t_m = 2 \cdot 8 \cdot 2,3 \cdot 0,42 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 807,5 \text{ kN}$$

807 kN

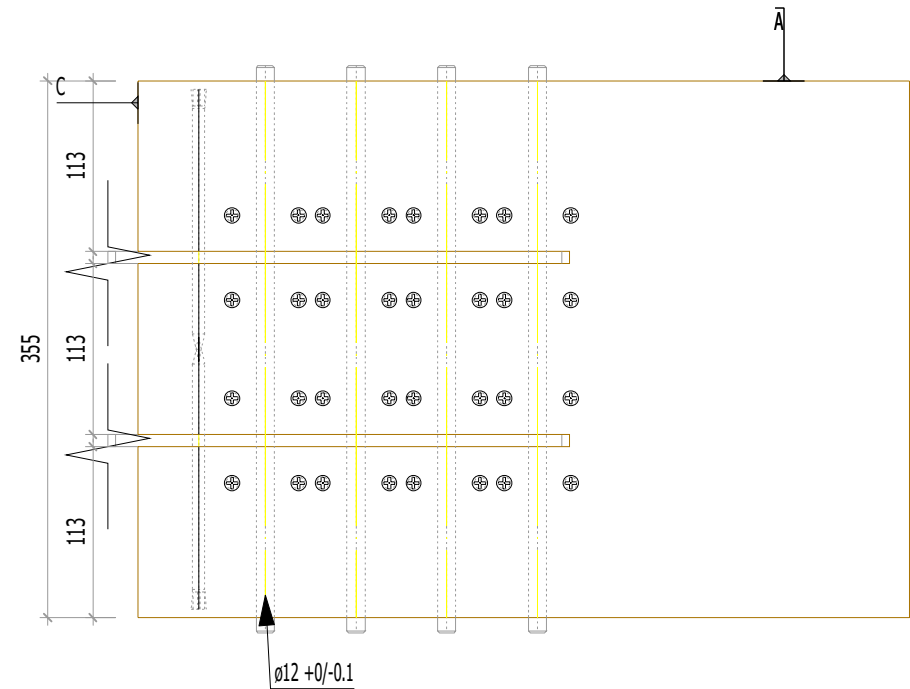
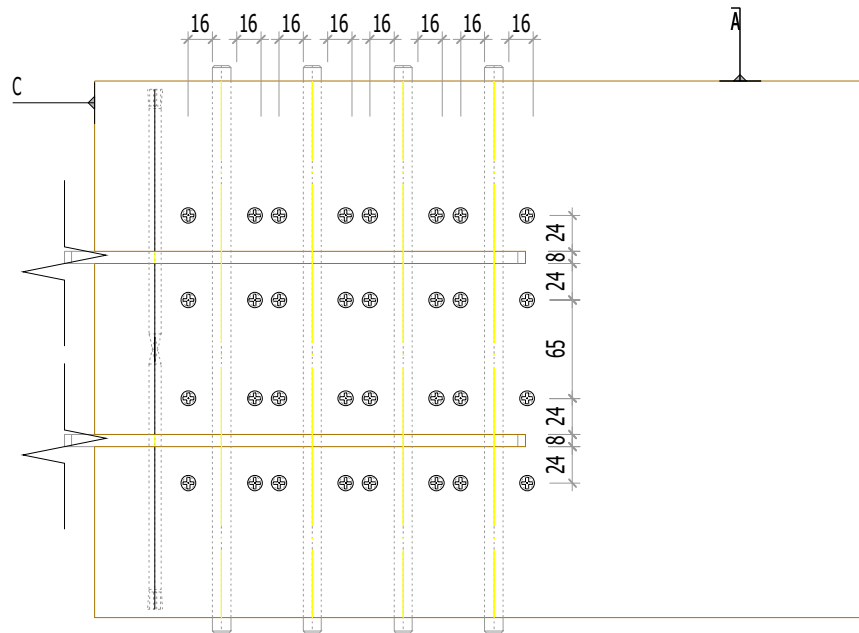
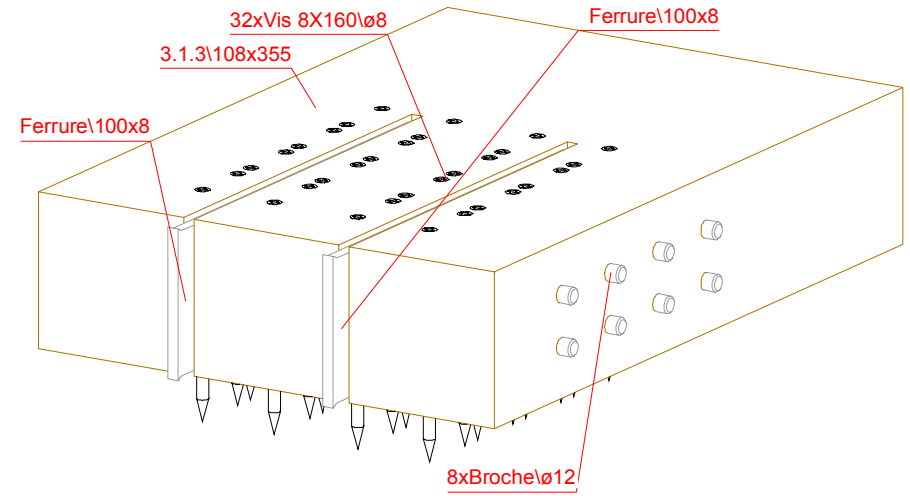
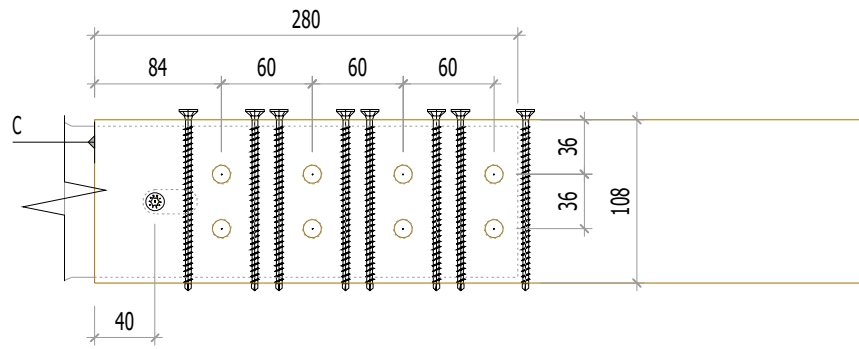
Section nette

$$N_u, R_k, ass = n_{bloc, m} \cdot 0,9 \cdot A_{nt, m} \cdot f_u, k, m = 2 \cdot 0,9 \cdot 598 \cdot 540 = 581,64 \text{ kN}$$

582 kN

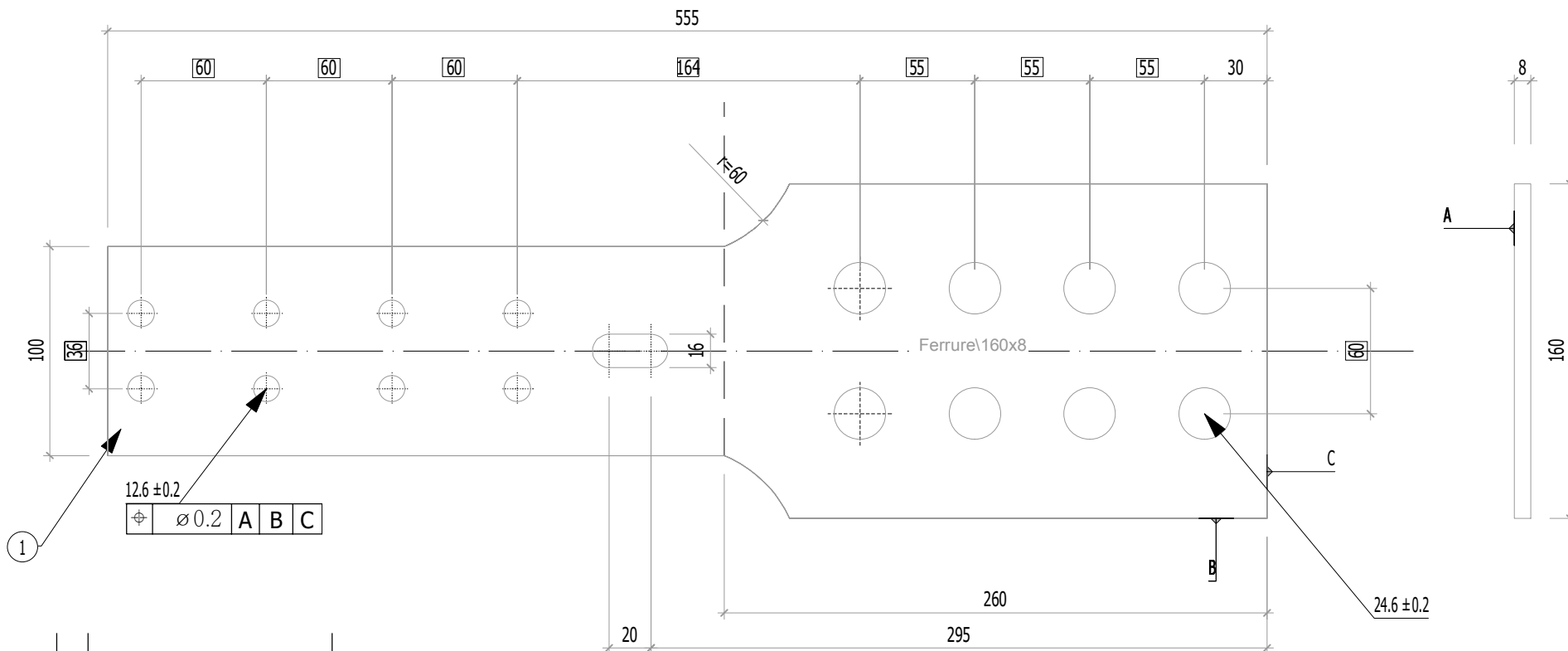
$$N_{pl}, R_k, ass = n_{bloc, m} \cdot A_m \cdot f_y, k, m = 2 \cdot 100 \cdot 8 \cdot 460 = 736 \text{ kN}$$

736 kN



3.1.3

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



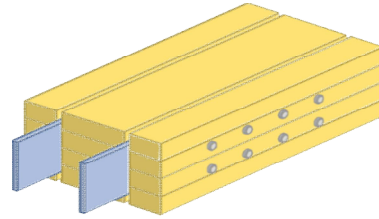
1		20	Ferrure		
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0699224 m²	
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage	Ech
S 460 ou équivalent		Ciser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	X ^{+0,5} / _{-0,5}	Ra12,5 <small>indicateurs coniques</small>	Echelle: 1 : 3
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Dessinateur: ALBERT LEO	
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			4.391 kg	Date: 03.04.2020	
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:	
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9					

F3.1.3

1. Assemblage bois multiplan sollicité en traction

1.0. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes :	Broches
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 vis en extrémité, de part et d'autre de l'assemblage (chevauchement) pour la fermeture en valeurs caractéristique.
Renforcement de l'assemblage	2 vis de frettage par plan par colonne d'organes
Section bois :	$(2 \times 49 + 78) \times 144$ mm
Section métal :	90 X 8 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLC".

1.1. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur moyenne. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode (g+j/l) => soit le mode 2.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométriques des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.2.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
 - 1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5 Justification des vis de renfort
 - 1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1 Eurocode 5
 - 1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.2 Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2.1 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 non renforcé (rupture par fendage)
 - 1.6.10.2.2 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)
 - 1.6.10.2.3 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 cisaillement plastique
 - 1.6.10.2.4 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 traction nette
 - 1.6.10.3 Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.3.1 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 non renforcé (rupture par fendage)
 - 1.6.10.3.2 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.6.10.3.3 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 cisaillement plastique
- 1.6.10.3.4 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 traction nette
- 1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs caractéristiques partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.7.2. Section métal
 - 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
 - 1.7.4. Calculs des sections nettes
 - 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats
 - 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
 - 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
 - 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
 - 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
 - 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
 - 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
 - 1.9.7. Renforcement
 - 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

- Diamètre des organes: $d = 16 \text{ mm}$ tolérance ($\pm h7$)
- Classe de broche: 8.8
 - Résistance en traction des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900 \text{ Mpa}$ (données fournisseurs : VIAL FRERES)
 - Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Limite d'élasticité des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720 \text{ Mpa}$ (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)
 - Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 900 \cdot 16^2 \cdot 2,6 = 364818 \text{ N.mm}$
 - Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 946,57 \cdot 16^2 \cdot 2,6 = 383695 \text{ N.mm}$
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (Draft)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot f_{u,k} \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot 900 \cdot 16^3 = 552960 \text{ N.mm}$
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (Expérimentale)
 - Valeur expérimentale: $M_{y,Rexp} = 669013 \text{ N.mm}$

1.3.2. Bois

- Classe de résistance: GL24h (Schneider)
- Masse volumique: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61 \text{ kg/m}^3$ (COV = 0,15)
- Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction parallèle au fil:
 - Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46 \text{ MPa}$ (COV = 0,15)
- Résistance en cisaillement: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64 \text{ Mpa}$ (COV = 0,15)
- Portance locale parallèle au fil: (EC5 / Draft)
 - Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 385 = 26,52 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 510,61 = 35,17 \text{ Mpa}$
 - Valeur expérimentale: $f_{h,0,exp} = 34,21 \text{ Mpa}$

1.3.3. Métal

- Nuance d'acier: S460

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Module d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Portance locale parallèle au fil: (Draft)
Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique:
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé «N» $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois: $hb = 144 \text{ mm}$
- Épaisseur des éléments bois: $t_{\text{ext}} = 49 \text{ mm}$ et $t_{\text{int}} = 78 \text{ mm}$

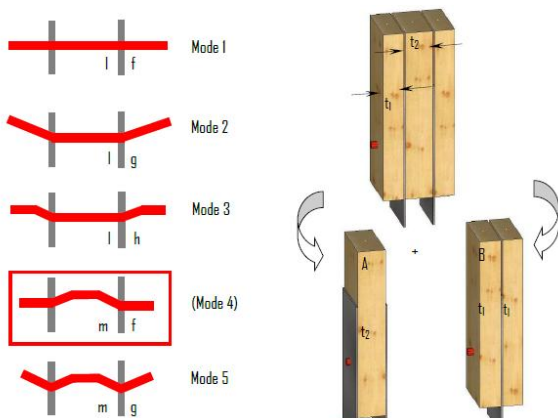
1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v, \text{Rexp}} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2, \text{exp}} t_2 d + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d & (l + f) \\ 0.5 f_{h,2, \text{exp}} t_2 d + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y, \text{Rexp}}}{f_{h,1, \text{exp}} dt_1^2}} - 1 \right] & (l + g) \\ 0.5 f_{h,2, \text{exp}} t_2 d + 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,1, \text{exp}} d} & (l + h) \\ 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,2, \text{exp}} d} + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d & (m + f) \\ 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,2, \text{exp}} d} + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y, \text{Rexp}}}{f_{h,1, \text{exp}} dt_1^2}} - 1 \right] & (m + g) \\ 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,2, \text{exp}} d} + 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,1, \text{exp}} d} & (m + h) \end{cases}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (h et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre l'acier et le bois.
- La décomposition pour l'analyse limite se fait en considérant la partie intérieure de l'assemblage au centre de deux plaques épaisses. Pour les parties extérieures, l'épaisseur des plaques métalliques est sans importance.
- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v, \text{Rexp}} = \min \begin{cases} 21347 + 26821 = 48168 \text{ N mode } (l + f) \\ 21347 + 27063 = 48410 \text{ N mode } (l + g) \\ 21347 + 38272 = 59619 \text{ N mode } (l + h) \\ 38272 + 26821 = 65093 \text{ N mode } (m + f) \\ 38272 + 27063 = 65335 \text{ N mode } (m + g) \\ 38272 + 38272 = 76544 \text{ N mode } (m + h) \end{cases} \rightarrow F_{v, \text{Rexp}} = 48168 \text{ N (mode } l + f) \quad \textit{Effort par plaque}$$

- Contribution de l'effet de corde: dimensionnant
- Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax, \text{Rexp}}; X \cdot F_{v, \text{Rexp}})$
- Pour des broches, $X = 0$



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2,74$$

Partie extérieure

$$F_{v, Rexp, ext} = 26820,64 \text{ N}$$

$$F_{v, ext, Rexp, ass, fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v, Rexp, ext} = 1 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 26,82 = 147,1 \text{ kN}$$

Partie intérieure

$$F_{v, Rexp, int} = 21347,04 \text{ N}$$

$$F_{v, int, Rexp, ass, fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v, Rexp, int} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 21,35 = 234,16 \text{ kN}$$

Assemblage compét

$$F_{v, Rexp, ass, fendage} = 2 \cdot F_{v, ext, Rexp, ass, fendage} + F_{v, int, Rexp, ass, fendage} = 2 \cdot 147,1 + 234,16 = 528,36 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v, Rexp, ass, plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 48,17 = 770,68 \text{ kN}$$

1.4.2.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage

$$F_{text} = 26820,64 \text{ N} \quad S_{ext} = t_{ext} \cdot h_b = 49 \cdot 144 = 7056 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

$$F_{tint} = 21347,04 \text{ N} \quad S_{int} = t_{int} / 2 \cdot h_b = 78 / 2 \cdot 144 = 5616 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

Isocontrainte si $[F_{text} / S_{ext} = F_{tint} / S_{int}]$

$$\text{soit } [26820,64 / 7056 = 21347,04 / 5616] \Rightarrow [3,8 = 3,8] \Rightarrow \text{soit un écart de } 0 \%$$

1.4.3 Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0,5 f_{h, 2, mean} t_2 d + f_{h, 1, mean} t_1 d & (l + f) \\ 0,5 f_{h, 2, mean} t_2 d + f_{h, 1, mean} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y, Rmean}}{f_{h, 1, mean} d t_1^2}} - 1 \right] & (l + g) \\ 0,5 f_{h, 2, mean} t_2 d + 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 1, mean} d} & (l + h) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + f_{h, 1, mean} t_1 d & (m + f) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + f_{h, 1, mean} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y, Rmean}}{f_{h, 1, mean} d t_1^2}} - 1 \right] & (m + g) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 1, mean} d} & (m + h) \end{cases}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (h et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre l'acier et le bois.
- La décomposition pour l'analyse limite se fait en considérant la partie intérieure de l'assemblage au centre

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

de deux plaques épaisses. Pour les parties extérieures, l'épaisseur des plaques métalliques est sans importance.

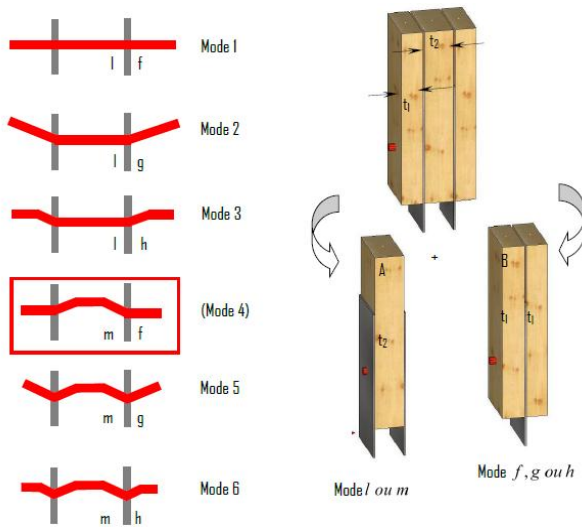
- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_v, R_{\text{mean}} = \min \begin{cases} 21947+27574 = 49521 \text{ N mode (l + f)} \\ 21947+21256 = 43202 \text{ N mode (l + g)} \\ 21947+29388 = 51335 \text{ N mode (l + h)} \\ 29388+27574 = 56962 \text{ N mode (m + f)} \\ 29388+21256 = 50644 \text{ N mode (m + g)} \\ 29388+29388 = 58777 \text{ N mode (m + h)} \end{cases} \rightarrow F_v, R_{\text{mean}} = 43202 \text{ N (mode l + g)} \quad \text{Effort par plaque}$$

- Contribution de l'effet de corde:
dimensionnant

$$\text{Effet de corde} = \min(0.25 \cdot F_{ax}, R_{\text{mean}}; X \cdot F_v, R_{\text{mean}})$$

Pour des broches, $X = 0$



1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

Partie extérieure

$$\text{Effort de rupture partie extérieure} : F_v, R_{\text{mean}, \text{ext}} = 21255.52 \text{ N}$$

$$F_{v, \text{ext}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{ef} \cdot F_v, R_{\text{mean}, \text{ext}} = 1 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 21,26 = 116,58 \text{ kN}$$

Partie intérieure

$$\text{Effort de rupture partie intérieure} : F_v, R_{\text{mean}, \text{int}} = 21946.59 \text{ N}$$

$$F_{v, \text{int}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{ef} \cdot F_v, R_{\text{mean}, \text{int}} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 21,95 = 240,73 \text{ kN}$$

Assemblage complet

$$F_v, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}} = 2 \cdot F_{v, \text{ext}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} + F_{v, \text{int}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} = 2 \cdot 116,58 + 240,73 = 473,89 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_v, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{plastique}} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_{\text{mean}} = 2 \cdot 8 \cdot 43,2 = 691,23 \text{ kN}$$

1.4.3.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{\text{text}} = 21255,52 \text{ N} \quad S_{\text{ext}} = \text{text} \cdot h_b = 49 \cdot 144 = 7056 \text{ mm}^2$$

$$F_{\text{tint}} = 21946,59 \text{ N} \quad S_{\text{int}} = \text{tint} / 2 \cdot h_b = 78 / 2 \cdot 144 = 5616 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

Effort par plan

Isocontrainte si $[F_{\text{text}}/S_{\text{ext}} = F_{\text{tint}}/S_{\text{int}}]$

soit $[21255,52/7056 = 21946,59/5616] \Rightarrow [3,01 = 3,91] \Rightarrow$ soit un écart de -29,73 %

1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{ll} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + f_{h,1,k} t_1 d & (l + f) \\ 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] & (l + g) \\ 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} & (l + h) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + f_{h,1,k} t_1 d & (m + f) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] & (m + g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} & (m + h) \end{array} \right.$$

· Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 16548 + 20791 = 37338 \text{ N mode } (l + f) \\ 16548 + 17728 = 34276 \text{ N mode } (l + g) \\ 16548 + 28616 = 45163 \text{ N mode } (l + h) \\ 28616 + 20791 = 49406 \text{ N mode } (m + f) \\ 28616 + 17728 = 46343 \text{ N mode } (m + g) \\ 28616 + 28616 = 57231 \text{ N mode } (m + h) \end{array} \right. \rightarrow F_{v,Rk} = 34276 \text{ N (mode } l + g) \quad \textit{Effort par plaque}$$

Note : le mode (m + f) n'est pas un mode cinématiquement possible

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Contribution de l'effet de corde:
mode (g+j/l) dimensionnant
Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax,Rk}; X \cdot F_{v,Rk})$
Pour des broches, $X = 0$

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

Partie extérieure

Effort de rupture partie extérieure : $F_{v,Rk,ext} = 17727.82 \text{ N}$

$$F_{v,ext,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 1 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 17.73 = 97.23 \text{ kN}$$

Partie intérieure

Effort de rupture partie intérieure : $F_{v,Rk,int} = 16547.73 \text{ N}$

$$F_{v,int,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 16.55 = 181.51 \text{ kN}$$

Assemblage complet

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = 2 \cdot F_{v,ext,Rmean,ass,fendage} + F_{v,int,Rmean,ass,fendage} = 2 \cdot 97.23 + 181.51 = 375.97 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 34.28 = 548.41 \text{ kN}$$

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right]} + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1.05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2 + \beta} \left[\sqrt{\frac{2(1 + \beta)}{\beta} + \frac{4(2 + \beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1.05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2(1 + \beta) + \frac{4(1 + 2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1.15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1 + \beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

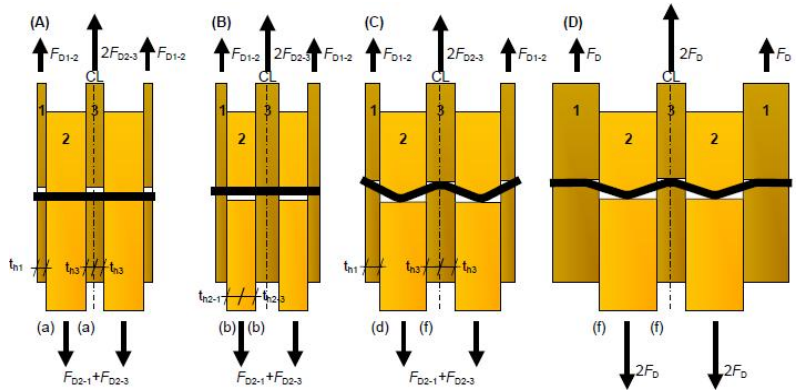
* Partie 1/2

$$th1 = text = 49 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = fh,2,k/fh,1,k = 600/26,52 = 22,63$$

Fv.rk.D,1/2 = min	20791 N mode (a)
	38400 N mode (b)
	9126 N mode (c)
	22261 N mode (d)
	22411 N mode (e)
	34476 N mode (f)



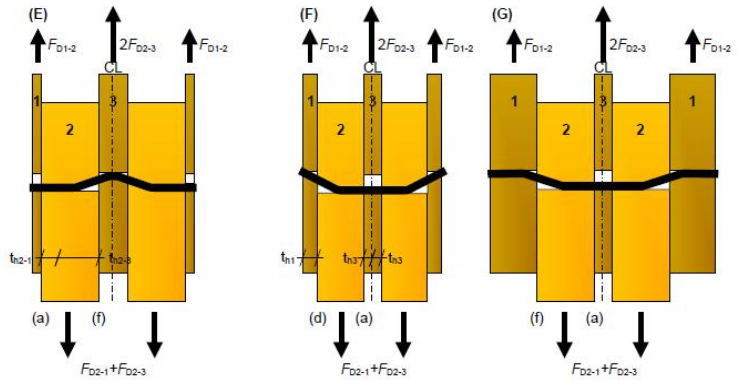
* Partie 3/2

$$th1 = tint/2 = 78/2 = 49 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = fh,2,k/fh,1,k = 600/26,52 = 22,63$$

Fv.rk.D,3/2 = min	16548 N mode (a)
	38400 N mode (b)
	7626 N mode (c)
	22544 N mode (d)
	22411 N mode (e)
	34476 N mode (f)



* Addition des modes

Fv.rk.D = min	mode (a) + (a) = 20791 + 16548 = 37338 N
	mode (b) + (b) = 38400 + 38400 = 76800 N
	mode (d) + (f) = 22261 + 34476 = 56737 N
	mode (f) + (f) = 34476 + 34476 = 68953 N
	mode (a) + (f) = 20791 + 34476 = 55267 N
	mode (d) + (a) = 22261 + 16548 = 38808 N
	mode (f) + (a) = 34476 + 16548 = 51024 N

$$Fv.rk.D = 37338 \text{ N modes (a) + (a)}$$

Effort par plaque

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (37338,47 \cdot 8) = 597,42 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

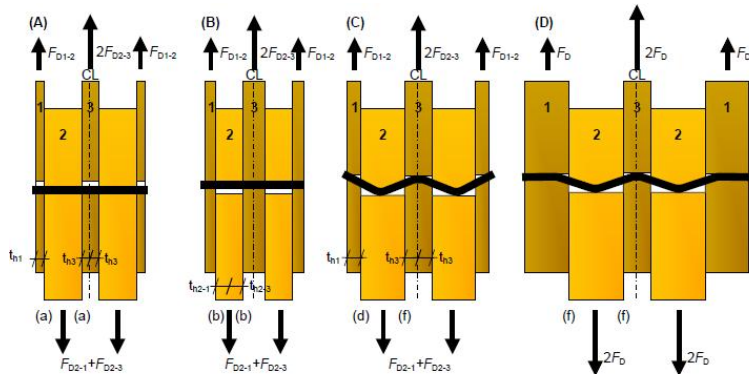
* Partie 1/2

$$th1 = text = 49 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/34,21 = 17,54$$

$$F_{v,exp,D,1/2} = \min \begin{cases} 26821 \text{ N mode (a)} \\ 38400 \text{ N mode (b)} \\ 11456 \text{ N mode (c)} \\ 27641 \text{ N mode (d)} \\ 27716 \text{ N mode (e)} \\ 42810 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



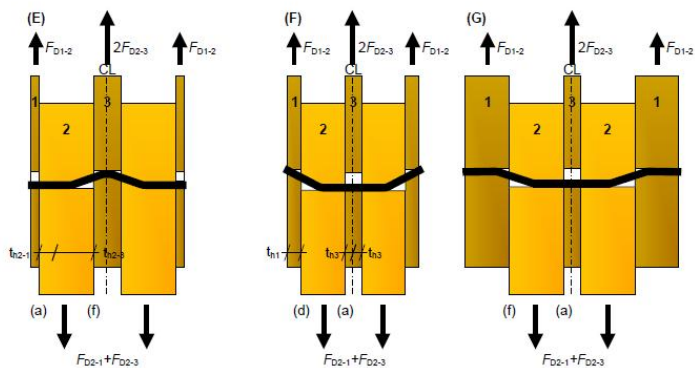
* Partie 3/2

$$th1 = tint/2 = 78/2 = 49 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/34,21 = 17,54$$

$$F_{v,exp,D,3/2} = \min \begin{cases} 21347 \text{ N mode (a)} \\ 38400 \text{ N mode (b)} \\ 9458 \text{ N mode (c)} \\ 27894 \text{ N mode (d)} \\ 27716 \text{ N mode (e)} \\ 42810 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



* Addition des modes

$$F_{v,exp,D} = \min \begin{cases} \text{mode (a) + (a)} = 26821 + 21347 = 48168 \text{ N} \\ \text{mode (b) + (b)} = 38400 + 38400 = 76800 \text{ N} \\ \text{mode (d) + (f)} = 27641 + 42810 = 70451 \text{ N} \\ \text{mode (f) + (f)} = 42810 + 42810 = 85619 \text{ N} \\ \text{mode (a) + (f)} = 26821 + 42810 = 69630 \text{ N} \\ \text{mode (d) + (a)} = 27641 + 21347 = 48988 \text{ N} \\ \text{mode (f) + (a)} = 42810 + 21347 = 64157 \text{ N} \end{cases}$$

$$F_{v,exp,D} = 48168 \text{ N modes (a) + (a)}$$

Effort par plaque

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rexp,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rexp,D} \cdot n) = 2 \cdot (48167,68 \cdot 8) = 770,68 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.5 Justification des vis de renfort

1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

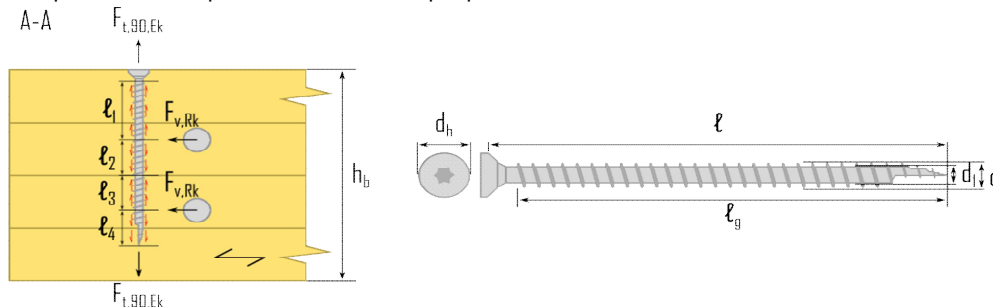
Vis Hecko GX160 => Fournisseur : (type Hecko)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 160 \text{ mm}$
$l_g = 160 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 6 \text{ mm}$
$d_l = 2,7 \text{ mm}$
$d_h = 9,6 \text{ mm}$

Propriétés caractéristique de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 11,5 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 13 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 5,3 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broche, par plan de cisaillement.



4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

$$l_1 = h_b/2 - 1,5d - l + l_g = 144/2 - 1,5 \cdot 16 - 160 + 160 = 48 \text{ mm}$$

$$l_2 = 13 \cdot a/2 = 48/2 = 24 \text{ mm, Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a/2}$$

$$l_4 = l - h_b/2 - a/2 = 160 - 144/2 - 48/2 = 64 \text{ mm}$$

Note : pour les valeurs de pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

· Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^\circ,k} = f_{ax,90^\circ,k} \cdot d \cdot l_{i,min} = 11,5 \cdot 6 \cdot 48 = 3,31 \text{ kN}$$

· Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} = 5,3 \text{ kN}$$

· Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d_l^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((9,6^2 - 2,7^2)/4) \cdot 13 = 0,87 \text{ kN}$$

Justification à titre indicatif

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

- Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement :

$$F_{v,rk} = 34276 \text{ N (mode l + g)}$$

- Effort résistant intérieur et extérieur par plan :

$$F_{v,rk,ext} = 17727,82 \text{ N}$$

$$F_{v,rk,int} = 16547,73 \text{ N}$$

- Effort résistant maximum par plan :

$$F_{v,rk} = \max(F_{v,rk,ext} ; F_{v,rk,int}) = \max(16548 ; 17728) = 17728 \text{ N}$$

- Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_{t,90,Ek} = 0,3 \cdot F_{v,Rk} = 0,3 \cdot 17728 = 5,32 \text{ kN}$$

Note : Pour le calcul du renforcement, l'effort maximum par plan de part et d'autre de la plaque est retenue

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^{\circ},k}; R_{head,k}); R_{tens,k}) \geq F_{t,90,Ek} / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(3,31; 0,87); 5,3) = 3,31 \text{ kN}$$

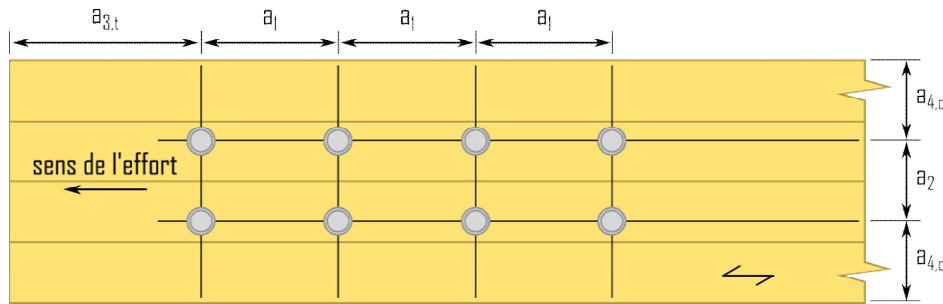
$$F_{t,90,Ek} / n_{vis} = 5,32 / 2 = 2,66 \text{ kN} \quad \Rightarrow \quad 2 \text{ vis par plan par colonne de broche.}$$

$$R_{renf,k} > 0,3 \cdot F_{t,90,k} \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



- Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 16 = 80 \text{ mm}$$

- Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

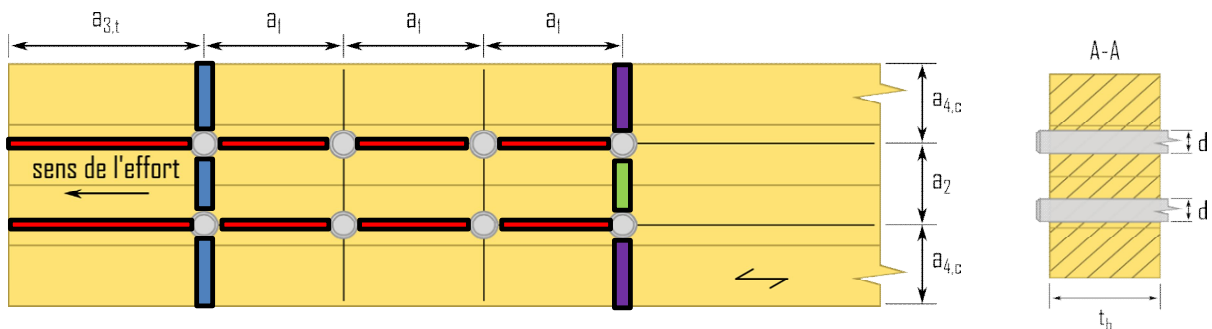
- Distance entre un organe et une extrémité chargée :





$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 16; 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

- Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



	$A_{\text{net},b,\text{ext}} =$ $A_{\text{net},b,\text{int}} =$	$(hb - nr \cdot d) \cdot t_{b,\text{ext}} = (144 - 2 \cdot 16) \cdot 49 = 5488 \text{ mm}^2$ $(hb - nr \cdot d) \cdot t_{b,\text{int}} = (144 - 2 \cdot 16) \cdot 78 = 8736 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>
	$L_{\text{net},v,i} =$ $A_{\text{net},v,\text{ext}} =$ $A_{\text{net},v,\text{int}} =$	$2 \cdot a_3 + 2 \cdot (nc - 1) \cdot (a_1 - d) - d = 2 \cdot 112 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (80 - 16) - 16 = 592 \text{ mm}$ $L_{\text{net},v,i} \cdot t_{b,\text{ext}} = 592 \cdot 49 = 29008 \text{ mm}^2$ $L_{\text{net},v,i} \cdot t_{b,\text{int}} = 592 \cdot 78 = 46176 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>
	$L_{\text{net},t,i,\text{centre}} =$ $A_{\text{net},t,\text{ext},\text{centre}} =$ $A_{\text{net},t,\text{int},\text{centre}} =$	$(nr - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$ $L_{\text{net},t,i,\text{centre}} \cdot t_b = 32 \cdot 49 = 1568 \text{ mm}^2$ $L_{\text{net},t,i,\text{centre}} \cdot t_b = 32 \cdot 78 = 2496 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>
	$L_{\text{net},t,i,\text{rive}} =$ $A_{\text{net},t,\text{ext},\text{rive}} =$ $A_{\text{net},t,\text{int},\text{rive}} =$	$hb - d - (nr - 1) \cdot a_2 = 144 - 16 - (2 - 1) \cdot 48 = 80 \text{ mm}$ $L_{\text{net},t,i,\text{rive}} \cdot t_b = 80 \cdot 49 = 3920 \text{ mm}^2$ $L_{\text{net},t,i,\text{rive}} \cdot t_b = 80 \cdot 78 = 6240 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,centre-ft,0,mean} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,rive-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,ext-fv,mean} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,centre-ft,0,mean} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,rive-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,int-fv,mean} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 1568 \cdot 25,46 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 3920 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 29008 \cdot 4,64 \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 2496 \cdot 25,46 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 6240 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 46176 \cdot 4,64 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 49909,81 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 124774,54 \text{ N} \\ 94256,76 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 79448 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 198621 \text{ N} \\ 150041 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 338,55 \text{ kN} \Rightarrow$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$$F_{v,Rmean,ass,traction} = \Sigma A_{net,b,i-ft,0,k} = (5488+8736+5488) \cdot 25,46 = 501,95 \text{ kN}$$

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,centre-ft,0,k} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,rive-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,ext-fv,k} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,centre-ft,0,k} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,rive-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,int-fv,k} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 1568 \cdot 19,2 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 3920 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 29008 \cdot 3,5 \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 2496 \cdot 19,2 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 6240 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 46176 \cdot 3,5 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 37632 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 94080 \text{ N} \\ 71069,6 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 59904 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 149760 \text{ N} \\ 113131 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rk,ass} = 255,27 \text{ kN} \Rightarrow$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette

$$F_{v,Rk,ass,traction} = \Sigma A_{net,b,i-ft,0,k} = (5488+8736+5488) \cdot 19,2 = 378,47 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Épaisseur efficace $t_{ef}(el)$

Pénétration totale de l'organe

Partie extérieure

Mode de rupture partie extérieure : mode (a)

$$L_{p,o}/d = 49/16 = 3,06 > 3 \Rightarrow t_{ef}(el) = \max(0,76 - L_{p,o}/(30d); 0,2) \cdot t_{ext} = 32,24 \text{ mm}$$

Partie intérieure

Mode de rupture partie intérieure : mode (a)

$$L_{p,i}/d = 78/16 = 4,88 < 7 \Rightarrow t_{ef}(el) = l \cdot t_{int} = 78 \text{ mm}$$

Longueur nette cisailée extérieure aux organes

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 80 \cdot (4 - 1) + 112 = 352 \text{ mm}$$

Longueur de fendage

$$L_{net} = (n_c - 1) \cdot a_l + a_3 \cdot t - (n_c - 0,5) \cdot d_0 = (4 - 1) \cdot 80 + 112 - (4 - 0,5) \cdot 16 = 296 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean}/E_{0,mean}} = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{650/11500} = 0,73$$

Coefficient k_t

$$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean}/E_{0,mean}} = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{650/11500} = 1,23$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,ext,k} = k_v \cdot t_{ef,el,ext} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 32,24 \cdot 352 \cdot 3,5 = 29,11 \text{ kN}$$

$$F_{v,int,k} = k_v \cdot t_{ef,el,int} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 78 \cdot 352 \cdot 3,5 = 70,42 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR

Hauteur nette en traction

$$b_{net,t,int} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,ext,k} = k_t \cdot b_{net,t,ext} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 32 \cdot 32 \cdot 24 \cdot 19,2 = 24,42 \text{ kN}$$

$$F_{t,int,k} = k_t \cdot b_{net,t,int} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 32 \cdot 78 \cdot 19,2 = 59,08 \text{ kN}$$

Résistance partie extérieure

$$F_{bs,ext,k} = 2 \cdot F_{v,ext,k} + F_{t,ext,k} = 2 \cdot 29106,3 + 24418,84 = 82,63 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{bs,int,k} = 2 \cdot F_{v,int,k} + F_{t,int,k} = 2 \cdot 70423,01 + 59081,65 = 199,93 \text{ kN}$$

Résistance total

$$F_{bs,k} = 2 \cdot (2 \cdot F_{v,ext,k} + F_{t,ext,k}) + 2 \cdot F_{v,int,k} + F_{t,int,k} = 2 \cdot (2 \cdot 29,11 + 24,42) + 2 \cdot 70,42 + 59,08 = 365,19 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.2. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING

Résistance partie extérieure

$$F_{sp,k,ext} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef,el,ext} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (296 + 2 \cdot 16) \cdot 32 \cdot 24 \cdot 0,5 = 11,1 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k,ext} = F_{sp,k,ext} \cdot n_r = 11,1 \cdot 2 = 22,21 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{sp,k,int} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef,el,int} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (296 + 2 \cdot 16) \cdot 78 \cdot 0,5 = 26,86 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k,int} = F_{sp,k,int} \cdot n_r = 26,86 \cdot 2 = 53,73 \text{ kN}$$

Résistance total

$$F_{sp,k} = 2 \cdot F_{sp,k,ext} + F_{sp,k,int} = 2 \cdot 22,21 + 53,73 = 98,14 \text{ kN}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR

Résistance partie extérieure

$$F_{rs,ext,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,ext,k} = 2 \cdot 2 \cdot 29,11 = 116,43 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{rs,int,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,int,k} = 2 \cdot 2 \cdot 70,42 = 281,69 \text{ kN}$$

Résistance totale

$$F_{rs,k} = 2 \cdot (2 \cdot n_r \cdot F_{v,ext,k}) + 2 \cdot n_r \cdot F_{v,int,k} = 2 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 29,11) + 2 \cdot 2 \cdot 70,42 = 514,54 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

Hypothèse : l'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage, ce calcul est une supposition, le draft reste flou sur ce type de rupture.

Résistance partie extérieure

$$F_{b,k} = \min(F_{sp,k,ext}/0,3; F_{bs,ext,k}; F_{rs,ext,k}) = \min(74,02; 82,63; 116,43) = 74,02 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{b,i,k} = \min(F_{sp,k,int}/0,3; F_{bs,int,k}; F_{rs,int,k}) = \min(179,09; 199,93; 281,69) = 179,09 \text{ kN}$$

Résistance à la rupture fragile

$$F_{br,Rk,fendage} = \min(F_{b,o,k} (n_o + n_i \cdot t_i / t_o); F_{b,i,k} (n_o \cdot t_o / t_i + n_i)) = \min(74,02 (2 + 1 \cdot 78 / 49); 179,09 (2 \cdot 49 / 78 + 1)) = 265,86 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Sans fendage

Résistance partie extérieure

$$F_{b,i,k} = \min(F_{b,s,ext,k}; F_{r,s,ext,k}) = \min(82,63; 116,43) = 82,63 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{b,i,k} = \min(F_{b,s,int,k}; F_{r,s,int,k}) = \min(199,93; 281,69) = 199,93 \text{ kN}$$

Résistance à la rupture fragile

$$F_{br,Rk} = \min(F_{b,o,k} (n_o + n_i \cdot t_i / t_o); F_{b,i,k} (n_o \cdot t_o / t_i + n_i)) = \min(82,63 (2 + 1 \cdot 78 / 49); 199,93 (2 \cdot 49 / 78 + 1)) = 296,8 \text{ kN}$$

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 16 / 23 = 5987,78 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser,ass,ext} = n_{type} \cdot n_{plan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 5987,78 = 95,8 \text{ kN/mm}$$

Pour 1 plan extérieur

$$K_{ser,ass,int} = n_{type} \cdot n_{plan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5987,78 = 191,61 \text{ kN/mm}$$

$$K_{ser,ass} = 2 \cdot K_{ser,ass,ext} + K_{ser,ass,int} = 2 \cdot 95,8 + 191,61 = 383,22 \text{ kN/mm}$$

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

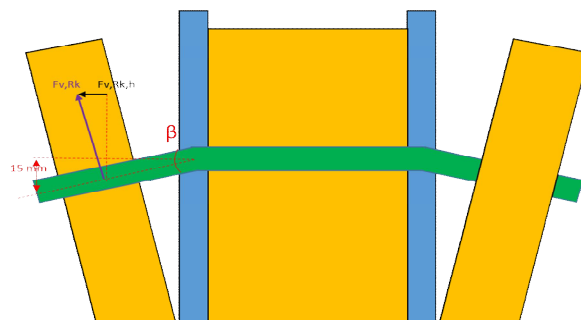
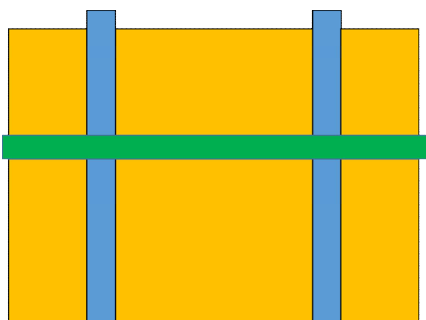
Fermeture de l'assemblage par une vis traversante

ESCRFTC8.0x140 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie
l = 140 mm
lg = 140 mm filetage total lors des essais
d = 8 mm
dI = 5,2 mm
dh = 15 mm

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Le mode de rupture est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.10.1.1), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 226,26 kN , et K la raideur total de l'assemblage.

La broche se plie au maximum avec un angle de $\beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{\text{pliable}})) = \text{Arctan}((226,26/383,22)/53) = 0,64^\circ$

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage :

Effort maximum que peut transmettre une broche : $F_{v,Rk} = 34,28 \text{ kN}$

Voir partie : 1.4.3

Effort horizontale qui ouvre l'assemblage : $F_{v,Rk,h} = \sin(\beta) \cdot F_{v,Rk} = \sin(0,64) \cdot 34275,55 = 381,81 \text{ N}$

Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_{v,Rmean,H} = n \cdot F_{v,Rk,h} = 8 \cdot 381,81 = 3054,48 \text{ N}$

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la vis :

Air nette de la vis : $A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$

Traction dans la vis : $F_{t,Rk} = f_{tens} = 24100 \text{ N}$

Cisaillement dans le bois : $F_{ax,Rk} = f_{ax,90,k} \cdot d_s \cdot t_{ext} = 13,1 \cdot 8 \cdot 49 = 5135,2 \text{ N}$

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$

$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 5,14) \cdot 1 > 3,05 \text{ kN}$

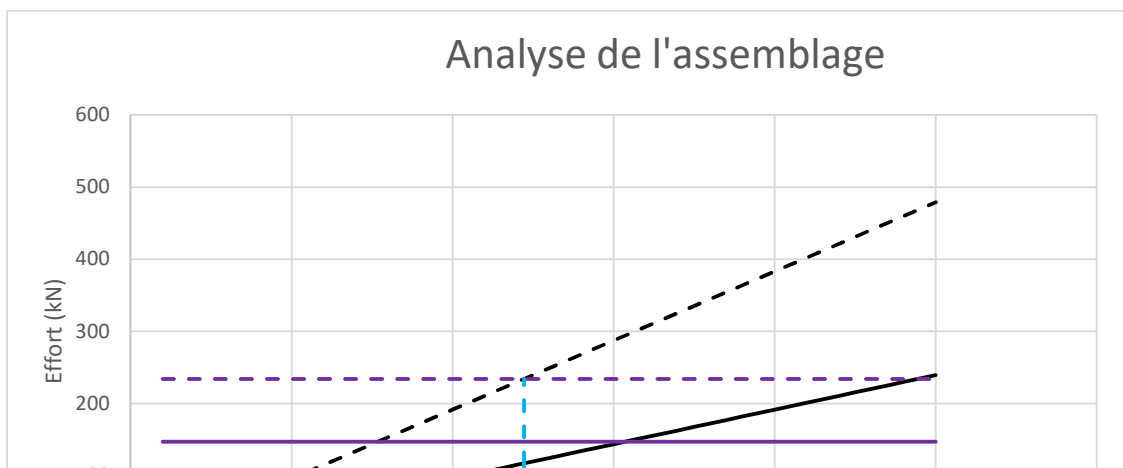
Il faut donc disposer de 1 vis référence : ESCRFTC8.0x140 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

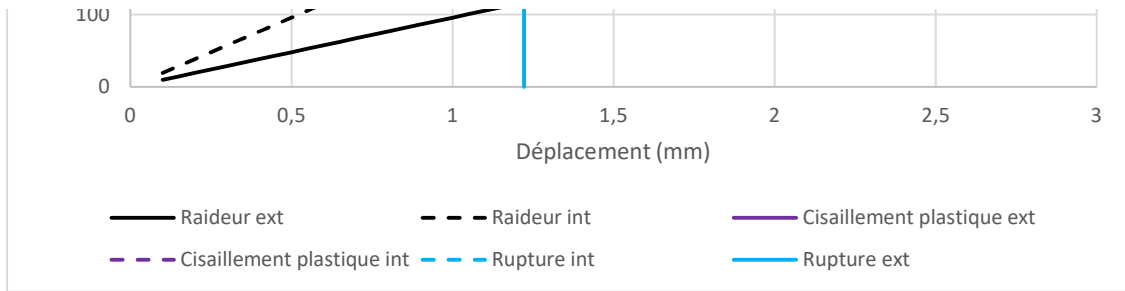
La rupture de l'assemblage en valeur moyenne est ici une rupture fragile. Lorsque la rupture intervient dans la partie intérieure , il est nécessaire de prendre en compte la charge qu'il y avait dans les parties extérieures afin de connaître la capacité de charge complète de l'assemblage à la rupture.

1.6.10.1 Valeurs EXPERIMENTALES

1.6.10.1.1 Rupture de l'assemblage EXPERIMENTALE EC5 non renforcé (rupture par fendage)



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{v,Rexp,ass,fendage} = F_{v,Rexp,int,fendage} + 2 \cdot (F_{v,Rexp,int,fendage} / K_{ser,int} - K_{ser,ext}) = 234,16 + 2 \cdot (234,16 / 191,61 - 95,8) = 468,32 \text{ kN}$$

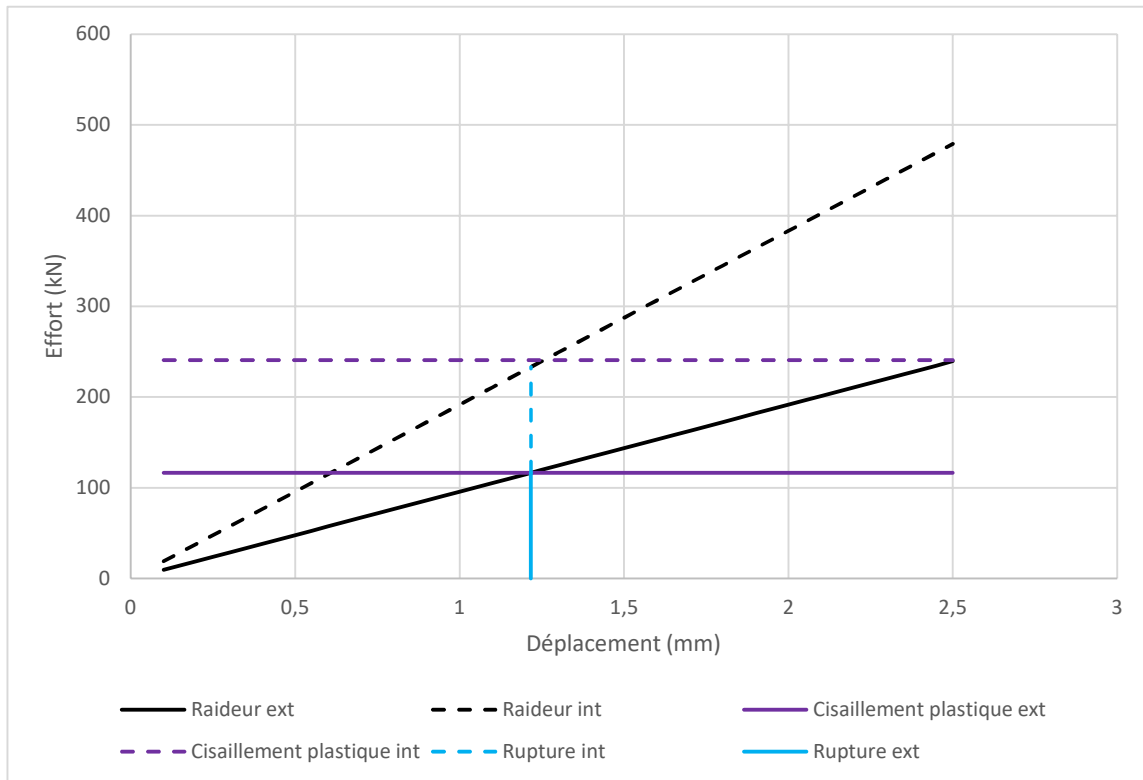
1.6.10.1.2 Rupture de l'assemblage EXPERIMENTALE ECS cisaillement plastique

$$F_{v,Rexp,ass,plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 26820,64) + (2 \cdot 8 \cdot 21347,04) = 770,68 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.10.2 Valeurs CARACTERISTIQUES

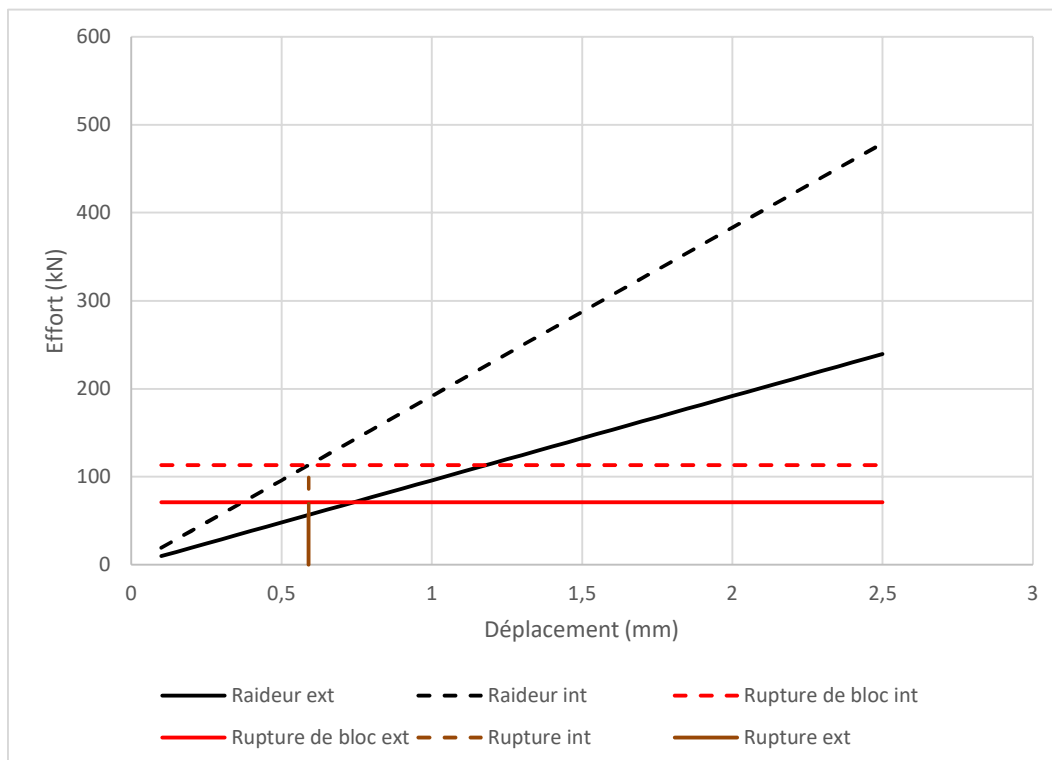
1.6.10.2.1 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 non renforcé (rupture par fendage)



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_v, R_k, \text{ass.fendage} = F_v, R_k, \text{int.fendage} + 2 \cdot (F_v, R_k, \text{int.fendage} / K_{\text{ser.int}} \cdot K_{\text{ser.ext}}) = 181,51 + 2 \cdot (181,51 / 191,61 \cdot 95,8) = 363,03 \text{ kN}$$

1.6.10.2.2 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)



Résistance de l'assemblage complet :

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{bs,Rk,ass} = F_{bs,Rk,int} + 2 \cdot (F_{bs,Rk,int} / K_{ser,int} - K_{ser,ext}) = 113,13 + 2 \cdot (113,13 / 191,61 - 95,8) = 226,26 \text{ kN}$$

1.6.10.2.3 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 cisaillement plastique

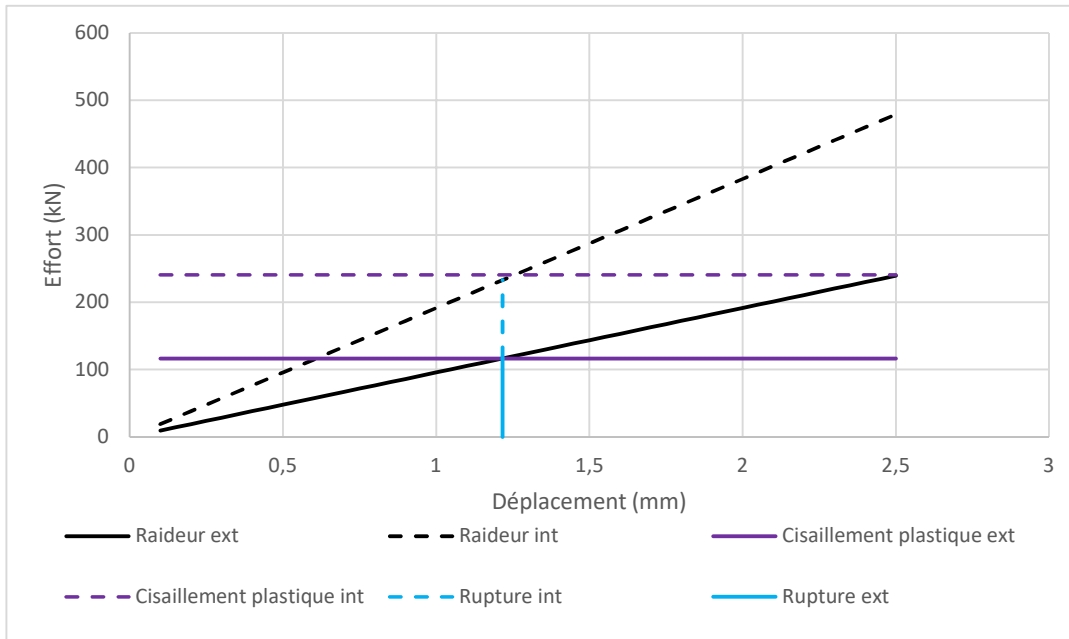
$$F_{v,Rk,ass,plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 17727,82) + (2 \cdot 8 \cdot 16547,73) = 548,41 \text{ kN}$$

1.6.10.2.4 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 traction nette

$$F_{t,D,Rk,ass,traction} = (2 \cdot A_{net,ext} + A_{net,int}) \cdot f_{t,D,k} = (2 \cdot 5488 + 8736) \cdot 19,2 = 378,47 \text{ kN}$$

1.6.10.3 Valeurs MOYENNES

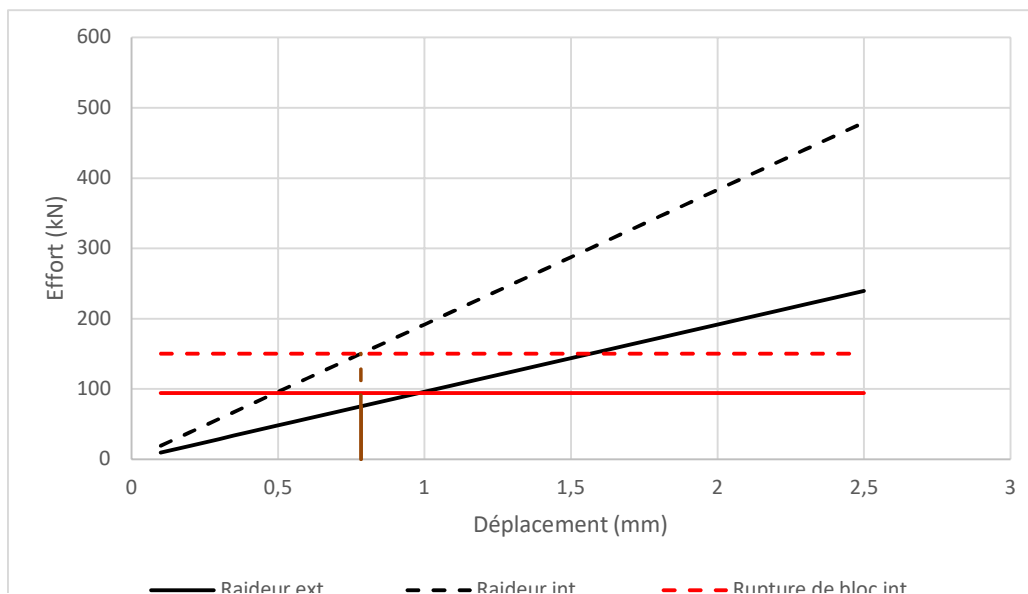
1.6.10.3.1 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 non renforcé (rupture par fendage)



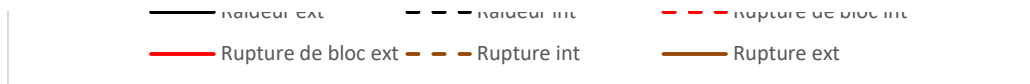
Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = 2 \cdot F_{v,Rk,ass,fendage} + (F_{v,Rk,ext,fendage} / K_{ser,ext} - K_{ser,int}) = 2 \cdot 116,58 + 116,58 / 95,8 - 191,61 = 466,31 \text{ kN}$$

1.6.10.3.2 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{bs,Rk,ass} = F_{bs,Rk,int} + 2 \cdot (F_{bs,Rk,int} / K_{ser,int} - K_{ser,ext}) = 150,04 + 2 \cdot (150,04 / 191,61 - 95,8) = 300,08 \text{ kN}$$

1.6.10.3.3 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 cisaillement plastique

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 21255,52) + (2 \cdot 8 \cdot 21946,59) = 691,23 \text{ kN}$$

1.6.10.3.4 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 traction nette

$$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = (2 \cdot A_{net,ext} + A_{net,int}) \cdot f_{t,0,mean} = (2 \cdot 5488 + 8736) \cdot 25,46 = 501,95 \text{ kN}$$

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Plastique majorée

$$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 691,23 \cdot 1,2 = 829,48 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

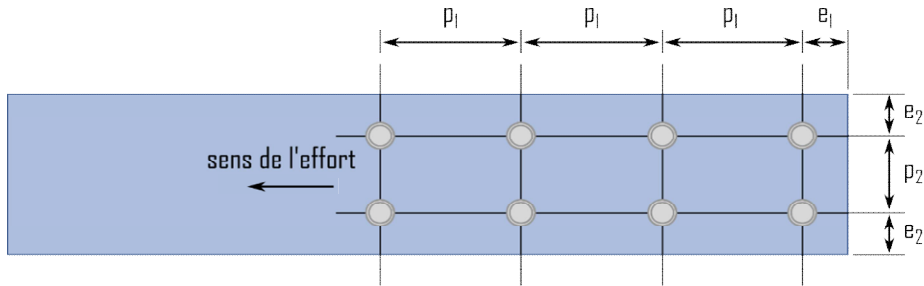
$$F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 300,08 \cdot 1,2 = 360,1 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = F_{t,0,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 501,95 \cdot 1,2 = 602,34 \text{ kN}$$

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs caractéristiques partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$d_0 = d + j = 16 + 0,6 = 16,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale :

$$\text{Critère } (2.2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 80 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2.4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 48 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (1.2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 20 \text{ mm}$$

· Pince transversale :

$$\text{Critère } (1.2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 21 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique : $h_m = 90 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique : $t_m = 8 \text{ mm}$

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right)$$

$$k_1 = \min (2.8 \cdot 21 / 16.6 - 1.7; 1.4 \cdot 48 / 16.6 - 1.7; 2.5) = 1.84$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

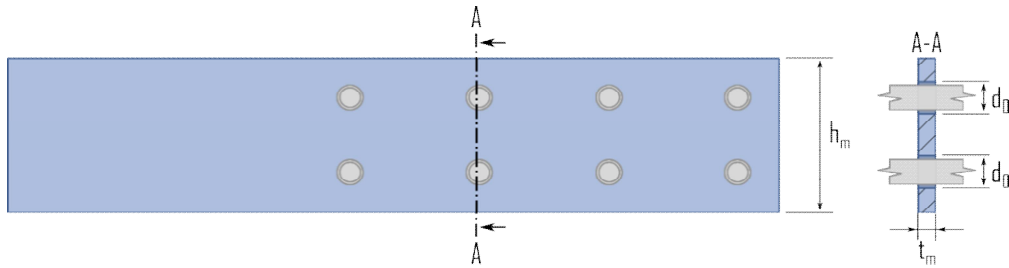
$$\alpha_b = \min (20 / (3 \cdot 16.6); 80 / (3 \cdot 16.6) - 0.25; 900 / 540; 1) = 0.4$$

$$N_{b,Rk,ass} = n_{bloc} \cdot n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k} \cdot m \cdot d \cdot t_m = 2 \cdot 8 \cdot 1.84 \cdot 0.4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 818,19 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (90 - 2 \cdot 16,6) \cdot 8 = 454,4 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = n_{bloc,m} \cdot 0,9 \cdot A_{net,m} \cdot f_{u,k,m} = 2 \cdot 0,9 \cdot 454 \cdot 540 = 441,68 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = n_{bloc,m} \cdot A_m \cdot f_{y,k,m} = 2 \cdot 90 \cdot 8 \cdot 460 = 662,4 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

- Bois :
 - Extérieures = $E_{0,mean} \cdot h_b \cdot (text:2) = 11500 \cdot 144 \cdot (49 \cdot 2) = 162288 \text{ kN}$
 - Intérieures = $E_{0,mean} \cdot h_b \cdot t_{int} = 11500 \cdot 144 \cdot 78 = 129168 \text{ kN}$
- Métal :
 - Extérieures = $E_m \cdot mean \cdot h_m \cdot t_m = 210000 \cdot 90 \cdot 8 = 151200 \text{ kN}$
 - Intérieures = $2 \cdot E_m \cdot mean \cdot h_m \cdot t_m / 2 = 2 \cdot 210000 \cdot 90 \cdot 8 / 2 = 151200 \text{ kN}$

$$\text{Écart de rigidité extérieures } ((\text{Métal,ext-Bois,ext})/\text{Métal,ext}) = -7,33 \%$$

$$\text{Écart de rigidité intérieures } ((\text{Métal,int-Bois,int})/\text{Métal,int}) = 14,57 \%$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, ass, plastique = 548,41 \text{ kN}$	548 kN
Fendage $F_v, R_k, ass, fendage = 363,03 \text{ kN}$	363 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, ass = 226,26 \text{ kN}$	226 kN
Traction nette $F_v, R_k, ass, traction = 378,47 \text{ kN}$	378 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, ass, plastique, D = 597,42 \text{ kN}$	597 kN
Fendage $F_v, R_k, ass, fendage, D = 265,86 \text{ kN}$	266 kN
Rupture de bloc (sans risque de fendage) $F_{bs}, R_k, ass = 296,8 \text{ kN}$	297 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp}, ass, plastique, D = 770,68 \text{ kN}$	771 kN
---------------------------------------------------------------------------------	--------

1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{exp}, ass, plastique = 770,68 \text{ kN}$	771 kN
Fendage $F_v, R_{exp}, ass, fendage, = 468,32 \text{ kN}$	468 kN

1.9.5. Bois EC5 MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{mean}, ass, plastique = 691,23 \text{ kN}$	691 kN
Fendage $F_v, R_{mean}, ass, fendage = 466,31 \text{ kN}$	466 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{mean}, ass = 300,08 \text{ kN}$	300 kN
Traction nette $F_t, D, R_{mean}, ass, traction = 501,95 \text{ kN}$	502 kN

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Cisaillement plastique majoré $F_v, R_{major, ass, plastique} = 829,48 \text{ kN}$	829 kN
Rupture de bloc majorée $F_{bs}, R_{major, ass} = 360,1 \text{ kN}$	360 kN
Traction nette majorée $F_{t,0}, R_{major, ass, traction} = 602,34 \text{ kN}$	602 kN

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes par plan.

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax}, 90^{\circ}, k; R_{head}, k) R_{tens}, k) \geq F_t, 90, E_k / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(3,31; 0,87); 5,3) = 3,31 \text{ kN} > 2,66 \text{ kN}$$

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité, de part et d'autre de l'assemblage (chevauchement) pour la fermeture en valeurs caractéristique.

$$R_{ax,ferm,k} = \min(F_t, R_k; F_{ax}, R_k) \cdot n_{vis} > F_v, R_k, H$$

$$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 5,14) \cdot 1 > 3,05 \text{ kN}$$

1.9.8. Métal

Pression diamétrale

$$N_b, R_k, ass = n_{bloc, m} \cdot n_{kl} \cdot \alpha \cdot f_u, k, m \cdot d \cdot t_m = 2 \cdot 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 818,19 \text{ kN}$$

818 kN

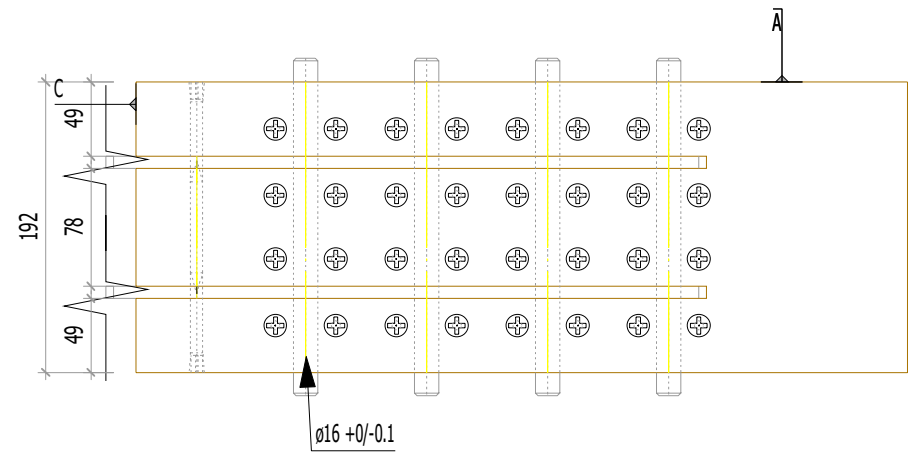
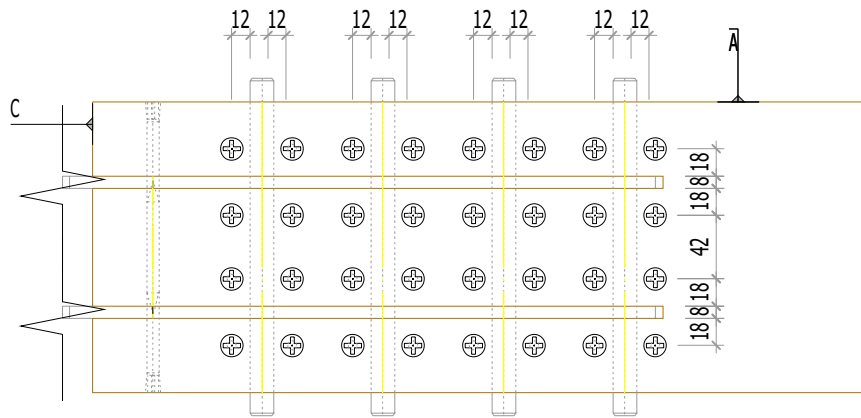
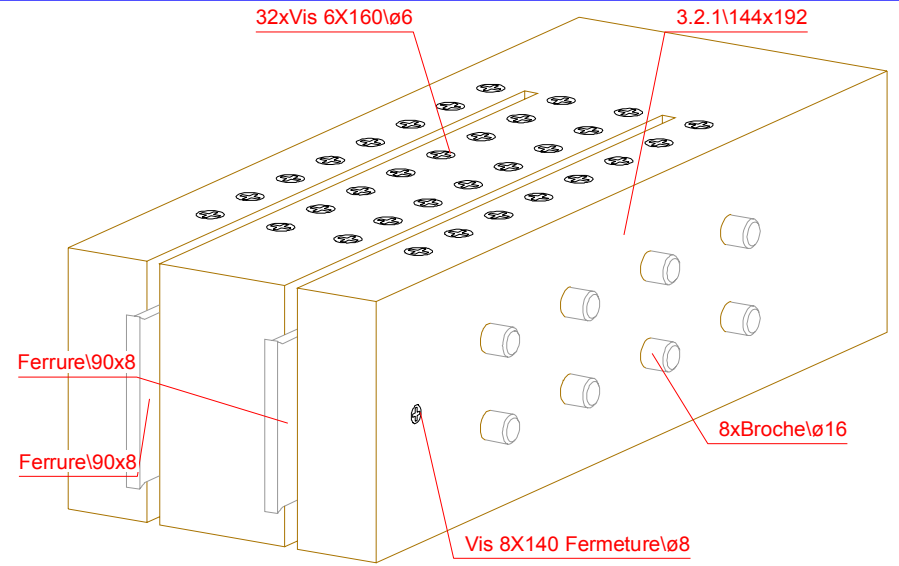
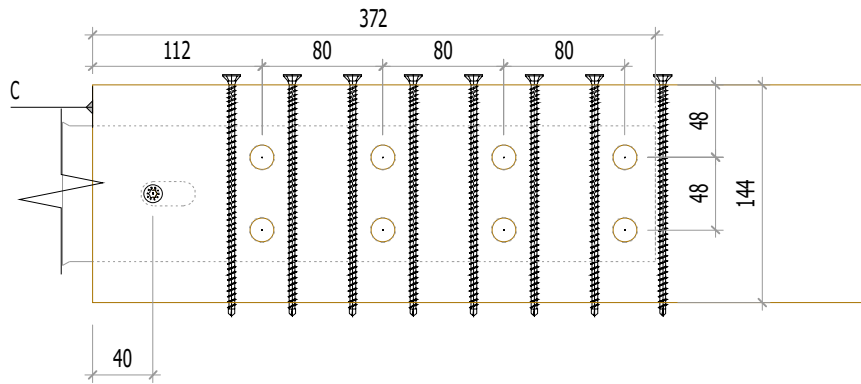
Section nette

$$N_u, R_k, ass = n_{bloc, m} \cdot 0,9 \cdot A_{nt, m} \cdot f_u, k, m = 2 \cdot 0,9 \cdot 454 \cdot 540 = 441,68 \text{ kN}$$

442 kN

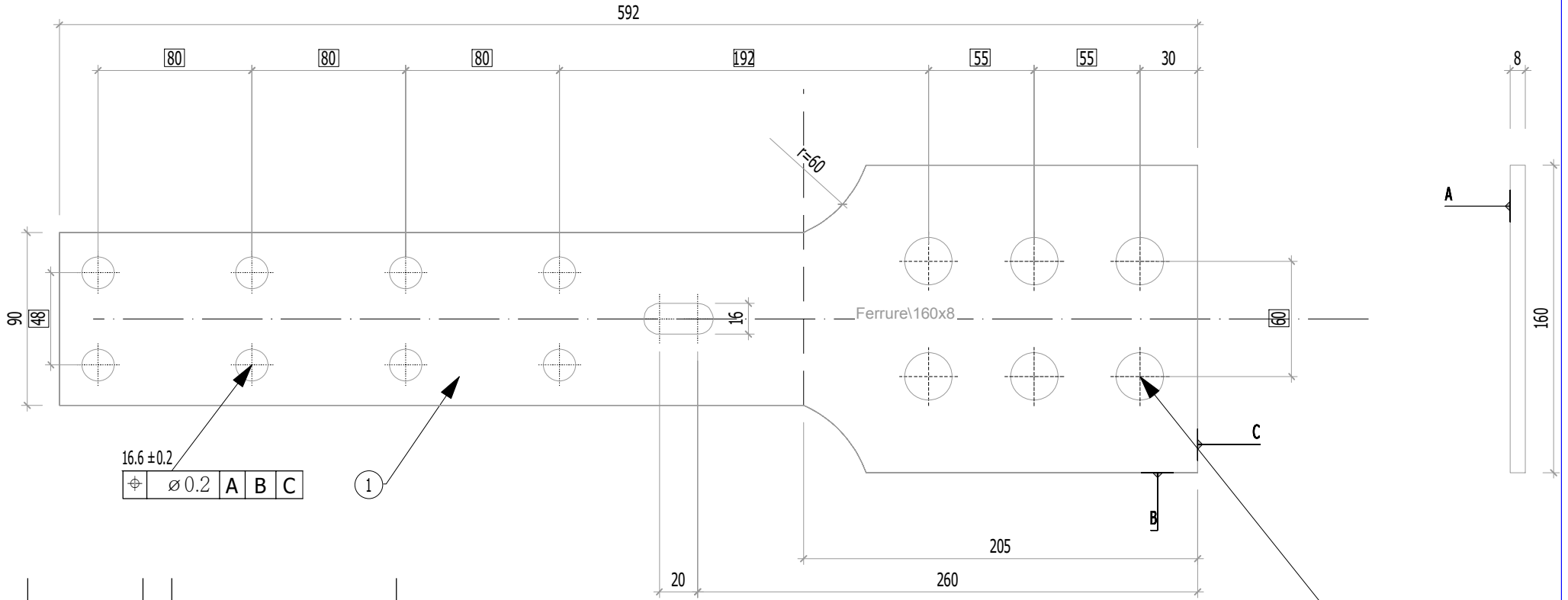
$$N_{pl}, R_k, ass = n_{bloc, m} \cdot A_m \cdot f_y, k, m = 2 \cdot 90 \cdot 8 \cdot 460 = 662,4 \text{ kN}$$

662 kN



3.2.1

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



F3.2.1

1. Assemblage bois multiplan sollicité en traction

1.0. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes : Broches

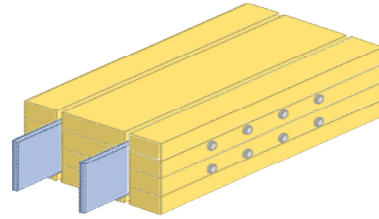
Nombre d'organes $n = 8$ (2 files de 4 broches)

Fermeture de l'assemblage 1 vis en extrémité, de part et d'autre de l'assemblage (chevauchement) pour la fermeture en valeurs caractéristique.

Renforcement de l'assemblage 2 vis de frettage par plan par colonne d'organes

Section bois : $(2 \times 90 + 125) \times 144$ mm

Section métal : 130×8 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLC".

1.1. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur moyenne. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode $(g+k/m) \Rightarrow$ soit le mode 5.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométriques des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.2.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
 - 1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5 Justification des vis de renfort
 - 1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1 Eurocode 5
 - 1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.2 Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2.1 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 non renforcé (rupture par fendage)
 - 1.6.10.2.2 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)
 - 1.6.10.2.3 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 cisaillement plastique
 - 1.6.10.2.4 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 traction nette
 - 1.6.10.3 Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.3.1 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 non renforcé (rupture par fendage)
 - 1.6.10.3.2 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.6.10.3.3 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 cisaillement plastique
- 1.6.10.3.4 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 traction nette
- 1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs caractéristiques partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.7.2. Section métal
 - 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
 - 1.7.4. Calculs des sections nettes
 - 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats
 - 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
 - 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
 - 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
 - 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
 - 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
 - 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
 - 1.9.7. Renforcement
 - 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

- Diamètre des organes: $d = 16 \text{ mm}$ tolérance ($\pm h7$)
- Classe de broche: 8.8
 - Résistance en traction des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900 \text{ Mpa}$ (données fournisseurs : VIAL FRERES)
 - Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Limite d'élasticité des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720 \text{ Mpa}$ (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)
 - Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 900 \cdot 16^2 \cdot 2,6 = 364818 \text{ N.mm}$
 - Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 946,57 \cdot 16^2 \cdot 2,6 = 383695 \text{ N.mm}$
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (Draft)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot f_{u,k} \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot 900 \cdot 16^3 = 552960 \text{ N.mm}$
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (Expérimentale)
 - Valeur expérimentale: $M_{y,Rexp} = 669013 \text{ N.mm}$

1.3.2. Bois

- Classe de résistance: GL24h (Schneider)
- Masse volumique: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61 \text{ kg/m}^3$ (COV = 0,15)
- Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction parallèle au fil:
 - Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46 \text{ MPa}$ (COV = 0,15)
- Résistance en cisaillement: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64 \text{ Mpa}$ (COV = 0,15)
- Portance locale parallèle au fil: (EC5 / Draft)
 - Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 385 = 26,52 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 510,61 = 35,17 \text{ Mpa}$
 - Valeur expérimentale: $f_{h,0,exp} = 34,21 \text{ Mpa}$

1.3.3. Métal

- Nuance d'acier: S460

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Module d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Portance locale parallèle au fil: (Draft)
Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique:
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé «N» $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois: $hb = 144 \text{ mm}$
- Épaisseur des éléments bois: $t_{\text{ext}} = 90 \text{ mm}$ et $t_{\text{int}} = 125 \text{ mm}$

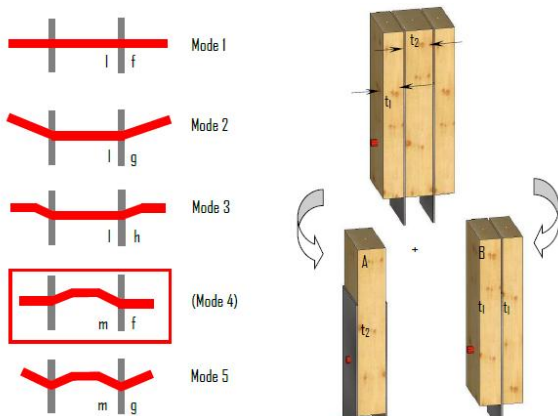
1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v, \text{Rexp}} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2, \text{exp}} t_2 d + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d & (l + f) \\ 0.5 f_{h,2, \text{exp}} t_2 d + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y, \text{Rexp}}}{f_{h,1, \text{exp}} dt_1^2}} - 1 \right] & (l + g) \\ 0.5 f_{h,2, \text{exp}} t_2 d + 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,1, \text{exp}} d} & (l + h) \\ 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,2, \text{exp}} d} + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d & (m + f) \\ 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,2, \text{exp}} d} + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y, \text{Rexp}}}{f_{h,1, \text{exp}} dt_1^2}} - 1 \right] & (m + g) \\ 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,2, \text{exp}} d} + 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,1, \text{exp}} d} & (m + h) \end{cases}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (h et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre l'acier et le bois.
- La décomposition pour l'analyse limite se fait en considérant la partie intérieure de l'assemblage au centre de deux plaques épaisses. Pour les parties extérieures, l'épaisseur des plaques métalliques est sans importance.
- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v, \text{Rexp}} = \min \begin{cases} 34210 + 49262 = 83472 \text{ N mode } (l + f) \\ 34210 + 30226 = 64436 \text{ N mode } (l + g) \\ 34210 + 38272 = 72482 \text{ N mode } (l + h) \\ 38272 + 49262 = 87535 \text{ N mode } (m + f) \\ 38272 + 30226 = 68498 \text{ N mode } (m + g) \\ 38272 + 38272 = 76544 \text{ N mode } (m + h) \end{cases} \rightarrow F_{v, \text{Rexp}} = 64436 \text{ N (mode } l + g) \quad \textit{Effort par plaque}$$

- Contribution de l'effet de corde:
dimensionnant
Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax, \text{Rexp}}; X \cdot F_{v, \text{Rexp}})$
Pour des broches, $X = 0$



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2,74$$

Partie extérieure

$$F_{v,Rexp,ext} = 30225,54 \text{ N}$$

$$F_{v,ext,Rexp,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rexp,ext} = 1 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 30225,54 = 165,77 \text{ kN}$$

Partie intérieure

$$F_{v,Rexp,int} = 34210 \text{ N}$$

$$F_{v,int,Rexp,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rexp,int} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 34210 = 375,25 \text{ kN}$$

Assemblage complet

$$F_{v,Rexp,ass,fendage} = 2 \cdot F_{v,ext,Rexp,ass,fendage} + F_{v,int,Rexp,ass,fendage} = 2 \cdot 165,77 + 375,25 = 706,8 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rexp,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 64,44 = 1030,97 \text{ kN}$$

1.4.2.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage

$$F_{t,ext} = 30225,54 \text{ N} \quad S_{ext} = t_{ext} \cdot h_b = 90 \cdot 144 = 12960 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

$$F_{t,int} = 34210 \text{ N} \quad S_{int} = t_{int} / 2 \cdot h_b = 125 / 2 \cdot 144 = 9000 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

Isocontrainte si $[F_{t,ext} / S_{ext} = F_{t,int} / S_{int}]$

$$\text{soit } [30225,54 / 12960 = 34210 / 9000] \Rightarrow [2,33 = 3,8] \Rightarrow \text{soit un écart de } -62,98 \%$$

1.4.3 Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v,Rmean} = \min \begin{cases} 0,5 f_{h,2,mean} t_2 d + f_{h,1,mean} t_1 d & (l + f) \\ 0,5 f_{h,2,mean} t_2 d + f_{h,1,mean} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rmean}}{f_{h,1,mean} d t_1^2}} - 1 \right] & (l + g) \\ 0,5 f_{h,2,mean} t_2 d + 2 \sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,1,mean} d} & (l + h) \\ 2 \sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,2,mean} d} + f_{h,1,mean} t_1 d & (m + f) \\ 2 \sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,2,mean} d} + f_{h,1,mean} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rmean}}{f_{h,1,mean} d t_1^2}} - 1 \right] & (m + g) \\ 2 \sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,2,mean} d} + 2 \sqrt{M_{y,Rmean} f_{h,1,mean} d} & (m + h) \end{cases}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (h et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre l'acier et le bois.
- La décomposition pour l'analyse limite se fait en considérant la partie intérieure de l'assemblage au centre

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

de deux plaques épaisses. Pour les parties extérieures, l'épaisseur des plaques métalliques est sans importance.

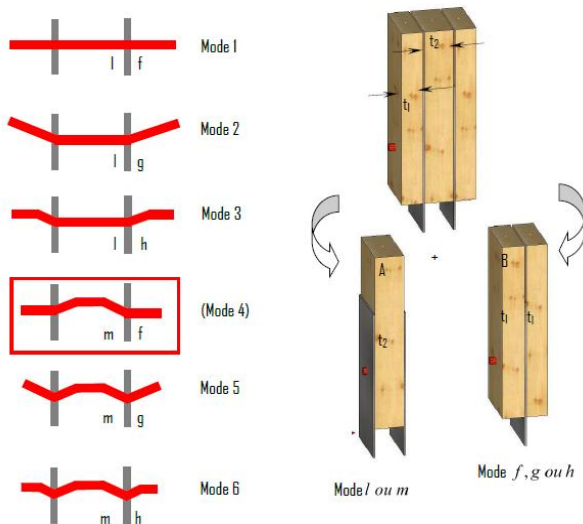
- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_v, R_{\text{mean}} = \min \begin{cases} 35171 + 50646 = 85817 \text{ N mode (l + f)} \\ 35171 + 26773 = 61944 \text{ N mode (l + g)} \\ 35171 + 29388 = 64559 \text{ N mode (l + h)} \\ 29388 + 50646 = 80034 \text{ N mode (m + f)} \\ 29388 + 26773 = 56161 \text{ N mode (m + g)} \\ 29388 + 29388 = 58777 \text{ N mode (m + h)} \end{cases} \rightarrow F_v, R_{\text{mean}} = 56161 \text{ N (mode m + g)} \quad \text{Effort par plaque}$$

- Contribution de l'effet de corde:
dimensionnant

$$\text{Effet de corde} = \min(0.25 \cdot F_{ax}, R_{\text{mean}}; X \cdot F_v, R_{\text{mean}})$$

Pour des broches, $X = 0$



1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

Partie extérieure

$$\text{Effort de rupture partie extérieure} : F_v, R_{\text{mean}, \text{ext}} = 26773.03 \text{ N}$$

$$F_{v, \text{ext}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{ef} \cdot F_v, R_{\text{mean}, \text{ext}} = 1 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 26773 = 146.84 \text{ kN}$$

Partie intérieure

$$\text{Effort de rupture partie intérieure} : F_v, R_{\text{mean}, \text{int}} = 29388.3 \text{ N}$$

$$F_{v, \text{int}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{ef} \cdot F_v, R_{\text{mean}, \text{int}} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 29388.3 = 322.36 \text{ kN}$$

Assemblage complet

$$F_v, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}} = 2 \cdot F_{v, \text{ext}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} + F_{v, \text{int}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} = 2 \cdot 146.84 + 322.36 = 616.04 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_v, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{plastique}} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_{\text{mean}} = 2 \cdot 8 \cdot 56161 = 898.58 \text{ kN}$$

1.4.3.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{\text{text}} = 26773,03 \text{ N} \quad S_{\text{ext}} = \text{text} \cdot \text{hb} = 90 \cdot 144 = 12960 \text{ mm}^2$$

$$F_{\text{tint}} = 29388,3 \text{ N} \quad S_{\text{int}} = \text{tint} / 2 \cdot \text{hb} = 125 / 2 \cdot 144 = 9000 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

Effort par plan

Isocontrainte si $[F_{\text{text}}/S_{\text{ext}} = F_{\text{tint}}/S_{\text{int}}]$

soit $[26773,03/12960 = 29388,3/9000] \Rightarrow [2,07 = 3,27] \Rightarrow$ soit un écart de -58,07 %

1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{ll} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + f_{h,1,k} t_1 d & (l + f) \\ 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] & (l + g) \\ 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} & (l + h) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + f_{h,1,k} t_1 d & (m + f) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] & (m + g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} & (m + h) \end{array} \right.$$

· Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 26519 + 38187 = 64706 \text{ N mode } (l + f) \\ 26519 + 21274 = 47793 \text{ N mode } (l + g) \\ 26519 + 28616 = 55134 \text{ N mode } (l + h) \\ 28616 + 38187 = 66803 \text{ N mode } (m + f) \\ 28616 + 21274 = 49890 \text{ N mode } (m + g) \\ 28616 + 28616 = 57231 \text{ N mode } (m + h) \end{array} \right. \rightarrow F_{v,Rk} = 47793 \text{ N (mode } l + g) \quad \textit{Effort par plaque}$$

Note : le mode (m + f) n'est pas un mode cinématiquement possible

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Contribution de l'effet de corde:
mode (g+j/l) dimensionnant
Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax,Rk}; X \cdot F_{v,Rk})$
Pour des broches, $X = 0$

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2,74$$

Partie extérieure

$$\text{Effort de rupture partie extérieure : } F_{v,Rk,ext} = 21274,47 \text{ N}$$

$$F_{v,ext,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 1 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 21,27 = 116,68 \text{ kN}$$

Partie intérieure

$$\text{Effort de rupture partie intérieure : } F_{v,Rk,int} = 26518,8 \text{ N}$$

$$F_{v,int,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 26,52 = 290,89 \text{ kN}$$

Assemblage complet

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = 2 \cdot F_{v,ext,Rmean,ass,fendage} + F_{v,int,Rmean,ass,fendage} = 2 \cdot 116,68 + 290,89 = 524,25 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 47,79 = 764,69 \text{ kN}$$

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right]} + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2 + \beta} \left[\sqrt{\frac{2(1 + \beta)}{\beta} + \frac{4(2 + \beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2(1 + \beta) + \frac{4(1 + 2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1 + \beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

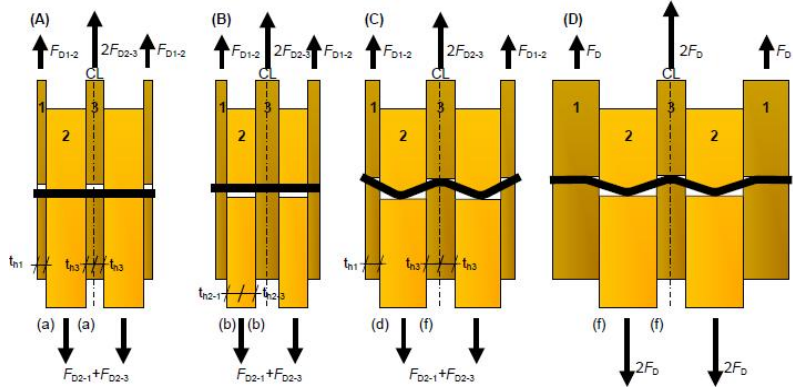
* Partie 1/2

$$th1 = text = 90 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = fh,2,k/fh,1,k = 600/26,52 = 22,63$$

Fv.rk.D,1/2 = min	38187 N mode (a)
	38400 N mode (b)
	15821 N mode (c)
	24682 N mode (d)
	22411 N mode (e)
	34476 N mode (f)



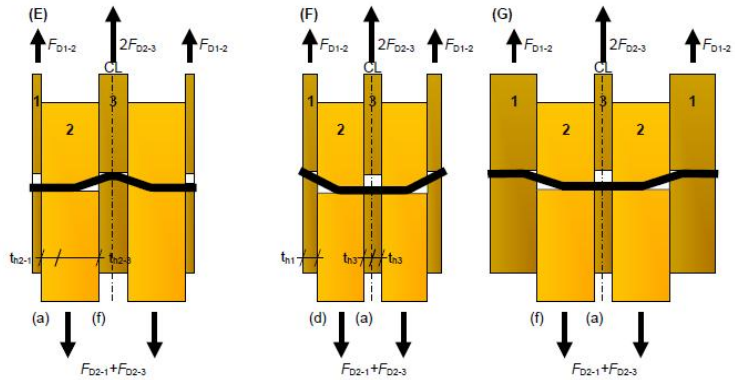
* Partie 3/2

$$th1 = tint/2 = 125/2 = 90 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = fh,2,k/fh,1,k = 600/26,52 = 22,63$$

Fv.rk.D,3/2 = min	26519 N mode (a)
	38400 N mode (b)
	11268 N mode (c)
	22557 N mode (d)
	22411 N mode (e)
	34476 N mode (f)



* Addition des modes

Fv.rk.D = min	mode (a) + (a) = 38187 + 26519 = 64706 N
	mode (b) + (b) = 38400 + 38400 = 76800 N
	mode (d) + (f) = 24682 + 34476 = 59158 N
	mode (f) + (f) = 34476 + 34476 = 68953 N
	mode (a) + (f) = 38187 + 34476 = 72663 N
	mode (d) + (a) = 24682 + 26519 = 51201 N
	mode (f) + (a) = 34476 + 26519 = 60995 N

$$Fv.rk.D = 51201 \text{ N modes (d) + (a)}$$

Effort par plaque

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (51201,04 \cdot 8) = 819,22 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

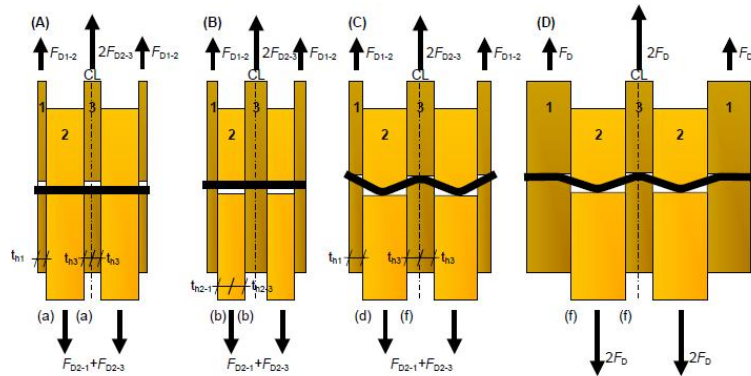
* Partie 1/2

$$th1 = text = 90 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/34,21 = 17,54$$

$$F_{v,exp,D,1/2} = \min \begin{cases} 49262 \text{ N mode (a)} \\ 38400 \text{ N mode (b)} \\ 20206 \text{ N mode (c)} \\ 31075 \text{ N mode (d)} \\ 27716 \text{ N mode (e)} \\ 42810 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



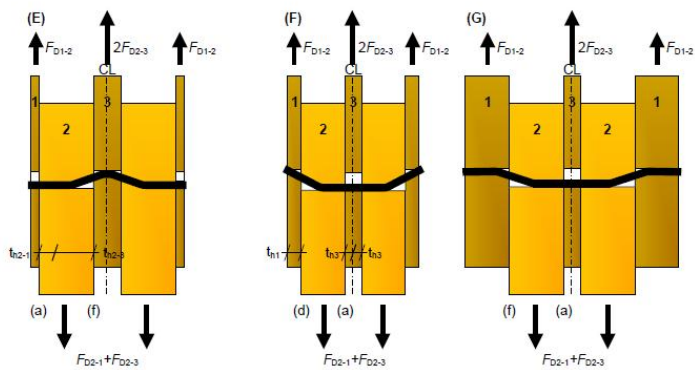
* Partie 3/2

$$th1 = tint/2 = 125/2 = 90 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/34,21 = 17,54$$

$$F_{v,exp,D,3/2} = \min \begin{cases} 34210 \text{ N mode (a)} \\ 38400 \text{ N mode (b)} \\ 14273 \text{ N mode (c)} \\ 28151 \text{ N mode (d)} \\ 27716 \text{ N mode (e)} \\ 42810 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



* Addition des modes

$$F_{v,exp,D} = \min \begin{cases} \text{mode (a) + (a)} = 49262 + 34210 = 83472 \text{ N} \\ \text{mode (b) + (b)} = 38400 + 38400 = 76800 \text{ N} \\ \text{mode (d) + (f)} = 31075 + 42810 = 73884 \text{ N} \\ \text{mode (f) + (f)} = 42810 + 42810 = 85619 \text{ N} \\ \text{mode (a) + (f)} = 49262 + 42810 = 92072 \text{ N} \\ \text{mode (d) + (a)} = 31075 + 34210 = 65285 \text{ N} \\ \text{mode (f) + (a)} = 42810 + 34210 = 77020 \text{ N} \end{cases}$$

$$F_{v,exp,D} = 65285 \text{ N modes (d) + (a)}$$

Effort par plaque

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rexp,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rexp,D} \cdot n) = 2 \cdot (65284,52 \cdot 8) = 1044,55 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.5 Justification des vis de renfort

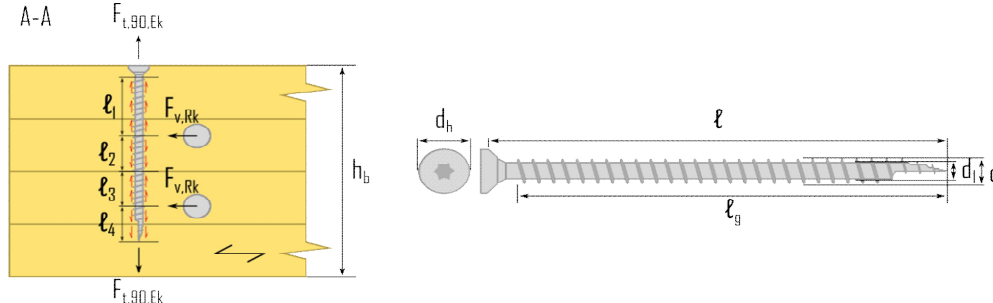
1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

ESCRFTC8.Dx160 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie	Propriétés caractéristique de résistance
$l = 160 \text{ mm}$ $l_g = 160 \text{ mm}$ filetage total lors des essais $d = 8 \text{ mm}$ $d_l = 5,2 \text{ mm}$ $d_h = 15 \text{ mm}$	$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$ $f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$ $f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$ $f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broche, par plan de cisaillement.



4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

$$l_1 = h_b/2 - 1,5d - l_g = 144/2 - 1,5 \cdot 16 - 160 + 160 = 48 \text{ mm}$$

$$l_2 = 13 \cdot a/2 = 48/2 = 24 \text{ mm, Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a2}$$

$$l_4 = l - h_b/2 - a/2 = 160 - 144/2 - 48/2 = 64 \text{ mm}$$

Note : pour les valeurs de pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

· Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^\circ,k} = f_{ax,90^\circ,k} \cdot d \cdot l_{i,min} = 13,1 \cdot 8 \cdot 48 = 5,03 \text{ kN}$$

· Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$$

· Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((15^2 - 5,2^2)/4) \cdot 12,4 = 1,93 \text{ kN}$$

Justification à titre indicatif

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

- Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement :

$$F_{v,rk} = 47793 \text{ N (mode l + g)}$$

- Effort résistant intérieur et extérieur par plan :

$$F_{v,rk,ext} = 21274,47 \text{ N}$$

$$F_{v,rk,int} = 26518,8 \text{ N}$$

- Effort résistant maximum par plan :

$$F_{v,rk} = \max(F_{v,rk,ext} ; F_{v,rk,int}) = \max(21274 ; 26519) = 26519 \text{ N}$$

- Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_{t,90,Ek} = 0,3 \cdot F_{v,Rk} = 0,3 \cdot 26519 = 7,96 \text{ kN}$$

Note : Pour le calcul du renforcement, l'effort maximum par plan de part et d'autre de la plaque est retenue

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^{\circ},k}; R_{head,k}); R_{tens,k}) \geq F_{t,90,Ek} / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(5,03; 1,93); 24,1) = 5,03 \text{ kN}$$

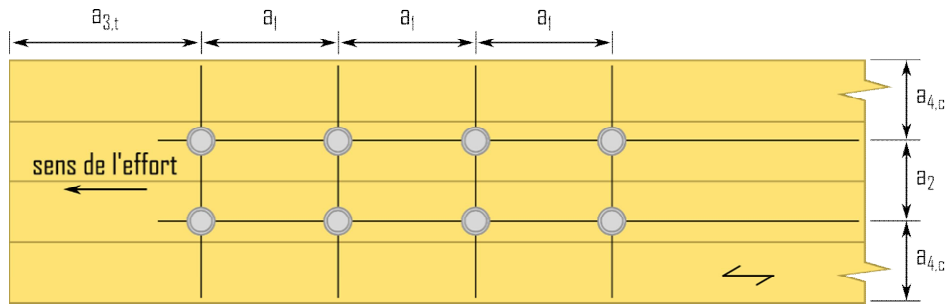
$$F_{t,90,Ek} / n_{vis} = 7,96 / 2 = 3,98 \text{ kN} \quad \Rightarrow \quad 2 \text{ vis par plan par colonne de broche.}$$

$$R_{renf,k} > 0,3 \cdot F_{t,90,k} \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



- Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 16 = 80 \text{ mm}$$

- Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

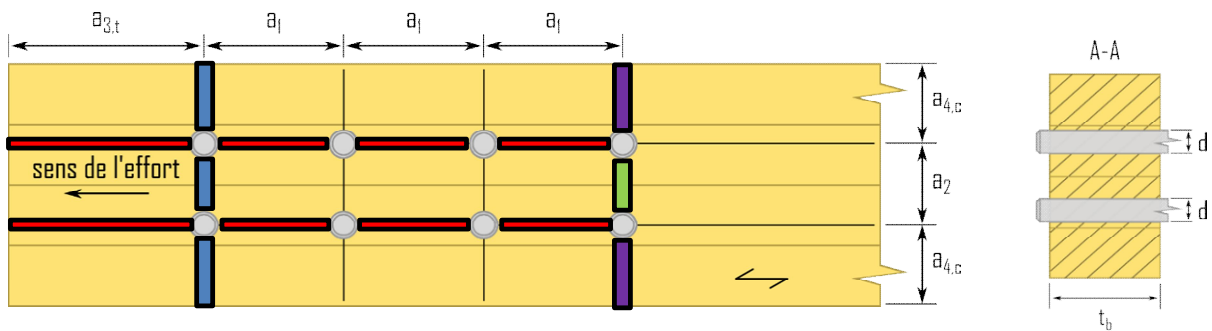
- Distance entre un organe et une extrémité chargée :





$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 16; 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

- Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



	$A_{net,b,ext} =$ $A_{net,b,int} =$	$(hb - nr \cdot d) \cdot t_{b,ext} = (144 - 2 \cdot 16) \cdot 90 = 10080 \text{ mm}^2$ $(hb - nr \cdot d) \cdot t_{b,int} = (144 - 2 \cdot 16) \cdot 125 = 14000 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>
	$L_{net,v,i} =$ $A_{net,v,ext} =$ $A_{net,v,int} =$	$2 \cdot a_3 + 2 \cdot (nr - 1) \cdot (a_1 - d) - d = 2 \cdot 112 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (80 - 16) - 16 = 592 \text{ mm}$ $L_{net,v,i-tb,ext} = 592 \cdot 90 = 53280 \text{ mm}^2$ $L_{net,v,i-tb,int} = 592 \cdot 125 = 74000 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>
	$L_{net,t,i,centre} =$ $A_{net,t,ext,centre} =$ $A_{net,t,int,centre} =$	$(nr - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$ $L_{net,t,i,centre-tb} = 32 \cdot 90 = 2880 \text{ mm}^2$ $L_{net,t,i,centre-tb} = 32 \cdot 125 = 4000 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>
	$L_{net,t,i,rive} =$ $A_{net,t,ext,rive} =$ $A_{net,t,int,rive} =$	$hb - d - (nr - 1) \cdot a_2 = 144 - 16 - (2 - 1) \cdot 48 = 80 \text{ mm}$ $L_{net,t,i,rive-tb} = 80 \cdot 90 = 7200 \text{ mm}^2$ $L_{net,t,i,rive-tb} = 80 \cdot 125 = 10000 \text{ mm}^2$	<i>Pour l partie extérieure</i>

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,centre-ft,0,mean} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,rive-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,ext-fv,mean} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,centre-ft,0,mean} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,rive-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,int-fv,mean} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 2880 \cdot 25,46 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 7200 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 53280 \cdot 4,64 \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 4000 \cdot 25,46 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 10000 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 74000 \cdot 4,64 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 91671,09 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 229177,72 \text{ N} \\ 173124,67 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 127321 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 318302 \text{ N} \\ 240451 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 586,7 \text{ kN} \Rightarrow$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$F_{v,Rmean,ass,traction} = \Sigma A_{net,b,i-ft,0,k} = (10080+14000+10080) \cdot 25,46 = 869,86 \text{ kN}$

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations, néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,centre-ft,0,k} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,rive-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,ext-fv,k} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,centre-ft,0,k} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,rive-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,int-fv,k} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 2880 \cdot 19,2 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 7200 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 53280 \cdot 3,5 \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 4000 \cdot 19,2 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 10000 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 74000 \cdot 3,5 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 69120 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 172800 \text{ N} \\ 130536 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 96000 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 240000 \text{ N} \\ 181300 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rk,ass} = 442,37 \text{ kN} \Rightarrow$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette

$F_{v,Rk,ass,traction} = \Sigma A_{net,b,i-ft,0,k} = (10080+14000+10080) \cdot 19,2 = 655,87 \text{ kN}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Épaisseur efficace $t_{ef}(el)$

Pénétration totale de l'organe

Partie extérieure

Mode de rupture partie extérieure : mode (d)

$$L_{p,o}/d = 90/16 = 5,63 > 3 \Rightarrow t_{ef}(el) = \max(0,76 - L_{p,o}/(30d); 0,2) \cdot t_{ext} = 51,53 \text{ mm}$$

Partie intérieure

Mode de rupture partie intérieure : mode (a)

$$L_{p,i}/d = 125/16 = 7,81 > 7 \Rightarrow t_{ef}(el) = \max(1,7 - L_{p,i}/(10d); 0,5) \cdot t_{int} = 114,84 \text{ mm}$$

Longueur nette cisailée extérieure aux organes

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 80 \cdot (4 - 1) + 112 = 352 \text{ mm}$$

Longueur de fendage

$$L_{net} = (n_c - 1) \cdot a_l + a_3 \cdot t - (n_c - 0,5) \cdot d_0 = (4 - 1) \cdot 80 + 112 - (4 - 0,5) \cdot 16 = 296 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean}/E_{0,mean}} = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{650/11500} = 0,73$$

Coefficient k_t

$$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean}/E_{0,mean}} = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{650/11500} = 1,23$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,ext,k} = k_v \cdot t_{ef,el,ext} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 51,53 \cdot 352 \cdot 3,5 = 46,52 \text{ kN}$$

$$F_{v,int,k} = k_v \cdot t_{ef,el,int} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 114,84 \cdot 352 \cdot 3,5 = 103,69 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc **BLOCK SHEAR**

Hauteur nette en traction

$$b_{net,t,int} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,ext,k} = k_t \cdot b_{net,t,ext} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 32 \cdot 51,53 \cdot 19,2 = 39,03 \text{ kN}$$

$$F_{t,int,k} = k_t \cdot b_{net,t,int} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 32 \cdot 114,84 \cdot 19,2 = 86,99 \text{ kN}$$

Résistance partie extérieure

$$F_{bs,ext,k} = 2 \cdot F_{v,ext,k} + F_{t,ext,k} = 2 \cdot 46519,82 + 39027,97 = 132,07 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{bs,int,k} = 2 \cdot F_{v,int,k} + F_{t,int,k} = 2 \cdot 103687,73 + 86989,21 = 294,36 \text{ kN}$$

Résistance total

$$F_{bs,k} = 2 \cdot (2 \cdot F_{v,ext,k} + F_{t,ext,k}) + 2 \cdot F_{v,int,k} + F_{t,int,k} = 2 \cdot (2 \cdot 46,52 + 39,03) + 2 \cdot 103,69 + 86,99 = 558,5 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.2. Détermination de la résistance au cisaillement par file **SPLITTING**

Résistance partie extérieure

$$F_{sp,k,ext} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef,el,ext} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (296 + 2 \cdot 16) \cdot 51,53 \cdot 0,5 = 17,75 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k,ext} = F_{sp,k,ext} \cdot n_r = 17,75 \cdot 2 = 35,49 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{sp,k,int} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef,el,int} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (296 + 2 \cdot 16) \cdot 114,84 \cdot 0,5 = 39,55 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k,int} = F_{sp,k,int} \cdot n_r = 39,55 \cdot 2 = 79,1 \text{ kN}$$

Résistance total

$$F_{sp,k} = 2 \cdot F_{sp,k,ext} + F_{sp,k,int} = 2 \cdot 35,49 + 79,1 = 150,09 \text{ kN}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files **ROW SHEAR**

Résistance partie extérieure

$$F_{rs,ext,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,ext,k} = 2 \cdot 2 \cdot 46,52 = 186,08 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{rs,int,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,int,k} = 2 \cdot 2 \cdot 103,69 = 414,75 \text{ kN}$$

Résistance totale

$$F_{rs,k} = 2 \cdot (2 \cdot n_r \cdot F_{v,ext,k}) + 2 \cdot n_r \cdot F_{v,int,k} = 2 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 46,52) + 2 \cdot 2 \cdot 103,69 = 786,91 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

Hypothèse : l'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage, ce calcul est une supposition, le draft reste flou sur ce type de rupture.

Résistance partie extérieure

$$F_{b,k} = \min(F_{sp,k,ext} / 0,3; F_{bs,ext,k}; F_{rs,ext,k}) = \min(118,3; 132,07; 186,08) = 118,3 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{b,i,k} = \min(F_{sp,k,int} / 0,3; F_{bs,int,k}; F_{rs,int,k}) = \min(263,68; 294,36; 414,75) = 263,68 \text{ kN}$$

Résistance à la rupture fragile

$$F_{br,Rk,fendage} = \min(F_{b,o,k} (n_o + n_i t_i / t_o); F_{b,i,k} (n_o t_o / t_i + n_i)) = \min(118,3 (2 + 1 \cdot 125 / 90); 263,68 (2 \cdot 90 / 125 + 1)) = 400,91 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Sans fendage

Résistance partie extérieure

$$F_{b,i,k} = \min(F_{b,s,ext,k}; F_{r,s,ext,k}) = \min(132,07; 186,08) = 132,07 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{b,i,k} = \min(F_{b,s,int,k}; F_{r,s,int,k}) = \min(294,36; 414,75) = 294,36 \text{ kN}$$

Résistance à la rupture fragile

$$F_{br,Rk} = \min(F_{b,o,k} (n_o + n_i \cdot t_i / t_o); F_{b,i,k} (n_o \cdot t_o / t_i + n_i)) = \min(132,07 (2 + 1 \cdot 125 / 90); 294,36 (2 \cdot 90 / 125 + 1)) = 447,56 \text{ kN}$$

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 16 / 23 = 5987,78 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser,ass,ext} = n_{type} \cdot n_{plan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 5987,78 = 95,8 \text{ kN/mm}$$

Pour 1 plan extérieur

$$K_{ser,ass,int} = n_{type} \cdot n_{plan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5987,78 = 191,61 \text{ kN/mm}$$

$$K_{ser,ass} = 2 \cdot K_{ser,ass,ext} + K_{ser,ass,int} = 2 \cdot 95,8 + 191,61 = 383,22 \text{ kN/mm}$$

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

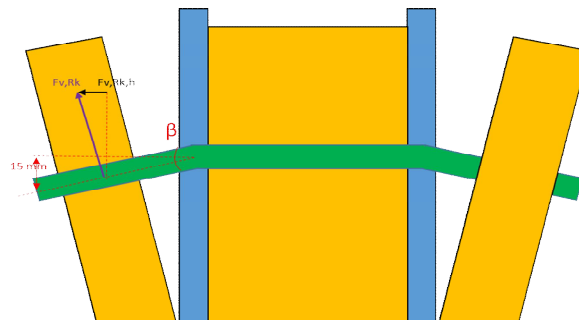
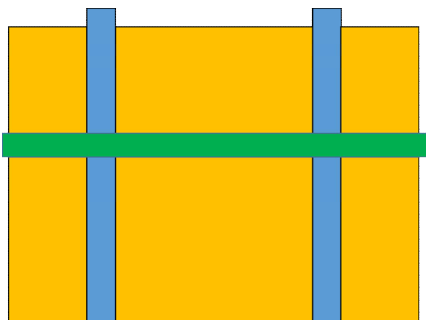
Fermeture de l'assemblage par une vis traversante

ESCRFTC8.0x180 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 180 \text{ mm}$
$l_g = 180 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 8 \text{ mm}$
$d_l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Le mode de rupture est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.10.1.1), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 362,6 kN, et K la raideur total de l'assemblage.

La broche se plie au maximum avec un angle de $\beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{\text{pliable}})) = \text{Arctan}((362,6/383,22)/94) = 0,58^\circ$

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage :

Effort maximum que peut transmettre une broche : $F_{v,Rk} = 47,79 \text{ kN}$

Voir partie : 1.4.3

Effort horizontale qui ouvre l'assemblage : $F_{v,Rk,h} = \sin(\beta) \cdot F_{v,Rk} = \sin(0,58) \cdot 47793,27 = 481,06 \text{ N}$

Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_{v,Rmean,H} = n \cdot F_{v,Rmean,h} = 8 \cdot 481,06 = 3848,47 \text{ N}$

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la vis :

Air nette de la vis : $A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$

Traction dans la vis : $F_{t,Rk} = f_{tens} = 24100 \text{ N}$

Cisaillement dans le bois : $F_{ax,Rk} = f_{ax,90,k} \cdot d_s \cdot t_{ext} = 13,1 \cdot 8 \cdot 90 = 9432 \text{ N}$

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$

$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 9,43) \cdot 1 > 3,85 \text{ kN}$

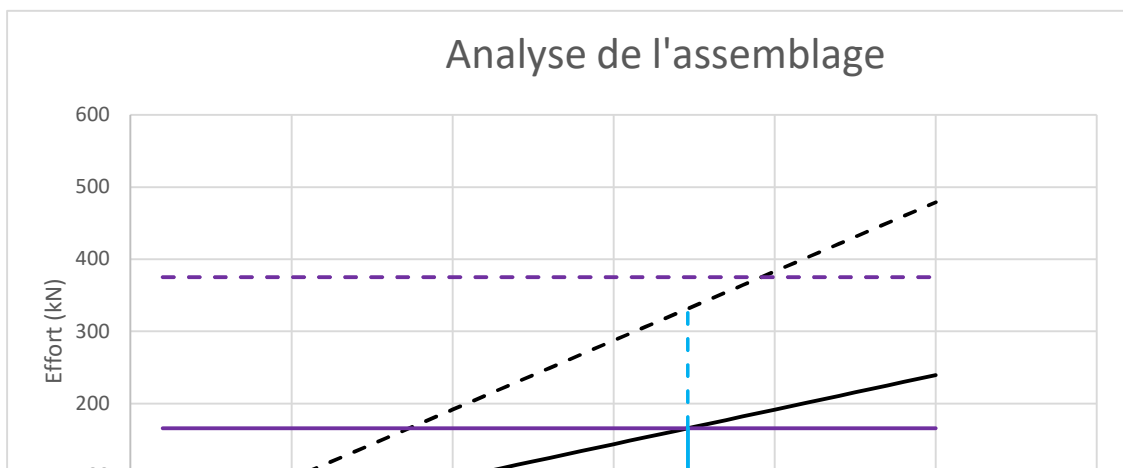
Il faut donc disposer de 1 vis référence : ESCRFTC8.0x180 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

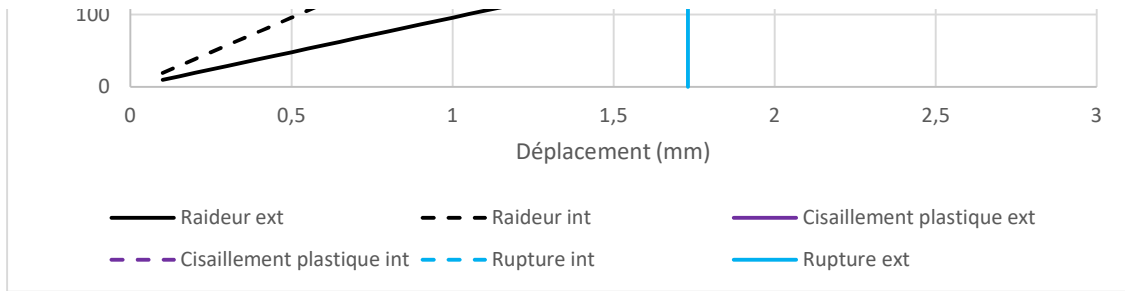
La rupture de l'assemblage en valeur moyenne est ici une rupture fragile. Lorsque la rupture intervient dans la partie intérieure, il est nécessaire de prendre en compte la charge qu'il y avait dans les parties extérieures afin de connaître la capacité de charge complète de l'assemblage à la rupture.

1.6.10.1 Valeurs EXPERIMENTALES

1.6.10.1.1 Rupture de l'assemblage EXPERIMENTALE EC5 non renforcé (rupture par fendage)



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{v,Rexp,ass, fendage} = 2 \cdot F_{v,Rexp,ass, fendage} + (F_{v,Rexp,ext, fendage} / K_{ser,ext} - K_{ser,int}) = 2 \cdot 165,77 + 165,77 / 95,8 \cdot 191,61 = 663,09 \text{ kN}$$

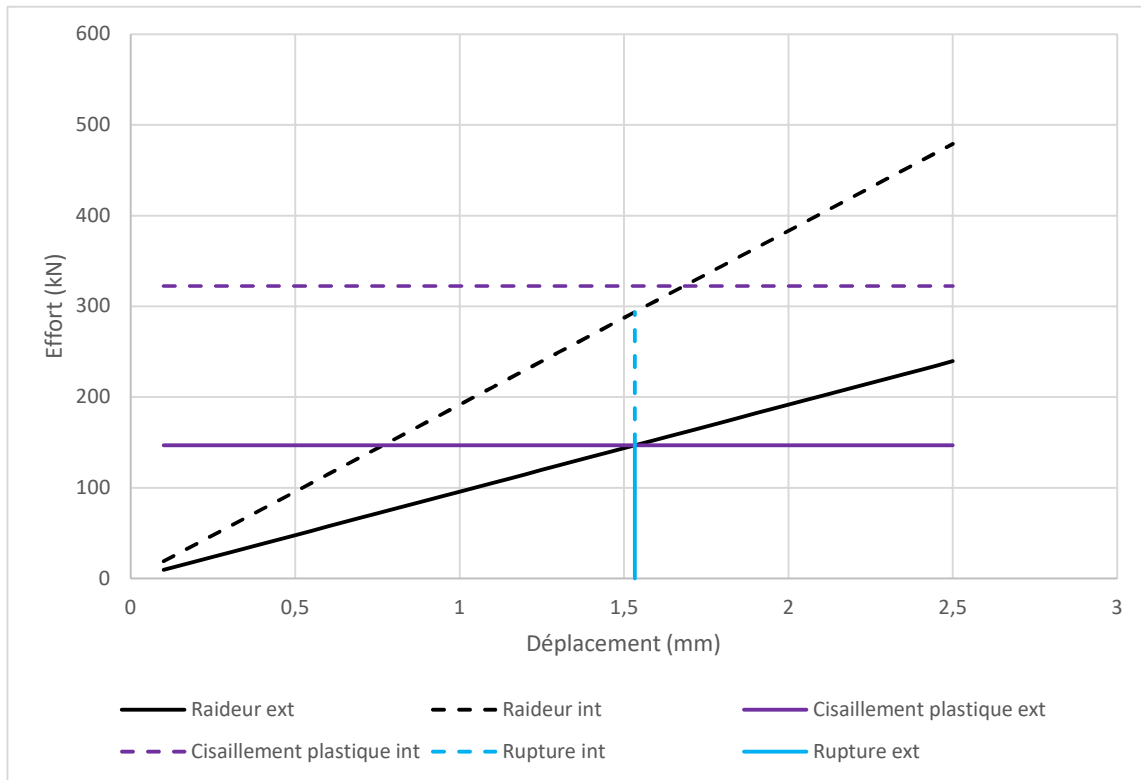
1.6.10.1.2 Rupture de l'assemblage EXPERIMENTALE EC5 cisaillement plastique

$$F_{v,Rexp,ass, plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 30225,54) + (2 \cdot 8 \cdot 34210) = 1030,97 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.10.2 Valeurs CARACTERISTIQUES

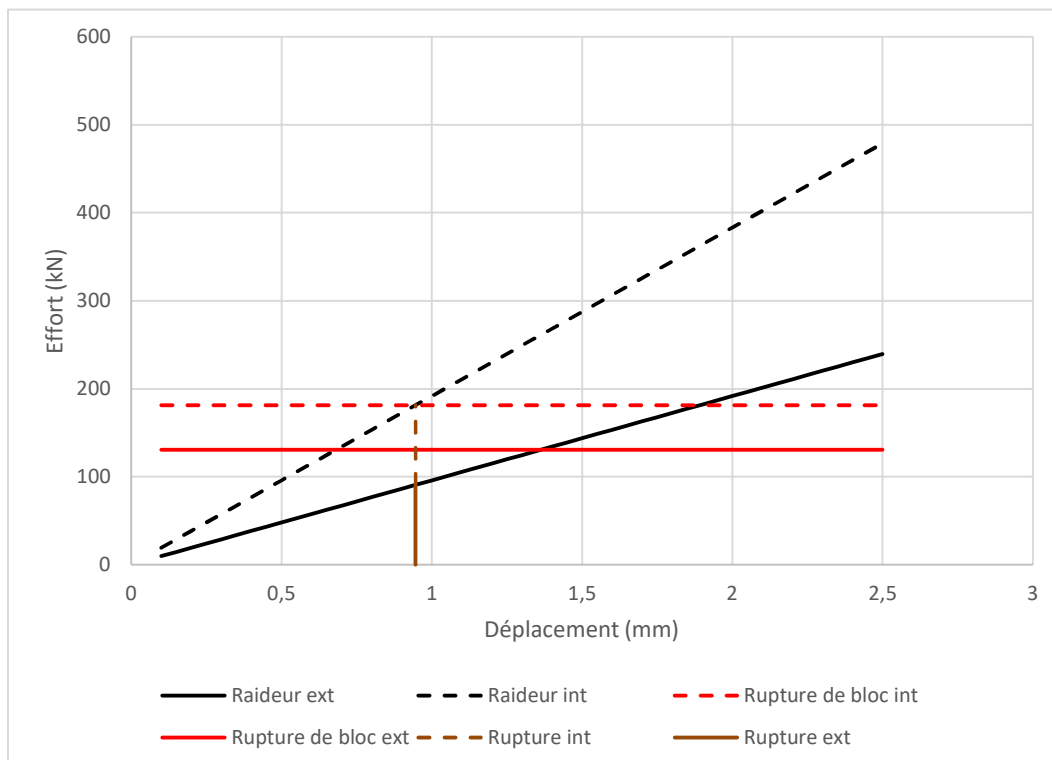
1.6.10.2.1 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 non renforcé (rupture par fendage)



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_v, R_k, \text{ass, fendage} = 2 \cdot F_v, R_k, \text{ass, fendage} + (F_v, R_k, \text{ext, fendage} / K_{\text{ser, ext}} - K_{\text{ser, int}}) = 2 \cdot 116,68 + 116,68 / 95,8 - 191,61 = 466,72 \text{ kN}$$

1.6.10.2.2 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)



Résistance de l'assemblage complet :

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{bs,Rk,ass} = F_{bs,Rk,int} + 2 \cdot (F_{bs,Rk,int} / K_{ser,int} - K_{ser,ext}) = 181,3 + 2 \cdot (181,3 / 191,61 - 95,8) = 362,6 \text{ kN}$$

1.6.10.2.3 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 cisaillement plastique

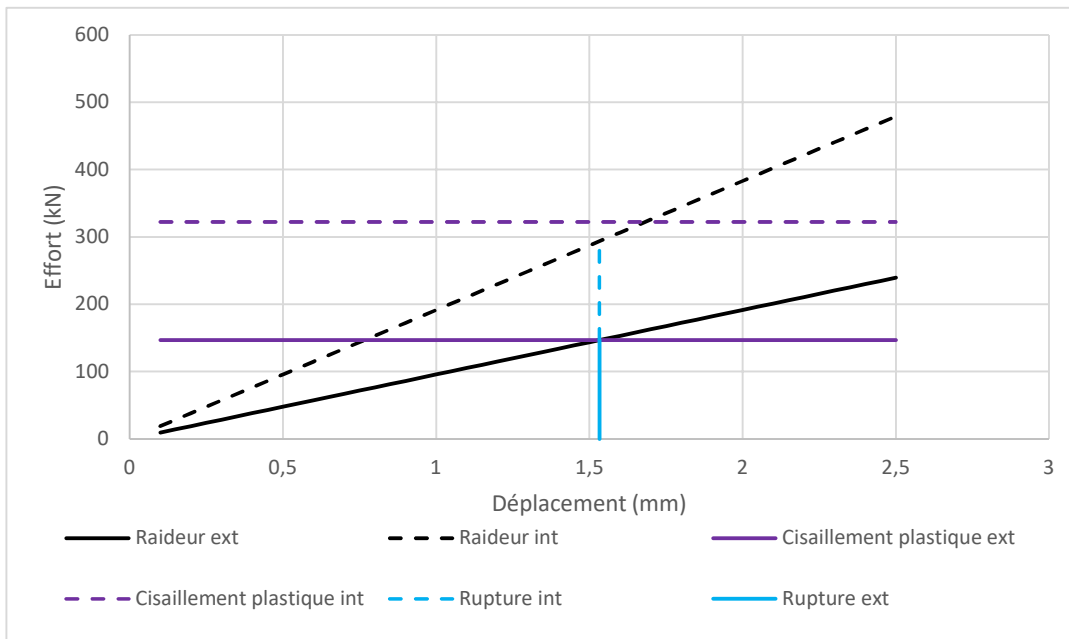
$$F_{v,Rk,ass,plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 21274,47) + (2 \cdot 8 \cdot 26518,8) = 764,69 \text{ kN}$$

1.6.10.2.4 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 traction nette

$$F_{t,D,Rk,ass,traction} = (2 \cdot A_{net,ext} + A_{net,int}) \cdot f_{t,D,k} = (2 \cdot 10080 + 14000) \cdot 19,2 = 655,87 \text{ kN}$$

1.6.10.3 Valeurs MOYENNES

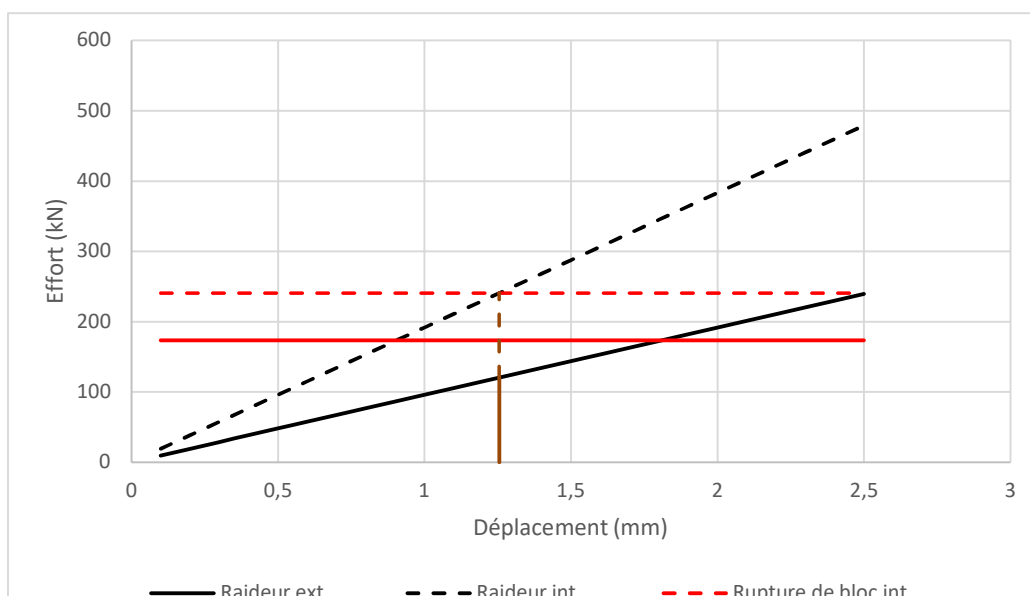
1.6.10.3.1 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 non renforcé (rupture par fendage)



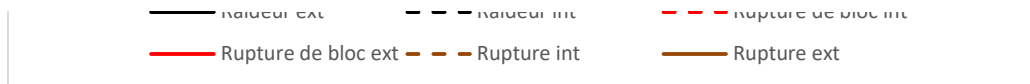
Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = 2 \cdot F_{v,Rk,ass,fendage} + (F_{v,Rk,ext,fendage} / K_{ser,ext} - K_{ser,int}) = 2 \cdot 146,84 + 146,84 / 95,8 - 191,61 = 587,35 \text{ kN}$$

1.6.10.3.2 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{bs,Rk,ass} = F_{bs,Rk,int} + 2 \cdot (F_{bs,Rk,int} / K_{ser,int} - K_{ser,ext}) = 240,45 + 2 \cdot (240,45 / 191,61 - 95,8) = 480,9 \text{ kN}$$

1.6.10.3.3 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 cisaillement plastique

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 26773,03) + (2 \cdot 8 \cdot 29388,3) = 898,58 \text{ kN}$$

1.6.10.3.4 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 traction nette

$$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = (2 \cdot A_{net,ext} + A_{net,int}) \cdot f_{t,0,mean} = (2 \cdot 10080 + 14000) \cdot 25,46 = 869,86 \text{ kN}$$

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Plastique majorée

$$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 898,58 \cdot 1,2 = 1078,3 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

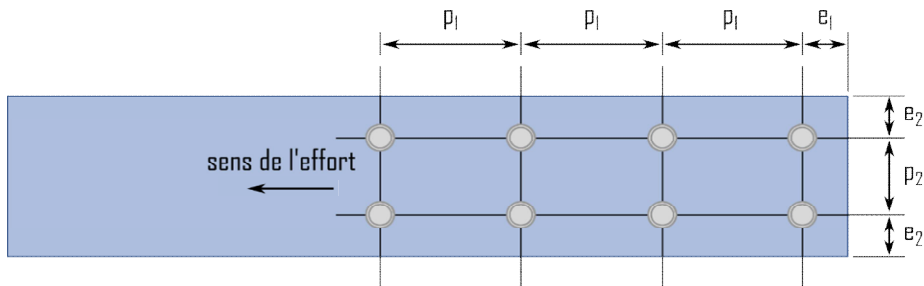
$$F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 480,9 \cdot 1,2 = 577,08 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = F_{t,0,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 869,86 \cdot 1,2 = 1043,83 \text{ kN}$$

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs caractéristiques partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$d_0 = d + j = 16 + 0,6 = 16,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale :

$$\text{Critère } (2.2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 80 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2.4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 48 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (1.2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 20 \text{ mm}$$

· Pince transversale :

$$\text{Critère } (1.2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 41 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique : $h_m = 130 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique : $t_m = 8 \text{ mm}$

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right)$$

$$k_1 = \min (2.8 \cdot 41 / 16.6 - 1.7; 1.4 \cdot 48 / 16.6 - 1.7; 2.5) = 2.35$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

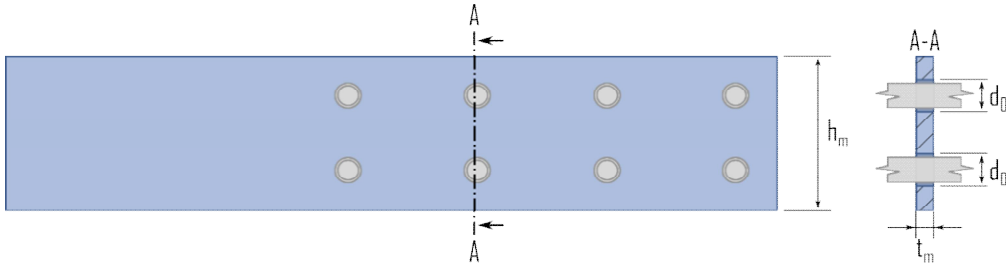
$$\alpha_b = \min (20 / (3 \cdot 16.6); 80 / (3 \cdot 16.6) - 0.25; 900 / 540; 1) = 0.4$$

$$N_{b,Rk,ass} = n_{bloc} \cdot n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k} \cdot m \cdot d \cdot t_m = 2 \cdot 8 \cdot 2.35 \cdot 0.4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 1042.94 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n_r \cdot d_0) \cdot t_m = (130 - 2 \cdot 16,6) \cdot 8 = 774,4 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = n_{bloc,m} \cdot 0,9 \cdot A_{net,m} \cdot f_{u,k,m} = 2 \cdot 0,9 \cdot 774 \cdot 540 = 752,72 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = n_{bloc,m} \cdot A_m \cdot f_{y,k,m} = 2 \cdot 130 \cdot 8 \cdot 460 = 956,8 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

- Bois :
 - Extérieures = $E_{0,mean} \cdot h_b \cdot (text:2) = 11500 \cdot 144 \cdot (90 \cdot 2) = 298080 \text{ kN}$
 - Intérieures = $E_{0,mean} \cdot h_b \cdot t_{int} = 11500 \cdot 144 \cdot 125 = 207000 \text{ kN}$
- Métal :
 - Extérieures = $E_m \cdot mean \cdot h_m \cdot t_m = 210000 \cdot 130 \cdot 8 = 218400 \text{ kN}$
 - Intérieures = $2 \cdot E_m \cdot mean \cdot h_m \cdot t_m / 2 = 2 \cdot 210000 \cdot 130 \cdot 8 / 2 = 218400 \text{ kN}$

$$\text{Écart de rigidité extérieures } ((\text{Métal,ext-Bois,ext})/\text{Métal,ext}) = -36,48 \%$$

$$\text{Écart de rigidité intérieures } ((\text{Métal,int-Bois,int})/\text{Métal,int}) = 5,22 \%$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique} = 764,69 \text{ kN}$	765 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage} = 466,72 \text{ kN}$	467 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass} = 362,6 \text{ kN}$	363 kN
Traction nette $F_v, R_k, \text{ass}, \text{traction} = 655,87 \text{ kN}$	656 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique}, D = 819,22 \text{ kN}$	819 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage}, D = 400,91 \text{ kN}$	401 kN
Rupture de bloc (sans risque de fendage) $F_{bs}, R_k, \text{ass} = 447,56 \text{ kN}$	448 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique}, D = 1044,55 \text{ kN}$	1045 kN
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------

1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique} = 1030,97 \text{ kN}$	1031 kN
Fendage $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{fendage}, = 663,09 \text{ kN}$	663 kN

1.9.5. Bois EC5 MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{plastique} = 898,58 \text{ kN}$	899 kN
Fendage $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{fendage} = 587,35 \text{ kN}$	587 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{\text{mean}}, \text{ass} = 480,9 \text{ kN}$	481 kN
Traction nette $F_t, D, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{traction} = 869,86 \text{ kN}$	870 kN

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Cisaillement plastique majoré $F_v, R_{major, ass, plastique} = 1078,3 \text{ kN}$	1078 kN
Rupture de bloc majorée $F_{bs}, R_{major, ass} = 577,08 \text{ kN}$	577 kN
Traction nette majorée $F_{t,0}, R_{major, ass, traction} = 1043,83 \text{ kN}$	1044 kN

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes par plan.

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax}, 90^a, k; R_{head,k}) R_{tens,k}) \geq F_t, 90, E_k / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(5,03; 1,93); 24,1) = 5,03 \text{ kN} > 3,98 \text{ kN}$$

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité, de part et d'autre de l'assemblage (chevauchement) pour la fermeture en valeurs caractéristique.

$$R_{ax,ferm,k} = \min(F_t, R_k; F_{ax}, R_k) \cdot n_{vis} > F_v, R_k, H$$

$$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 9,43) \cdot 1 > 3,85 \text{ kN}$$

1.9.8. Métal

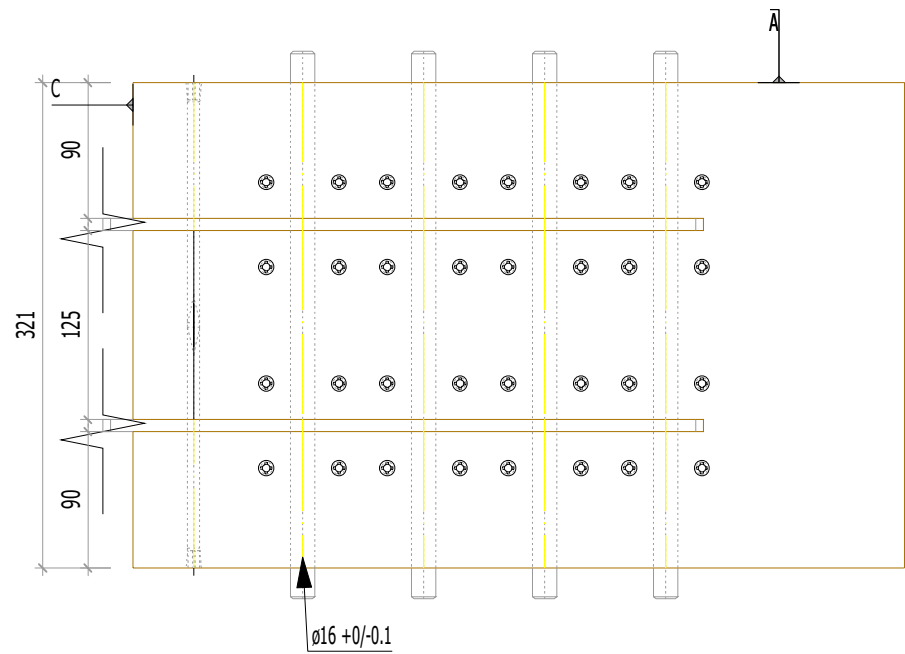
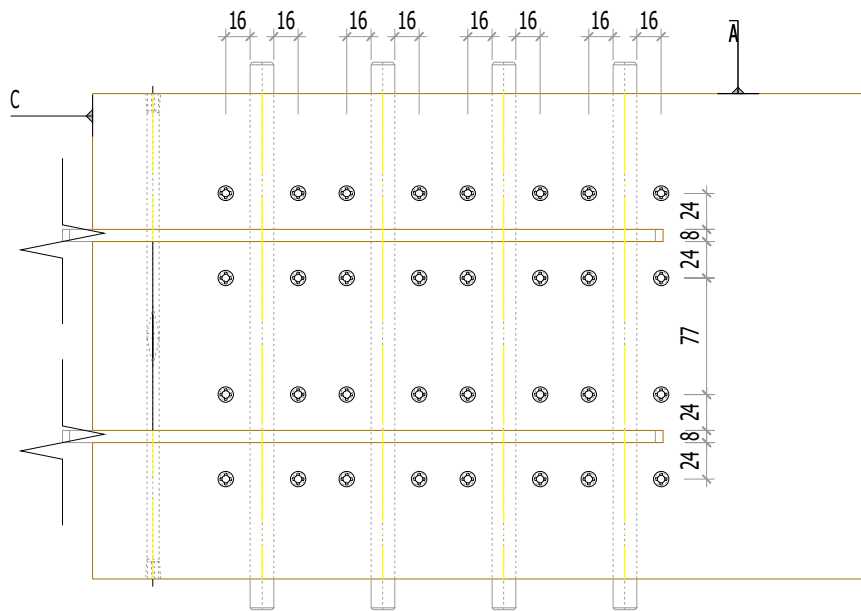
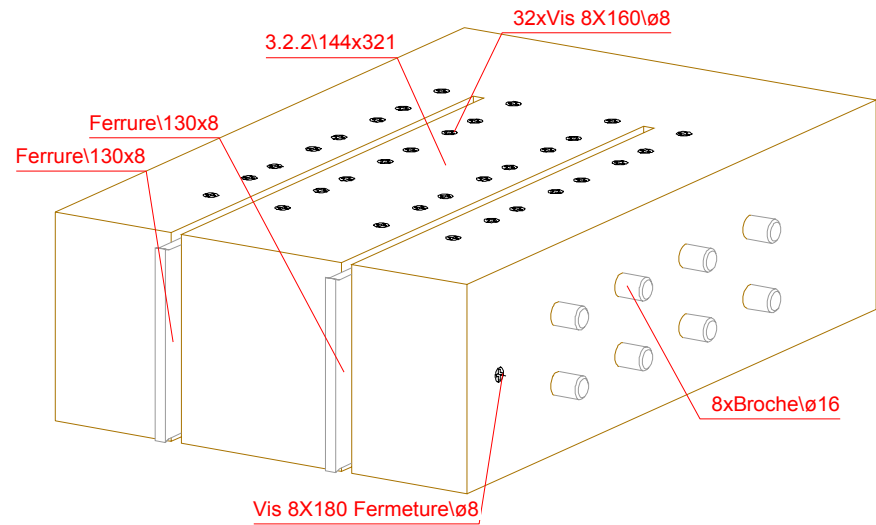
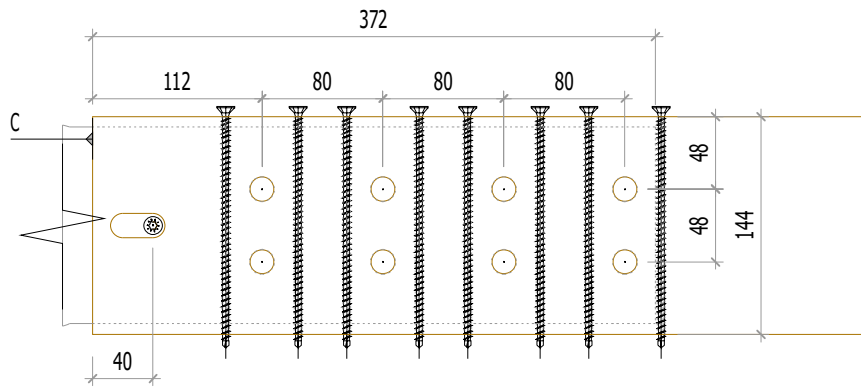
Pression diamétrale

$$N_b, R_k, ass = n_{bloc, m} \cdot n_{kl} \cdot \alpha \cdot f_u, k, m \cdot d \cdot t_m = 2 \cdot 8 \cdot 2,35 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 1042,94 \text{ kN} \quad 1043 \text{ kN}$$

Section nette

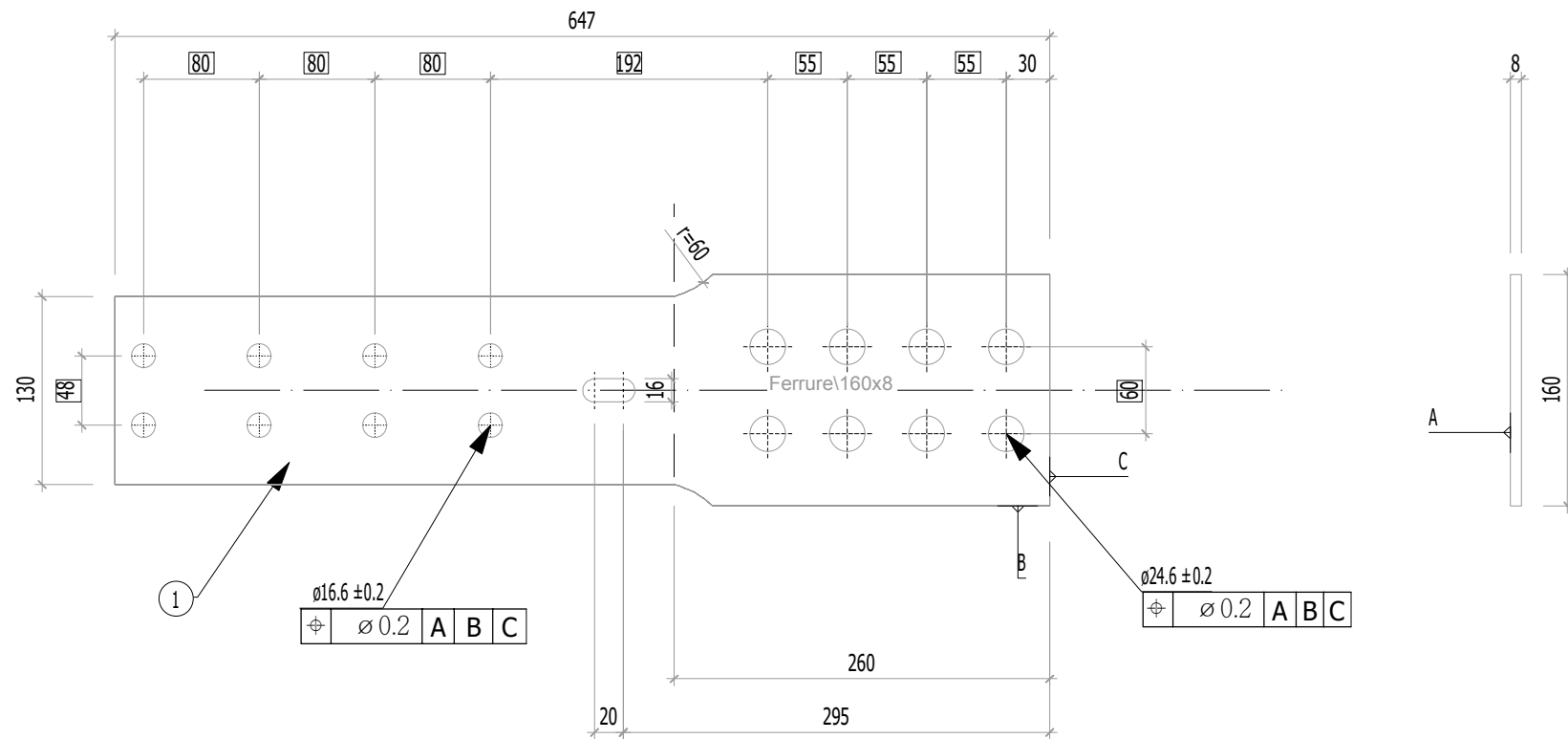
$$N_u, R_k, ass = n_{bloc, m} \cdot 0,9 \cdot A_{nt, m} \cdot f_u, k, m = 2 \cdot 0,9 \cdot 774 \cdot 540 = 752,72 \text{ kN} \quad 753 \text{ kN}$$

$$N_{pl}, R_k, ass = n_{bloc, m} \cdot A_m \cdot f_y, k, m = 2 \cdot 130 \cdot 8 \cdot 460 = 956,8 \text{ kN} \quad 957 \text{ kN}$$



3.2.2

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



1		20	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.091428 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent		Casser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	X _{0,5} ^{+0,5}	Ra12,5 <small>selon indications construct.</small>
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Echelle: 1: 5
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			5.742 kg	Dessinateur: ALBERT LEO Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F3.2.2

1. Assemblage bois multiplan sollicité en traction

1.0. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes : Broches

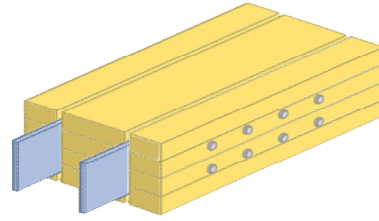
Nombre d'organes $n = 8$ (2 files de 4 broches)

Fermeture de l'assemblage 1 vis en extrémité, de part et d'autre de l'assemblage (chevauchement) pour la fermeture en valeurs caractéristique.

Renforcement de l'assemblage 2 vis de frettage par plan par colonne d'organes

Section bois : $(2 \times 140 + 140) \times 144$ mm

Section métal : 160×8 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète : "2.1 Logigramme BLC".

1.1. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur moyenne. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est le mode $(h+k/m) \Rightarrow$ soit le mode 6.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique pour la mesure de la raideur.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

* Le dimensionnement des vis de renforcement de l'assemblage est effectué à l'aide de la proposition de la révision de la norme NF EN 1995-1-1. La valeur caractéristique de la résistance de la vis de renfort doit être égale ou supérieure à 30% de l'effort en cisaillement caractéristique par plan, par broches.

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.2. Sommaire

- 1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux
 - 1.3.1. Organes
 - 1.3.2. Bois
 - 1.3.3. Métal
- 1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file
 - 1.4.1. Données géométriques des éléments bois
 - 1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.2.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage
 - 1.4.3. Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.3.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage
 - 1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)
 - 1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)
 - 1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)
 - 1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
 - 1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)
 - 1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft
- 1.5 Justification des vis de renfort
 - 1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement
 - 1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage
 - 1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort
 - 1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe
 - 1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail
- 1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage
 - 1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.6.2. Calculs des sections nettes
 - 1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc EC5
 - 1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette
 - 1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette EC5
 - 1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette
 - 1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft
 - 1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc BLOCK SHEAR
 - 1.6.7.2. Détermination de la résistance au cisaillement par file SPLITTING
 - 1.6.7.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files ROW SHEAR
 - 1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile
 - 1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage
 - 1.6.8.1 Eurocode 5
 - 1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage
 - 1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort
 - 1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture
 - 1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture
 - 1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois
 - 1.6.10.2 Valeurs CARACTERISTIQUES
 - 1.6.10.2.1 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 non renforcé (rupture par fendage)
 - 1.6.10.2.2 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)
 - 1.6.10.2.3 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 cisaillement plastique
 - 1.6.10.2.4 Rupture de l'assemblage CARACTERISTIQUE EC5 traction nette
 - 1.6.10.3 Valeurs MOYENNES
 - 1.6.10.3.1 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 non renforcé (rupture par fendage)
 - 1.6.10.3.2 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- 1.6.10.3.3 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 cisaillement plastique
- 1.6.10.3.4 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 traction nette
- 1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques
- 1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs caractéristiques partie métal
 - 1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes
 - 1.7.2. Section métal
 - 1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale
 - 1.7.4. Calculs des sections nettes
 - 1.7.5. Détermination de la résistance en section nette
- 1.8. Indication de la rigidité des éléments
- 1.9. Récapitulatif des résultats
 - 1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE
 - 1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE
 - 1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE
 - 1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE
 - 1.9.5. Bois EC5 MOYEN
 - 1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré
 - 1.9.7. Renforcement
 - 1.9.8. Métal

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

- Diamètre des organes: $d = 16 \text{ mm}$ tolérance ($\pm h7$)
- Classe de broche: 8.8
 - Résistance en traction des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900 \text{ Mpa}$ (données fournisseurs : VIAL FRERES)
 - Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Limite d'élasticité des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720 \text{ Mpa}$ (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)
 - Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 900 \cdot 16^2 \cdot 2,6 = 364818 \text{ N.mm}$
 - Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 946,57 \cdot 16^2 \cdot 2,6 = 383695 \text{ N.mm}$
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (Draft)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk,D} = 1/6 \cdot 0,9 \cdot f_{u,k} \cdot d^3 = 1/6 \cdot 0,9 \cdot 900 \cdot 16^3 = 552960 \text{ N.mm}$
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (Expérimentale)
 - Valeur expérimentale: $M_{y,Rexp} = 669013 \text{ N.mm}$

1.3.2. Bois

- Classe de résistance: GL24h (Schneider)
- Masse volumique: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61 \text{ kg/m}^3$ (COV = 0,15)
- Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction parallèle au fil:
 - Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46 \text{ MPa}$ (COV = 0,15)
- Résistance en cisaillement: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64 \text{ Mpa}$ (COV = 0,15)
- Portance locale parallèle au fil: (EC5 / Draft)
 - Valeur caractéristique: $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 385 = 26,52 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean,15} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 510,61 = 35,17 \text{ Mpa}$
 - Valeur expérimentale: $f_{h,0,exp} = 34,21 \text{ Mpa}$

1.3.3. Métal

- Nuance d'acier: S460

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Module d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Portance locale parallèle au fil: (Draft)
Valeur caractéristique: $f_{h,acier,k} = 600 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique: (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique:
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé «N» $f_u = 540 \text{ Mpa}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4. Estimation du mode de rupture plastique et de la capacité en file

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois: $hb = 144 \text{ mm}$
- Épaisseur des éléments bois: $text = 140 \text{ mm}$ et $tint = 140 \text{ mm}$

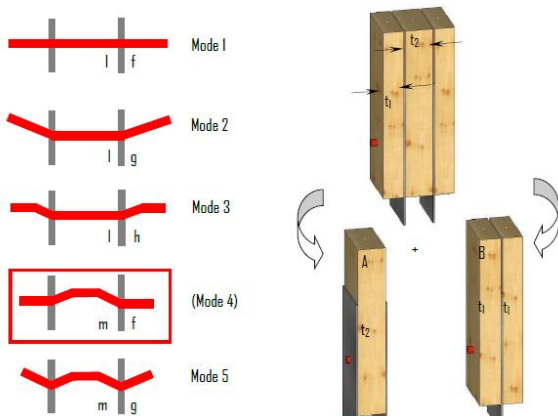
1.4.2. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v, \text{Rexp}} = \min \begin{cases} 0.5 f_{h,2, \text{exp}} t_2 d + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d & (l + f) \\ 0.5 f_{h,2, \text{exp}} t_2 d + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y, \text{Rexp}}}{f_{h,1, \text{exp}} dt_1^2}} - 1 \right] & (l + g) \\ 0.5 f_{h,2, \text{exp}} t_2 d + 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,1, \text{exp}} d} & (l + h) \\ 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,2, \text{exp}} d} + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d & (m + f) \\ 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,2, \text{exp}} d} + f_{h,1, \text{exp}} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y, \text{Rexp}}}{f_{h,1, \text{exp}} dt_1^2}} - 1 \right] & (m + g) \\ 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,2, \text{exp}} d} + 2\sqrt{M_{y, \text{Rexp}} f_{h,1, \text{exp}} d} & (m + h) \end{cases}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (h et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre l'acier et le bois.
- La décomposition pour l'analyse limite se fait en considérant la partie intérieure de l'assemblage au centre de deux plaques épaisses. Pour les parties extérieures, l'épaisseur des plaques métalliques est sans importance.
- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v, \text{Rexp}} = \min \begin{cases} 38315 + 76630 = 114946 \text{ N mode } (l + f) \\ 38315 + 38301 = 76616 \text{ N mode } (l + g) \\ 38315 + 38272 = 76587 \text{ N mode } (l + h) \\ 38272 + 76630 = 114903 \text{ N mode } (m + f) \\ 38272 + 38301 = 76573 \text{ N mode } (m + g) \\ 38272 + 38272 = 76544 \text{ N mode } (m + h) \end{cases} \rightarrow F_{v, \text{Rexp}} = 76544 \text{ N (mode } m + h) \quad \textit{Effort par plaque}$$

- Contribution de l'effet de corde:
dimensionnant
Effet de corde = $\min(0.25 \cdot F_{ax, \text{Rexp}}; X \cdot F_{v, \text{Rexp}})$
Pour des broches, $X = 0$



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



1.4.2.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2,74$$

Partie extérieure

$$F_{v, Rexp, ext} = 38272,23 \text{ N}$$

$$F_{v, ext, Rexp, ass, fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v, Rexp, ext} = 1 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 38272,27 = 209,91 \text{ kN}$$

Partie intérieure

$$F_{v, Rexp, int} = 38272,23 \text{ N}$$

$$F_{v, int, Rexp, ass, fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v, Rexp, int} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 38272,27 = 419,81 \text{ kN}$$

Assemblage complet

$$F_{v, Rexp, ass, fendage} = 2 \cdot F_{v, ext, Rexp, ass, fendage} + F_{v, int, Rexp, ass, fendage} = 2 \cdot 209,91 + 419,81 = 839,62 \text{ kN}$$

1.4.2.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v, Rexp, ass, plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v, Rexp} = 2 \cdot 8 \cdot 76,54 = 1224,71 \text{ kN}$$

1.4.2.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage

$$F_{t, ext} = 38272,23 \text{ N} \quad S_{ext} = t_{ext} \cdot h_b = 140 \cdot 144 = 20160 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

$$F_{t, int} = 38272,23 \text{ N} \quad S_{int} = t_{int} / 2 \cdot h_b = 140 / 2 \cdot 144 = 10080 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

Isocontrainte si $[F_{t, ext} / S_{ext} = F_{t, int} / S_{int}]$

$$\text{soit } [38272,23 / 20160 = 38272,23 / 10080] \Rightarrow [1,9 = 3,8] \Rightarrow \text{soit un écart de } -100 \%$$

1.4.3 Calcul de l'effort MOYEN plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v, Rmean} = \min \begin{cases} 0,5 f_{h, 2, mean} t_2 d + f_{h, 1, mean} t_1 d & (l + f) \\ 0,5 f_{h, 2, mean} t_2 d + f_{h, 1, mean} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y, Rmean}}{f_{h, 1, mean} d t_1^2}} - 1 \right] & (l + g) \\ 0,5 f_{h, 2, mean} t_2 d + 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 1, mean} d} & (l + h) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + f_{h, 1, mean} t_1 d & (m + f) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + f_{h, 1, mean} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y, Rmean}}{f_{h, 1, mean} d t_1^2}} - 1 \right] & (m + g) \\ 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 2, mean} d} + 2 \sqrt{M_{y, Rmean} f_{h, 1, mean} d} & (m + h) \end{cases}$$

- Le coefficient "1,15" des modes (h et m) ont été réduits à 1. La différence de ces deux valeurs provient d'une différence statistique entre l'acier et le bois.
- La décomposition pour l'analyse limite se fait en considérant la partie intérieure de l'assemblage au centre

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

de deux plaques épaisses. Pour les parties extérieures, l'épaisseur des plaques métalliques est sans importance.

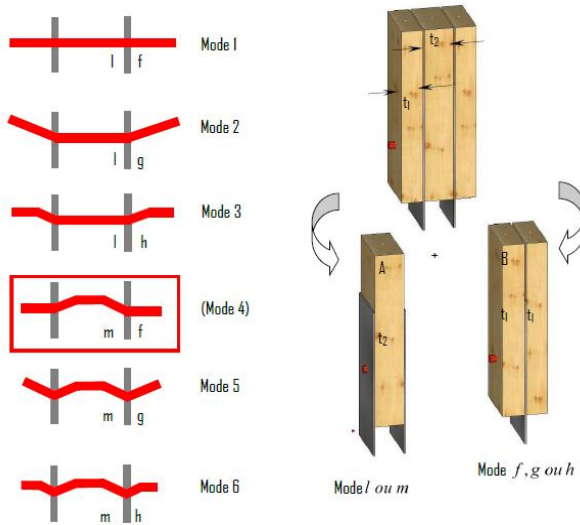
- Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_v, R_{\text{mean}} = \min \begin{cases} 39391 + 78783 = 118174 \text{ N mode (l + f)} \\ 39391 + 36444 = 75835 \text{ N mode (l + g)} \\ 39391 + 29388 = 68780 \text{ N mode (l + h)} \\ 29388 + 78783 = 108171 \text{ N mode (m + f)} \\ 29388 + 36444 = 65832 \text{ N mode (m + g)} \\ 29388 + 29388 = 58777 \text{ N mode (m + h)} \end{cases} \rightarrow F_v, R_{\text{mean}} = 58777 \text{ N (mode m + h)} \quad \text{Effort par plaque}$$

- Contribution de l'effet de corde:
dimensionnant

$$\text{Effet de corde} = \min(0.25 \cdot F_{ax}, R_{\text{mean}}; X \cdot F_v, R_{\text{mean}})$$

Pour des broches, $X = 0$



1.4.3.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0.9 \cdot (a_l / (13 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0.9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2.74$$

Partie extérieure

$$\text{Effort de rupture partie extérieure} : F_v, R_{\text{mean}, \text{ext}} = 29388.3 \text{ N}$$

$$F_{v, \text{ext}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{ef} \cdot F_v, R_{\text{mean}, \text{ext}} = 1 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 29.39 = 161.18 \text{ kN}$$

Partie intérieure

$$\text{Effort de rupture partie intérieure} : F_v, R_{\text{mean}, \text{int}} = 29388.3 \text{ N}$$

$$F_{v, \text{int}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} = n_{\text{plan}} \cdot n_{\text{files}} \cdot n_{ef} \cdot F_v, R_{\text{mean}, \text{int}} = 2 \cdot 2 \cdot 2.74 \cdot 29.39 = 322.36 \text{ kN}$$

Assemblage complet

$$F_v, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}} = 2 \cdot F_{v, \text{ext}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} + F_{v, \text{int}, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{fendage}}} = 2 \cdot 161.18 + 322.36 = 644.73 \text{ kN}$$

1.4.3.2 Calcul du potentiel plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_v, R_{\text{mean}, \text{ass}, \text{plastique}} = n_{\text{plan}} \cdot n \cdot F_v, R_{\text{mean}} = 2 \cdot 8 \cdot 58.78 = 940.43 \text{ kN}$$

1.4.3.3 Vérification des iso-contraintes dans l'assemblage

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{\text{text}} = 29388,3 \text{ N} \quad S_{\text{ext}} = \text{text} \cdot \text{hb} = 140 \cdot 144 = 20160 \text{ mm}^2$$

$$F_{\text{tint}} = 29388,3 \text{ N} \quad S_{\text{int}} = \text{tint} / 2 \cdot \text{hb} = 140 / 2 \cdot 144 = 10080 \text{ mm}^2$$

Effort par plan

Effort par plan

Isococontrainte si $[F_{\text{text}}/S_{\text{ext}} = F_{\text{tint}}/S_{\text{int}}]$

soit $[29388,3/20160 = 29388,3/10080] \Rightarrow [1,46 = 2,92] \Rightarrow$ soit un écart de -100 %

1.4.4. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (EC5)

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{ll} 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + f_{h,1,k} t_1 d & (l+f) \\ 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] & (l+g) \\ 0.5 f_{h,2,k} t_2 d + 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} & (l+h) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + f_{h,1,k} t_1 d & (m+f) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] & (m+g) \\ 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + 2.3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} & (m+h) \end{array} \right.$$

· Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 29701 + 59402 = 89103 \text{ N mode } (l+f) \\ 29701 + 28213 = 57914 \text{ N mode } (l+g) \\ 29701 + 28616 = 58317 \text{ N mode } (l+h) \\ 28616 + 59402 = 88018 \text{ N mode } (m+f) \\ 28616 + 28213 = 56828 \text{ N mode } (m+g) \\ 28616 + 28616 = 57231 \text{ N mode } (m+h) \end{array} \right. \rightarrow F_{v,Rk} = 56828 \text{ N (mode } m+g) \quad \textit{Effort par plaque}$$

Note : le mode (m+f) n'est pas un mode cinématiquement possible

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

- Contribution de l'effet de corde:
mode (g+k/m) dimensionnant
Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax,Rk}; X \cdot F_{v,Rk})$
Pour des broches, $X = 0$

1.4.4.1 Calcul du fendage EC5 (résistance en file)

$$n_{ef} = \min(n; n \cdot 0,9 \cdot (a_l / (l_3 \cdot d))^{1/4}) = \min(4; 4 \cdot 0,9 \cdot (80 / (13 \cdot 16))^{1/4}) = 2,74$$

Partie extérieure

$$\text{Effort de rupture partie extérieure : } F_{v,Rk,ext} = 28212,91 \text{ N}$$

$$F_{v,ext,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 1 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 28,21 = 154,73 \text{ kN}$$

Partie intérieure

$$\text{Effort de rupture partie intérieure : } F_{v,Rk,int} = 28615,58 \text{ N}$$

$$F_{v,int,Rk,ass,fendage} = n_{plan} \cdot n_{files} \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 2 \cdot 2,74 \cdot 28,62 = 313,89 \text{ kN}$$

Assemblage complet

$$F_{v,Rmean,ass,fendage} = 2 \cdot F_{v,ext,Rmean,ass,fendage} + F_{v,int,Rmean,ass,fendage} = 2 \cdot 154,73 + 313,89 = 623,36 \text{ kN}$$

1.4.4.2 Calcul du cisaillement plastique EC5 (sans fendage avec renforcement)

$$F_{v,Rk,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk} = 2 \cdot 8 \cdot 56,83 = 909,26 \text{ kN}$$

1.4.5. Calcul de l'effort CARACTERISTIQUE plastique de l'assemblage (Draft)

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_{h1} d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_{h2} d \quad (b) \\ \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\frac{1}{\beta} + 2 \left[1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} + \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2 \right]} + \beta \left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right)^2} - \left(1 + \frac{t_{h2}}{t_{h1}} \right) \right] \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h1} d}{2 + \beta} \left[\sqrt{\frac{2(1 + \beta)}{\beta} + \frac{4(2 + \beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h1}^2}} - 1 \right] \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,2,k} t_{h2} d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2(1 + \beta) + \frac{4(1 + 2\beta)M_{y,k}}{f_{h,2,k} d t_{h2}^2}} - 1 \right] \quad (e) \\ 1,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{1}{1 + \beta}} \sqrt{M_{y,k} f_{h,2,k} d} \quad (f) \end{array} \right.$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

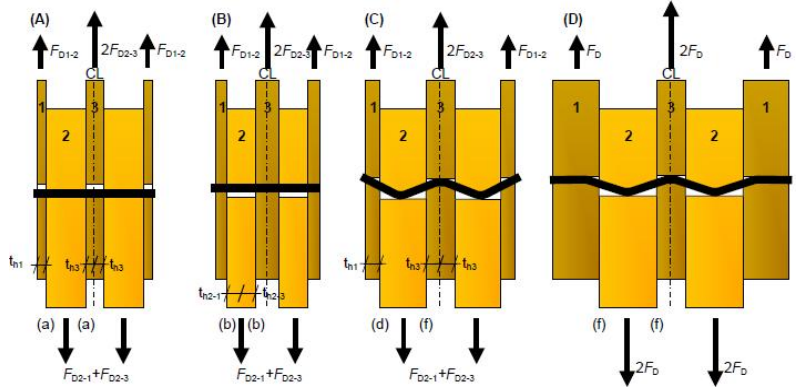
* Partie 1/2

$$th1 = text = 140 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = fh,2,k/fh,1,k = 600/26,52 = 22,63$$

Fv,rk,D,1/2 = min	59402 N mode (a)
	38400 N mode (b)
	24345 N mode (c)
	31062 N mode (d)
	22411 N mode (e)
	34476 N mode (f)



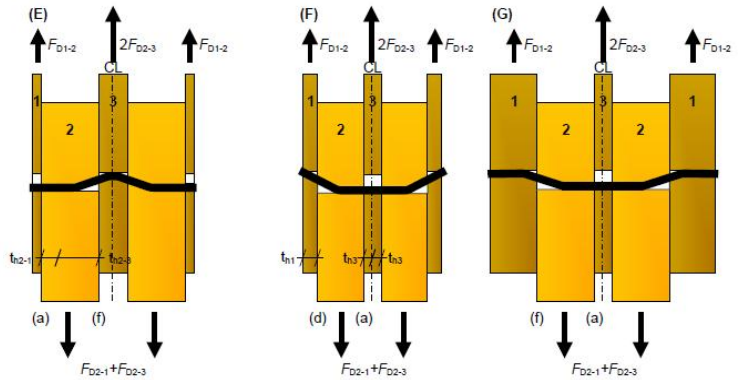
* Partie 3/2

$$th1 = tint/2 = 140/2 = 140 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = fh,2,k/fh,1,k = 600/26,52 = 22,63$$

Fv,rk,D,3/2 = min	29701 N mode (a)
	38400 N mode (b)
	12491 N mode (c)
	22973 N mode (d)
	22411 N mode (e)
	34476 N mode (f)



* Addition des modes

Fv,rk,D = min	mode (a) + (a) = 59402 + 29701 = 89103 N
	mode (b) + (b) = 38400 + 38400 = 76800 N
	mode (d) + (f) = 31062 + 34476 = 65538 N
	mode (f) + (f) = 34476 + 34476 = 68953 N
	mode (a) + (f) = 59402 + 34476 = 93878 N
	mode (d) + (a) = 31062 + 29701 = 60763 N
	mode (f) + (a) = 34476 + 29701 = 64177 N

$$Fv,rk,D = 60763 \text{ N modes (d) + (a)}$$

Effort par plaque

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.5.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rk,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rk,D-n}) = 2 \cdot (60763,19 \cdot 8) = 972,21 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.4.6. Calcul de l'effort EXPERIMENTALE plastique de l'assemblage (Draft)

Formules similaire que la partie "1.4.5" avec $f_{h,exp}$ et $M_{y,exp}$

* Calcul de la capacité résistante (partie Johansen):

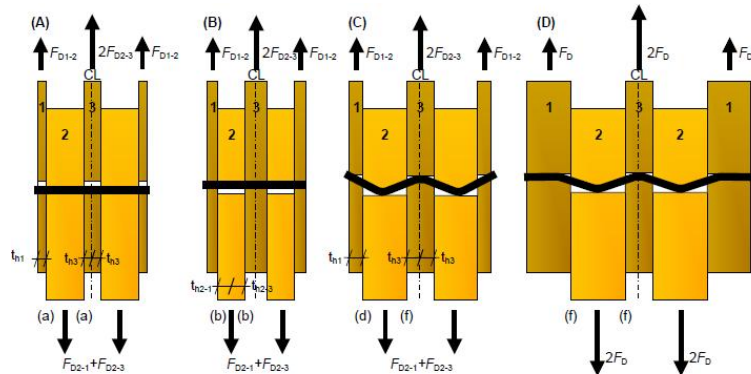
* Partie 1/2

$$th1 = text = 140 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/34,21 = 17,54$$

$$F_{v,exp,D,1/2} = \min \begin{cases} 76630 \text{ N mode (a)} \\ 38400 \text{ N mode (b)} \\ 31240 \text{ N mode (c)} \\ 39477 \text{ N mode (d)} \\ 27716 \text{ N mode (e)} \\ 42810 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



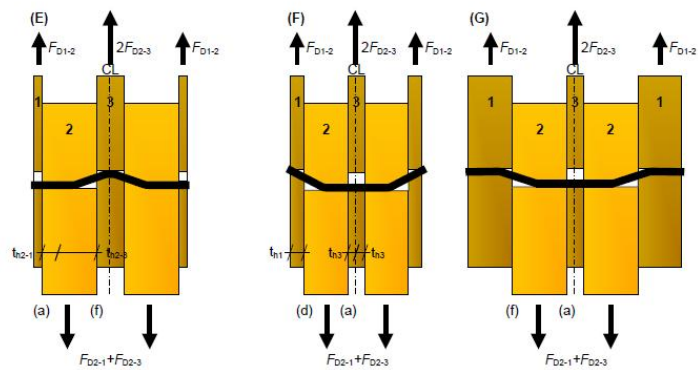
* Partie 3/2

$$th1 = tint/2 = 140/2 = 140 \text{ mm}$$

$$th2 = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$\beta = f_{h,2,k}/f_{h,1,exp} = 600/34,21 = 17,54$$

$$F_{v,exp,D,3/2} = \min \begin{cases} 38315 \text{ N mode (a)} \\ 38400 \text{ N mode (b)} \\ 15873 \text{ N mode (c)} \\ 28745 \text{ N mode (d)} \\ 27716 \text{ N mode (e)} \\ 42810 \text{ N mode (f)} \end{cases}$$



* Addition des modes

$$F_{v,exp,D} = \min \begin{cases} \text{mode (a) + (a)} = 76630 + 38315 = 114946 \text{ N} \\ \text{mode (b) + (b)} = 38400 + 38400 = 76800 \text{ N} \\ \text{mode (d) + (f)} = 39477 + 42810 = 82287 \text{ N} \\ \text{mode (f) + (f)} = 42810 + 42810 = 85619 \text{ N} \\ \text{mode (a) + (f)} = 76630 + 42810 = 119440 \text{ N} \\ \text{mode (d) + (a)} = 39477 + 38315 = 77793 \text{ N} \\ \text{mode (f) + (a)} = 42810 + 38315 = 81125 \text{ N} \end{cases}$$

$$F_{v,exp,D} = 76800 \text{ N modes (b) + (b)}$$

Effort par plaque

* Contribution de l'effet de corde:

Effet de corde pour les broches = 0

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.4.6.1 Calcul du cisaillement plastique Draft

$$F_{v,Rexp,D,ass,plastique} = 2 \cdot (F_{v,Rexp,D} \cdot n) = 2 \cdot (76800 \cdot 8) = 1228,8 \text{ kN}$$

(Le fendage n'est pas vérifié ici car il est intégré dans la vérification de rupture du bois dans cette version "draft")

1.5 Justification des vis de renfort

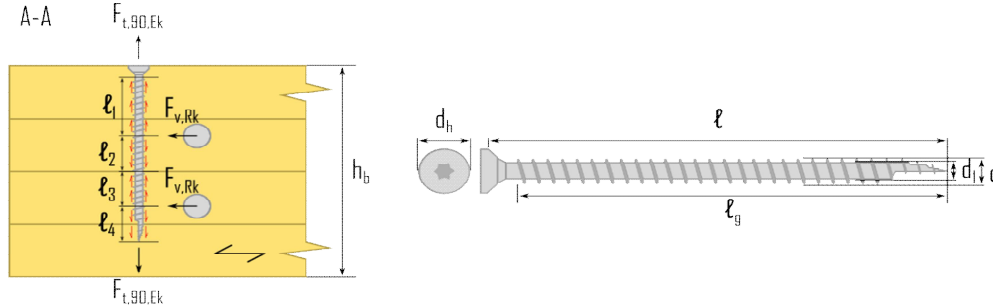
1.5.1 Données fournisseur pour les vis de renforcement

ESCRFTC8.Dx160 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie	Propriétés caractéristique de résistance
$l = 160 \text{ mm}$ $l_g = 160 \text{ mm}$ filetage total lors des essais $d = 8 \text{ mm}$ $d_l = 5,2 \text{ mm}$ $d_h = 15 \text{ mm}$	$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$ $f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$ $f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$ $f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.2 Calcul de la longueur mini d'ancrage

Renforcement par vis => 2 vis par colonne de broche, par plan de cisaillement.



4 zones à identifier le long de l'organe de renfort.

$$l_1 = h_b/2 - 1,5d - l_g = 144/2 - 1,5 \cdot 16 - 160 + 160 = 48 \text{ mm}$$

$$l_2 = 13 \cdot a/2 = 48/2 = 24 \text{ mm, Note : ces longueurs ne sont pas utilisées, pas de traction au niveau de la pince a2}$$

$$l_4 = l - h_b/2 - a/2 = 160 - 144/2 - 48/2 = 64 \text{ mm}$$

Note : pour les valeurs de pinces voir : "1.6.1 Espacements et distances minimales pour les organes"

1.5.3 Détermination des caractéristiques de résistance de l'organe de renfort

· Résistance à l'arrachement:

$$R_{ax,90^\circ,k} = f_{ax,90^\circ,k} \cdot d \cdot l_{i,min} = 13,1 \cdot 8 \cdot 48 = 5,03 \text{ kN}$$

· Résistance à la traction:

$$R_{tens,k} = f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$$

· Résistance à l'enfoncement de la tête:

$$R_{head,k} = \pi \cdot ((d_h^2 - d_l^2)/4) \cdot f_{head,k} = \pi \cdot ((15^2 - 5,2^2)/4) \cdot 12,4 = 1,93 \text{ kN}$$

Justification à titre indicatif

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.5.4 Détermination de l'effort sollicitant l'organe

- Effort résistant d'un organe par plan de cisaillement :

$$F_{v,rk} = 56828 \text{ N (mode m + g)}$$

- Effort résistant intérieur et extérieur par plan :

$$F_{v,rk,ext} = 28212,91 \text{ N}$$

$$F_{v,rk,int} = 28615,58 \text{ N}$$

- Effort résistant maximum par plan :

$$F_{v,rk} = \max(F_{v,rk,ext} ; F_{v,rk,int}) = \max(28616 ; 28213) = 28616 \text{ N}$$

- Effort de traction induit dans la vis de renfort :

$$F_{t,90,Ek} = 0,3 \cdot F_{v,Rk} = 0,3 \cdot 28616 = 8,58 \text{ kN}$$

Note : Pour le calcul du renforcement, l'effort maximum par plan de part et d'autre de la plaque est retenue

1.5.5 Détermination du nombre de vis et du taux de travail

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax,90^{\circ},k}; R_{head,k}); R_{tens,k}) \geq F_{t,90,Ek} / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(5,03; 1,93); 24,1) = 5,03 \text{ kN}$$

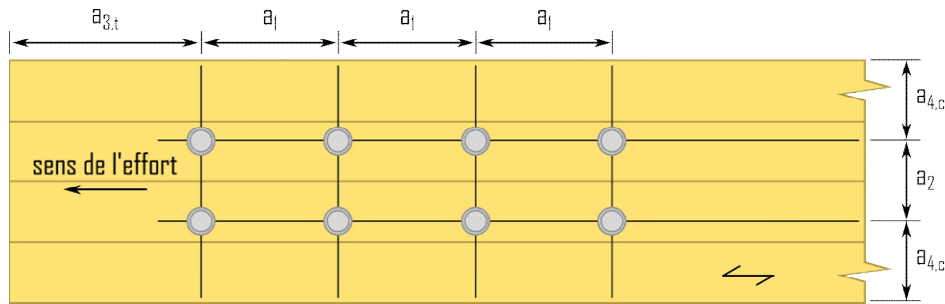
$$F_{t,90,Ek} / n_{vis} = 8,58 / 2 = 4,29 \text{ kN} \quad \Rightarrow \quad 2 \text{ vis par plan par colonne de broche.}$$

$$R_{renf,k} > 0,3 \cdot F_{t,90,k} \Rightarrow \text{Critère vérifié}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6. Dimensionnement partie bois de l'assemblage

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



- Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 16 = 80 \text{ mm}$$

- Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

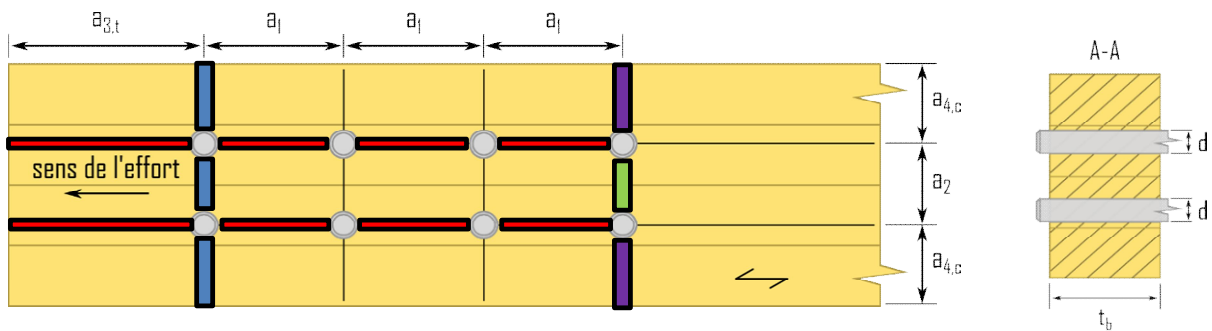
- Distance entre un organe et une extrémité chargée :





$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 16; 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

- Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

1.6.2. Calculs des sections nettes



	$A_{net,b,ext} =$ $A_{net,b,int} =$	$(hb - nr \cdot d) \cdot t_{b,ext} = (144 - 2 \cdot 16) \cdot 140 = 15680 \text{ mm}^2$ $(hb - nr \cdot d) \cdot t_{b,int} = (144 - 2 \cdot 16) \cdot 140 = 15680 \text{ mm}^2$	<i>Pour la partie extérieure</i>
	$L_{net,v,i} =$ $A_{net,v,ext} =$ $A_{net,v,int} =$	$2 \cdot a_3 + 2 \cdot (nr - 1) \cdot (a_1 - d) - d = 2 \cdot 112 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (80 - 16) - 16 = 592 \text{ mm}$ $L_{net,v,i} \cdot t_{b,ext} = 592 \cdot 140 = 82880 \text{ mm}^2$ $L_{net,v,i} \cdot t_{b,int} = 592 \cdot 140 = 82880 \text{ mm}^2$	<i>Pour la partie extérieure</i>
	$L_{net,t,i,centre} =$ $A_{net,t,ext,centre} =$ $A_{net,t,int,centre} =$	$(nr - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$ $L_{net,t,i,centre} \cdot t_b = 32 \cdot 140 = 4480 \text{ mm}^2$ $L_{net,t,i,centre} \cdot t_b = 32 \cdot 140 = 4480 \text{ mm}^2$	<i>Pour la partie extérieure</i>
	$L_{net,t,i,rive} =$ $A_{net,t,ext,rive} =$ $A_{net,t,int,rive} =$	$hb - d - (nr - 1) \cdot a_2 = 144 - 16 - (2 - 1) \cdot 48 = 80 \text{ mm}$ $L_{net,t,i,rive} \cdot t_b = 80 \cdot 140 = 11200 \text{ mm}^2$ $L_{net,t,i,rive} \cdot t_b = 80 \cdot 140 = 11200 \text{ mm}^2$	<i>Pour la partie extérieure</i>

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.3. Détermination de la résistance MOYENNE à la rupture de bloc ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations , néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,centre-ft,0,mean} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,rive-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,ext-fv,mean} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,centre-ft,0,mean} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,rive-ft,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,int-fv,mean} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 4480 \cdot 25,46 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 11200 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 82880 \cdot 4,64 \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 4480 \cdot 25,46 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 11200 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 82880 \cdot 4,64 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rmean,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 142599,47 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 356498,67 \text{ N} \\ 269305,04 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 142599 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 356499 \text{ N} \\ 269305 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 807,92 \text{ kN} \Rightarrow$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.4. Détermination de la résistance MOYENNE à la traction de la section nette

$F_{v,Rmean,ass,traction} = \Sigma A_{net,b,i-ft,0,k} = (15680+15680+15680) \cdot 25,46 = 1197,84 \text{ kN}$

1.6.5. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette ECS

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" s'approche globalement de la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction s'approche de "1,25", c'est cette valeur qui est retenue dans la suite de nos estimations , néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,centre-ft,0,k} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext,rive-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,ext-fv,k} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,centre-ft,0,k} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int,rive-ft,0,k} \\ 0,7 \cdot A_{net,v,int-fv,k} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 4480 \cdot 19,2 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 11200 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 82880 \cdot 3,5 \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 4480 \cdot 19,2 \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 11200 \cdot 19,2 \\ 0,7 \cdot 82880 \cdot 3,5 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$F_{bs,Rk,ass} = 2 \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} 107520 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 268800 \text{ N} \\ 203056 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right. + \max \left\{ \begin{array}{l} 107520 \text{ N} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} 268800 \text{ N} \\ 203056 \text{ N} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$F_{bs,Rk,ass} = 609,17 \text{ kN} \Rightarrow$ rupture de bloc par cisaillement

1.6.6. Détermination de la résistance CARACTERISTIQUE à la traction de la section nette

$F_{v,Rk,ass,traction} = \Sigma A_{net,b,i-ft,0,k} = (15680+15680+15680) \cdot 19,2 = 903,17 \text{ kN}$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.7. Détermination de la résistance à la rupture de bloc Draft

Épaisseur efficace $t_{ef,el}$ (el)

Pénétration totale de l'organe

Partie extérieure

Mode de rupture partie extérieure : mode (d)

$$L_{p,o}/d = 140/16 = 8,75 > 3 \Rightarrow t_{ef,el} = \max(0,76 - L_{p,o}/(30d); 0,2) \cdot t_{ext} = 65,57 \text{ mm}$$

Partie intérieure

Mode de rupture partie intérieure : mode (a)

$$L_{p,i}/d = 140/16 = 8,75 > 7 \Rightarrow t_{ef,el} = \max(1,7 - L_{p,i}/(10d); 0,5) \cdot t_{int} = 115,5 \text{ mm}$$

Longueur nette cisailée extérieure aux organes

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 80 \cdot (4 - 1) + 112 = 352 \text{ mm}$$

Longueur de fendage

$$L_{net} = (n_c - 1) \cdot a_l + a_3 \cdot t - (n_c - 0,5) \cdot d_0 = (4 - 1) \cdot 80 + 112 - (4 - 0,5) \cdot 16 = 296 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean}/E_{0,mean}} = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{650/11500} = 0,73$$

Coefficient k_t

$$k_t = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean}/E_{0,mean}} = 0,9 + 1,4 \cdot \sqrt{650/11500} = 1,23$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,ext,k} = k_v \cdot t_{ef,el,ext} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 65,57 \cdot 352 \cdot 3,5 = 59,2 \text{ kN}$$

$$F_{v,int,k} = k_v \cdot t_{ef,el,int} \cdot L_c \cdot f_{v,k} = 0,73 \cdot 115,5 \cdot 352 \cdot 3,5 = 104,28 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.7.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc **BLOCK SHEAR**

Hauteur nette en traction

$$b_{net,t,int} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,ext,k} = k_t \cdot b_{net,t,ext} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 32 \cdot 65,57 \cdot 19,2 = 49,66 \text{ kN}$$

$$F_{t,int,k} = k_t \cdot b_{net,t,int} \cdot f_{t,0,k} = 1,23 \cdot 32 \cdot 115,5 \cdot 19,2 = 87,49 \text{ kN}$$

Résistance partie extérieure

$$F_{bs,ext,k} = 2 \cdot F_{v,ext,k} + F_{t,ext,k} = 2 \cdot 59197,46 + 49663,93 = 168,06 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{bs,int,k} = 2 \cdot F_{v,int,k} + F_{t,int,k} = 2 \cdot 104280,23 + 87486,29 = 296,05 \text{ kN}$$

Résistance total

$$F_{bs,k} = 2 \cdot (2 \cdot F_{v,ext,k} + F_{t,ext,k}) + 2 \cdot F_{v,int,k} + F_{t,int,k} = 2 \cdot (2 \cdot 59,2 + 49,66) + 2 \cdot 104,28 + 87,49 = 632,16 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.2. Détermination de la résistance au cisaillement par file **SPLITTING**

Résistance partie extérieure

$$F_{sp,k,ext} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef,el,ext} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (296 + 2 \cdot 16) \cdot 65,57 \cdot 0,5 = 22,58 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k,ext} = F_{sp,k,ext} \cdot n_r = 22,58 \cdot 2 = 45,16 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{sp,k,int} / \text{file/plan} = 2,1 \cdot (L_{net} + 2 \cdot d) \cdot t_{ef,el,int} \cdot f_{t,90,k} = 2,1 \cdot (296 + 2 \cdot 16) \cdot 115,5 \cdot 0,5 = 39,78 \text{ kN}$$

$$F_{sp,k,int} = F_{sp,k,int} \cdot n_r = 39,78 \cdot 2 = 79,56 \text{ kN}$$

Résistance total

$$F_{sp,k} = 2 \cdot F_{sp,k,ext} + F_{sp,k,int} = 2 \cdot 45,16 + 79,56 = 169,88 \text{ kN}$$

1.6.7.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files **ROW SHEAR**

Résistance partie extérieure

$$F_{rs,ext,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,ext,k} = 2 \cdot 2 \cdot 59,2 = 236,79 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{rs,int,k} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,int,k} = 2 \cdot 2 \cdot 104,28 = 417,12 \text{ kN}$$

Résistance totale

$$F_{rs,k} = 2 \cdot (2 \cdot n_r \cdot F_{v,ext,k}) + 2 \cdot n_r \cdot F_{v,int,k} = 2 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 59,2) + 2 \cdot 2 \cdot 104,28 = 890,7 \text{ kN sans rupture séquentielle}$$

1.6.7.4. Détermination de la résistance à la rupture fragile

Fendage

Hypothèse : l'effort du splitting est divisé par 0,3 afin de remonter à l'effort longitudinal à partir de l'effort de fendage, ce calcul est une supposition, le draft reste flou sur ce type de rupture.

Résistance partie extérieure

$$F_{b,o,k} = \min(F_{sp,k,ext}/0,3; F_{bs,ext,k}; F_{rs,ext,k}) = \min(150,54; 168,06; 236,79) = 150,54 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{b,i,k} = \min(F_{sp,k,int}/0,3; F_{bs,int,k}; F_{rs,int,k}) = \min(265,19; 296,05; 417,12) = 265,19 \text{ kN}$$

Résistance à la rupture fragile

$$F_{br,Rk,fendage} = \min(F_{b,o,k} (n_o + n_i t_i / t_o) ; F_{b,i,k} (n_o t_o / t_i + n_i)) = \min(150,54 (2 + 1 \cdot 140 / 140) ; 265,19 (2 \cdot 140 / 140 + 1)) = 451,62 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Sans fendage

Résistance partie extérieure

$$F_{b,i,k} = \min(F_{b,s,ext,k}; F_{r,s,ext,k}) = \min(168,06; 236,79) = 168,06 \text{ kN}$$

Résistance partie intérieure

$$F_{b,i,k} = \min(F_{b,s,int,k}; F_{r,s,int,k}) = \min(296,05; 417,12) = 296,05 \text{ kN}$$

Résistance à la rupture fragile

$$F_{br,Rk} = \min(F_{b,o,k} (n_o + n_i t_i / t_o); F_{b,i,k} (n_o t_o / t_i + n_i)) = \min(168,06 (2 + 1 \cdot 140 / 140); 296,05 (2 \cdot 140 / 140 + 1)) = 504,18 \text{ kN}$$

1.6.8. Raideur estimée de l'assemblage

1.6.8.1 Eurocode 5

$$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 16 / 23 = 5987,78 \text{ N/mm}$$

$$K_{ser,ass,ext} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 5987,78 = 95,8 \text{ kN/mm}$$

Pour 1 plan extérieur

$$K_{ser,ass,int} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5987,78 = 191,61 \text{ kN/mm}$$

$$K_{ser,ass} = 2 \cdot K_{ser,ass,ext} + K_{ser,ass,int} = 2 \cdot 95,8 + 191,61 = 383,22 \text{ kN/mm}$$

1.6.9 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.6.9.1 Données fournisseur pour la fermeture de l'assemblage

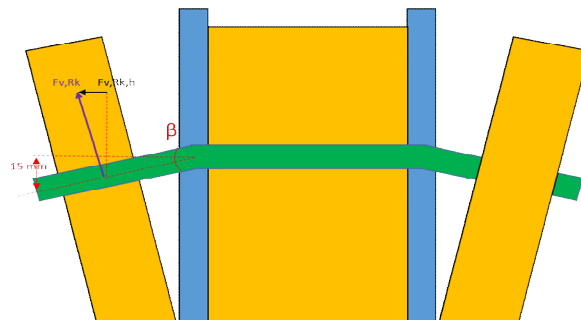
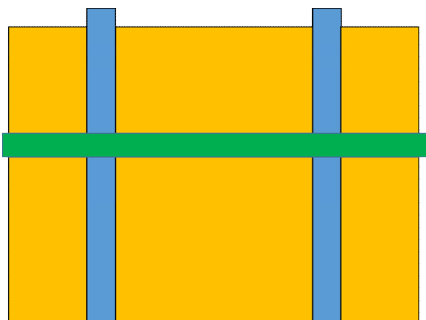
Fermeture de l'assemblage par une vis traversante

ESCRFTC8.0x220 => Fournisseur : (type Simpson)

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 220 \text{ mm}$
$l_g = 220 \text{ mm}$ filetage total lors des essais
$d = 8 \text{ mm}$
$d_l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.6.9.2 Détermination de la capacité de l'organe de fermeture



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Le mode de rupture est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, présenté en 1.6.10.1.1), la déformation de l'assemblage sera donc limitée à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 406,11 kN, et K la raideur total de l'assemblage.

La broche se plie au maximum avec un angle de $\beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{\text{pliable}})) = \text{Arctan}((406,11/383,22)/144) = 0,42^\circ$

1.6.9.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage :

Effort maximum que peut transmettre une broche : $F_{v,Rk} = 56,83 \text{ kN}$

Voir partie : 1.4.3

Effort horizontale qui ouvre l'assemblage : $F_{v,Rk,h} = \sin(\beta) \cdot F_{v,Rk} = \sin(0,42) \cdot 56828,49 = 418,21 \text{ N}$

Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_{v,Rmean,H} = n \cdot F_{v,Rk,h} = 8 \cdot 418,21 = 3345,66 \text{ N}$

1.6.9.2.2 Valeur caractéristique de résistance de l'organe de fermeture

· Résistance de la vis :

Air nette de la vis : $A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$

Traction dans la vis : $F_{t,Rk} = f_{tens} = 24100 \text{ N}$

Cisaillement dans le bois : $F_{ax,Rk} = f_{ax,90,k} \cdot d_s \cdot t_{ext} = 13,1 \cdot 8 \cdot 140 = 14672 \text{ N}$

1.6.9.3 Vérification capacité de l'organe de fermeture

$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$

$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 14,67) \cdot 1 > 3,35 \text{ kN}$

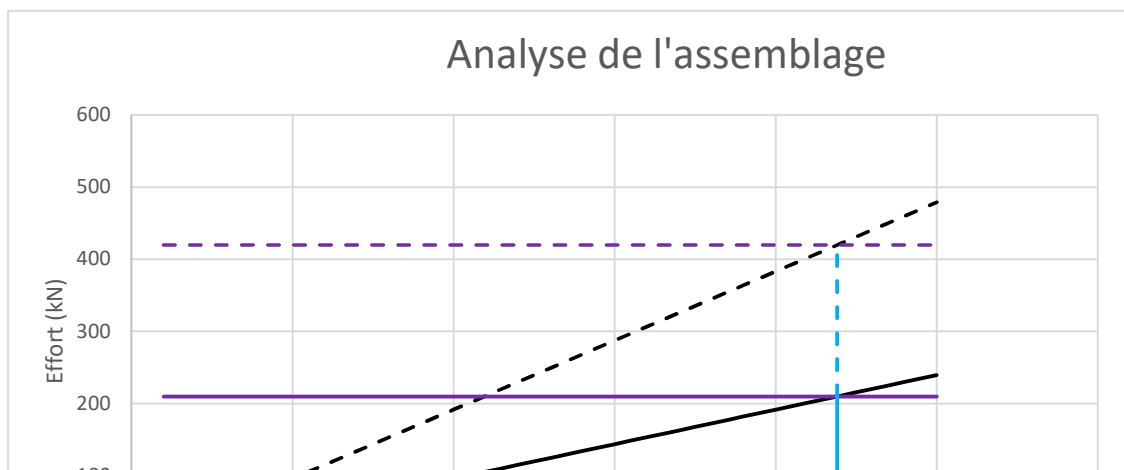
Il faut donc disposer de 1 vis référence : ESCRFTC8.0x220 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.6.10. Synthèse du dimensionnement partie bois

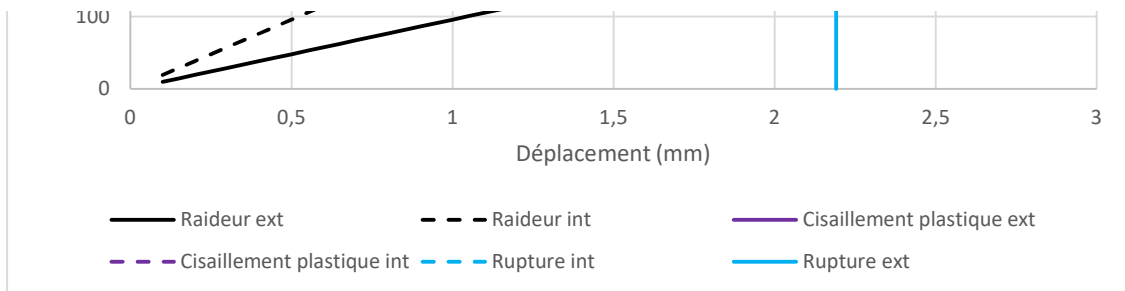
La rupture de l'assemblage en valeur moyenne est ici une rupture fragile. Lorsque la rupture intervient dans la partie intérieure, il est nécessaire de prendre en compte la charge qu'il y avait dans les parties extérieures afin de connaître la capacité de charge complète de l'assemblage à la rupture.

1.6.10.1 Valeurs EXPERIMENTALES

1.6.10.1.1 Rupture de l'assemblage EXPERIMENTALE EC5 non renforcé (rupture par fendage)



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{v,Rexp,ass, fendage} = 2 \cdot F_{v,Rexp,ass, fendage} + (F_{v,Rexp,ext, fendage} / K_{ser,ext} - K_{ser,int}) = 2 \cdot 209,91 + 209,91 / 95,8 - 191,61 = 839,62 \text{ kN}$$

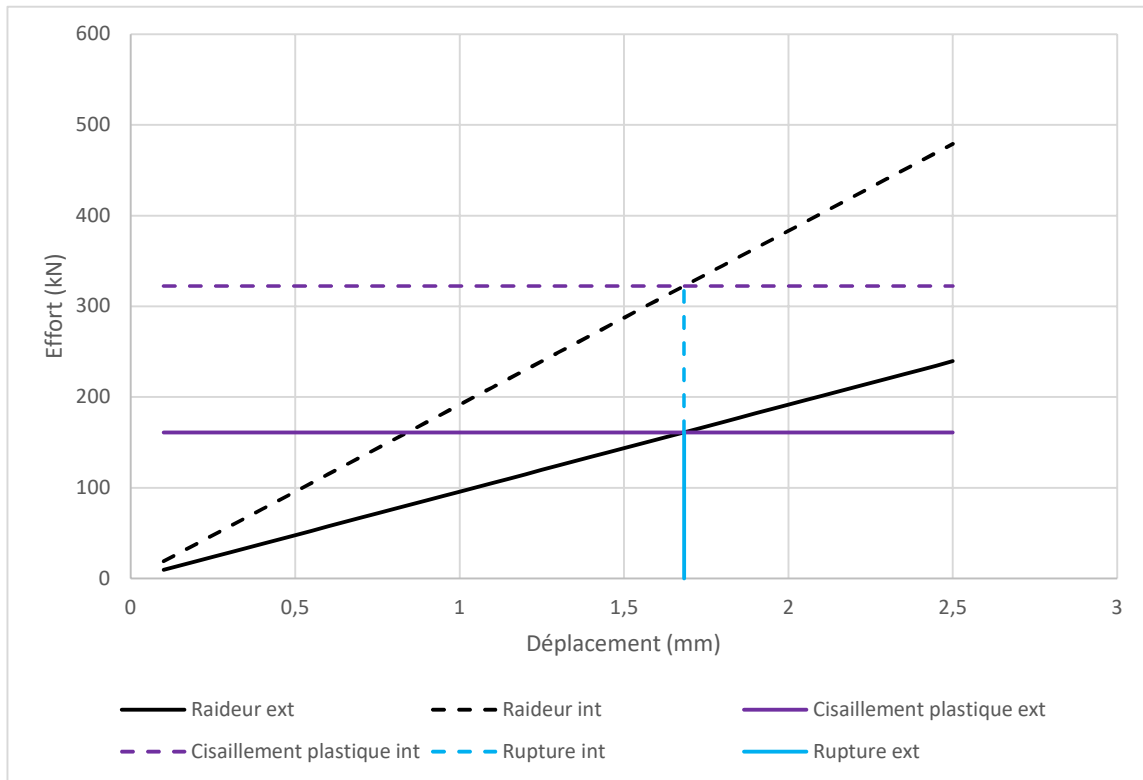
1.6.10.1.2 Rupture de l'assemblage EXPERIMENTALE EC5 cisaillement plastique

$$F_{v,Rexp,ass, plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rexp,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 38272,23) + (2 \cdot 8 \cdot 38272,23) = 1224,71 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.6.10.2 Valeurs CARACTERISTIQUES

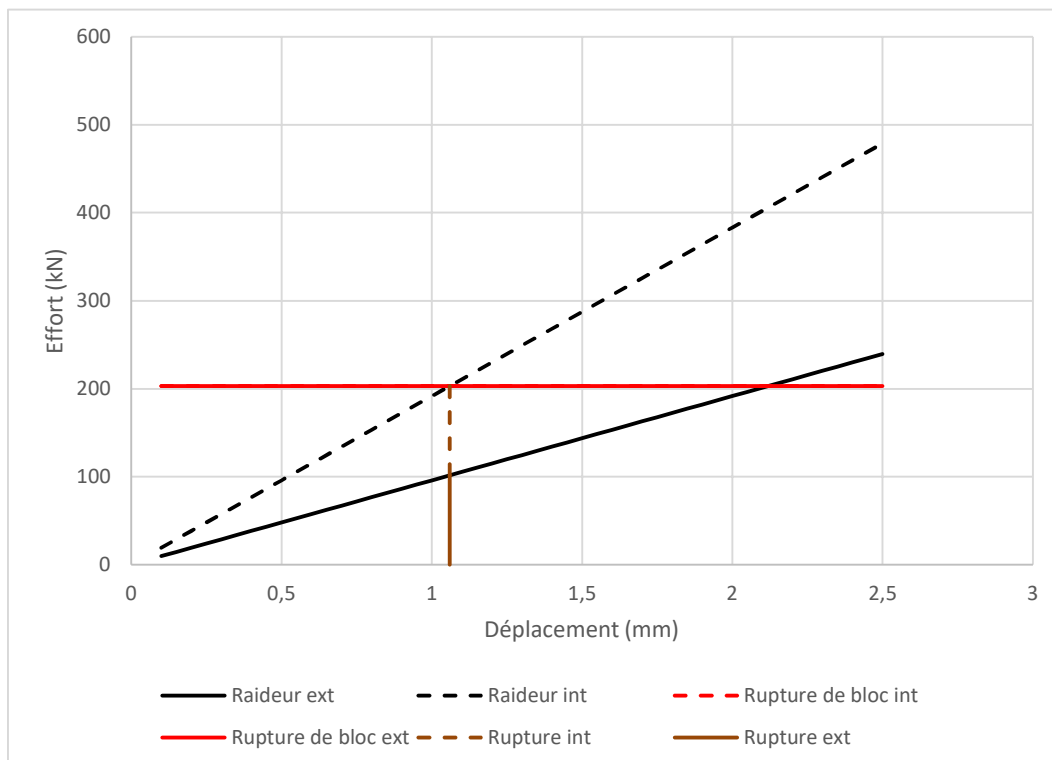
1.6.10.2.1 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 non renforcé (rupture par fendage)



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_v, R_k, \text{ass, fendage} = 2 \cdot F_v, R_k, \text{ass, fendage} + (F_v, R_k, \text{ext, fendage} / K_{\text{ser, ext}} - K_{\text{ser, int}}) = 2 \cdot 154,73 + 154,73 / 95,8 - 191,61 = 618,94 \text{ kN}$$

1.6.10.2.2 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)



Résistance de l'assemblage complet :

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

$$F_{bs,Rk,ass} = F_{bs,Rk,int} + 2 \cdot (F_{bs,Rk,int} / K_{ser,int} - K_{ser,ext}) = 203,06 + 2 \cdot (203,06 / 191,61 - 95,8) = 406,11 \text{ kN}$$

1.6.10.2.3 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 cisaillement plastique

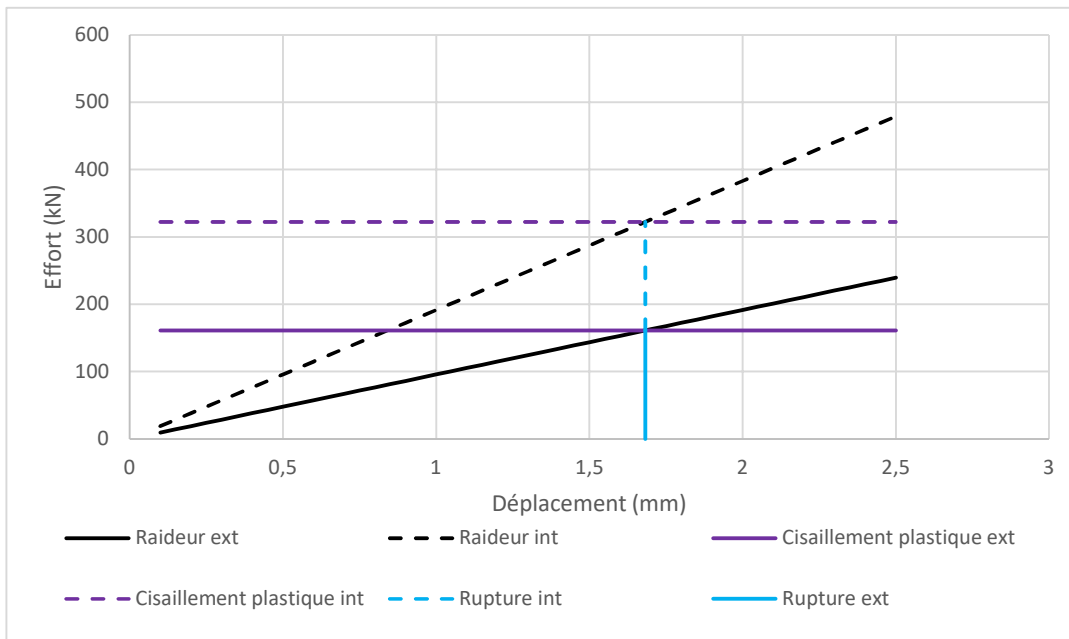
$$F_{v,Rk,ass,plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rk,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 28212,91) + (2 \cdot 8 \cdot 28615,58) = 909,26 \text{ kN}$$

1.6.10.2.4 Rupture de l'assemblage CARACTERISITQUE EC5 traction nette

$$F_{t,D,Rk,ass,traction} = (2 \cdot A_{net,ext} + A_{net,int}) \cdot f_{t,D,k} = (2 \cdot 15680 + 15680) \cdot 19,2 = 903,17 \text{ kN}$$

1.6.10.3 Valeurs MOYENNES

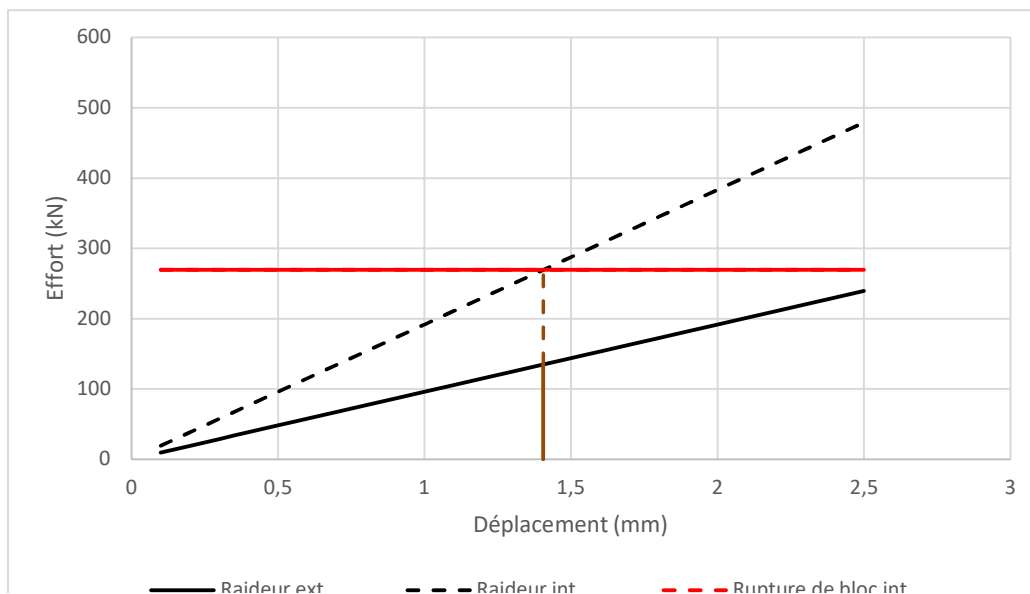
1.6.10.3.1 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 non renforcé (rupture par fendage)



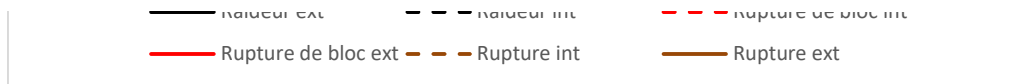
Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{v,Rk,ass,fendage} = 2 \cdot F_{v,Rk,ass,fendage} + (F_{v,Rk,ext,fendage} / K_{ser,ext} - K_{ser,int}) = 2 \cdot 161,18 + 161,18 / 95,8 - 191,61 = 644,73 \text{ kN}$$

1.6.10.3.2 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 renforcé (rupture par rupture de bloc)



Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file



Résistance de l'assemblage complet :

$$F_{bs,Rk,ass} = F_{bs,Rk,int} + 2 \cdot (F_{bs,Rk,int} / K_{ser,int} - K_{ser,ext}) = 269,31 + 2 \cdot (269,31 / 191,61 - 95,8) = 538,61 \text{ kN}$$

1.6.10.3.3 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 cisaillement plastique

$$F_{v,Rmean,ass,plastique} = 2 \cdot (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean,ext}) + (n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean,int}) = 2 \cdot (1 \cdot 8 \cdot 29388,3) + (2 \cdot 8 \cdot 29388,3) = 940,43 \text{ kN}$$

1.6.10.3.4 Rupture de l'assemblage MOYEN EC5 traction nette

$$F_{t,0,Rmean,ass,traction} = (2 \cdot A_{net,ext} + A_{net,int}) \cdot f_{t,0,mean} = (2 \cdot 15680 + 15680) \cdot 25,46 = 1197,84 \text{ kN}$$

1.6.10.4 Valeurs majorées pour le calcul des plaques métalliques

La majoration consiste à multiplier par 1,2 la résistance moyenne du bois afin de privilégier la rupture du bois et non du métal

Plastique majorée

$$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 940,43 \cdot 1,2 = 1128,51 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

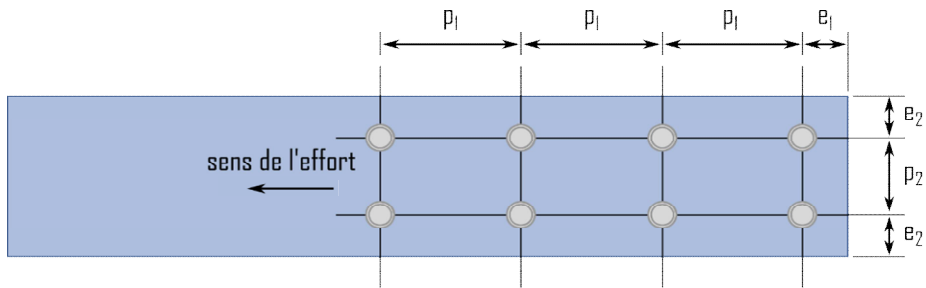
$$F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 538,61 \cdot 1,2 = 646,33 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_{t,0,Rmajor,ass,traction} = F_{t,0,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 1197,84 \cdot 1,2 = 1437,4 \text{ kN}$$

1.7. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs caractéristiques partie métal

1.7.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage :

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique :

$$d_0 = d + j = 16 + 0,6 = 16,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale :

$$\text{Critère } (2.2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 80 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2.4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 48 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale :

$$\text{Critère } (1.2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 20 \text{ mm}$$

· Pince transversale :

$$\text{Critère } (1.2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 56 \text{ mm}$$

1.7.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique : $h_m = 160 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique : $t_m = 8 \text{ mm}$

1.7.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right)$$

$$k_1 = \min (2.8 \cdot 56 / 16.6 - 1.7; 1.4 \cdot 48 / 16.6 - 1.7; 2.5) = 2.35$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

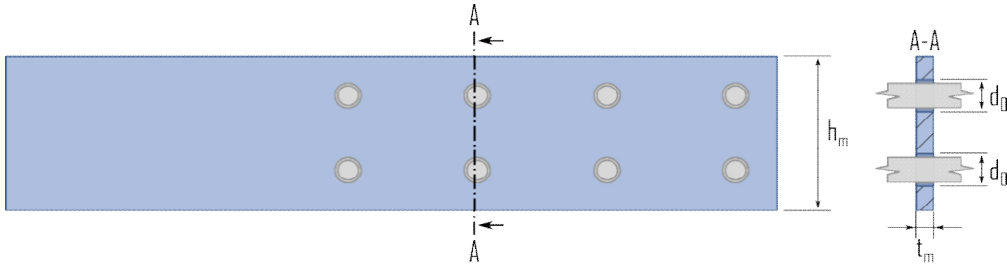
$$\alpha_b = \min (20 / (3 \cdot 16.6); 80 / (3 \cdot 16.6) - 0.25; 900 / 540; 1) = 0.4$$

$$N_{b,Rk,ass} = n_{bloc} \cdot n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k} \cdot m \cdot d \cdot t_m = 2 \cdot 8 \cdot 2.35 \cdot 0.4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 1042.94 \text{ kN}$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.7.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - nr \cdot d_0) \cdot t_m = (160 - 2 \cdot 16,6) \cdot 8 = 1014,4 \text{ mm}^2$$

1.7.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = n_{bloc,m} \cdot 0,9 \cdot A_{net,m} \cdot f_{u,k,m} = 2 \cdot 0,9 \cdot 1014,4 \cdot 540 = 986 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = n_{bloc,m} \cdot A_m \cdot f_{y,k,m} = 2 \cdot 160 \cdot 8 \cdot 460 = 1177,6 \text{ kN}$$

1.8. Indication de la rigidité des éléments

· Bois :

Extérieures =	$E_{0,mean} \cdot h_b \cdot (text \cdot 2) = 11500 \cdot 144 \cdot (140 \cdot 2) = 463680 \text{ kN}$
Intérieures =	$E_{0,mean} \cdot h_b \cdot tint = 11500 \cdot 144 \cdot 140 = 231840 \text{ kN}$

· Métal :

Extérieures =	$E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m = 210000 \cdot 160 \cdot 8 = 268800 \text{ kN}$
Intérieures =	$2 \cdot E_{m,mean} \cdot h_m \cdot t_m / 2 = 2 \cdot 210000 \cdot 160 \cdot 8 / 2 = 268800 \text{ kN}$

$$\text{Écart de rigidité extérieures } ((\text{Métal,ext-Bois,ext})/\text{Métal,ext}) = -72,5 \%$$

$$\text{Écart de rigidité intérieures } ((\text{Métal,int-Bois,int})/\text{Métal,int}) = 13,75 \%$$

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9. Récapitulatif des résultats

1.9.1. Bois EC5 CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique} = 909,26 \text{ kN}$	909 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage} = 618,94 \text{ kN}$	619 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_k, \text{ass} = 406,11 \text{ kN}$	406 kN
Traction nette $F_v, R_k, \text{ass}, \text{traction} = 903,17 \text{ kN}$	903 kN

1.9.2. Bois DRAFT CARACTERISTIQUE

Cisaillement plastique $F_v, R_k, \text{ass}, \text{plastique}, D = 972,21 \text{ kN}$	972 kN
Fendage $F_v, R_k, \text{ass}, \text{fendage}, D = 451,62 \text{ kN}$	452 kN
Rupture de bloc (sans risque de fendage) $F_{bs}, R_k, \text{ass} = 504,18 \text{ kN}$	504 kN

1.9.3. Bois DRAFT EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique}, D = 1228,8 \text{ kN}$	1229 kN
------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------

1.9.4. Bois EC5 EXPERIMENTALE

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{plastique} = 1224,71 \text{ kN}$	1225 kN
Fendage $F_v, R_{\text{exp}}, \text{ass}, \text{fendage}, = 839,62 \text{ kN}$	840 kN

1.9.5. Bois EC5 MOYEN

Cisaillement plastique $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{plastique} = 940,43 \text{ kN}$	940 kN
Fendage $F_v, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{fendage} = 644,73 \text{ kN}$	645 kN
Rupture de bloc $F_{bs}, R_{\text{mean}}, \text{ass} = 538,61 \text{ kN}$	539 kN
Traction nette $F_t, D, R_{\text{mean}}, \text{ass}, \text{traction} = 1197,84 \text{ kN}$	1198 kN

1.9.6. Bois EC5 MOYEN majoré

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

Cisaillement plastique majoré $F_v, R_{major, ass, plastique} = 1128,51 \text{ kN}$	1129 kN
Rupture de bloc majorée $F_{bs}, R_{major, ass} = 646,33 \text{ kN}$	646 kN
Traction nette majorée $F_t, D, R_{major, ass, traction} = 1437,4 \text{ kN}$	1437 kN

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en file

1.9.7. Renforcement

· Vis de frettage :

2 vis de frettage dans chaque éléments bois par colonne d'organes par plan.

$$R_{renf,k} = \min(\max(R_{ax}, 90^{\circ}, k; R_{head}, k) R_{tens}, k) \geq F_t, 90, E_k / n_{vis}$$

$$R_{renf,k} = \min(\max(5,03; 1,93); 24,1) = 5,03 \text{ kN} > 4,29 \text{ kN}$$

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité, de part et d'autre de l'assemblage (chevauchement) pour la fermeture en valeurs caractéristique.

$$R_{ax,ferm,k} = \min(F_t, R_k; F_{ax}, R_k) \cdot n_{vis} > F_v, R_k, H$$

$$R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 14,67) \cdot 1 > 3,35 \text{ kN}$$

1.9.8. Métal

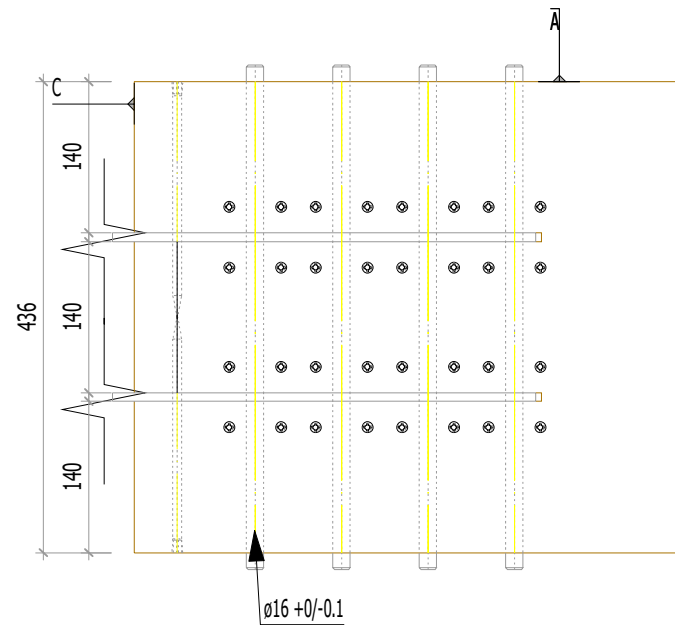
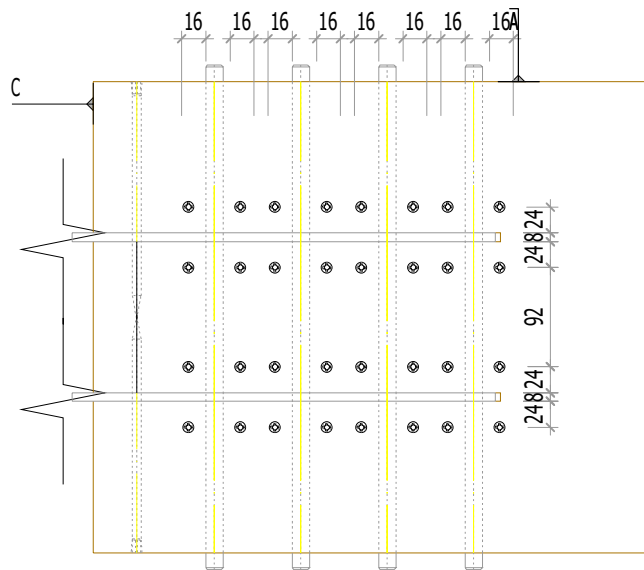
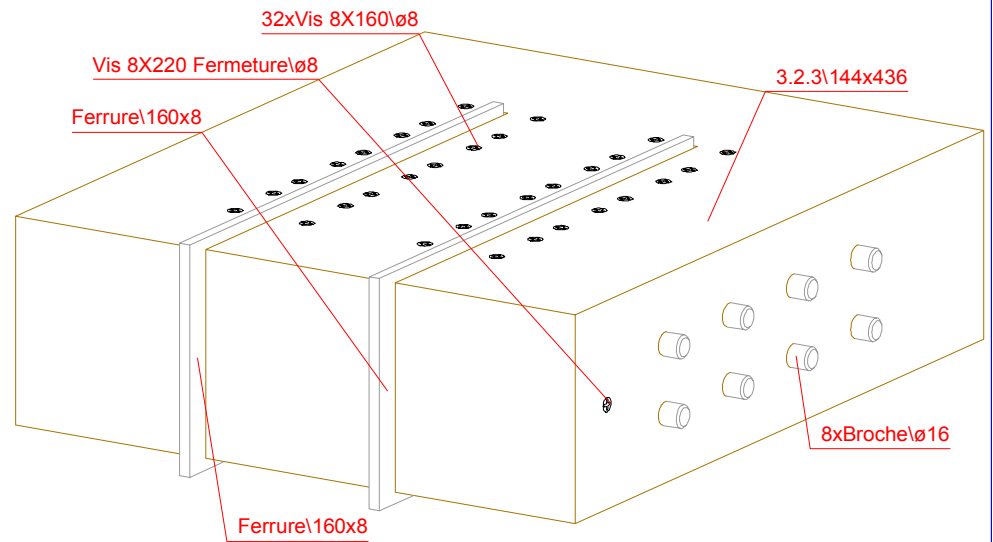
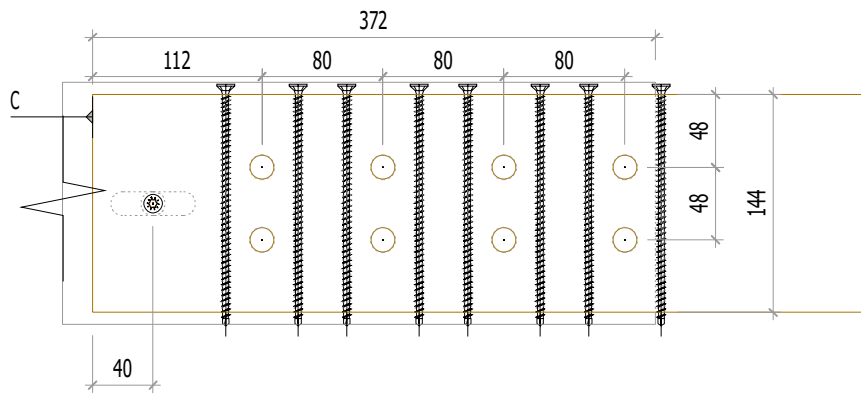
Pression diamétrale

$$N_{b,Rk,ass} = n_{bloc,m} \cdot n_{kl} \cdot \alpha \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 2 \cdot 8 \cdot 2,35 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 1042,94 \text{ kN} \quad 1043 \text{ kN}$$

Section nette

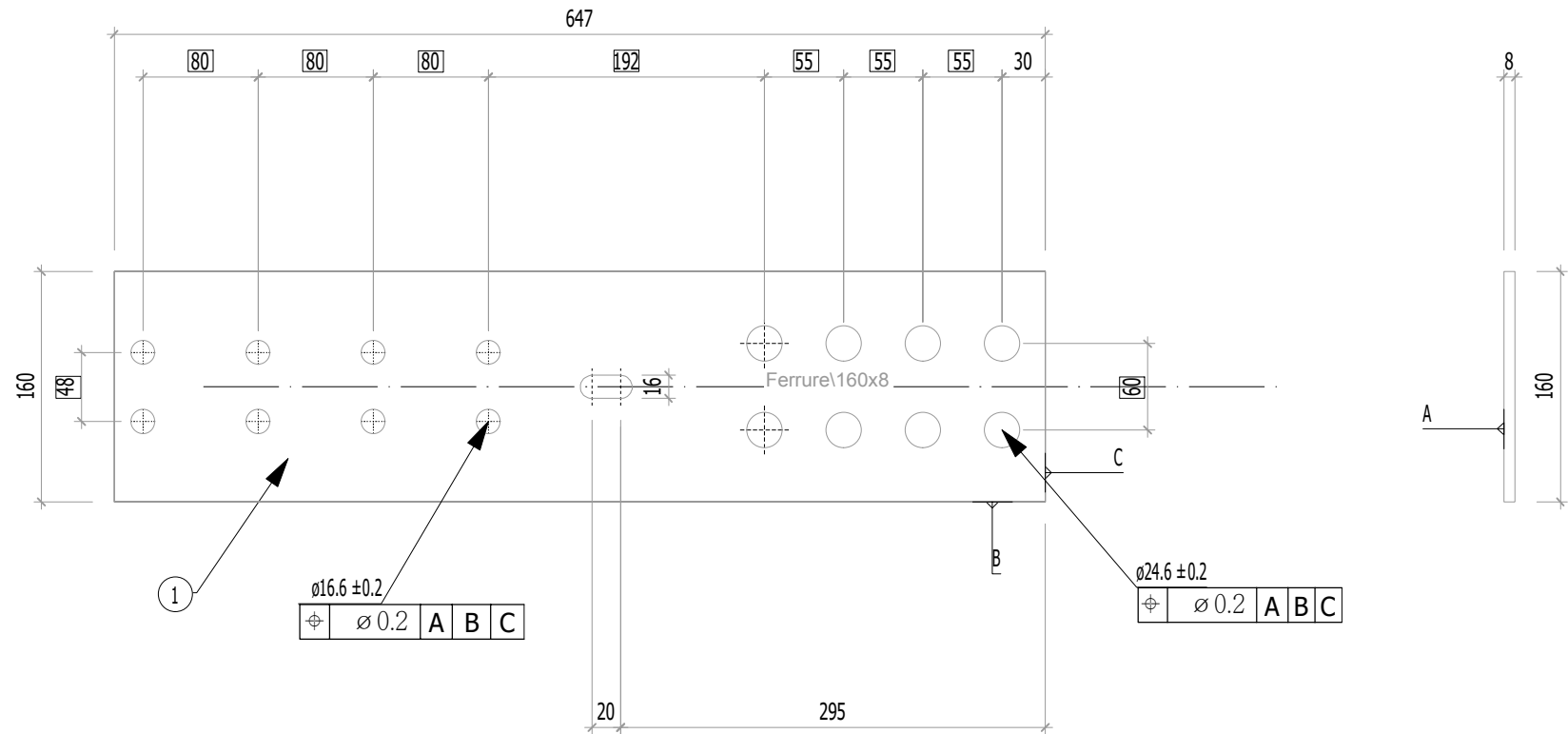
$$N_{u,Rk,ass} = n_{bloc,m} \cdot 0,9 \cdot A_{nt,m} \cdot f_{u,k,m} = 2 \cdot 0,9 \cdot 1014 \cdot 540 = 986 \text{ kN} \quad 986 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = n_{bloc,m} \cdot A_m \cdot f_{y,k,m} = 2 \cdot 160 \cdot 8 \cdot 460 = 1177,6 \text{ kN} \quad 1178 \text{ kN}$$



3.2.3

Nom du fichier 3d: Plans_Essais_V8



1		20	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.1035199 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent		Ciser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	X ^{+0,5} _{-0,5}	Ra12,5 <small>indicateurs comparés</small>
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Dessinateur: ALBERT LEO
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			6.501 kg	Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F3.2.3

1. Assemblage CLT en double cisaillement avec plaque métallique centrale sollicité en traction 2x4

1.1. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes :	Broches
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques
Renforcement de l'assemblage	Pas de renforcement d'assemblage, les plis croisés empêchent la traction transversale.
Section CLT :	50 X 108 mm => (15/20/15)
Section métal :	8 X 70 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète.

1.2. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur moyenne. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est : mode (f) => soit le mode I suivant les calculs de l'EC5.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

- Diamètre des organes: $d = 12 \text{ mm}$ tolérance (h7)
- Classe des broches: 8.8
 - Résistance en traction des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900 \text{ Mpa}$ (données fournisseurs : VIAL FRERES)
 - Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Limite d'élasticité des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720 \text{ Mpa}$ (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)
 - Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0.3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot 2.6 = 0.3 \cdot 900 \cdot 12^2 \cdot 2.6 = 172677 \text{ N.mm}$
 - Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0.3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot 2.6 = 0.3 \cdot 947 \cdot 12^2 \cdot 2.6 = 181613 \text{ N.mm}$

1.3.2. Bois

- * Classe de résistance: (KLH) C24
- * Masse volumique: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61 \text{ kg/m}^3$ (COV = 0,15)
- * Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500 \text{ Mpa}$
- * Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46 \text{ MPa}$ (COV = 0,15)
- * Résistance en cisaillement: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64 \text{ Mpa}$ (COV = 0,15)
- * Portance locale: (EC5)
 - Valeurs caractéristiques:
 - Parallèle au fil: $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,k} = f_{h,e1,k} = f_{h,e3,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k$
 - $f_{h,0,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 12) \cdot 385 = 27,78 \text{ Mpa}$
 - Perpendiculaire au fil: $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$
 - $f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,k} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 12) \cdot 385) / (1,53 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 18,16 \text{ Mpa}$
 - Valeurs moyennes:
 - Parallèle au fil: $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,mean} = f_{h,e1,mean} = f_{h,e3,mean} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}$
 - $f_{h,0,mean} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 12) \cdot 510,61 = 36,85 \text{ Mpa}$
 - Perpendiculaire au fil: $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$
 - $f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,mean} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 12) \cdot 510,61) / (1,53 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 24,08 \text{ Mpa}$

* Portance locale : (Blass)

Valeurs caractéristiques :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,k} = f_{h,e1,k} = f_{h,e3,k} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_k^{(1,16)}$$

$$f_{h,0,k} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 385^{(1,16)} = 28,64 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_k^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,k} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 385^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 26,04 \text{ Mpa}$$

Valeurs moyennes :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,mean} = f_{h,e1,mean} = f_{h,e3,mean} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{(1,16)}$$

$$f_{h,0,mean} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 510,61^{(1,16)} = 39,74 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,mean} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 510,61^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 36,13 \text{ Mpa}$$

1.3.3. Métal

- Nuance d'acier: S460
- Module d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé « N » $f_u = \text{Mpa}$

1.4. Vérification du mode de rupture en valeurs MOYENNE

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois : $hb = 108 \text{ mm}$
- Épaisseur des éléments bois : $e1 = 15 \text{ mm} \Rightarrow 0^\circ$
 $e2 = 6 \text{ mm} \Rightarrow 90^\circ$
 $e_t = 21 \text{ mm} \Rightarrow \text{par plan}$

$$e_i = \sum_{i=1}^n e_i$$

1.4.2. Calcul de l'effort MOYEN plastique d'une tige (EC5)

1.4.2.1 EC5

$$\beta = \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} = \frac{f_{h,90}}{f_{h,0}}$$

$$mode(f) = d \cdot (e_1 \cdot f_{h,e_1} + e_2 \cdot f_{h,e_2})$$

$$mode(g_1) = f_{h,e_1} d \left(e_t \left(\sqrt{\frac{4M_{y,Rmean}}{df_{h,e_1} e_t^2} + \frac{2e_2^2}{e_t^2} \left(1 - \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} \right) + 2 - 1} \right) + e_2 \left(\frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} - 1 \right) \right)$$

$$mode(g_2) = f_{h,e_1} e_1 d \left[\frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1} e_1} \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rmean}}{f_{h,e_2} d} + \frac{f_{h,e_1}}{f_{h,e_2}} e_1 \left(\frac{e_1}{2} + e_2 \right) + \frac{e_2^2}{2} - e_2} \right) - 1 \right]$$

$$mode(h_1) = \sqrt{4M_{y,Rmean} f_{h,e_1} d + f_{h,e_1}^2 d^2 e_2^2 (1 - \beta)} + f_{h,e_1} d e_2 (\beta - 1)$$

$$mode(h_2) = f_{h,e_2} d \sqrt{\frac{4M_{y,Rmean}}{f_{h,e_2} d}}$$

- Formules calculées à partir de l'analyse limite, aucun coefficient statistique n'est inclus.

$$F_{v,Rmean} = \min \begin{array}{l} 8366,12 \text{ N} \quad mode(f) \\ 12123,04 \text{ N} \quad mode(g1) \\ 9506,85 \text{ N} \quad mode(g2) \\ 17070,91 \text{ N} \quad mode(h1) \\ 14489,08 \text{ N} \quad mode(h2) \end{array} \rightarrow 8366,12 \text{ N} \quad mode(f)$$

- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{v,Rmean}; X \cdot F_{v,Rmean})$

Pour des broches, $X = 0$

1.4.2.2 BLASS

- Les formules utilisées sont les mêmes qu'au 1.4.2.1, seuls les valeurs de portances changent.

$$F_{v,Rmean} = \min \begin{array}{l} 9755,21 \text{ N} \quad mode(f) \\ 13145,93 \text{ N} \quad mode(g1) \\ 12515,55 \text{ N} \quad mode(g2) \\ 18373,27 \text{ N} \quad mode(h1) \\ 17747,21 \text{ N} \quad mode(h2) \end{array} \rightarrow 9755,21 \text{ N} \quad mode(f)$$

- Contribution de l'effet de corde:

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en files

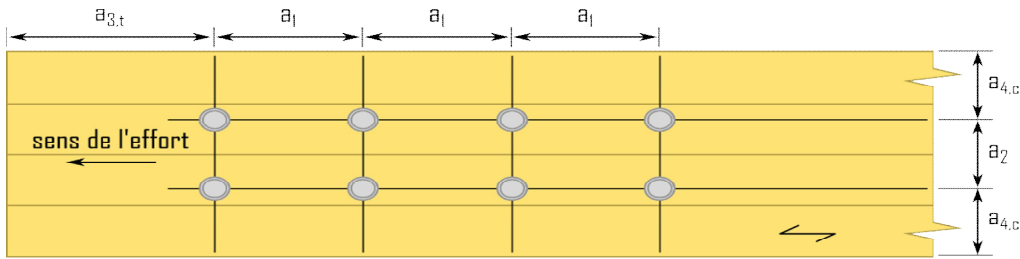
Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax}, R_{mean}; X \cdot F_v, R_{mean})$

Pour des broches, $X = 0$

1.5. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs MOYENNES partie bois

1.5.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

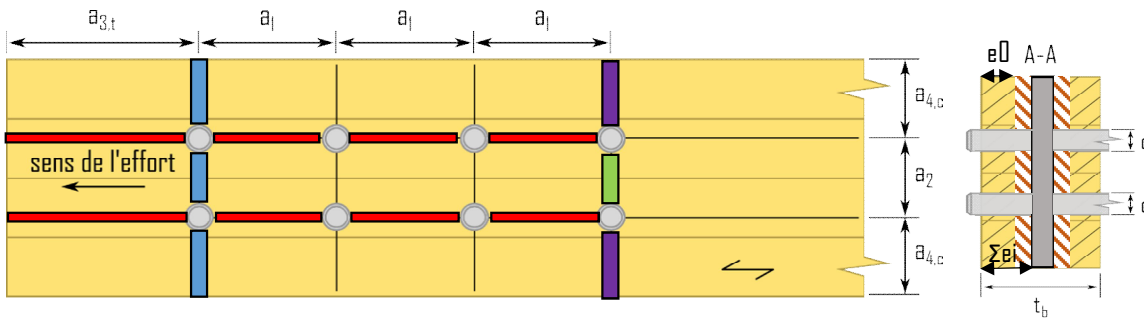
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a3,t = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 12; 80 \text{ mm}) = 84 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a4,c = 3d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

1.5.2. Calculs des sections nettes



$$\text{Anet,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot \sum e0 = (108 - 2 \cdot 12) \cdot 15 \cdot 2 = 2520 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} L_{\text{net,v}} &= 2 \cdot a3 + 2 \cdot (nc - 1) \cdot (a1 - d) - d = 2 \cdot 84 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (60 - 12) - 12 = 444 \text{ mm} \\ \text{Anet,v} &= L_{\text{net,v}} \cdot \sum ei = 444 \cdot (15 + 6) \cdot 2 = 18648 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{net,t,int}} &= (nr - 1) \cdot (a2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm} \\ \text{Anet,t,int} &= L_{\text{net,t,int}} \cdot \sum e0 = 24 \cdot (15) \cdot 2 = 720 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{net,t,ext}} &= hb - d - (nr - 1) \cdot a2 = 108 - 12 - (2 - 1) \cdot 36 = 60 \text{ mm} \\ \text{Anet,t,ext} &= L_{\text{net,t,ext}} \cdot \sum e0 = 60 \cdot (15) \cdot 2 = 1800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

1.5.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" correspond globalement à la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction ramène ce coefficient à "1,25", néanmoins ce coefficient est à l'étude.

$$F_{\text{bsn,R,mean,ass}} = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot \text{Anet,t,ext} \cdot f_{t,0,\text{mean}} \\ 0,7 \cdot \text{Anet,v} \cdot f_{v,\text{mean}} \end{array} \right. \\ \left. 1,25 \cdot \text{Anet,t,int} \cdot f_{t,0,\text{mean}} \right] \end{array} \right] = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot 1800 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 18648 \cdot 4,64 \end{array} \right. \\ \left. 1,25 \cdot 720 \cdot 25,46 \right] \end{array} \right] = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 57294 \\ 60594 \end{array} \right. \\ \left. 22918 \right] \end{array} \right]$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 57,294 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

1.5.4. Détermination de la résistance à la traction de la section nette

$F_{v,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 2520 \cdot 25,46 = 64,17 \text{ kN}$

1.5.5. Raideur estimée de l'assemblage

1.5.5.1 Eurocode 5

$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 12 / 23 = 4490,84 \text{ N/mm}$

$K_{ser,ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 4490,84 = 143706,8 \text{ N/mm}$

1.5.6 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.5.6.1 Hypothèse organe

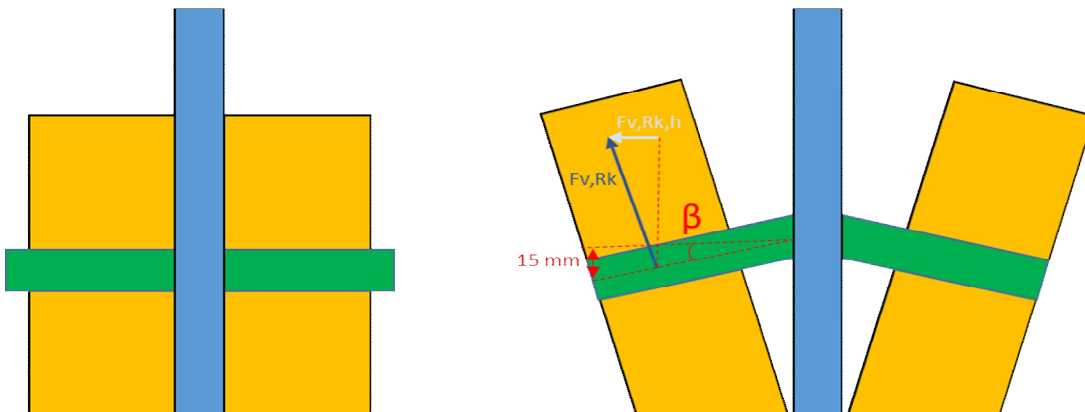
Fermeture de l'assemblage par une vis traversante

ESCRFTC8.0x140 => Fournisseur : Simpson

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 140 \text{ mm}$
$l_g = 140 \text{ mm}$
$d = 8 \text{ mm}$
$d_l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.6.2 Détermination de la capacité de l'organe



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, non présentée dans cette NDC), la déformation de l'assemblage sera donc limité à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 43,2 kN, et K la raideur total de l'assemblage.

La broche se plie avec un angle de $\beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{broche}/2)) = \text{Arctan}(((43,2/143,7)/(50/2))) = 0,67^\circ$

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage :

Effort maximum que peut transmettre une broche : $F_v, R_k = 6,3 \text{ kN}$
 Effort horizontale qui ouvre l'assemblage : $F_v, R_k, h = \sin(\beta) \cdot F_v, R_k = \sin(0,67) \cdot 6308,06 = 73,68 \text{ N}$
 Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_v, R_k, H = n \cdot F_v, R_k, h = 8 \cdot 73,68 = 589,45 \text{ N}$

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique de résistance

· Résistance de la vis :
 Aire nette de la vis : $A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$
 Traction de la vis : $F_t, R_k = f_{tens} = 24100 \text{ N}$
 Cisaillement dans le bois : $F_{ax}, R_k = f_{ax}, 90, k \cdot d \cdot e_t = 13,1 \cdot 8 \cdot 21 = 2200,8 \text{ N}$

1.5.6.3 Vérification capacité des vis

$R_{ax, ferm, k} = \min(F_t, R_k; F_{ax}, R_k) \cdot n_{vis} > F_v, R_k, H$
 $R_{ax, ferm, k} = \min(24,1; 2,2) \cdot 1 > 0,59 \text{ kN}$

Il faut donc disposer de 1 vis référence : ESCRFTC8.0x140 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.5.7. Synthèse du dimensionnement partie bois en valeurs moyennes

1.5.7.1 Valeurs moyennes

Plastique
 $F_v, R_{mean, ass, plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_v, R_{mean} = 2 \cdot 8 \cdot 8366,12 = 133,9 \text{ kN}$

Rupture de bloc
 $F_{bs}, R_{mean, ass} = 57,3 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

Traction nette
 $F_v, R_{mean, ass, traction} = A_{net, b-ft, D, mean} = 1260 \cdot 25,46 = 64,2 \text{ kN}$

1.5.7.2 Valeurs majorées

Une majoration de 1,2 est multipliée aux valeurs moyennes de dimensionnement des parties bois, afin de privilégier au maximum une rupture dans le bois, et non dans l'acier

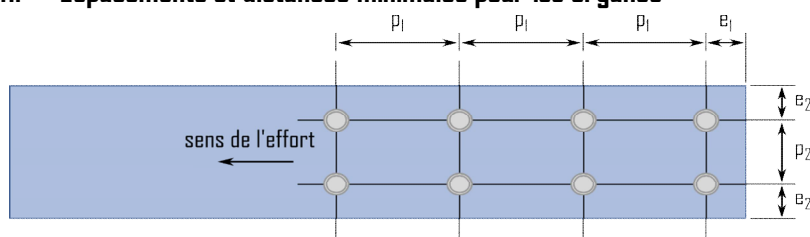
Plastique majorée
 $F_v, R_{major, ass, plastique} = F_v, R_{mean, ass, plastique} \cdot 1,2 = 133857,98 \cdot 1,2 = 160,6 \text{ kN}$

Rupture de bloc majorée
 $F_{bs}, R_{major, ass} = F_{bs}, R_{mean, ass} \cdot 1,2 = 57294,43 \cdot 1,2 = 68,8 \text{ kN}$

Traction nette majorée
 $F_v, R_{major, ass, traction} = F_v, R_{mean, ass, traction} \cdot 1,2 = 1,2 \cdot 64169,76 = 77 \text{ kN}$

1.6. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage:

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique:

$$d_0 = d + j = 12 + 0,6 = 12,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale:

$$\text{Critère } (2,2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 60 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2,4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 36 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 20 \text{ mm}$$

· Pince transversale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 17 \text{ mm}$$

1.6.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique: $h_m = 70 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique: $t_m = 8 \text{ mm}$

1.6.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

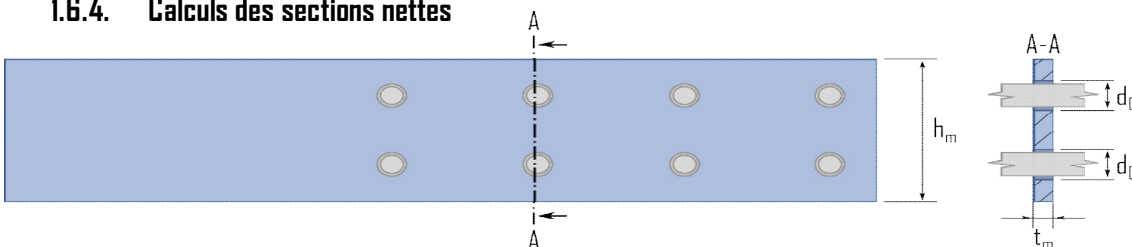
$$k_1 = \min(2,8 \cdot 17 / 12,6 - 1,7; 1,4 \cdot 36 / 12,6 - 1,7; 2,5) = 2,08$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

$$\alpha_b = \min(20 / (3 \cdot 12,6); 60 / (3 \cdot 12,6) - 0,25; 900 / 540; 1) = 0,53$$

$$N_b, Rk, ass = n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,08 \cdot 0,53 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 455,9 \text{ kN}$$

1.6.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (70 - 2 \cdot 12,6) \cdot 8 = 358,4 \text{ mm}^2$$

Aire par tôle cisailée

$$A_{net,m,ass} = A_{net,m} \cdot n_{plaque} = 358,4 \cdot 1 = 358,4 \text{ mm}^2$$

1.6.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_u, Rk, ass = 0,9 \cdot A_{net,m,ass} \cdot f_{u,k,m} = 0,9 \cdot 358 \cdot 540 = 174,2 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 70 \cdot 8 \cdot 460 = 257,6 \text{ kN}$$

1.7. Indication de la rigidité des éléments

* Bois : $E_{D,mean-hb-et-nplan} = 11500 \cdot 108 \cdot 21 \cdot 2 = 52164 \text{ kN}$

* Métal : $E_{m,mean-hm-tm} = 210000 \cdot 70 \cdot 8 = 117600 \text{ kN}$

Écart de rigidité ((Métal-Bois)/Métal) = 56 %

1.8. Récapitulatif des résultats

1.8.1. Bois majoré

Plastique majorée

$$F_v, R_{\text{major, ass, plastique}} = F_v, R_{\text{mean, ass, plastique}} \cdot 1,2 = 133857,98 \cdot 1,2 = 160,6 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

$$F_{bs}, R_{\text{major, ass}} = F_{bs}, R_{\text{mean, ass}} \cdot 1,2 = 57294,43 \cdot 1,2 = 68,8 \text{ kN}$$

68,75 kN

Traction nette majorée

$$F_v, R_{\text{major, ass, traction}} = F_v, R_{\text{mean, ass, traction}} \cdot 1,2 = 1,2 \cdot 64169,76 = 77 \text{ kN}$$

1.8.2. Renforcement

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques

$$R_{ax, \text{ ferm, k}} = \min(F_t, R_k; F_{ax}, R_k) \cdot n_{\text{vis}} > F_v, R_k, H$$

$$R_{ax, \text{ ferm, k}} = \min(24, 1,2, 2) \cdot 1 > 0,59 \text{ kN}$$

1.8.3. Métal

Pression diamétrale

$$N_b, R_k, \text{ ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u, k, m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,08 \cdot 0,53 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 455,9 \text{ kN}$$

Section nette

$$N_u, R_k, \text{ ass} = 0,9 \cdot A_{\text{net, m, ass}} \cdot f_u, k, m = 0,9 \cdot 358 \cdot 540 = 174,2 \text{ kN}$$

$$N_{pl}, R_k, \text{ ass} = A_m \cdot f_y, \text{ mean, m} = 70 \cdot 8 \cdot 460 = 257,6 \text{ kN}$$

1.9. Calcul de résistance avec la nouvelle version de l'EC5

Épaisseur efficace $t_{ef}(e)$

Pénétration total de l'organe

$$L_{p,i}/d = 21/12 = 1,75 < 7 \Rightarrow t_{ef}(e) = l \cdot t_l = 21 \text{ mm}$$

Longueur nette cisailé

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 60 \cdot (4 - 1) + 84 = 264 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{\text{mean}}/E_{0,\text{mean}}) = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(690/11500) = 0,74$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,l,d} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,\text{mean},d} = 0,74 \cdot 21 \cdot 264 \cdot 4,64 = 19,12 \text{ kN}$$

1.9.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files

Résistance total

$$F_{rs,d} = 2 \cdot (2 \cdot n_r \cdot F_{v,l,d}) = 2 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 19,12) = 152,95 \text{ kN}$$

1.9.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Surface de traction nette

$$L_{\text{net},t,\text{int}} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$$

$$A_{\text{net},t,\text{int}} = L_{\text{net},t,\text{int}} \cdot t_b = 24 \cdot 15 = 360 \text{ mm}^2$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,d} = A_{\text{net},t,\text{int}} \cdot f_{t,0,\text{mean}} = 360 \cdot 25,46 = 9,17 \text{ kN}$$

$$F_{bs,d} = 2 \cdot (2 \cdot F_{v,l,d} + F_{t,d}) = 2 \cdot (2 \cdot 19,12 + 9,17) = 94,81 \text{ kN}$$

1.9.3. Récapitulatif des résultats EC5 nouvelle version

Rupture de bloc par files

$$F_{rs,d} = 152,95 \text{ kN}$$

$$F_{rs,\text{major},d} = 1,2 \cdot F_{rs,d} = 1,2 \cdot 152,95 = 183,54 \text{ kN}$$

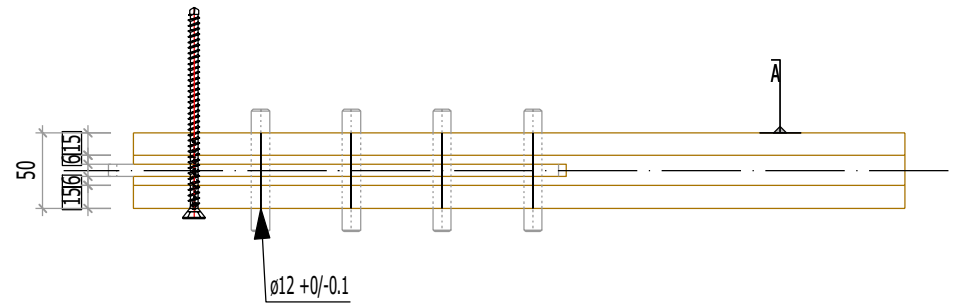
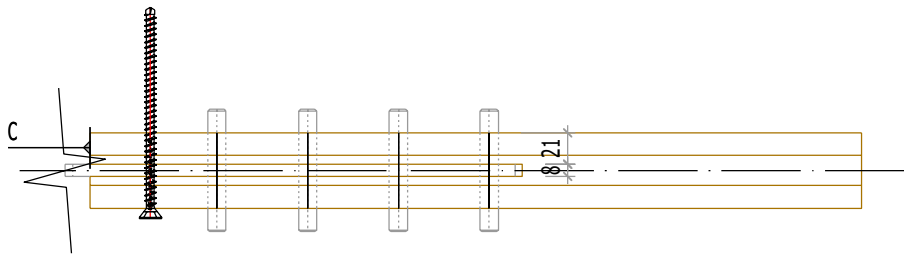
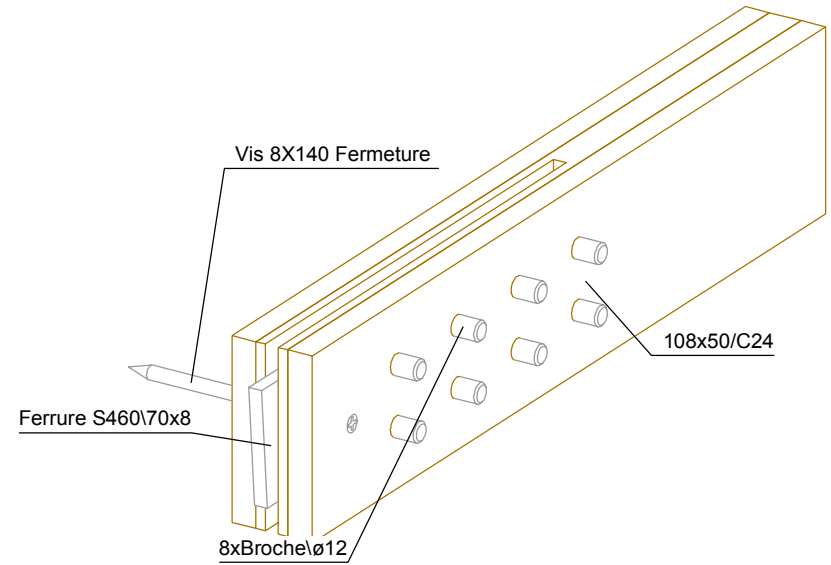
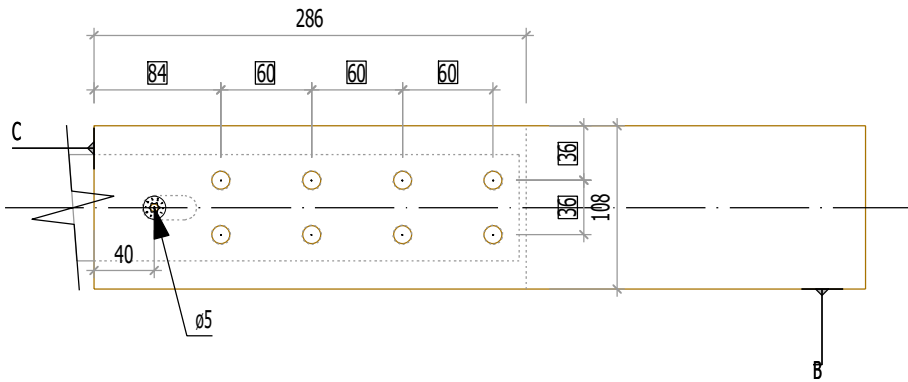
183,5 kN

Rupture de bloc

$$F_{bs,d} = 94,81 \text{ kN}$$

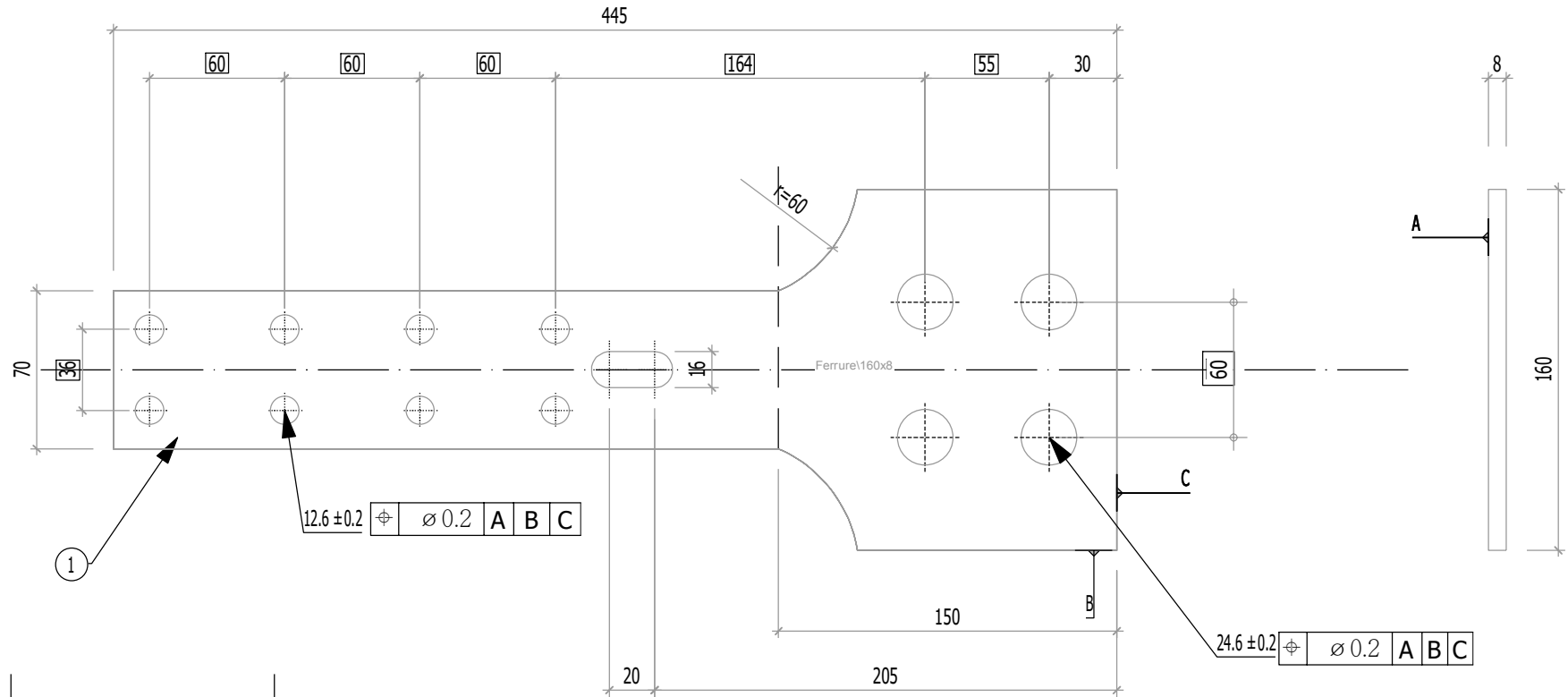
$$F_{bs,\text{major},d} = 1,2 \cdot 94,81 = 113,77 \text{ kN}$$

113,8 kN



4.1.1

Echelle:1:5



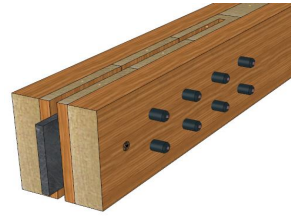
1		34	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0425205 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent			X ^{+0.5} _{-0.5}	Ra12.5 <small>indicateurs coniques</small>
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Echelle: 1: 3
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			2.670 kg	Dessinateur: ALBERT LEO Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F1.1.1/4.1.1/4.1.2

1. Assemblage CLT en double cisaillement avec plaque métallique centrale sollicité en traction 2x4

1.1. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes :	Broches
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques
Renforcement de l'assemblage	Pas de renforcement d'assemblage, les plis croisés empêchent la traction transversale.
Section CLT :	90 X 108 mm => (30/30/30)
Section métal :	8 X 70 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète.

1.2. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur moyenne. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est : mode (g2) => soit le mode 2 suivant les calculs de l'EC5.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

- Diamètre des organes: $d = 12 \text{ mm}$ tolérance (h7)
- Classe des broches: 8.8
 - Résistance en traction des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900 \text{ Mpa}$ (données fournisseurs : VIAL FRERES)
 - Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Limite d'élasticité des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720 \text{ Mpa}$ (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)
 - Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 900 \cdot 12^2 \cdot 2,6 = 172677 \text{ N.mm}$
 - Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0,3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot 2,6 = 0,3 \cdot 947 \cdot 12^2 \cdot 2,6 = 181613 \text{ N.mm}$

1.3.2. Bois

- * Classe de résistance: (KLH) C24
- * Masse volumique: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61 \text{ kg/m}^3$ (COV = 0,15)
- * Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500 \text{ Mpa}$
- * Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46 \text{ MPa}$ (COV = 0,15)
- * Résistance en cisaillement: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64 \text{ Mpa}$ (COV = 0,15)
- * Portance locale: (EC5)
 - Valeurs caractéristiques:
 - Parallèle au fil: $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,k} = f_{h,e1,k} = f_{h,e3,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$
 - $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 385 = 27,78 \text{ Mpa}$
 - Perpendiculaire au fil: $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$
 - $f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 385) / (1,53 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 18,16 \text{ Mpa}$
 - Valeurs moyennes:
 - Parallèle au fil: $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,mean} = f_{h,e1,mean} = f_{h,e3,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}$
 - $f_{h,0,mean} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 510,61 = 36,85 \text{ Mpa}$
 - Perpendiculaire au fil: $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$
 - $f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,mean} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 510,61) / (1,53 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 24,08 \text{ Mpa}$

* Portance locale : (Blass)

Valeurs caractéristiques :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,k} = f_{h,e1,k} = f_{h,e3,k} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_k^{(1,16)}$$

$$f_{h,0,k} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 385^{(1,16)} = 28,64 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_k^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,k} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 385^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 26,04 \text{ Mpa}$$

Valeurs moyennes :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,mean} = f_{h,e1,mean} = f_{h,e3,mean} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{(1,16)}$$

$$f_{h,0,mean} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 510,61^{(1,16)} = 39,74 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,mean} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 510,61^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 36,13 \text{ Mpa}$$

1.3.3. Métal

- Nuance d'acier: S460
- Module d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé « N » $f_u = \text{Mpa}$

1.4. Vérification du mode de rupture en valeurs MOYENNE

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois : $hb = 108 \text{ mm}$
- Épaisseur des éléments bois : $e1 = 30 \text{ mm} \Rightarrow 0^\circ$
 $e2 = 11 \text{ mm} \Rightarrow 90^\circ$
 $e_t = 41 \text{ mm} \Rightarrow \text{par plan}$

$$e_i = \sum_{i=1}^n e_i$$

1.4.2. Calcul de l'effort MOYEN plastique d'une tige (EC5)

1.4.2.1 ECS

$$\beta = \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} = \frac{f_{h,90}}{f_{h,0}}$$

$$mode(f) = d \cdot (e_1 \cdot f_{h,e_1} + e_2 \cdot f_{h,e_2})$$

$$mode(g_1) = f_{h,e_1} d \left(e_t \left(\sqrt{\frac{4M_{y,Rmean}}{df_{h,e_1} e_t^2} + \frac{2e_2^2}{e_t^2} \left(1 - \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} \right) + 2 - 1} \right) + e_2 \left(\frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} - 1 \right) \right)$$

$$mode(g_2) = f_{h,e_1} e_1 d \left[\frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1} e_1} \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rmean}}{f_{h,e_2} d} + \frac{f_{h,e_1}}{f_{h,e_2}} e_1 \left(\frac{e_1}{2} + e_2 \right) + \frac{e_2^2}{2} - e_2} \right) - 1 \right]$$

$$mode(h_1) = \sqrt{4M_{y,Rmean} f_{h,e_1} d + f_{h,e_1}^2 d^2 e_2^2 (1 - \beta)} + f_{h,e_1} d e_2 (\beta - 1)$$

$$mode(h_2) = f_{h,e_2} d \sqrt{\frac{4M_{y,Rmean}}{f_{h,e_2} d}}$$

- Formules calculées à partir de l'analyse limite, aucun coefficient statistique n'est inclus.

$$F_{v,Rmean} = \min \begin{cases} 16443,26 \text{ N} & mode(f) \\ 11728,23 \text{ N} & mode(g1) \\ 8632,6 \text{ N} & mode(g2) \\ 16464,38 \text{ N} & mode(h1) \\ 14489,08 \text{ N} & mode(h2) \end{cases} \rightarrow 8632,6 \text{ N} \quad mode(g2)$$

- Contribution de l'effet de corde:

Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{v,Rmean}; X \cdot F_{v,Rmean})$

Pour des broches, $X = 0$

1.4.2.2 BLASS

- Les formules utilisées sont les mêmes qu'au 1.4.2.1, seuls les valeurs de portances changent.

$$F_{v,Rmean} = \min \begin{cases} 19076,86 \text{ N} & mode(f) \\ 13378,34 \text{ N} & mode(g1) \\ 12634,28 \text{ N} & mode(g2) \\ 18203,59 \text{ N} & mode(h1) \\ 17747,21 \text{ N} & mode(h2) \end{cases} \rightarrow 12634,28 \text{ N} \quad mode(g2)$$

- Contribution de l'effet de corde:

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en files

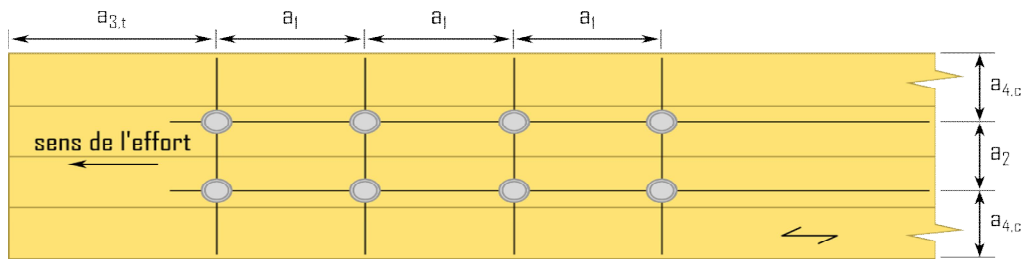
Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax}, R_{mean}; X \cdot F_v, R_{mean})$

Pour des broches, $X = 0$

1.5. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs MOYENNES partie bois

1.5.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

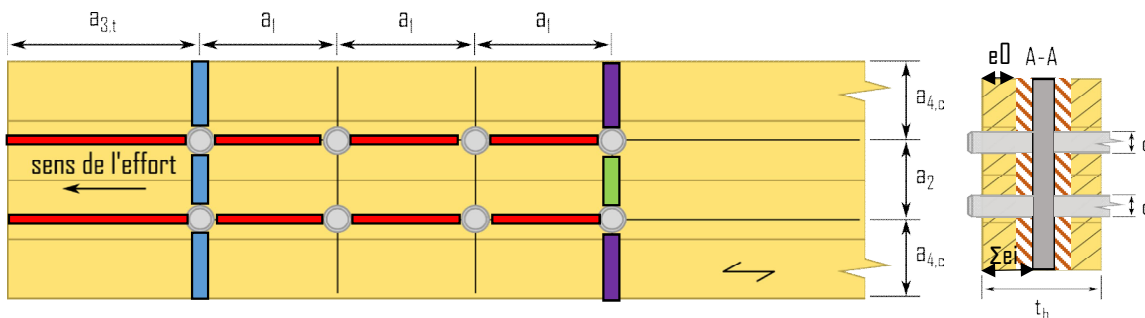
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a3,t = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 12; 80 \text{ mm}) = 84 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a4,c = 3d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

1.5.2. Calculs des sections nettes



$$\text{Anet,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot \sum e0 = (108 - 2 \cdot 12) \cdot 30 \cdot 2 = 5040 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Lnet,v} &= 2 \cdot a3 + 2 \cdot (nc - 1) \cdot (a1 - d) - d = 2 \cdot 84 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (60 - 12) - 12 = 444 \text{ mm} \\ \text{Anet,v} &= \text{Lnet,v} \cdot \sum ei = 444 \cdot (30 + 11) \cdot 2 = 36408 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lnet,t,int} &= (nr - 1) \cdot (a2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm} \\ \text{Anet,t,int} &= \text{Lnet,t,int} \cdot \sum e0 = 24 \cdot (30) \cdot 2 = 1440 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lnet,t,ext} &= hb - d - (nr - 1) \cdot a2 = 108 - 12 - (2 - 1) \cdot 36 = 60 \text{ mm} \\ \text{Anet,t,ext} &= \text{Lnet,t,ext} \cdot \sum e0 = 60 \cdot (30) \cdot 2 = 3600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

1.5.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" correspond globalement à la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction ramène ce coefficient à "1,25", néanmoins ce coefficient est à l'étude.

$$F_{bsn,R,mean,ass} = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot \text{Anet,t,ext} \cdot ft_{0,mean} \\ 0,7 \cdot \text{Anet,v} \cdot fv_{,mean} \end{array} \right] \\ 1,25 \cdot \text{Anet,t,int} \cdot ft_{0,mean} \end{array} \right] = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot 3600 \cdot 25,4E \\ 0,7 \cdot 36408 \cdot 4,64 \end{array} \right] \\ 1,25 \cdot 1440 \cdot 25,4E \end{array} \right] = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 114589 \\ 118302 \end{array} \right] \\ 45836 \end{array} \right]$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 114,589 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

1.5.4. Détermination de la résistance à la traction de la section nette

$F_{v,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 5040 \cdot 25,46 = 128,34 \text{ kN}$

1.5.5. Raideur estimée de l'assemblage

1.5.5.1 Eurocode 5

$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 12 / 23 = 4490,84 \text{ N/mm}$

$K_{ser,ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 4490,84 = 143706,8 \text{ N/mm}$

1.5.6 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.5.6.1 Hypothèse organe

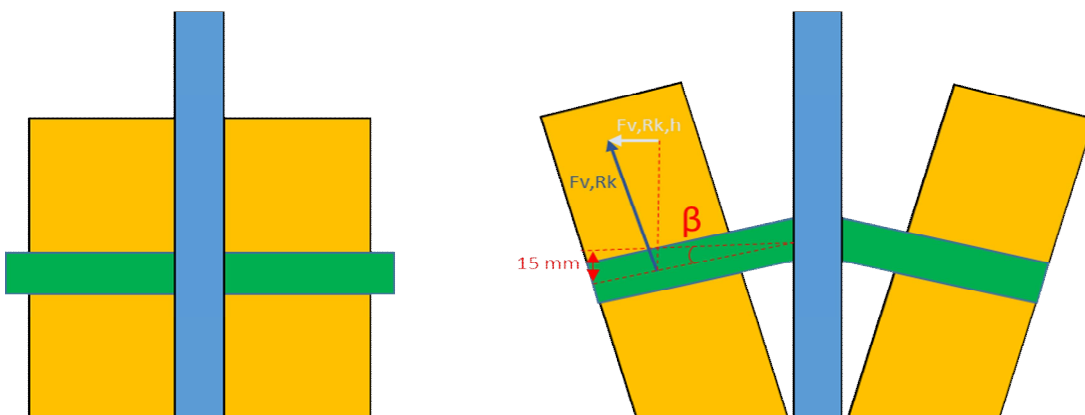
Fermeture de l'assemblage par une vis traversante

ESCRFTC8.0x140 => Fournisseur : Simpson

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 140 \text{ mm}$
$l_g = 140 \text{ mm}$
$d = 8 \text{ mm}$
$d_l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.6.2 Détermination de la capacité de l'organe



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, non présentée dans cette NDC), la déformation de l'assemblage sera donc limité à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 86,4 kN, et K la raideur total de l'assemblage.

La broche se plie avec un angle de $\beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{broche}/2)) = \text{Arctan}((86,4/143,7)/(90/2)) = 0,69^\circ$

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage :

Effort maximum que peut transmettre une broche : $F_{v,Rk} = 7,3 \text{ kN}$
 Effort horizontale qui ouvre l'assemblage : $F_{v,Rk,h} = \sin(\beta) \cdot F_{v,Rk} = \sin(0,69) \cdot 7315,57 = 88 \text{ N}$
 Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_{v,Rk,H} = n \cdot F_{v,Rk,h} = 8 \cdot 88 = 703,99 \text{ N}$

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique de résistance

· Résistance de la vis :
 Aire nette de la vis : $A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$
 Traction de la vis : $F_{t,Rk} = f_{tens} = 24100 \text{ N}$
 Cisaillement dans le bois : $F_{ax,Rk} = f_{ax,90,k} \cdot d \cdot e_t = 13,1 \cdot 8 \cdot 41 = 4296,8 \text{ N}$

1.5.6.3 Vérification capacité des vis

$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$
 $R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 4,3) \cdot 1 > 0,7 \text{ kN}$

Il faut donc disposer de 1 vis référence : ESCRFTC8.0x40 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.5.7. Synthèse du dimensionnement partie bois en valeurs moyennes

1.5.7.1 Valeurs moyennes

Plastique
 $F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 8632,6 = 138,1 \text{ kN}$

Rupture de bloc
 $F_{bs,Rmean,ass} = 114,6 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

Traction nette
 $F_{v,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,D,mean} = 2520 \cdot 25,46 = 128,3 \text{ kN}$

1.5.7.2 Valeurs majorées

Une majoration de 1,2 est multipliée aux valeurs moyennes de dimensionnement des parties bois, afin de privilégier au maximum une rupture dans le bois, et non dans l'acier

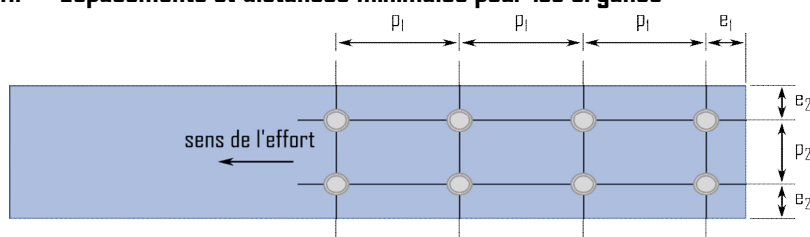
Plastique majorée
 $F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 138121,53 \cdot 1,2 = 165,7 \text{ kN}$

Rupture de bloc majorée
 $F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 114588,86 \cdot 1,2 = 137,5 \text{ kN}$

Traction nette majorée
 $F_{v,Rmajor,ass,traction} = F_{v,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 1,2 \cdot 128339,52 = 154 \text{ kN}$

1.6. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage:

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique:

$$d_0 = d + j = 12 + 0,6 = 12,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale:

$$\text{Critère } (2,2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 60 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2,4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 36 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 20 \text{ mm}$$

· Pince transversale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 17 \text{ mm}$$

1.6.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique: $h_m = 70 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique: $t_m = 8 \text{ mm}$

1.6.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

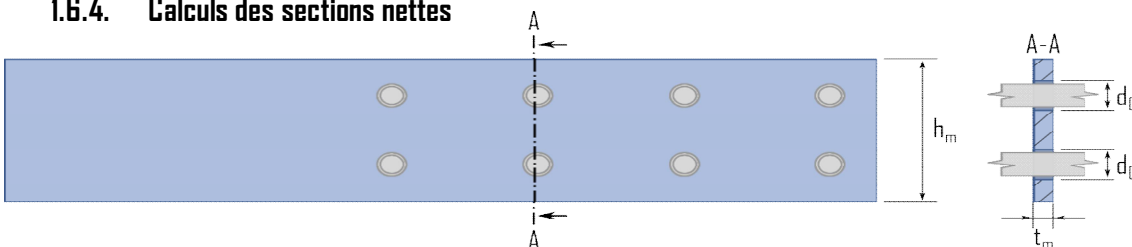
$$k_1 = \min(2,8 \cdot 17 / 12,6 - 1,7; 1,4 \cdot 36 / 12,6 - 1,7; 2,5) = 2,08$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

$$\alpha_b = \min(20 / (3 \cdot 12,6); 60 / (3 \cdot 12,6) - 0,25; 900 / 540; 1) = 0,53$$

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,08 \cdot 0,53 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 455,9 \text{ kN}$$

1.6.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (70 - 2 \cdot 12,6) \cdot 8 = 358,4 \text{ mm}^2$$

Aire par tôle cisailée

$$A_{net,m,ass} = A_{net,m} \cdot n_{plaque} = 358,4 \cdot 1 = 358,4 \text{ mm}^2$$

1.6.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{net,m,ass} \cdot f_{u,k,m} = 0,9 \cdot 358 \cdot 540 = 174,2 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 70 \cdot 8 \cdot 460 = 257,6 \text{ kN}$$

1.7. Indication de la rigidité des éléments

* Bois : $E_{D,mean-hb-et-nplan} = 11500 \cdot 108 \cdot 41,2 = 101844 \text{ kN}$

* Métal : $E_{m,mean-hm-tm} = 210000 \cdot 70 \cdot 8 = 117600 \text{ kN}$

Écart de rigidité ((Métal-Bois)/Métal) = 13 %

1.8. Récapitulatif des résultats

1.8.1. Bois majoré

Plastique majorée

$$F_v, R_{\text{major, ass, plastique}} = F_v, R_{\text{mean, ass, plastique}} \cdot 1,2 = 138121,53 \cdot 1,2 = 165,7 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

$$F_{\text{bs}}, R_{\text{major, ass}} = F_{\text{bs}}, R_{\text{mean, ass}} \cdot 1,2 = 114588,86 \cdot 1,2 = 137,5 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_v, R_{\text{major, ass, traction}} = F_v, R_{\text{mean, ass, traction}} \cdot 1,2 = 12128339,52 = 154 \text{ kN}$$

1.8.2. Renforcement

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques

$$R_{\text{ax, ferm, k}} = \min(F_t, R_k; F_{\text{ax}}, R_k) \cdot n_{\text{vis}} > F_v, R_k, H$$

$$R_{\text{ax, ferm, k}} = \min(24, 1; 4, 3) \cdot 1 > 0,7 \text{ kN}$$

1.8.3. Métal

Pression diamétrale

$$N_b, R_k, \text{ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u, k, m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,08 \cdot 0,53 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 455,9 \text{ kN}$$

Section nette

$$N_u, R_k, \text{ass} = 0,9 \cdot A_{\text{net, m, ass}} \cdot f_u, k, m = 0,9 \cdot 358 \cdot 540 = 174,2 \text{ kN}$$

$$N_{\text{pl}}, R_k, \text{ass} = A_m \cdot f_y, \text{mean, m} = 70 \cdot 8 \cdot 460 = 257,6 \text{ kN}$$

1.9. Calcul de résistance avec la nouvelle version de l'EC5

Épaisseur efficace $t_{ef}(e)$

Pénétration total de l'organe

$$L_{p,i}/d = 41/12 = 3,42 < 11,5 \Rightarrow t_{ef}(e) = l - t_l = 41 \text{ mm}$$

Longueur nette cisailé

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 60 \cdot (4 - 1) + 84 = 264 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{\text{mean}}/E_{0,\text{mean}}) = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(690/11500) = 0,74$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,l,d} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,\text{mean},d} = 0,74 \cdot 41 \cdot 264 \cdot 4,64 = 37,33 \text{ kN}$$

1.9.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files

Résistance total

$$F_{rs,d} = 2 \cdot (2 \cdot n_r \cdot F_{v,l,d}) = 2 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 37327,73) = 298,62 \text{ kN}$$

1.9.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Surface de traction nette

$$L_{\text{net},t,\text{int}} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$$

$$A_{\text{net},t,\text{int}} = L_{\text{net},t,\text{int}} \cdot t_b = 24 \cdot 30 = 720 \text{ mm}^2$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,d} = A_{\text{net},t,\text{int}} \cdot f_{t,0,\text{mean}} = 720 \cdot 25,46 = 18,33 \text{ kN}$$

$$F_{bs,d} = 2 \cdot (2 \cdot F_{v,l,d} + F_{t,d}) = 2 \cdot (2 \cdot 37,33 + 18,33) = 185,98 \text{ kN}$$

1.9.3. Récapitulatif des résultats EC5 nouvelle version

Rupture de bloc par files

$$F_{rs,d} = 298,62 \text{ kN}$$

$$F_{rs,\text{major},d} = 1,2 \cdot F_{rs,d} = 1,2 \cdot 298,62 = 358,35 \text{ kN}$$

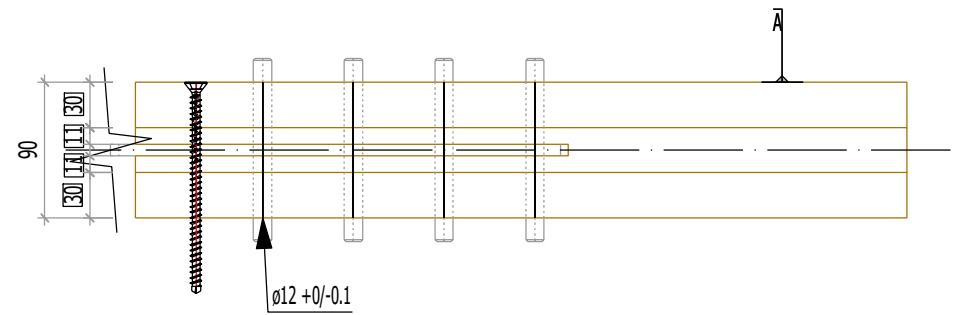
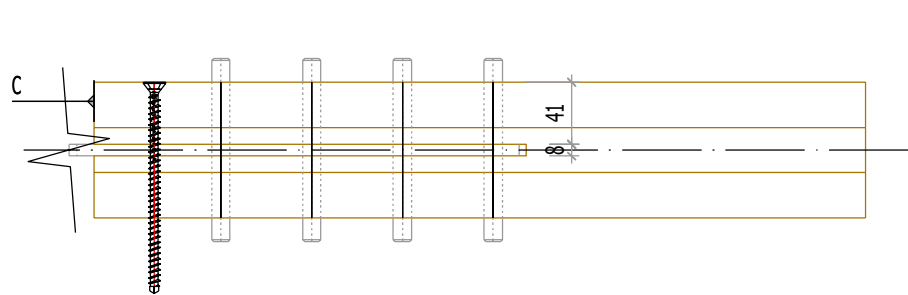
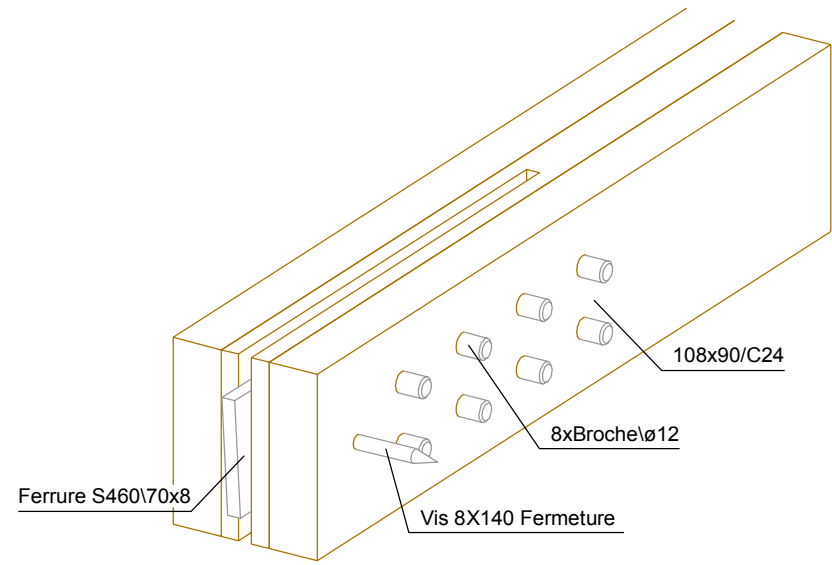
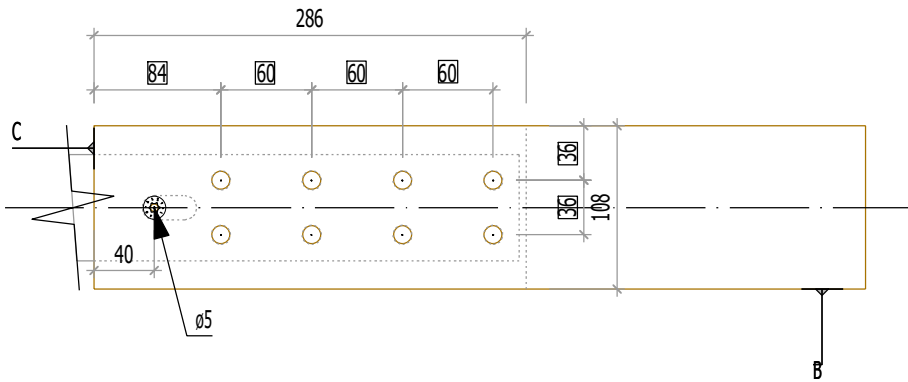
358,4 kN

Rupture de bloc

$$F_{bs,d} = 185,98 \text{ kN}$$

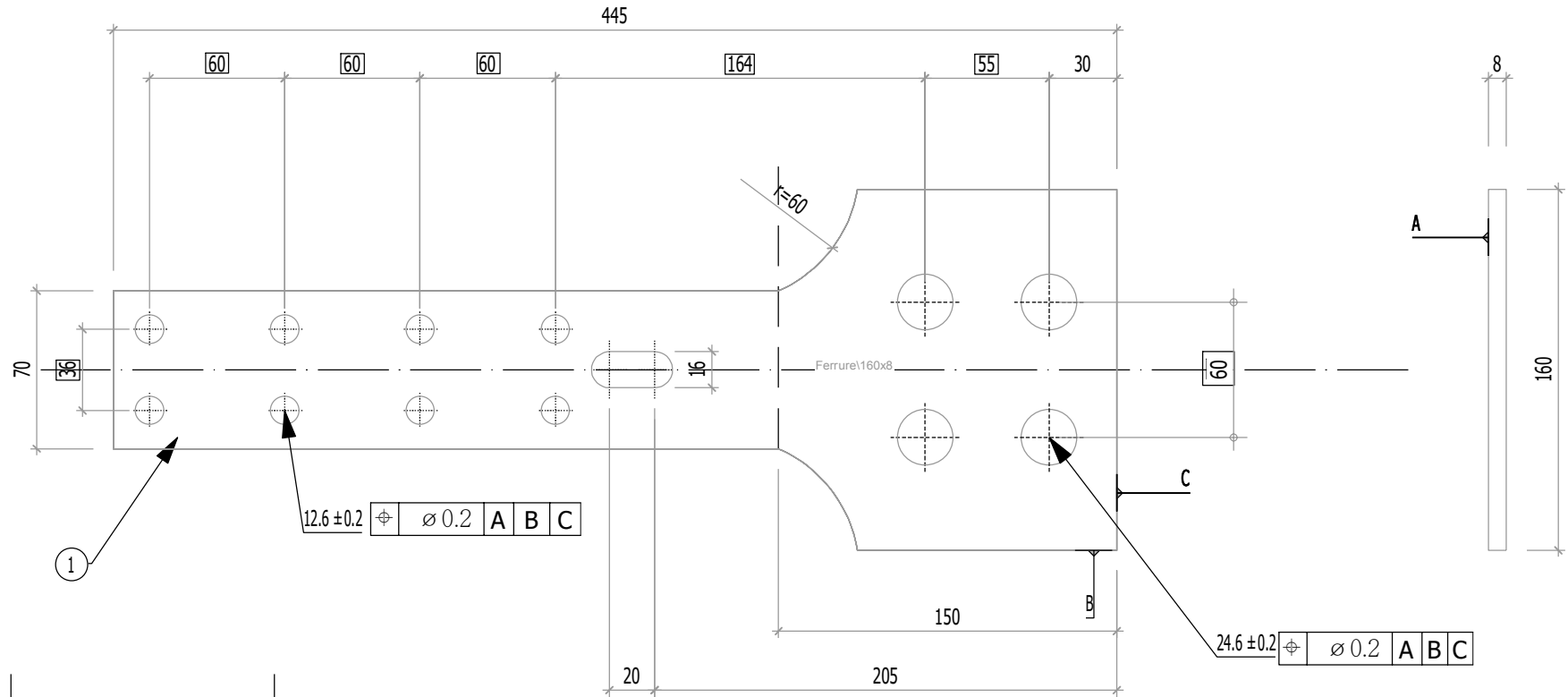
$$F_{bs,\text{major},d} = 1,2 \cdot 185,98 = 223,18 \text{ kN}$$

223,2 kN



4.1.2

Echelle:1:5



1		34	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0425205 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent			X ^{+0.5} _{-0.5}	Ra12.5 <small>indicateurs coniques</small>
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Echelle: 1: 3
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			2.670 kg	Dessinateur: ALBERT LEO Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F1.1.1/4.1.1/4.1.2

1. Assemblage CLT en double cisaillement avec plaque métallique centrale sollicité en traction 2x4

1.1. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes :	Broches
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 vis en extrémité par plan (chevauchement) afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques
Renforcement de l'assemblage	Pas de renforcement d'assemblage, les plis croisés empêchent la traction transversale.
Section CLT :	50 X 144 mm => (15/20/15)
Section métal :	8 X 90 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète.

1.2. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur moyenne. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est : mode (f) => soit le mode I suivant les calculs de l'EC5.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

- Diamètre des organes: $d = 16$ mm tolérance (h7)
- Classe des broches: 8.8
 - Résistance en traction des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900$ Mpa (données fournisseurs : VIAL FRERES)
 - Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57$ Mpa (COV 0,03)
 - Limite d'élasticité des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720$ Mpa (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)
 - Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26$ Mpa (COV 0,03)
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0.3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot 2.6 = 0.3 \cdot 900 \cdot 16^2 \cdot 2.6 = 364818$ N.mm
 - Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0.3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot 2.6 = 0.3 \cdot 947 \cdot 16^2 \cdot 2.6 = 383695$ N.mm

1.3.2. Bois

- * Classe de résistance: (KLH) C24
- * Masse volumique: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $\rho_k = 385$ kg/m³
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61$ kg/m³ (COV = 0,15)
- * Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500$ Mpa
- * Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2$ Mpa
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46$ MPa (COV = 0,15)
- * Résistance en cisaillement: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5$ Mpa
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64$ Mpa (COV = 0,15)
- * Portance locale: (EC5)
 - Valeurs caractéristiques:
 - Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,k} = f_{h,e1,k} = f_{h,e3,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k$
 - $f_{h,0,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 385 = 26,52$ Mpa
 - Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,01516 = 1,59$
 - $f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,k} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 385) / (1,59 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 16,68$ Mpa
 - Valeurs moyennes:
 - Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,mean} = f_{h,e1,mean} = f_{h,e3,mean} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}$
 - $f_{h,0,mean} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 510,61 = 35,17$ Mpa
 - Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,01516 = 1,59$
 - $f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,mean} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 510,61) / (1,59 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 22,12$ Mpa

* Portance locale : (Blass)

Valeurs caractéristiques :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,k} = f_{h,e1,k} = f_{h,e3,k} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_k^{(1,16)}$$

$$f_{h,0,k} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 16)^{(1,16)} \cdot 385 = 26,55 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_k^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,k} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 16) \cdot 385^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 24,13 \text{ Mpa}$$

Valeurs moyennes :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,mean} = f_{h,e1,mean} = f_{h,e3,mean} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{(1,16)}$$

$$f_{h,0,mean} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 16) \cdot 510,61^{(1,16)} = 36,84 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,mean} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 16) \cdot 510,61^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 33,49 \text{ Mpa}$$

1.3.3. Métal

- Nuance d'acier: S460
- Module d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé « N » $f_u = \text{Mpa}$

1.4. Vérification du mode de rupture en valeurs MOYENNE

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois : $hb = 144 \text{ mm}$
- Épaisseur des éléments bois : $e1 = 15 \text{ mm} \Rightarrow 0^\circ$
 $e2 = 6 \text{ mm} \Rightarrow 90^\circ$
 $e_t = 21 \text{ mm} \Rightarrow \text{par plan}$

$$e_i = \sum_{i=1}^n e_i$$

1.4.2. Calcul de l'effort MOYEN plastique d'une tige (EC5)

1.4.2.1 ECS

$$\beta = \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} = \frac{f_{h,90}}{f_{h,0}}$$

$$mode(f) = d \cdot (e_1 \cdot f_{h,e_1} + e_2 \cdot f_{h,e_2})$$

$$mode(g_1) = f_{h,e_1} d \left(e_t \left(\sqrt{\frac{4M_{y,Rmean}}{df_{h,e_1} e_t^2} + \frac{2e_2^2}{e_t^2} \left(1 - \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} \right) + 2 - 1} \right) + e_2 \left(\frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} - 1 \right) \right)$$

$$mode(g_2) = f_{h,e_1} e_1 d \left[\frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1} e_1} \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rmean}}{f_{h,e_2} d} + \frac{f_{h,e_1}}{f_{h,e_2}} e_1 \left(\frac{e_1}{2} + e_2 \right) + \frac{e_2^2}{2} - e_2} \right) - 1 \right]$$

$$mode(h_1) = \sqrt{4M_{y,Rmean} f_{h,e_1} d + f_{h,e_1}^2 d^2 e_2^2 (1 - \beta)} + f_{h,e_1} d e_2 (\beta - 1)$$

$$mode(h_2) = f_{h,e_2} d \sqrt{\frac{4M_{y,Rmean}}{f_{h,e_2} d}}$$

- Formules calculées à partir de l'analyse limite, aucun coefficient statistique n'est inclus.

$$F_{v,Rmean} = \min \begin{cases} 10564,52 \text{ N} & \text{mode (f)} \\ 20862,52 \text{ N} & \text{mode (g1)} \\ 16147,48 \text{ N} & \text{mode (g2)} \\ 28207,31 \text{ N} & \text{mode (h1)} \\ 23306,44 \text{ N} & \text{mode (h2)} \end{cases} \rightarrow 10564,52 \text{ N} \quad \text{mode (f)}$$

- Contribution de l'effet de corde:
 Mode (X) dimensionnant
 Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{v,Rmean}; X \cdot F_{v,Rmean})$
 Pour des broches, $X = 0$

1.4.2.2 BLASS

- Les formules utilisées sont les mêmes qu'au 1.4.2.1, seuls les valeurs de portances changent.

$$F_{v,Rmean} = \min \begin{cases} 12055,22 \text{ N} & \text{mode (f)} \\ 22132,67 \text{ N} & \text{mode (g1)} \\ 21092,38 \text{ N} & \text{mode (g2)} \\ 29773,13 \text{ N} & \text{mode (h1)} \\ 28676,07 \text{ N} & \text{mode (h2)} \end{cases} \rightarrow 12055,22 \text{ N} \quad \text{mode (f)}$$

- Contribution de l'effet de corde:

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en files

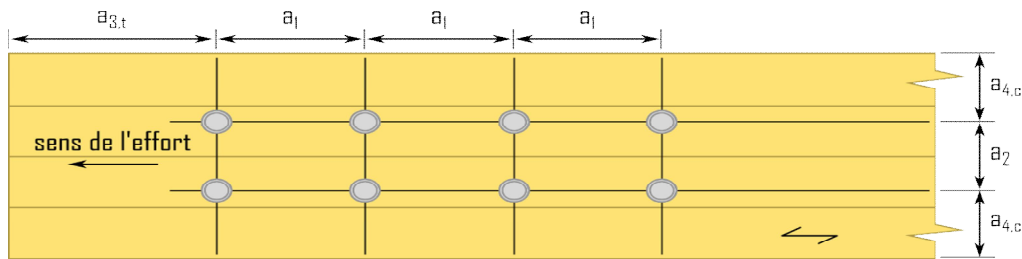
Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax}, R_{mean}; X \cdot F_v, R_{mean})$

Pour des broches, $X = 0$

1.5. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs MOYENNES partie bois

1.5.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 16 = 80 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

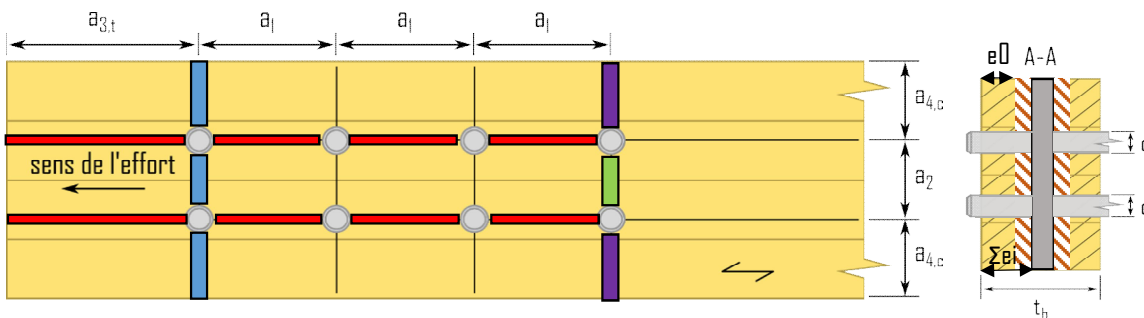
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 16; 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

1.5.2. Calculs des sections nettes



$A_{net,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot \sum e_0 = (144 - 2 \cdot 16) \cdot 15 \cdot 2 = 3360 \text{ mm}^2$

$L_{net,v} = 2 \cdot a_3 + 2 \cdot (nc - 1) \cdot (a_1 - d) - d = 2 \cdot 112 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (80 - 16) - 16 = 592 \text{ mm}$
 $A_{net,v} = L_{net,v} \cdot \sum e_i = 592 \cdot (15 + 6) \cdot 2 = 24864 \text{ mm}^2$

$L_{net,t,int} = (nr - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$
 $A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot \sum e_0 = 32 \cdot (15) \cdot 2 = 960 \text{ mm}^2$

$L_{net,t,ext} = hb - d - (nr - 1) \cdot a_2 = 144 - 16 - (2 - 1) \cdot 48 = 80 \text{ mm}^2$
 $A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot \sum e_0 = 80 \cdot (15) \cdot 2 = 2400 \text{ mm}^2$

1.5.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" correspond globalement à la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction ramène ce coefficient à "1,25", néanmoins ce coefficient est à l'étude.

$$F_{bsn,R,mean,ass} = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot ft_{0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot fv_{,mean} \end{array} \right] \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot ft_{0,mean} \end{array} \right] = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot 2400 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 24864 \cdot 4,64 \end{array} \right] \\ 1,25 \cdot 960 \cdot 25,46 \end{array} \right] = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 76393 \\ 80792 \end{array} \right] \\ 30557 \end{array} \right]$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 76,393 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

1.5.4. Détermination de la résistance à la traction de la section nette

$F_{v,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 3360 \cdot 25,46 = 85,56 \text{ kN}$

1.5.5. Raideur estimée de l'assemblage

1.5.5.1 Eurocode 5

$K_{ser,organe} = \rho_m \cdot 1,5 \cdot d / 23 = 420 \cdot 1,5 \cdot 16 / 23 = 5987,78 \text{ N/mm}$

$K_{ser,ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5987,78 = 191609,07 \text{ N/mm}$

1.5.6 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.5.6.1 Hypothèse organe

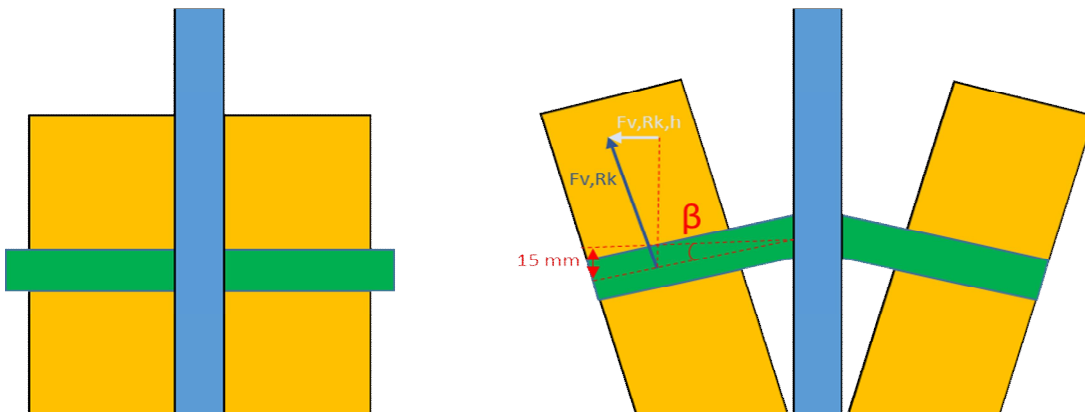
Fermeture de l'assemblage par une vis traversante

ESCRFTC8.0x140 => Fournisseur : Simpson

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 140 \text{ mm}$
$l_g = 140 \text{ mm}$
$d = 8 \text{ mm}$
$d_l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.6.2 Détermination de la capacité de l'organe



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, non présentée dans cette NDC), la déformation de l'assemblage sera donc limité à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 57,6 kN, et K la raideur total de l'assemblage.

La broche se plie avec un angle de $\beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{broche}/2)) = \text{Arctan}(((57,6/191,6)/(50/2))) = 0,67^\circ$

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage :

Effort maximum que peut transmettre une broche : $F_{v,Rk} = 8 \text{ kN}$
 Effort horizontale qui ouvre l'assemblage : $F_{v,Rk,h} = \sin(\beta) \cdot F_{v,Rk} = \sin(0,67) \cdot 7965,65 = 93,04 \text{ N}$
 Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_{v,Rk,H} = n \cdot F_{v,Rk,h} = 8 \cdot 93,04 = 744,34 \text{ N}$

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique de résistance

· Résistance de la vis :
 Aire nette de la vis : $A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$
 Traction de la vis : $F_{t,Rk} = f_{tens} = 24100 \text{ N}$
 Cisaillement dans le bois : $F_{ax,Rk} = f_{ax,90,k} \cdot d \cdot e_t = 13,1 \cdot 8 \cdot 21 = 2200,8 \text{ N}$

1.5.6.3 Vérification capacité des vis

$R_{ax,ferm,k} = \min(F_{t,Rk}; F_{ax,Rk}) \cdot n_{vis} > F_{v,Rk,H}$
 $R_{ax,ferm,k} = \min(24,1; 2,2) \cdot 1 > 0,74 \text{ kN}$

Il faut donc disposer de 1 vis référence : ESCRFTC8.0x40 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.5.7. Synthèse du dimensionnement partie bois en valeurs moyennes

1.5.7.1 Valeurs moyennes

Plastique
 $F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 2 \cdot 8 \cdot 10564,52 = 169 \text{ kN}$

Rupture de bloc
 $F_{bs,Rmean,ass} = 76,4 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

Traction nette
 $F_{v,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,D,mean} = 1680 \cdot 25,46 = 85,6 \text{ kN}$

1.5.7.2 Valeurs majorées

Une majoration de 1,2 est multipliée aux valeurs moyennes de dimensionnement des parties bois, afin de privilégier au maximum une rupture dans le bois, et non dans l'acier

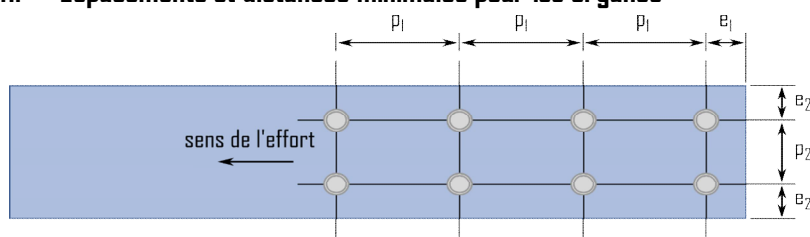
Plastique majorée
 $F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 169032,3 \cdot 1,2 = 202,8 \text{ kN}$

Rupture de bloc majorée
 $F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 76392,57 \cdot 1,2 = 91,7 \text{ kN}$

Traction nette majorée
 $F_{v,Rmajor,ass,traction} = F_{v,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 1,2 \cdot 85559,68 = 102,7 \text{ kN}$

1.6. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage:

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique:

$$d_0 = d + j = 16 + 0,6 = 16,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale:

$$\text{Critère } (2,2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 80 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2,4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 48 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 20 \text{ mm}$$

· Pince transversale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 21 \text{ mm}$$

1.6.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique: $h_m = 90 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique: $t_m = 8 \text{ mm}$

1.6.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

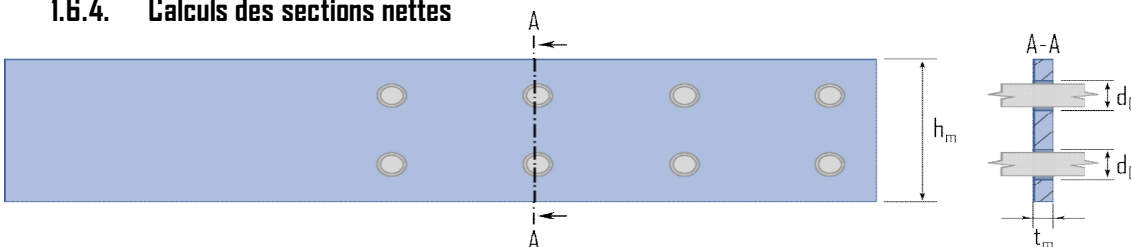
$$k_1 = \min(2,8 \cdot 21/16,6 - 1,7; 1,4 \cdot 48/16,6 - 1,7; 2,5) = 1,84$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

$$\alpha_b = \min(20/(3 \cdot 16,6); 80/(3 \cdot 16,6) - 0,25; 900/540; 1) = 0,4$$

$$N_b, Rk, ass = n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 409,1 \text{ kN}$$

1.6.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (90 - 2 \cdot 16,6) \cdot 8 = 454,4 \text{ mm}^2$$

Aire par tôle cisailée

$$A_{net,m,ass} = A_{net,m} \cdot n_{plaque} = 454,4 \cdot 1 = 454,4 \text{ mm}^2$$

1.6.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_u, Rk, ass = 0,9 \cdot A_{net,m,ass} \cdot f_{u,k,m} = 0,9 \cdot 454 \cdot 540 = 220,8 \text{ kN}$$

$$N_{pl}, Rk, ass = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 90 \cdot 8 \cdot 460 = 331,2 \text{ kN}$$

1.7. Indication de la rigidité des éléments

* Bois : $E_{D,mean-hb-et-nplan} = 11500 \cdot 144 \cdot 21 \cdot 2 = 69552 \text{ kN}$

* Métal : $E_{m,mean-hm-tm} = 210000 \cdot 90 \cdot 8 = 151200 \text{ kN}$

Écart de rigidité ((Métal-Bois)/Métal) = 54 %

1.8. Récapitulatif des résultats

1.8.1. Bois majoré

Plastique majorée

$$F_v, R_{\text{major, ass, plastique}} = F_v, R_{\text{mean, ass, plastique}} \cdot 1,2 = 169032,3 \cdot 1,2 = 202,8 \text{ kN} \quad 202,8 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

$$F_{\text{bs}}, R_{\text{major, ass}} = F_{\text{bs}}, R_{\text{mean, ass}} \cdot 1,2 = 76392,57 \cdot 1,2 = 91,7 \text{ kN} \quad \boxed{91,67} \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_v, R_{\text{major, ass, traction}} = F_v, R_{\text{mean, ass, traction}} \cdot 1,2 = 1,2 \cdot 85559,68 = 102,7 \text{ kN} \quad 102,7 \text{ kN}$$

1.8.2. Renforcement

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité par plan (chevauchement) afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques

$$R_{\text{ax, ferm, k}} = \min(F_t, R_k; F_{\text{ax}}, R_k) \cdot n_{\text{vis}} > F_v, R_{k, H}$$

$$R_{\text{ax, ferm, k}} = \min(24, 1,2, 2) \cdot 1 > 0,74 \text{ kN}$$

1.8.3. Métal

Pression diamétrale

$$N_b, R_{k, \text{ass}} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u \cdot k_m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 409,1 \text{ kN} \quad 409,1 \text{ kN}$$

Section nette

$$N_u, R_{k, \text{ass}} = 0,9 \cdot A_{\text{net, m, ass}} \cdot f_u \cdot k_m = 0,9 \cdot 454 \cdot 540 = 220,8 \text{ kN} \quad 220,8 \text{ kN}$$

$$N_{pl, R_{k, \text{ass}}} = A_m \cdot f_y \cdot \text{mean, m} = 90 \cdot 8 \cdot 460 = 331,2 \text{ kN} \quad 331,2 \text{ kN}$$

1.9. Calcul de résistance avec la nouvelle version de l'EC5

Épaisseur efficace $t_{ef}(e)$

Pénétration total de l'organe

$$L_{p,i}/d = 21/16 = 1,31 < 7 \Rightarrow t_{ef}(e) = l \cdot t_l = 21 \text{ mm}$$

Longueur nette cisailé

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 80 \cdot (4 - 1) + 112 = 352 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{\text{mean}}/E_{0,\text{mean}}) = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(690/11500) = 0,74$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,l,d} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,\text{mean},d} = 0,74 \cdot 21 \cdot 352 \cdot 4,64 = 25,49 \text{ kN}$$

1.9.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files

Résistance total

$$F_{rs,d} = 2 \cdot (2 \cdot n_r \cdot F_{v,l,d}) = 2 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 25,492,11) = 203,94 \text{ kN}$$

1.9.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Surface de traction nette

$$L_{\text{net},t,\text{int}} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$$

$$A_{\text{net},t,\text{int}} = L_{\text{net},t,\text{int}} \cdot t_b = 32 \cdot 15 = 480 \text{ mm}^2$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,d} = A_{\text{net},t,\text{int}} \cdot f_{t,0,\text{mean}} = 480 \cdot 25,46 = 12,22 \text{ kN}$$

$$F_{bs,d} = 2 \cdot (2 \cdot F_{v,l,d} + F_{t,d}) = 2 \cdot (2 \cdot 25,49 + 12,22) = 126,41 \text{ kN}$$

1.9.3. Récapitulatif des résultats EC5 nouvelle version

Rupture de bloc par files

$$F_{rs,d} = 203,94 \text{ kN}$$

$$F_{rs,\text{major},d} = 1,2 \cdot F_{rs,d} = 1,2 \cdot 203,94 = 244,72 \text{ kN}$$

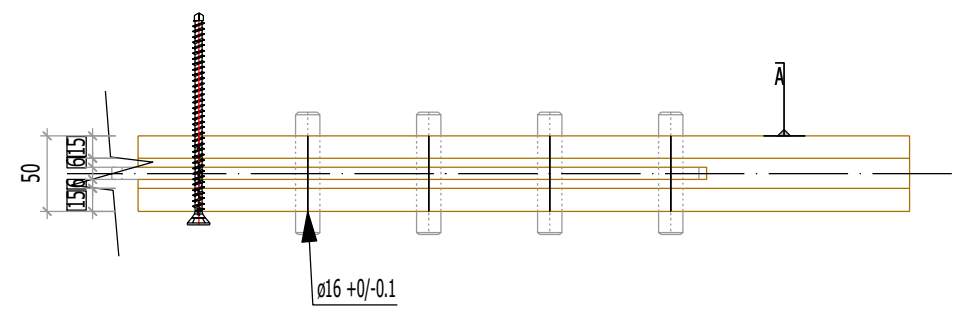
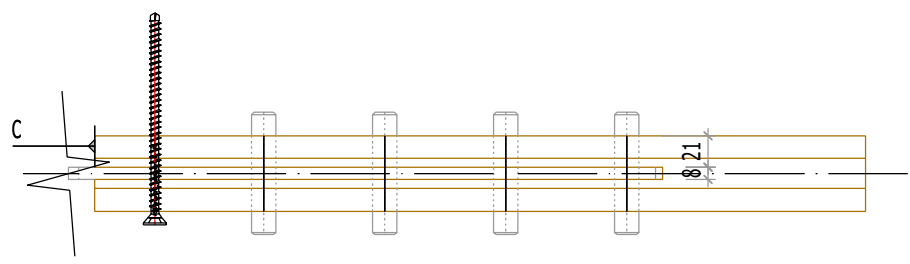
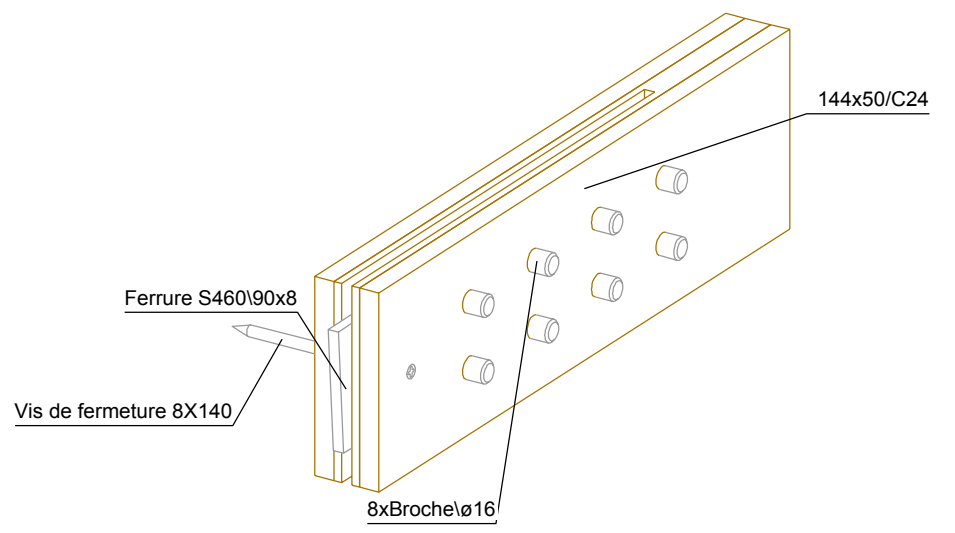
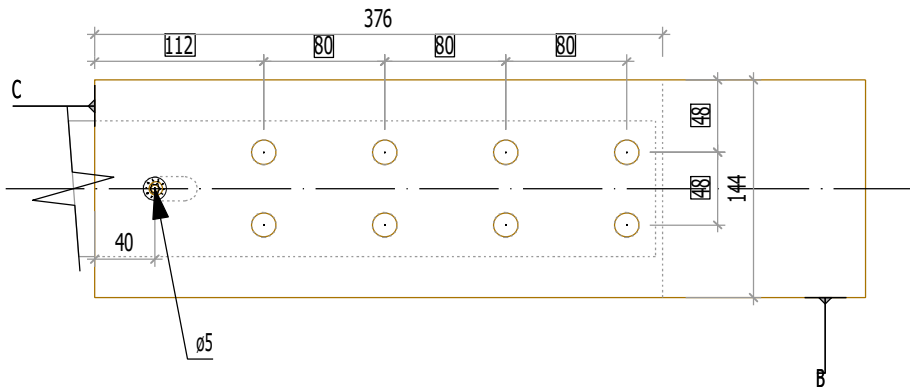
244,7 kN

Rupture de bloc

$$F_{bs,d} = 126,41 \text{ kN}$$

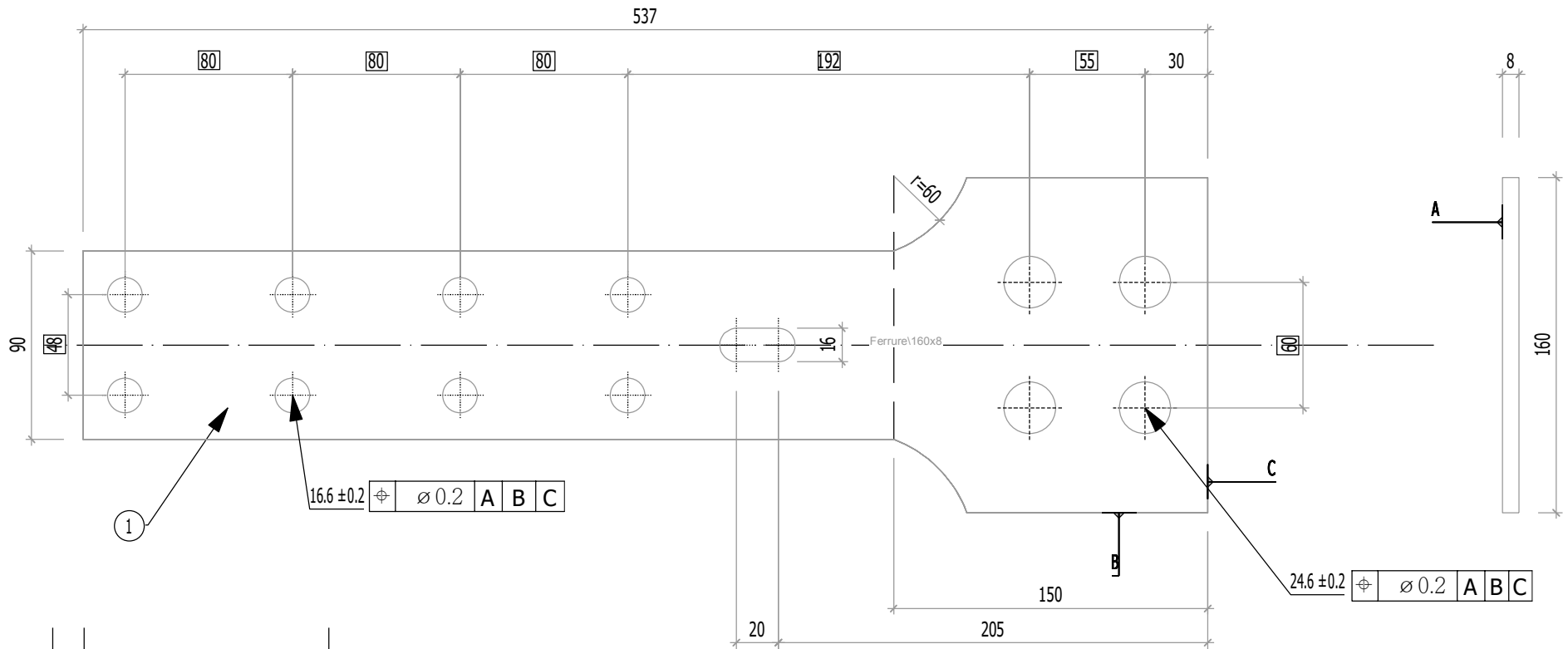
$$F_{bs,\text{major},d} = 1,2 \cdot 126,41 = 151,7 \text{ kN}$$

151,7 kN



4.2.1

Echelle:1:5



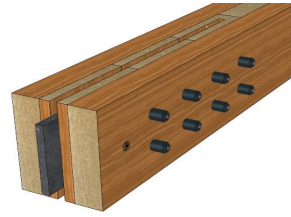
1		30	Ferrure							
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0572492 m ²						
Matière	Traitement			Tol généré	Usinage	Ech				
S 460 ou équivalent			Ciser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	X ^{+0,5} _{-0,5}		1:3				
ENSTIB-LERMAB-CRITT				MASSE		Dessinateur: ALBERT LEO				
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS				3.595 kg		Date: 03.04.2020				
ENSTIB		Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:		Ind:				
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9										

F1.2.1/4.2.1/4.2.2

1. Assemblage CLT en double cisaillement avec plaque métallique centrale sollicité en traction 2x4

1.1. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes :	Broches
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 vis en extrémité par plan (chevauchement) afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques
Renforcement de l'assemblage	Pas de renforcement d'assemblage, les plis croisés empêchent la traction transversale.
Section CLT :	90 X 144 mm => (30/30/30)
Section métal :	8 X 90 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète.

1.2. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur moyenne. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est : mode (g2) => soit le mode 2 suivant les calculs de l'EC5.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

- Diamètre des organes: $d = 16$ mm tolérance (h7)
- Classe des broches: 8.8
 - Résistance en traction des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900$ Mpa (données fournisseurs : VIAL FRERES)
 - Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57$ Mpa (COV 0,03)
 - Limite d'élasticité des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720$ Mpa (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)
 - Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26$ Mpa (COV 0,03)
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0.3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot 2.6 = 0.3 \cdot 900 \cdot 16^2 \cdot 2.6 = 364818$ N.mm
 - Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0.3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot 2.6 = 0.3 \cdot 947 \cdot 16^2 \cdot 2.6 = 383695$ N.mm

1.3.2. Bois

- * Classe de résistance: (KLH) C24
- * Masse volumique: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $\rho_k = 385$ kg/m³
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61$ kg/m³ (COV = 0,15)
- * Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500$ Mpa
- * Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2$ Mpa
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46$ MPa (COV = 0,15)
- * Résistance en cisaillement: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5$ Mpa
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64$ Mpa (COV = 0,15)
- * Portance locale: (EC5)
 - Valeurs caractéristiques:
 - Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,k} = f_{h,e1,k} = f_{h,e3,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k$
 - $f_{h,0,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 385 = 26,52$ Mpa
 - Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,01516 = 1,59$
 - $f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,k} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 385) / (1,59 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 16,68$ Mpa
 - Valeurs moyennes:
 - Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,mean} = f_{h,e1,mean} = f_{h,e3,mean} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}$
 - $f_{h,0,mean} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 510,61 = 35,17$ Mpa
 - Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,01516 = 1,59$
 - $f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,mean} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 510,61) / (1,59 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 22,12$ Mpa

* Portance locale : (Blass)

Valeurs caractéristiques :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,k} = f_{h,e1,k} = f_{h,e3,k} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_k^{(1,16)}$$

$$f_{h,0,k} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 16)^{(1,16)} \cdot 385 = 26,55 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_k^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,k} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 16) \cdot 385)^{(1,16)} / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 24,13 \text{ Mpa}$$

Valeurs moyennes :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,mean} = f_{h,e1,mean} = f_{h,e3,mean} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{(1,16)}$$

$$f_{h,0,mean} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 16) \cdot 510,61^{(1,16)} = 36,84 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,mean} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 16) \cdot 510,61^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 33,49 \text{ Mpa}$$

1.3.3. Métal

- Nuance d'acier: S460
- Module d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé « N » $f_u = \text{Mpa}$

1.4. Vérification du mode de rupture en valeurs MOYENNE

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois : $hb = 144 \text{ mm}$
- Épaisseur des éléments bois : $e1 = 30 \text{ mm} \Rightarrow 0^\circ$
 $e2 = 11 \text{ mm} \Rightarrow 90^\circ$
 $e_t = 41 \text{ mm} \Rightarrow \text{par plan}$

$$e_i = \sum_{i=1}^n e_i$$

1.4.2. Calcul de l'effort MOYEN plastique d'une tige (EC5)

1.4.2.1 ECS

$$\beta = \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} = \frac{f_{h,90}}{f_{h,0}}$$

$$mode(f) = d \cdot (e_1 \cdot f_{h,e_1} + e_2 \cdot f_{h,e_2})$$

$$mode(g_1) = f_{h,e_1} d \left(e_t \left(\sqrt{\frac{4M_{y,Rmean}}{df_{h,e_1} e_t^2} + \frac{2e_2^2}{e_t^2} \left(1 - \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} \right) + 2 - 1} \right) + e_2 \left(\frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} - 1 \right) \right)$$

$$mode(g_2) = f_{h,e_1} e_1 d \left[\frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1} e_1} \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rmean}}{f_{h,e_2} d} + \frac{f_{h,e_1}}{f_{h,e_2}} e_1 \left(\frac{e_1}{2} + e_2 \right) + \frac{e_2^2}{2} - e_2} \right) - 1 \right]$$

$$mode(h_1) = \sqrt{4M_{y,Rmean} f_{h,e_1} d + f_{h,e_1}^2 d^2 e_2^2 (1 - \beta)} + f_{h,e_1} d e_2 (\beta - 1)$$

$$mode(h_2) = f_{h,e_2} d \sqrt{\frac{4M_{y,Rmean}}{f_{h,e_2} d}}$$

- Formules calculées à partir de l'analyse limite, aucun coefficient statistique n'est inclus.

$$F_{v,Rmean} = \min \begin{array}{l} 20775,12 \text{ N} \quad mode(f) \\ 18866,15 \text{ N} \quad mode(g1) \\ 13792,07 \text{ N} \quad mode(g2) \\ 27332,28 \text{ N} \quad mode(h1) \\ 23306,44 \text{ N} \quad mode(h2) \end{array} \rightarrow 13792,07 \text{ N} \quad mode(g2)$$

- Contribution de l'effet de corde:
 Mode (X) dimensionnant
 Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{v,Rmean}; X \cdot F_{v,Rmean})$
 Pour des broches, $X = 0$

1.4.2.2 BLASS

- Les formules utilisées sont les mêmes qu'au 1.4.2.1, seuls les valeurs de portances changent.

$$F_{v,Rmean} = \min \begin{array}{l} 23574,65 \text{ N} \quad mode(f) \\ 20853,52 \text{ N} \quad mode(g1) \\ 19749,77 \text{ N} \quad mode(g2) \\ 29549,8 \text{ N} \quad mode(h1) \\ 28676,07 \text{ N} \quad mode(h2) \end{array} \rightarrow 19749,77 \text{ N} \quad mode(g2)$$

- Contribution de l'effet de corde:

Note de calculs pour un assemblage bois-métal avec des organes en files

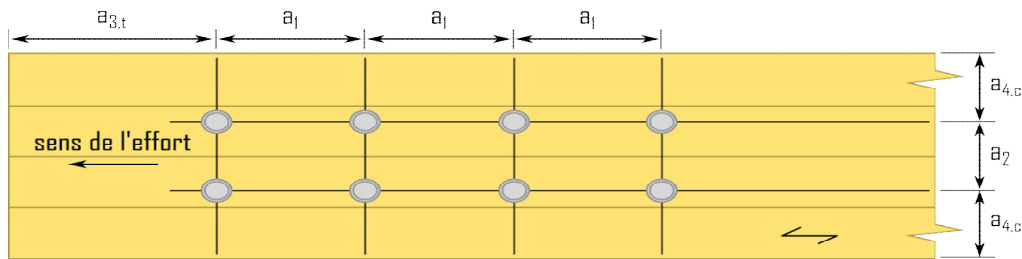
Mode (X) dimensionnant

Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax}, R_{mean}; X \cdot F_v, R_{mean})$

Pour des broches, $X = 0$

1.5. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs MOYENNES partie bois

1.5.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 16 = 80 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

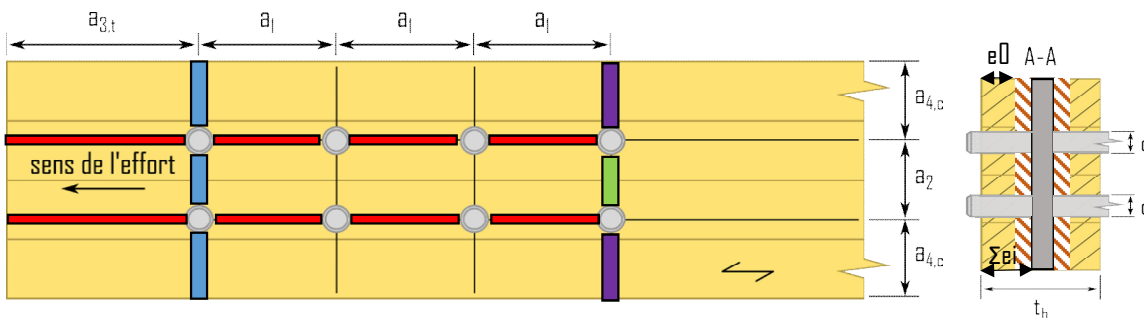
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 16; 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

1.5.2. Calculs des sections nettes



$A_{net,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot \sum e_i = (144 - 2 \cdot 16) \cdot 30 \cdot 2 = 6720 \text{ mm}^2$

$L_{net,v} = 2 \cdot a_3 + 2 \cdot (nc - 1) \cdot (a_1 - d) - d = 2 \cdot 112 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (80 - 16) - 16 = 592 \text{ mm}$
 $A_{net,v} = L_{net,v} \cdot \sum e_i = 592 \cdot (30 + 11) \cdot 2 = 48544 \text{ mm}^2$

$L_{net,t,int} = (nr - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$
 $A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot \sum e_i = 32 \cdot (30) \cdot 2 = 1920 \text{ mm}^2$

$L_{net,t,ext} = hb - d - (nr - 1) \cdot a_2 = 144 - 16 - (2 - 1) \cdot 48 = 80 \text{ mm}$
 $A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot \sum e_i = 80 \cdot (30) \cdot 2 = 4800 \text{ mm}^2$

1.5.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" correspond globalement à la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction ramène ce coefficient à "1,25", néanmoins ce coefficient est à l'étude.

$$F_{bsn,R,mean,ass} = \max \left(\min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot f_{t,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot f_{v,mean} \end{array} \right], \min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot f_{t,0,mean} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot f_{t,0,mean} \end{array} \right] \right) = \max \left(\min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot 4800 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 48544 \cdot 4,64 \end{array} \right], \min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot 4800 \cdot 25,46 \\ 1,25 \cdot 1920 \cdot 25,46 \end{array} \right] \right) = \max \left(\min \left[\begin{array}{l} 152785 \\ 157736 \end{array} \right], 6114 \right)$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 152,785 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

1.5.4. Détermination de la résistance à la traction de la section nette

$F_{v,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 6720 \cdot 25,46 = 171,119 \text{ kN}$

1.5.5. Raideur estimée de l'assemblage

1.5.5.1 Eurocode 5

$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 16 / 23 = 5987,78 \text{ N/mm}$

$K_{ser,ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5987,78 = 191609,07 \text{ N/mm}$

1.5.6 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.5.6.1 Hypothèse organe

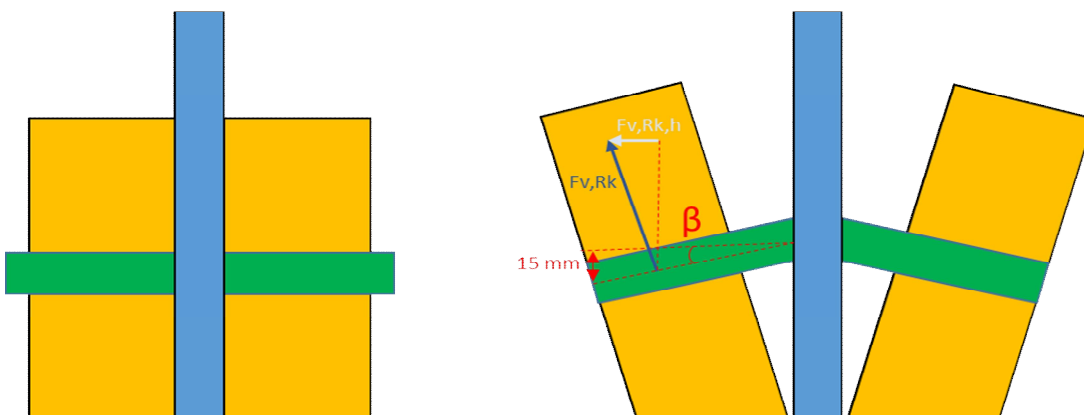
Fermeture de l'assemblage par une vis traversante

ESCRFTC8.0x140 => Fournisseur : Simpson

Propriétés caractéristiques de géométrie
$l = 140 \text{ mm}$
$l_g = 140 \text{ mm}$
$d = 8 \text{ mm}$
$d_l = 5,2 \text{ mm}$
$d_h = 15 \text{ mm}$

Propriétés caractéristiques de résistance
$f_{ax,90^\circ,k} = 13,1 \text{ Mpa}$
$f_{head,k} = 12,4 \text{ Mpa}$
$f_{tens,k} = 24,1 \text{ kN}$
$f_{y,k,WT} = 900 \text{ Mpa}$

1.5.6.2 Détermination de la capacité de l'organe



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, non présentée dans cette NDC), la déformation de l'assemblage sera donc limité à $x=F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 115,2 kN, et K la raideur total de l'assemblage.

La broche se plie avec un angle de $\beta = \text{Arctan}((F/K)/(l_{broche}/2)) = \text{Arctan}(((115,2/191,6)/(90/2))) = 0,69^\circ$

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique d'effort

· Effort de l'assemblage :

Effort maximum que peut transmettre une broche : $F_v, R_k = 11,9 \text{ kN}$
 Effort horizontale qui ouvre l'assemblage : $F_v, R_{k,h} = \sin(\beta) \cdot F_v, R_k = \sin(0,69) \cdot 11902,15 = 143,17 \text{ N}$
 Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_v, R_{k,H} = n \cdot F_v, R_{k,h} = 8 \cdot 143,17 = 1145,37 \text{ N}$

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique de résistance

· Résistance de la vis :
 Aire nette de la vis : $A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 5,2^2 / 4 = 21,24 \text{ mm}^2$
 Traction de la vis : $F_t, R_k = f_{tens} = 24100 \text{ N}$
 Cisaillement dans le bois : $F_{ax}, R_k = f_{ax}, 90, k \cdot d \cdot e_t = 13,1 \cdot 8 \cdot 41 = 4296,8 \text{ N}$

1.5.6.3 Vérification capacité des vis

$R_{ax, ferm, k} = \min(F_t, R_k; F_{ax}, R_k) \cdot n_{vis} > F_v, R_{k,H}$
 $R_{ax, ferm, k} = \min(24,1; 4,3) \cdot 1 > 1,15 \text{ kN}$

Il faut donc disposer de 1 vis référence : ESCRFTC8.0x40 afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques d'effort

1.5.7. Synthèse du dimensionnement partie bois en valeurs moyennes

1.5.7.1 Valeurs moyennes

Plastique
 $F_v, R_{mean, ass, plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_v, R_{mean} = 2 \cdot 8 \cdot 13792,07 = 220,7 \text{ kN}$

Rupture de bloc
 $F_{bs}, R_{mean, ass} = 152,8 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

Traction nette
 $F_v, R_{mean, ass, traction} = A_{net, b-ft, 0, mean} = 3360 \cdot 25,46 = 171,1 \text{ kN}$

1.5.7.2 Valeurs majorées

Une majoration de 1,2 est multipliée aux valeurs moyennes de dimensionnement des parties bois, afin de privilégier au maximum une rupture dans le bois, et non dans l'acier

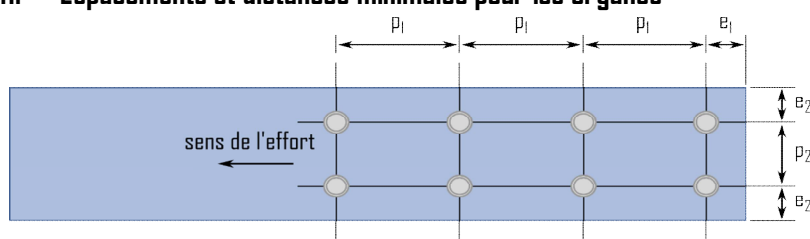
Plastique majorée
 $F_v, R_{major, ass, plastique} = F_v, R_{mean, ass, plastique} \cdot 1,2 = 220,7 \cdot 1,2 = 264,8 \text{ kN}$

Rupture de bloc majorée
 $F_{bs}, R_{major, ass} = F_{bs}, R_{mean, ass} \cdot 1,2 = 152,8 \cdot 1,2 = 183,3 \text{ kN}$

Traction nette majorée
 $F_v, R_{major, ass, traction} = F_v, R_{mean, ass, traction} \cdot 1,2 = 171,1 \cdot 1,2 = 205,3 \text{ kN}$

1.6. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organes



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage:

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique:

$$d_0 = d + j = 16 + 0,6 = 16,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale:

$$\text{Critère } (2,2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 80 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2,4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 48 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 20 \text{ mm}$$

· Pince transversale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 21 \text{ mm}$$

1.6.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique: $h_m = 90 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique: $t_m = 8 \text{ mm}$

1.6.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

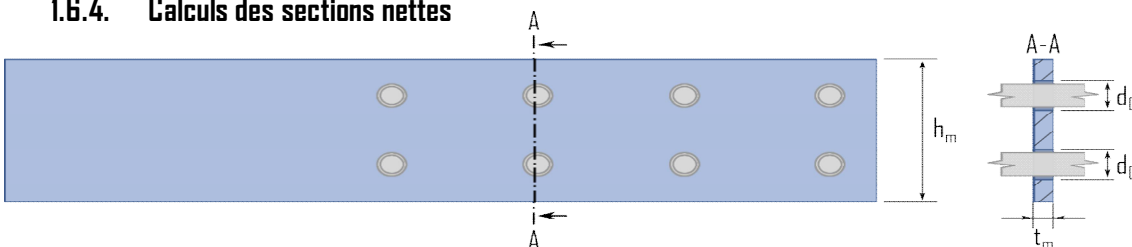
$$k_1 = \min(2,8 \cdot 21/16,6 - 1,7; 1,4 \cdot 48/16,6 - 1,7; 2,5) = 1,84$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

$$\alpha_b = \min(20/(3 \cdot 16,6); 80/(3 \cdot 16,6) - 0,25; 900/540; 1) = 0,4$$

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 409,1 \text{ kN}$$

1.6.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (90 - 2 \cdot 16,6) \cdot 8 = 454,4 \text{ mm}^2$$

Aire par tôle cisailée

$$A_{net,m,ass} = A_{net,m} \cdot n_{plaque} = 454,4 \cdot 1 = 454,4 \text{ mm}^2$$

1.6.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{net,m,ass} \cdot f_{u,k,m} = 0,9 \cdot 454 \cdot 540 = 220,8 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 90 \cdot 8 \cdot 460 = 331,2 \text{ kN}$$

1.7. Indication de la rigidité des éléments

* Bois : $E_{D,mean-hb-et-nplan} = 11500 \cdot 144 \cdot 41 \cdot 2 = 135792 \text{ kN}$

* Métal : $E_{m,mean-hm-tm} = 210000 \cdot 90 \cdot 8 = 151200 \text{ kN}$

Écart de rigidité ((Métal-Bois)/Métal) = 10 %

1.8. Récapitulatif des résultats

1.8.1. Bois majoré

Plastique majorée

$$F_v, R_{\text{major, ass, plastique}} = F_v, R_{\text{mean, ass, plastique}} \cdot 1,2 = 220673,12 \cdot 1,2 = 264,8 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

$$F_{bs}, R_{\text{major, ass}} = F_{bs}, R_{\text{mean, ass}} \cdot 1,2 = 152785,15 \cdot 1,2 = 183,3 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_v, R_{\text{major, ass, traction}} = F_v, R_{\text{mean, ass, traction}} \cdot 1,2 = 1,2 \cdot 17119,36 = 205,3 \text{ kN}$$

1.8.2. Renforcement

· Vis de fermeture :

1 vis en extrémité par plan (chevauchement) afin de fermer l'assemblage en valeurs caractéristiques

$$R_{ax, \text{ ferm, k}} = \min(F_t, R_k; F_{ax}, R_k) \cdot n_{\text{vis}} > F_v, R_k, H$$

$$R_{ax, \text{ ferm, k}} = \min(24, 1; 4, 3) \cdot 1 > 1,15 \text{ kN}$$

1.8.3. Métal

Pression diamétrale

$$N_b, R_k, \text{ ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u, k, m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 409,1 \text{ kN}$$

Section nette

$$N_u, R_k, \text{ ass} = 0,9 \cdot A_{\text{net, m, ass}} \cdot f_u, k, m = 0,9 \cdot 454 \cdot 540 = 220,8 \text{ kN}$$

$$N_{pl}, R_k, \text{ ass} = A_m \cdot f_y, \text{ mean, m} = 90 \cdot 8 \cdot 460 = 331,2 \text{ kN}$$

1.9. Calcul de résistance avec la nouvelle version de l'EC5

Épaisseur efficace $t_{ef}(e)$

Pénétration total de l'organe

$$L_{p,i}/d = 41/16 = 2,56 < 11,5 \Rightarrow t_{ef}(e) = l \cdot t_l = 41 \text{ mm}$$

Longueur nette cisailé

$$L_c = a_1 \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 80 \cdot (4 - 1) + 112 = 352 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{\text{mean}}/E_{0,\text{mean}}) = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(690/11500) = 0,74$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,l,d} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,\text{mean},d} = 0,74 \cdot 41 \cdot 352 \cdot 4,64 = 49,77 \text{ kN}$$

1.9.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files

Résistance total

$$F_{rs,d} = 2 \cdot (2 \cdot n_r \cdot F_{v,l,d}) = 2 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 49,77 \cdot 0,3) = 398,16 \text{ kN}$$

1.9.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Surface de traction nette

$$L_{\text{net},t,\text{int}} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$$

$$A_{\text{net},t,\text{int}} = L_{\text{net},t,\text{int}} \cdot t_b = 32 \cdot 30 = 960 \text{ mm}^2$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,d} = A_{\text{net},t,\text{int}} \cdot f_{t,0,\text{mean}} = 960 \cdot 25,46 = 24,45 \text{ kN}$$

$$F_{bs,d} = 2 \cdot (2 \cdot F_{v,l,d} + F_{t,d}) = 2 \cdot (2 \cdot 49,77 + 24,45) = 247,97 \text{ kN}$$

1.9.3. Récapitulatif des résultats EC5 nouvelle version

Rupture de bloc par files

$$F_{rs,d} = 398,16 \text{ kN}$$

$$F_{rs,\text{major},d} = 1,2 \cdot F_{rs,d} = 1,2 \cdot 398,16 = 477,79 \text{ kN}$$

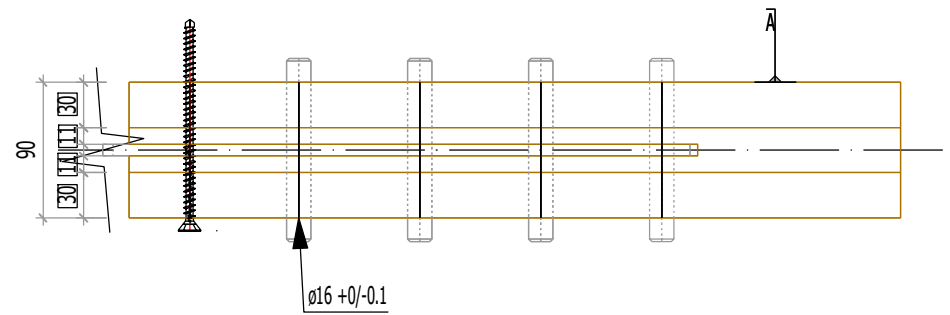
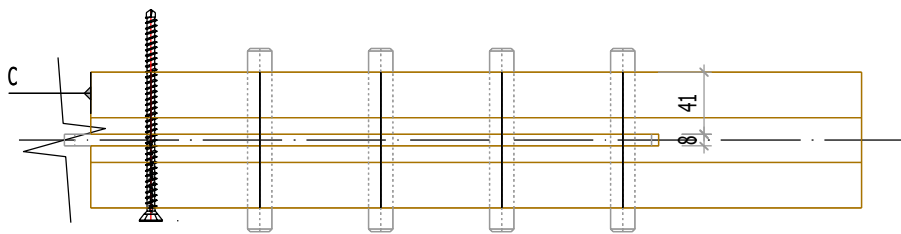
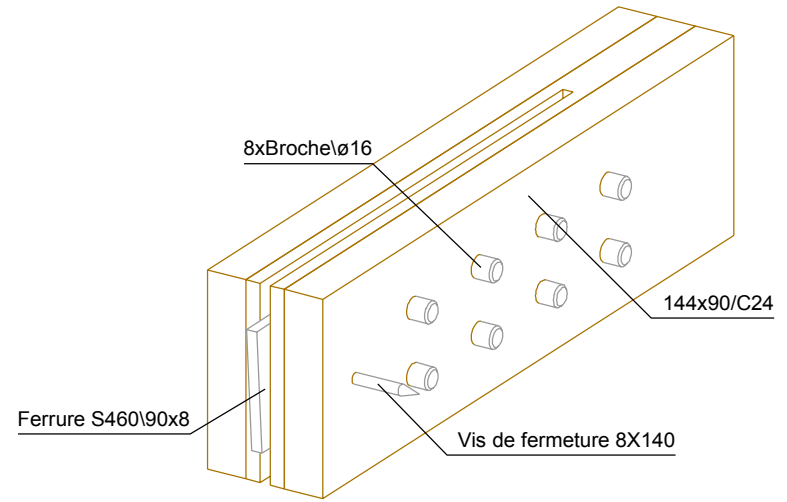
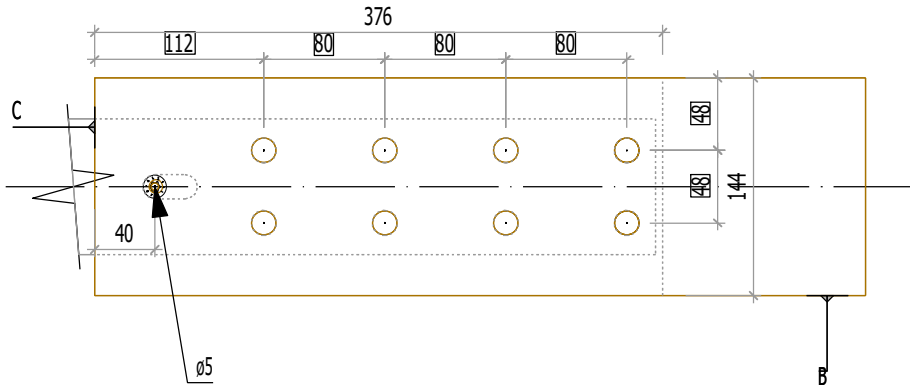
477,8 kN

Rupture de bloc

$$F_{bs,d} = 247,97 \text{ kN}$$

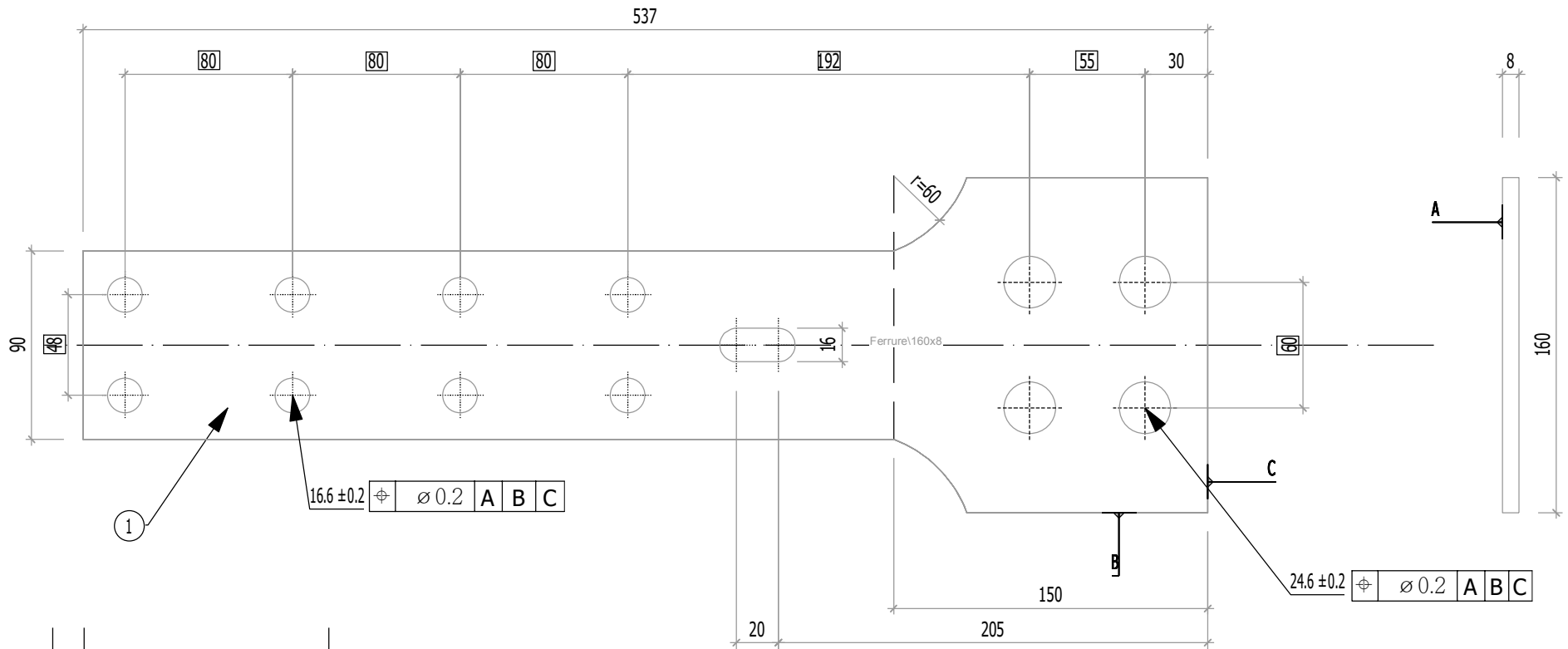
$$F_{bs,\text{major},d} = 1,2 \cdot 247,97 = 297,57 \text{ kN}$$

297,6 kN



4.2.2

Echelle:1:5



1		30	Ferrure								
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0572492 m ²							
Matière	Traitement			Tol généré	Usinage	Ech					
S 460 ou équivalent			Ciser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	X ^{+0,5} _{-0,5}	Ra12,5	1:3	Echelle: 1: 3				
ENSTIB-LERMAB-CRITT				MASSE		Dessinateur: ALBERT LEO					
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS				3.595 kg		Date: 03.04.2020					
ENSTIB		Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76				Feuille: Ind:					
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9											

F1.2.1/4.2.1/4.2.2

1. Assemblage CLT en simple cisaillement avec plaque métallique latérale sollicité en traction 2x4

1.1. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes :	Broches
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 boulon de part et d'autre de l'assemblage
Renforcement de l'assemblage	Pas de renforcement d'assemblage, les plis croisés empêchent la traction transversale.
Section CLT :	28 X 108 mm => (4/20/4)
Section métal :	8 X 70 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète.

1.2. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur moyenne. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est : mode (f) => soit le mode I suivant les calculs de l'EC5.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

- Diamètre des organes: $d = 12 \text{ mm}$ tolérance (h7)
- Classe des broches: 8.8
 - Résistance en traction des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900 \text{ Mpa}$ (données fournisseurs : VIAL FRERES)
 - Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Limite d'élasticité des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720 \text{ Mpa}$ (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)
 - Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0.3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot 2.6 = 0.3 \cdot 900 \cdot 12^2 \cdot 2.6 = 172677 \text{ N.mm}$
 - Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0.3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot 2.6 = 0.3 \cdot 947 \cdot 12^2 \cdot 2.6 = 181613 \text{ N.mm}$

1.3.2. Bois

- * Classe de résistance: (KLH) C24
- * Masse volumique: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61 \text{ kg/m}^3$ (COV = 0,15)
- * Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500 \text{ Mpa}$
- * Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46 \text{ MPa}$ (COV = 0,15)
- * Résistance en cisaillement: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64 \text{ Mpa}$ (COV = 0,15)
- * Portance locale: (EC5)
 - Valeurs caractéristiques:
 - Parallèle au fil: $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,k} = f_{h,e1,k} = f_{h,e3,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k$
 - $f_{h,0,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 12) \cdot 385 = 27,78 \text{ Mpa}$
 - Perpendiculaire au fil: $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$
 - $f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,k} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 12) \cdot 385) / (1,53 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 18,16 \text{ Mpa}$
 - Valeurs moyennes:
 - Parallèle au fil: $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,mean} = f_{h,e1,mean} = f_{h,e3,mean} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}$
 - $f_{h,0,mean} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 12) \cdot 510,61 = 36,85 \text{ Mpa}$
 - Perpendiculaire au fil: $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$
 - $f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,mean} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 12) \cdot 510,61) / (1,53 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 24,08 \text{ Mpa}$

* Portance locale : (Blass)

Valeurs caractéristiques :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,k} = f_{h,el,k} = f_{h,e3,k} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_k^{(1,16)}$$

$$f_{h,0,k} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 385^{(1,16)} = 28,64 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_k^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,k} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 385^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 26,04 \text{ Mpa}$$

Valeurs moyennes :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,mean} = f_{h,el,mean} = f_{h,e3,mean} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{(1,16)}$$

$$f_{h,0,mean} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 510,61^{(1,16)} = 39,74 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,mean} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 510,61^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 36,13 \text{ Mpa}$$

1.3.3. Métal

- Nuance d'acier: S460
- Module d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé « N » $f_u = \text{Mpa}$

1.4. Vérification du mode de rupture en valeurs MOYENNE

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois: $hb = 108 \text{ mm}$
 - Épaisseur des éléments bois:
 - $e1 = 4 \text{ mm} \Rightarrow 0^\circ$
 - $e2 = 20 \text{ mm} \Rightarrow 90^\circ$
 - $e3 = 4 \text{ mm} \Rightarrow 0^\circ$
 - $et = 28 \text{ mm}$
- $$e_i = \sum_{i=1}^n e_i$$

1.4.2. Calculs de l'effort MOYEN plastique d'une tige (EC5)

1.4.2.1 ECS

$$\beta = \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} = \frac{f_{h,90}}{f_{h,0}}$$

$$mode(f) = d \cdot (e_1 \cdot f_{h,e_1} + e_2 \cdot f_{h,e_2} + e_3 \cdot f_{h,e_3})$$

$$mode(d_1) = f_{h,e_1} \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,e_1} d} - \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} \left(\frac{e_2^2}{2} + e_2 e_3 \right) - \frac{f_{h,e_3}}{f_{h,e_1}} \frac{e_3^2}{2} + \frac{(e_2 + e_3)^2}{2} + \frac{(e_1 + e_2 + e_3)^2}{2}} - e_1 - 2e_2 - 2e_3 \right) d + f_{h,e_2} e_2 d + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$mode(d_2) = -f_{h,e_1} e_1 d + f_{h,e_2} d \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,e_2} d} + \frac{f_{h,e_1}}{f_{h,e_2}} \left(\frac{e_1^2}{2} + e_1 e_2 + e_1 e_3 \right) - \frac{f_{h,e_3}}{2 f_{h,e_2}} e_3^2 + e_3^2 + \frac{e_2^2}{2} + e_2 e_3 - e_2 - 2e_3} \right) + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$mode(d_3) = -f_{h,e_1} e_1 d - f_{h,e_2} e_2 d + f_{h,e_3} d \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,e_3} d} + \frac{f_{h,e_1}}{f_{h,e_3}} e_1 \left(\frac{e_1}{2} + e_2 + e_3 \right) + \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_3}} e_2 \left(\frac{e_2}{2} + e_3 \right) + \frac{e_3^2}{2} - e_3} \right)$$

$$mode(e_1) = f_{h,e_1} \left(\sqrt{\frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,e_1} d} - \frac{2f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} \left(\frac{e_2^2}{2} + e_2 e_3 \right) - \frac{f_{h,e_3}}{f_{h,e_1}} e_3^2 + (e_2 + e_3)^2} - e_2 - e_3 \right) d + f_{h,e_2} e_2 d + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$mode(e_2) = f_{h,e_2} \left(\sqrt{\frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,e_2} d} - \frac{f_{h,e_3}}{f_{h,e_2}} e_3^2 + e_3^2 - e_3} \right) d + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$mode(e_3) = f_{h,e_3} d \sqrt{\frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,e_3} d}}$$

- Formules calculées à partir de l'analyse limite, aucun coefficient statistique n'est inclus.

9316,89 N	mode (f)	
11081,71 N	mode (d1)	
10826,06 N	mode (d2)	
14175,38 N	mode (d3)	
15887,26 N	mode (e1)	→ 9316,89 N mode (f)
15077,27 N	mode (e2)	
17922 N	mode (e3)	

- Contribution de l'effet de corde:
 Mode (X) dimensionnant
 Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax}, R_{mean}; X \cdot F_{v}, R_{mean})$
 Pour des broches, $X = 0$

1.4.2.2 BLASS

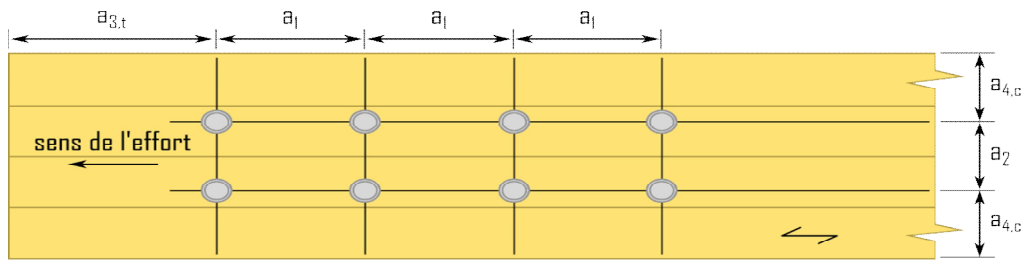
- Les formules utilisées sont les mêmes qu'au 1.4.2.1, seuls les valeurs de portances changent

$$F_v, R_{\text{mean}} = \min \begin{array}{l} 12486,67 \text{ N} \quad \text{mode (f)} \\ 12728,4 \text{ N} \quad \text{mode (d1)} \\ 12698,3 \text{ N} \quad \text{mode (d2)} \\ 13589,15 \text{ N} \quad \text{mode (d3)} \\ 18054,79 \text{ N} \quad \text{mode (e1)} \\ 17912,16 \text{ N} \quad \text{mode (e2)} \\ 18613,43 \text{ N} \quad \text{mode (e3)} \end{array} \rightarrow 12486,67 \text{ N} \quad \text{mode (f)}$$

- Contribution de l'effet de corde:
Mode (X) dimensionnant
Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax}, R_{\text{mean}}; X \cdot F_v, R_{\text{mean}})$
Pour des broches, $X = 0$

1.5. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs MOYENNES partie bois

1.5.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

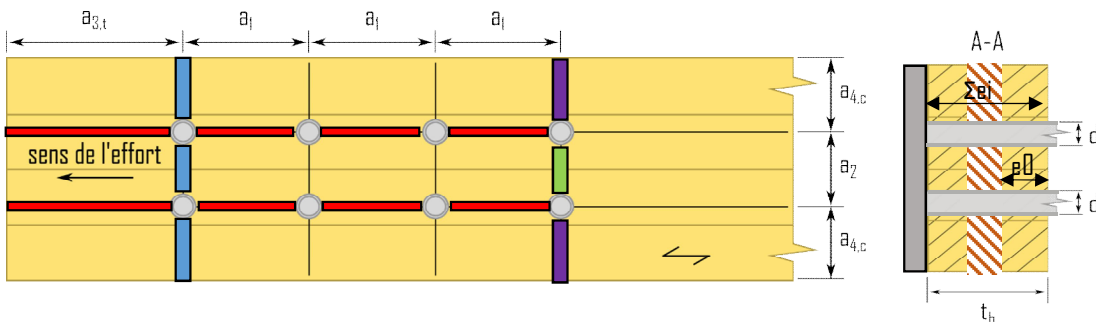
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 12; 80 \text{ mm}) = 84 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

1.5.2. Calculs des sections nettes



$A_{net,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot \sum e_0 = (108 - 2 \cdot 12) \cdot (4+4) = 672 \text{ mm}^2$

$L_{net,v} = 2 \cdot a_3 + 2 \cdot (nc - 1) \cdot (a_1 - d) - d = 2 \cdot 84 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (60 - 12) - 12 = 444 \text{ mm}$
 $A_{net,v} = L_{net,v} \cdot \sum e_i = 444 \cdot (4+20+4) = 12432 \text{ mm}^2$

$L_{net,t,int} = (nr - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$
 $A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot \sum e_0 = 24 \cdot (4+4) = 192 \text{ mm}^2$

$L_{net,t,ext} = hb - d - (nr - 1) \cdot a_2 = 108 - 12 - (2 - 1) \cdot 36 = 60 \text{ mm}$
 $A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot \sum e_0 = 60 \cdot (4+4) = 480 \text{ mm}^2$

1.5.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" correspond globalement à la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction ramène ce coefficient à "1,25", néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,R,mean,ass} = \max \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot f_{t,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot f_{v,mean} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot f_{t,0,mean} \end{array} \right] = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot 480 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 12432 \cdot 4,64 \end{array} \right] \\ \min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot 192 \cdot 25,46 \\ 6111 \end{array} \right] \end{array} \right] = \max \left[\begin{array}{l} 15279 \\ 40396 \end{array} \right]$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 15,279 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

1.5.4. Détermination de la résistance à la traction de la section nette

$F_{v,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,D,mean} = 672 \cdot 25,46 = 17,112 \text{ kN}$

1.5.5. Raideur de l'assemblage estimée

1.5.5.1 Eurocode 5

$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 12 / 23 = 4490,84 \text{ N/mm}$

$K_{ser,ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 4490,84 = 143706,8 \text{ N/mm}$

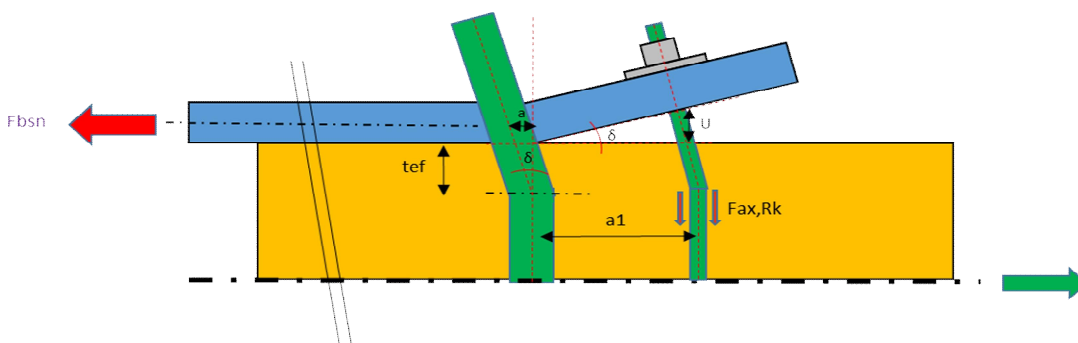
1.5.6 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.5.6.1 Hypothèse organe

Fermeture de l'assemblage par un boulon traversant

Propriétés caractéristiques de géométrie	Propriétés caractéristiques de résistance
Diamètre = 8 mm Classe : 8,8 $A_s = 36,6 \text{ mm}^2$	$F_{ub} = 800 \text{ Mpa}$

1.5.6.2 Détermination de la capacité de l'organe



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, non présentée dans cette NDC), la déformation de l'assemblage sera donc limité à $x = F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit $11,5 \text{ kN}$, et K la raideur total de l'assemblage. L'ouverture de l'assemblage en bout de plaque est causée par la déformation des 2

Le boulon se plie avec un angle de $\delta = (F/K) / l_{broche} = (2,9/71,9) / 15,2 = 0,003 \text{ rad}$

=> l_{broche} déterminé à partir de la position de la rotule plastique par rapport à son mode de rupture caractéristique

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique d'effort

- Effort dans l'organe :
- Déplacement u de l'organe de fermeture : $u = a \cdot \delta = 5,8 \cdot 0,003 = 0,11 \text{ mm}$
- Raideur d'enfoncement de la rondelle : $K_{ferm} = 9500 \text{ N/mm}$
- Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_{ax,Rk} = K_{ferm} \cdot u = 9500 \cdot 0,11 = 1002,04 \text{ N}$

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique de résistance

- Résistance du boulon
- Air nette du boulon : $36,6 \text{ mm}^2$
- Traction du boulon : $F_{t,Rk} = k_2 \cdot A_s \cdot f_{ub} = 0,9 \cdot 36,6 \cdot 800 = 26352 \text{ N}$
- Résistance de la rondelle
- Compression sous la rondelle : $F_{ax,Rk} = \pi/4 \cdot (D_{ext}^2 - D_{int}^2) \cdot 3 \cdot f_{c,90,k} = \pi/4 \cdot (60^2 - 8,6^2) \cdot 3 \cdot 2,5 = 20770 \text{ N}$

1.5.6.3 Vérification capacité du boulon

$$\min(F_{ax,Rk}; F_{t,Rk}) \cdot n_{boulon} > F_{v,Rk,H}$$

$$\min(20770; 26352) \cdot 1 > 1002,04 \text{ N}$$

Il faut donc disposer de 1 boulon afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique

1.5.7. Synthèse du dimensionnement partie bois en valeurs moyennes

1.5.7.1 Valeurs moyennes

Plastique
 $F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 1,8 \cdot 9316,89 = 74,5 \text{ kN}$

Rupture de bloc
 $F_{bs,Rmean,ass} = 15,3 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

Traction nette
 $F_{v,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 672 \cdot 25,46 = 17,1 \text{ kN}$

1.5.7.2 Valeurs majorées

Une majoration de 1,2 est multipliée aux valeurs moyennes de dimensionnement des parties bois, afin de privilégier au maximum une rupture dans le bois, et non dans l'acier

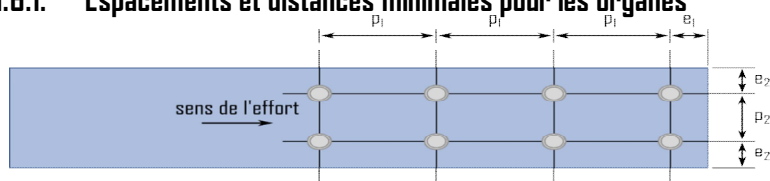
Plastique majorée
 $F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 74535,08 \cdot 1,2 = 89,4 \text{ kN}$

Rupture de bloc majorée
 $F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 15278,51 \cdot 1,2 = 18,3 \text{ kN}$

Traction nette majorée
 $F_{v,Rmajor,ass,traction} = F_{v,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 1,2 \cdot 17111,94 = 20,5 \text{ kN}$

1.6. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organges



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage:

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique:

$$d_0 = d + j = 12 + 0,6 = 12,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale:

$$\text{Critère } (2,2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 60 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2,4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 36 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 20 \text{ mm}$$

· Pince transversale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 17 \text{ mm}$$

1.6.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique: $h_m = 70 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique: $t_m = 8 \text{ mm}$

1.6.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

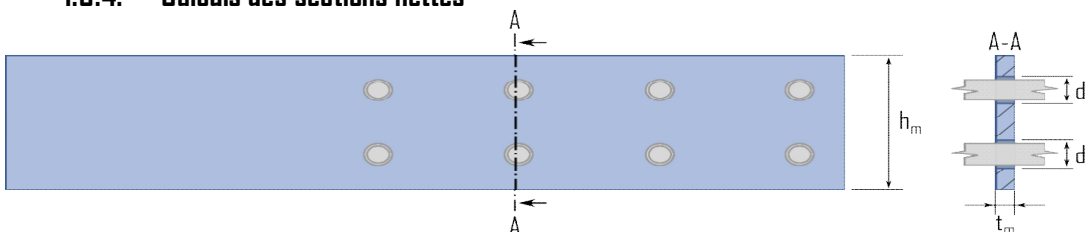
$$k_1 = \min(2,8 \cdot 17 / 12,6 - 1,7; 1,4 \cdot 36 / 12,6 - 1,7; 2,5) = 2,08$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

$$\alpha_b = \min(20 / (3 \cdot 12,6); 60 / (3 \cdot 12,6) - 0,25; 900 / 540; 1) = 0,53$$

$$N_b, Rk, ass = n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,08 \cdot 0,53 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 455,9 \text{ kN}$$

1.6.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (70 - 2 \cdot 12,6) \cdot 8 = 358,4 \text{ mm}^2$$

Aire par tôle cisailée

$$A_{net,m,ass} = A_{net,m} \cdot n_{plaque} = 358,4 \cdot 1 = 358,4 \text{ mm}^2$$

1.6.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_u, Rk, ass = 0,9 \cdot A_{net,m,ass} \cdot f_{u,k,m} = 0,9 \cdot 358 \cdot 540 = 174,2 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 70 \cdot 8 \cdot 460 = 257,6 \text{ kN}$$

1.7. Indication de la rigidité des éléments

* Bois : $E_{0,mean-hb-et-nplan} = 11500 \cdot 108 \cdot 28 \cdot 1 = 34776 \text{ kN}$

* Métal : $E_{m,mean-hm-tm} = 210000 \cdot 70 \cdot 8 = 117600 \text{ kN}$

Écart de rigidité ((Métal-Bois)/Métal) = 70 %

1.8. Récapitulatif des résultats

1.8.1. Bois majoré

Plastique majorée

$$F_v, R_{\text{major, ass, plastique}} = F_v, R_{\text{mean, ass, plastique}} \cdot 1,2 = 74535,08 \cdot 1,2 = 89,4 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

$$F_{bs}, R_{\text{major, ass}} = F_{bs}, R_{\text{mean, ass}} \cdot 1,2 = 15278,51 \cdot 1,2 = 18,3 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_v, R_{\text{major, ass, traction}} = F_v, R_{\text{mean, ass, traction}} \cdot 1,2 = 1,2 \cdot 17111,94 = 20,5 \text{ kN}$$

1.8.2. Renforcement

· Boulon de fermeture :

1 boulon en extrémité afin de fermer l'assemblage (mode I).

$$\min(F_{ax}, R_k, F_t, R_k) \cdot n_{\text{boulon}} > F_v, R_k, H$$

$$\min(20770; 26352) = 20770 \cdot 1 > 592,75 \text{ N}$$

1.8.3. Métal

Pression diamétrale

$$N_b, R_k, \text{ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u, k, m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,08 \cdot 0,53 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 455,9 \text{ kN}$$

Section nette

$$N_u, R_k, \text{ass} = 0,9 \cdot A_{\text{net, m, ass}} \cdot f_u, k, m = 0,9 \cdot 358 \cdot 540 = 174,2 \text{ kN}$$

$$N_{pl}, R_k, \text{ass} = A_m \cdot f_y, \text{mean, m} = 70 \cdot 8 \cdot 460 = 257,6 \text{ kN}$$

1.9. Calcul de résistance avec la nouvelle version de l'EC5

Épaisseur efficace $t_{ef}(e)$

Pénétration total de l'organe

$$L_{p,i}/d = 10/12 = 0,83 < 7 \Rightarrow t_{ef}(e) = l \cdot t_l = 10 \text{ mm}$$

Longueur nette cisailé

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 60 \cdot (4 - 1) + 84 = 264 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{\text{mean}}/E_{0,\text{mean}}) = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(690/11500) = 0,74$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,l,d} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,\text{mean},d} = 0,74 \cdot 28 \cdot 264 \cdot 4,64 = 25,49 \text{ kN}$$

1.9.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files

Résistance total

$$F_{rs,d} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,l,d} = 2 \cdot 2 \cdot 25,492,11 = 101,97 \text{ kN}$$

1.9.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Surface de traction nette

$$L_{\text{net},t,\text{int}} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$$

$$A_{\text{net},t,\text{int}} = L_{\text{net},t,\text{int}} \cdot t_b = 24 \cdot (4 + 4) = 192 \text{ mm}^2$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,d} = A_{\text{net},t,\text{int}} \cdot f_{t,0,\text{mean}} = 192 \cdot 25,46 = 4,89 \text{ kN}$$

$$F_{bs,d} = 2 \cdot F_{v,l,d} + F_{t,d} = 2 \cdot 25,49 + 4,89 = 55,87 \text{ kN}$$

1.9.3. Récapitulatif des résultats EC5 nouvelle version

Rupture de bloc par files

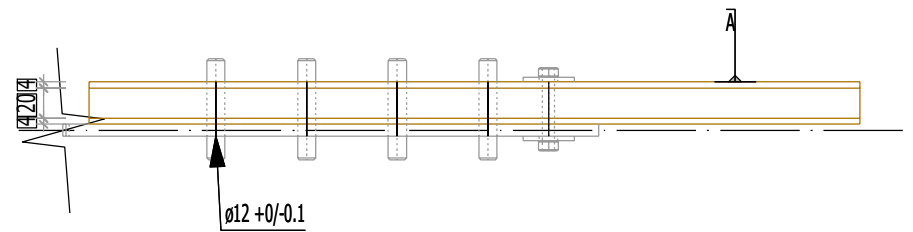
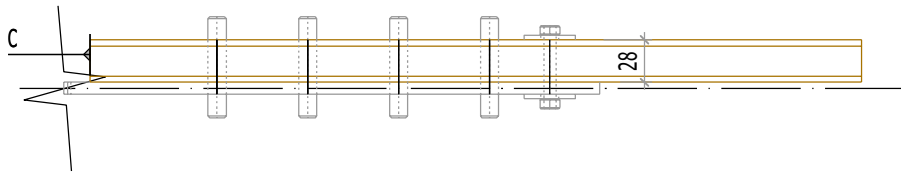
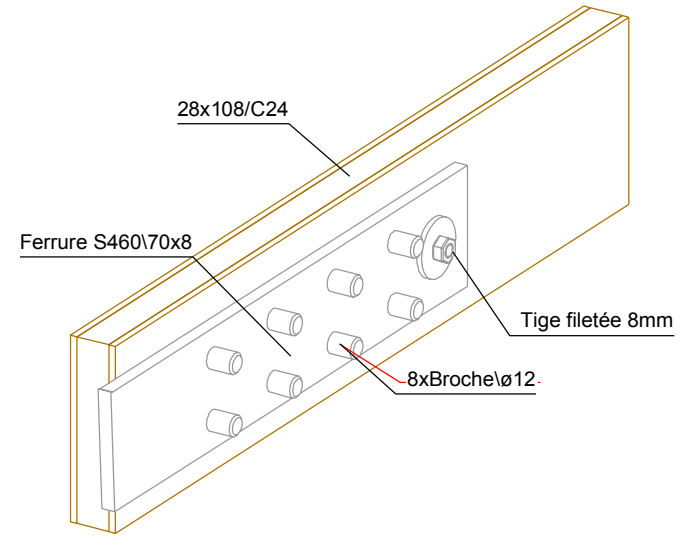
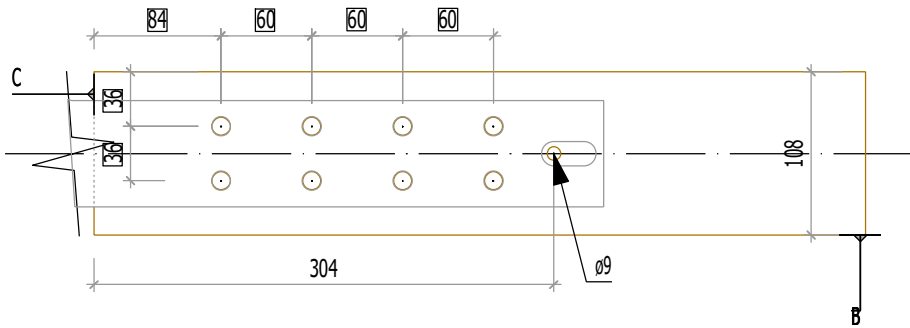
$$F_{rs,d} = 101,97 \text{ kN}$$

$$F_{rs,\text{major},d} = 1,2 \cdot F_{rs,d} = 1,2 \cdot 101,97 = 122,36 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

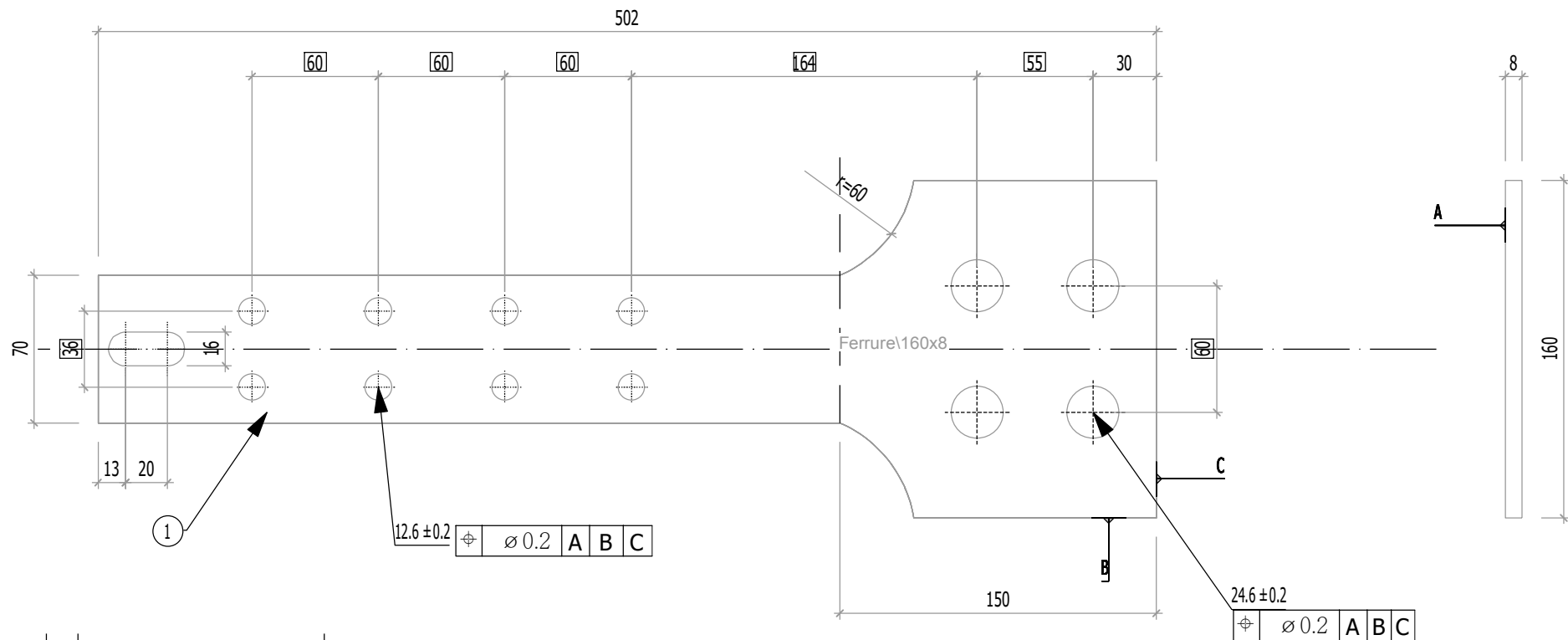
$$F_{bs,d} = 55,87 \text{ kN}$$

$$F_{bs,\text{major},d} = 1,2 \cdot 55,87 = 67,05 \text{ kN}$$



5.1.2

Echelle:1:5



1		106	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0465105 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent		Ciser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	X ^{+0,5} _{0,5}	Ra12,5 <small>indicateurs coniques</small>
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Echelle: 1: 3
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			2.921 kg	Dessinateur: ALBERT LEO Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F2.1.1/2.1.2/2.1.3/5.1.2/5.1.3

1. Assemblage CLT en simple cisaillement avec plaque métallique latérale sollicité en traction 2x4

1.1. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes :	Broches
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 boulon de part et d'autre de l'assemblage
Renforcement de l'assemblage	Pas de renforcement d'assemblage, les plis croisés empêchent la traction transversale.
Section CLT :	90 X 108 mm => (30/30/30)
Section métal :	8 X 70 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète.

1.2. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur moyenne. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est : mode (d2) => soit le mode 2 suivant les calculs de l'EC5.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

- Diamètre des organes: $d = 12 \text{ mm}$ tolérance (h7)
- Classe des broches: 8.8
 - Résistance en traction des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900 \text{ Mpa}$ (données fournisseurs : VIAL FRERES)
 - Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Limite d'élasticité des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720 \text{ Mpa}$ (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)
 - Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0.3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot 2.6 = 0.3 \cdot 900 \cdot 12^2 \cdot 2.6 = 172677 \text{ N.mm}$
 - Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0.3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot 2.6 = 0.3 \cdot 947 \cdot 12^2 \cdot 2.6 = 181613 \text{ N.mm}$

1.3.2. Bois

- * Classe de résistance: (KLH) C24
- * Masse volumique: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61 \text{ kg/m}^3$ (COV = 0,15)
- * Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500 \text{ Mpa}$
- * Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46 \text{ MPa}$ (COV = 0,15)
- * Résistance en cisaillement: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64 \text{ Mpa}$ (COV = 0,15)
- * Portance locale: (EC5)
 - Valeurs caractéristiques:
 - Parallèle au fil: $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,k} = f_{h,e1,k} = f_{h,e3,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k$
 - $f_{h,0,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 12) \cdot 385 = 27,78 \text{ Mpa}$
 - Perpendiculaire au fil: $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$
 - $f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,k} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 12) \cdot 385) / (1,53 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 18,16 \text{ Mpa}$
 - Valeurs moyennes:
 - Parallèle au fil: $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,mean} = f_{h,e1,mean} = f_{h,e3,mean} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}$
 - $f_{h,0,mean} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 12) \cdot 510,61 = 36,85 \text{ Mpa}$
 - Perpendiculaire au fil: $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$
 - $f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,mean} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 12) \cdot 510,61) / (1,53 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 24,08 \text{ Mpa}$

* Portance locale : (Blass)

Valeurs caractéristiques :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,k} = f_{h,el,k} = f_{h,e3,k} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_k^{(1,16)}$$

$$f_{h,0,k} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 385^{(1,16)} = 28,64 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_k^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,k} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 385^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 26,04 \text{ Mpa}$$

Valeurs moyennes :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,mean} = f_{h,el,mean} = f_{h,e3,mean} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{(1,16)}$$

$$f_{h,0,mean} = 0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 510,61^{(1,16)} = 39,74 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,mean} = (0.035 \cdot (1 - 0.015 \cdot 12) \cdot 510,61^{(1,16)}) / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 36,13 \text{ Mpa}$$

1.3.3. Métal

- Nuance d'acier: S460
- Module d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé « N » $f_u = \text{Mpa}$

1.4. Vérification du mode de rupture en valeurs MOYENNE

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois : $hb = 108 \text{ mm}$
 - Épaisseur des éléments bois : $e1 = 30 \text{ mm} \Rightarrow 0^\circ$
 $e2 = 30 \text{ mm} \Rightarrow 90^\circ$
 $e3 = 30 \text{ mm} \Rightarrow 0^\circ$
 $et = 90 \text{ mm}$
- $$e_i = \sum_{i=1}^n e_i$$

1.4.2. Calculs de l'effort MOYEN plastique d'une tige (EC5)

1.4.2.1 ECS

$$\beta = \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} = \frac{f_{h,90}}{f_{h,0}}$$

$$\text{mode}(f) = d \cdot (e_1 \cdot f_{h,e_1} + e_2 \cdot f_{h,e_2} + e_3 \cdot f_{h,e_3})$$

$$\text{mode}(d_1) = f_{h,e_1} \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,e_1} d} - \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} \left(\frac{e_2^2}{2} + e_2 e_3 \right) - \frac{f_{h,e_3}}{f_{h,e_1}} \frac{e_3^2}{2} + \frac{(e_2 + e_3)^2}{2} + \frac{(e_1 + e_2 + e_3)^2}{2}} - e_1 - 2e_2 - 2e_3 \right) d + f_{h,e_2} e_2 d + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$\text{mode}(d_2) = -f_{h,e_1} e_1 d + f_{h,e_2} d \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,e_2} d} + \frac{f_{h,e_1}}{f_{h,e_2}} \left(\frac{e_1^2}{2} + e_1 e_2 + e_1 e_3 \right) - \frac{f_{h,e_3}}{2 f_{h,e_2}} e_3^2 + e_3^2 + \frac{e_2^2}{2} + e_2 e_3 - e_2 - 2e_3} \right) + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$\text{mode}(d_3) = -f_{h,e_1} e_1 d - f_{h,e_2} e_2 d + f_{h,e_3} d \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,e_3} d} + \frac{f_{h,e_1}}{f_{h,e_3}} e_1 \left(\frac{e_1}{2} + e_2 + e_3 \right) + \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_3}} e_2 \left(\frac{e_2}{2} + e_3 \right) + \frac{e_3^2}{2} - e_3} \right)$$

$$\text{mode}(e_1) = f_{h,e_1} \left(\sqrt{\frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,e_1} d} - \frac{2f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} \left(\frac{e_2^2}{2} + e_2 e_3 \right) - \frac{f_{h,e_3}}{f_{h,e_1}} e_3^2 + (e_2 + e_3)^2} - e_2 - e_3 \right) d + f_{h,e_2} e_2 d + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$\text{mode}(e_2) = f_{h,e_2} \left(\sqrt{\frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,e_2} d} - \frac{f_{h,e_3}}{f_{h,e_2}} e_3^2 + e_3^2 - e_3} \right) d + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$\text{mode}(e_3) = f_{h,e_3} d \sqrt{\frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,e_3} d}}$$

- Formules calculées à partir de l'analyse limite, aucun coefficient statistique n'est inclus.

Fv,Rmean = min	35198,41 N	mode (f)	→	17367,81 N	mode (d2)
	17691,62 N	mode (d1)			
	17367,81 N	mode (d2)			
	20681,09 N	mode (d3)			
	17856,03 N	mode (e1)			
	17637,03 N	mode (e2)			
	17922 N	mode (e3)			

- Contribution de l'effet de corde:
 Mode (X) dimensionnant
 Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax}, R_{mean}; X \cdot F_{v}, R_{mean})$
 Pour des broches, $X = 0$

1.4.2.2 BLASS

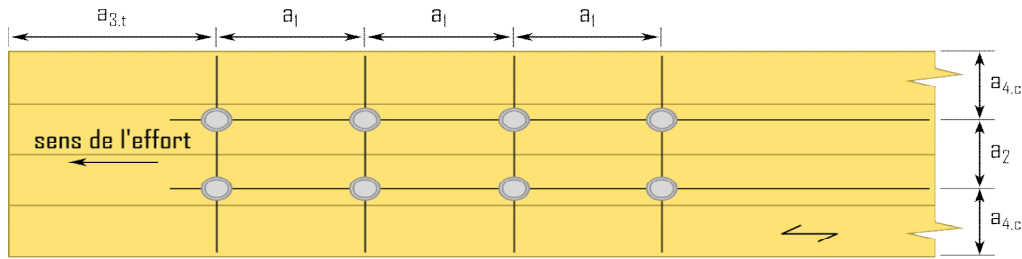
- Les formules utilisées sont les mêmes qu'au 1.4.2.1, seuls les valeurs de portances changent

$$F_v, R_{\text{mean}} = \min \begin{array}{l} 41622,23 \text{ N mode (f)} \\ 20141,54 \text{ N mode (d1)} \\ 20102,42 \text{ N mode (d2)} \\ 20984,12 \text{ N mode (d3)} \\ 18756,46 \text{ N mode (e1)} \\ 18564,68 \text{ N mode (e2)} \\ 18613,43 \text{ N mode (e3)} \end{array} \rightarrow 18564,68 \text{ N mode (e2)}$$

- Contribution de l'effet de corde:
Mode (X) dimensionnant
Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax}, R_{\text{mean}}; X \cdot F_v, R_{\text{mean}})$
Pour des broches, $X = 0$

1.5. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs MOYENNES partie bois

1.5.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a_1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

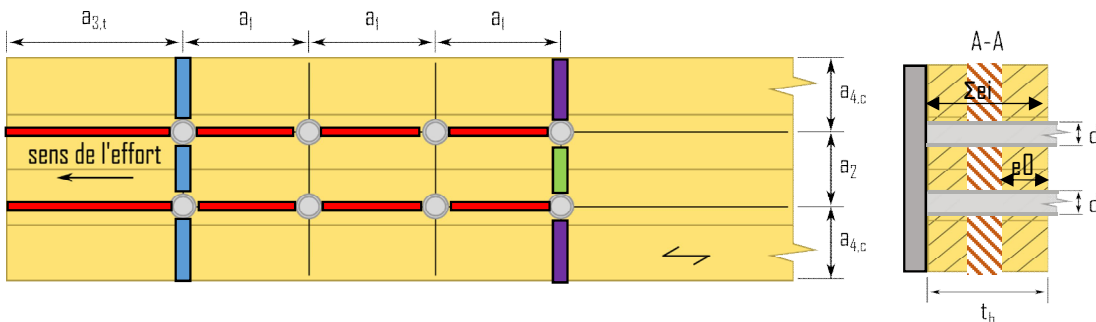
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 12; 80 \text{ mm}) = 84 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

1.5.2. Calculs des sections nettes



$A_{net,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot \sum e_0 = (108 - 2 \cdot 12) \cdot (30 + 30) = 5040 \text{ mm}^2$

$L_{net,v} = 2 \cdot a_3 + 2 \cdot (nc - 1) \cdot (a_1 - d) - d = 2 \cdot 84 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (60 - 12) - 12 = 444 \text{ mm}$
 $A_{net,v} = L_{net,v} \cdot \sum e_i = 444 \cdot (30 + 30 + 30) = 39960 \text{ mm}^2$

$L_{net,t,int} = (nr - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$
 $A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot \sum e_0 = 24 \cdot (30 + 30) = 1440 \text{ mm}^2$

$L_{net,t,ext} = hb - d - (nr - 1) \cdot a_2 = 108 - 12 - (2 - 1) \cdot 36 = 60 \text{ mm}$
 $A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot \sum e_0 = 60 \cdot (30 + 30) = 3600 \text{ mm}^2$

1.5.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" correspond globalement à la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction ramène ce coefficient à "1,25", néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,R,mean,ass} = \max \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot f_{t,0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot f_{v,mean} \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot f_{t,0,mean} \end{array} \right] = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot 3600 \cdot 25,4E \\ 0,7 \cdot 39960 \cdot 4,64 \end{array} \right] \\ 1,25 \cdot 1440 \cdot 25,4E \end{array} \right] = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 114589 \\ 129844 \end{array} \right] \\ 45836 \end{array} \right]$$

$F_{bs, R_{mean, ass}} = 114,589 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

1.5.4. Détermination de la résistance à la traction de la section nette

$F_{v, R_{mean, ass, traction}} = A_{net, b-ft, 0, mean} = 5040 \cdot 25,46 = 128,34 \text{ kN}$

1.5.5. Raideur de l'assemblage estimée

1.5.5.1 Eurocode 5

$K_{ser, organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 12 / 23 = 4490,84 \text{ N/mm}$

$K_{ser, ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser, organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 4490,84 = 143706,8 \text{ N/mm}$

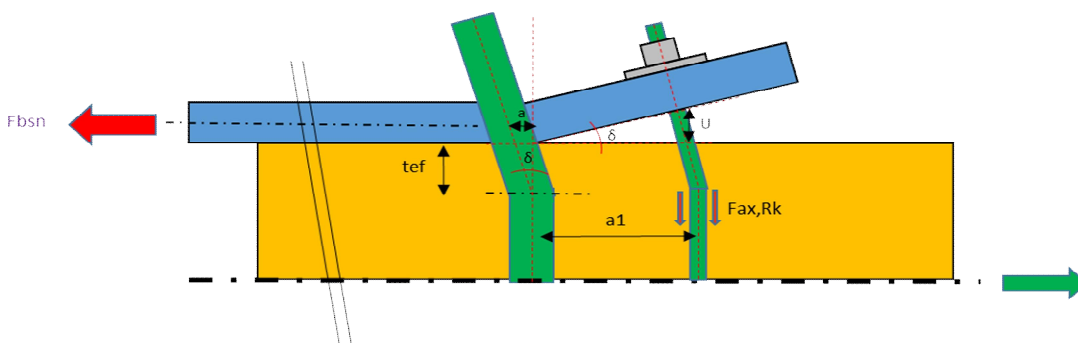
1.5.6 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.5.6.1 Hypothèse organe

Fermeture de l'assemblage par un boulon traversant

Propriétés caractéristiques de géométrie	Propriétés caractéristiques de résistance
Diamètre = 8 mm Classe : 8,8 $A_s = 36,6 \text{ mm}^2$	$F_{ub} = 800 \text{ Mpa}$

1.5.6.2 Détermination de la capacité de l'organe



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, non présentée dans cette NDC), la déformation de l'assemblage sera donc limité à $x = F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 86,4 kN, et K la raideur total de l'assemblage. L'ouverture de l'assemblage en bout de plaque est causée par la déformation des 2

Le boulon se plie avec un angle de $\delta = (F/K) / l_{broche} = (21,6 / 71,9) / 33,88 = 0,009 \text{ rad}$

=> lbroche déterminé à partir de la position de la rotule plastique par rapport à son mode de rupture caractéristique

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique d'effort

- Effort dans l'organe :
- Déplacement u de l'organe de fermeture : $u = a \cdot \delta = 5,8 \cdot 0,009 = 0,35 \text{ mm}$
- Raideur d'enfoncement de la rondelle : $K_{ferm} = 9500 \text{ N/mm}$
- Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_{ax,Rk} = K_{ferm} \cdot u = 9500 \cdot 0,35 = 3371,96 \text{ N}$

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique de résistance

- Résistance du boulon
- Aire nette du boulon : $36,6 \text{ mm}^2$
- Traction du boulon : $F_{t,Rk} = k_2 \cdot A_s \cdot f_{ub} = 0,9 \cdot 36,6 \cdot 800 = 26352 \text{ N}$
- Résistance de la rondelle
- Compression sous la rondelle : $F_{ax,Rk} = \pi/4 \cdot (D_{ext}^2 - D_{int}^2) \cdot 3 \cdot f_{c,90,k} = \pi/4 \cdot (60^2 - 8,6^2) \cdot 3 \cdot 2,5 = 20770 \text{ N}$

1.5.6.3 Vérification capacité du boulon

$$\min(F_{ax,Rk}; F_{t,Rk}) \cdot n_{boulon} > F_{v,Rk,H}$$

$$\min(20770; 26352) \cdot 1 > 3371,96 \text{ N}$$

Il faut donc disposer de 1 boulon afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique

1.5.7. Synthèse du dimensionnement partie bois en valeurs moyennes

1.5.7.1 Valeurs moyennes

Plastique
 $F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 1,8 \cdot 17367,81 = 138,9 \text{ kN}$

Rupture de bloc
 $F_{bs,Rmean,ass} = 114,6 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

Traction nette
 $F_{v,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 5040 \cdot 25,46 = 128,3 \text{ kN}$

1.5.7.2 Valeurs majorées

Une majoration de 1,2 est multipliée aux valeurs moyennes de dimensionnement des parties bois, afin de privilégier au maximum une rupture dans le bois, et non dans l'acier

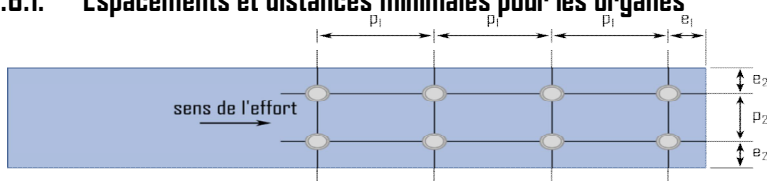
Plastique majorée
 $F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 138942,48 \cdot 1,2 = 166,7 \text{ kN}$

Rupture de bloc majorée
 $F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 114588,86 \cdot 1,2 = 137,5 \text{ kN}$

Traction nette majorée
 $F_{v,Rmajor,ass,traction} = F_{v,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 1,2 \cdot 128339,52 = 154 \text{ kN}$

1.6. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organges



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage:

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique:

$$d_0 = d + j = 12 + 0,6 = 12,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale:

$$\text{Critère } (2,2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 60 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2,4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 36 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 20 \text{ mm}$$

· Pince transversale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 17 \text{ mm}$$

1.6.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique: $h_m = 70 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique: $t_m = 8 \text{ mm}$

1.6.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

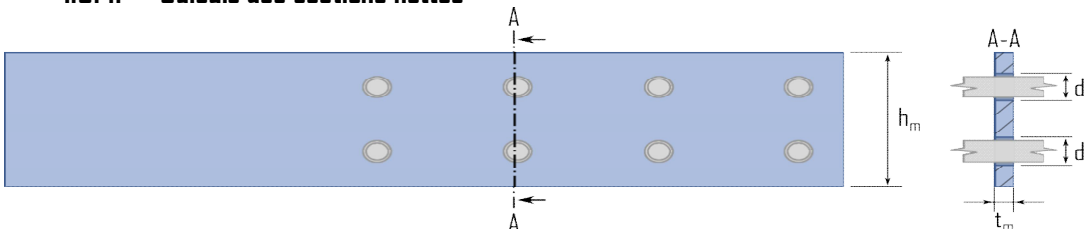
$$k_1 = \min(2,8 \cdot 17 / 12,6 - 1,7; 1,4 \cdot 36 / 12,6 - 1,7; 2,5) = 2,08$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

$$\alpha_b = \min(20 / (3 \cdot 12,6); 60 / (3 \cdot 12,6) - 0,25; 900 / 540; 1) = 0,53$$

$$N_b, Rk, ass = n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,08 \cdot 0,53 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 455,9 \text{ kN}$$

1.6.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (70 - 2 \cdot 12,6) \cdot 8 = 358,4 \text{ mm}^2$$

Aire par tôle cisailée

$$A_{net,m,ass} = A_{net,m} \cdot n_{plaque} = 358,4 \cdot 1 = 358,4 \text{ mm}^2$$

1.6.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_u, Rk, ass = 0,9 \cdot A_{net,m,ass} \cdot f_{u,k,m} = 0,9 \cdot 358 \cdot 540 = 174,2 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 70 \cdot 8 \cdot 460 = 257,6 \text{ kN}$$

1.7. Indication de la rigidité des éléments

* Bois : $E_{0,mean-hb-et-nplan} = 11500 \cdot 108 \cdot 90 \cdot 1 = 111780 \text{ kN}$

* Métal : $E_{m,mean-hm-tm} = 210000 \cdot 70 \cdot 8 = 117600 \text{ kN}$

Écart de rigidité ((Métal-Bois)/Métal) = 5 %

1.8. Récapitulatif des résultats

1.8.1. Bois majoré

Plastique majorée

$$F_v, R_{\text{major, ass, plastique}} = F_v, R_{\text{mean, ass, plastique}} \cdot 1,2 = 138942,48 \cdot 1,2 = 166,7 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

$$F_{bs}, R_{\text{major, ass}} = F_{bs}, R_{\text{mean, ass}} \cdot 1,2 = 114588,86 \cdot 1,2 = 137,5 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_v, R_{\text{major, ass, traction}} = F_v, R_{\text{mean, ass, traction}} \cdot 1,2 = 12128339,52 = 154 \text{ kN}$$

1.8.2. Renforcement

· Boulon de fermeture :

1 boulon en extrémité afin de fermer l'assemblage.

$$\min(F_{ax}, R_k, F_t, R_k) \cdot n_{\text{boulon}} > F_v, R_k, H$$

$$\min(20770; 26352) = 20770 \cdot 1 > 3850,21 \text{ N}$$

1.8.3. Métal

Pression diamétrale

$$N_b, R_k, \text{ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u, k, m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 2,08 \cdot 0,53 \cdot 540 \cdot 12 \cdot 8 = 455,9 \text{ kN}$$

Section nette

$$N_u, R_k, \text{ass} = 0,9 \cdot A_{\text{net, m, ass}} \cdot f_u, k, m = 0,9 \cdot 358 \cdot 540 = 174,2 \text{ kN}$$

$$N_{pl}, R_k, \text{ass} = A_m \cdot f_y, \text{mean, m} = 70 \cdot 8 \cdot 460 = 257,6 \text{ kN}$$

1.9. Calcul de résistance avec la nouvelle version de l'EC5

Épaisseur efficace $t_{ef}(e)$

Pénétration total de l'organe

$$L_{p,i}/d = 41/12 = 3,42 < 11,5 \Rightarrow t_{ef}(e) = l - t_l = 41 \text{ mm}$$

Longueur nette cisailé

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 60 \cdot (4 - 1) + 84 = 264 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{\text{mean}}/E_{0,\text{mean}}) = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(690/11500) = 0,74$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,l,d} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,\text{mean},d} = 0,74 \cdot 90 \cdot 264 \cdot 4,64 = 81,94 \text{ kN}$$

1.9.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files

Résistance total

$$F_{rs,d} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,l,d} = 2 \cdot 2 \cdot 81938,91 = 327,76 \text{ kN}$$

1.9.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Surface de traction nette

$$L_{\text{net},t,\text{int}} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (36 - 12) = 24 \text{ mm}$$

$$A_{\text{net},t,\text{int}} = L_{\text{net},t,\text{int}} \cdot t_b = 24 \cdot (30 + 30) = 1440 \text{ mm}^2$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,d} = A_{\text{net},t,\text{int}} \cdot f_{t,0,\text{mean}} = 1440 \cdot 25,46 = 36,67 \text{ kN}$$

$$F_{bs,d} = 2 \cdot F_{v,l,d} + F_{t,d} = 2 \cdot 81,94 + 36,67 = 200,55 \text{ kN}$$

1.9.3. Récapitulatif des résultats EC5 nouvelle version

Rupture de bloc par files

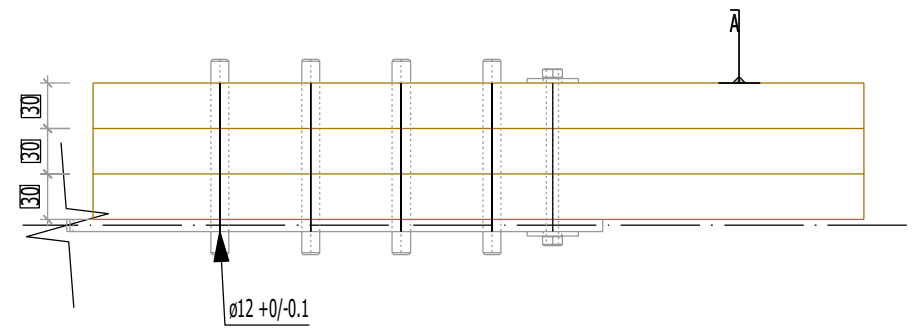
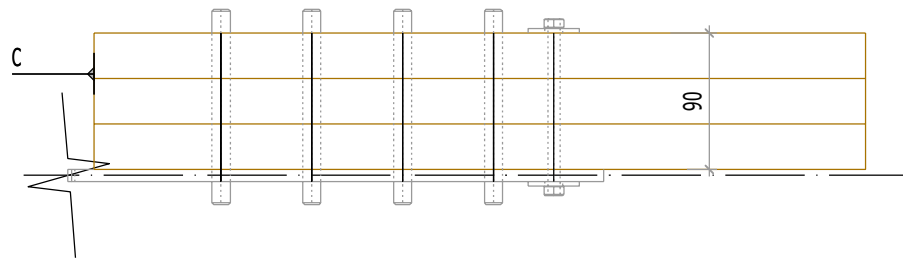
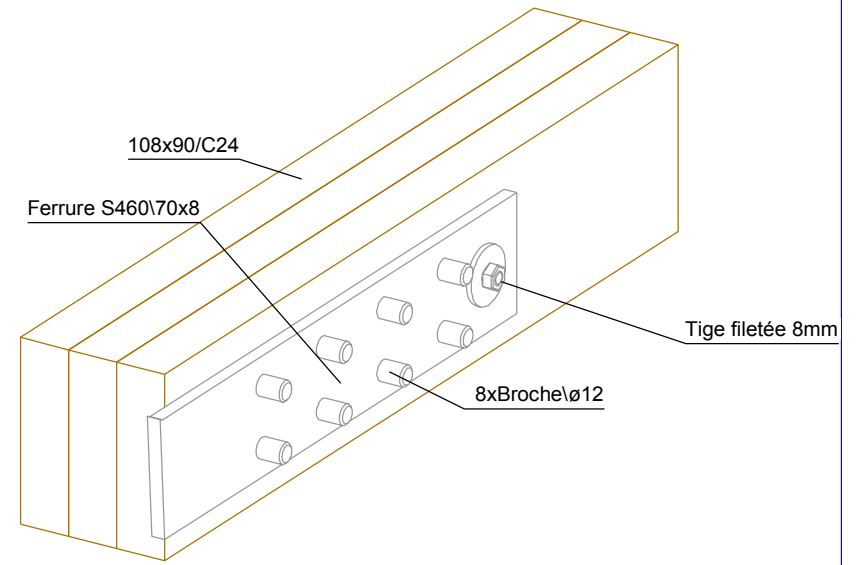
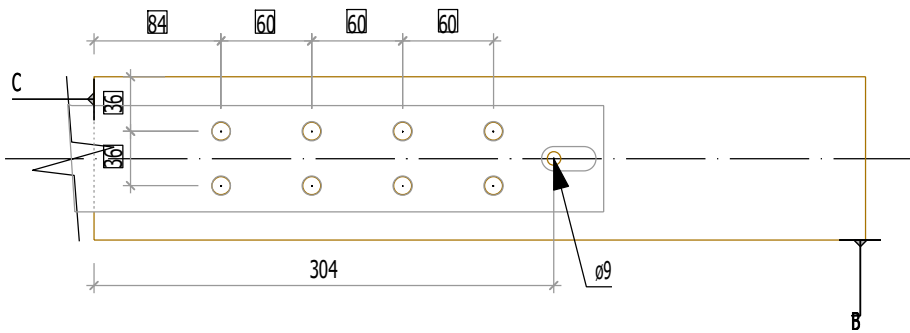
$$F_{rs,d} = 327,76 \text{ kN}$$

$$F_{rs,\text{major},d} = 1,2 \cdot F_{rs,d} = 1,2 \cdot 327,76 = 393,31 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

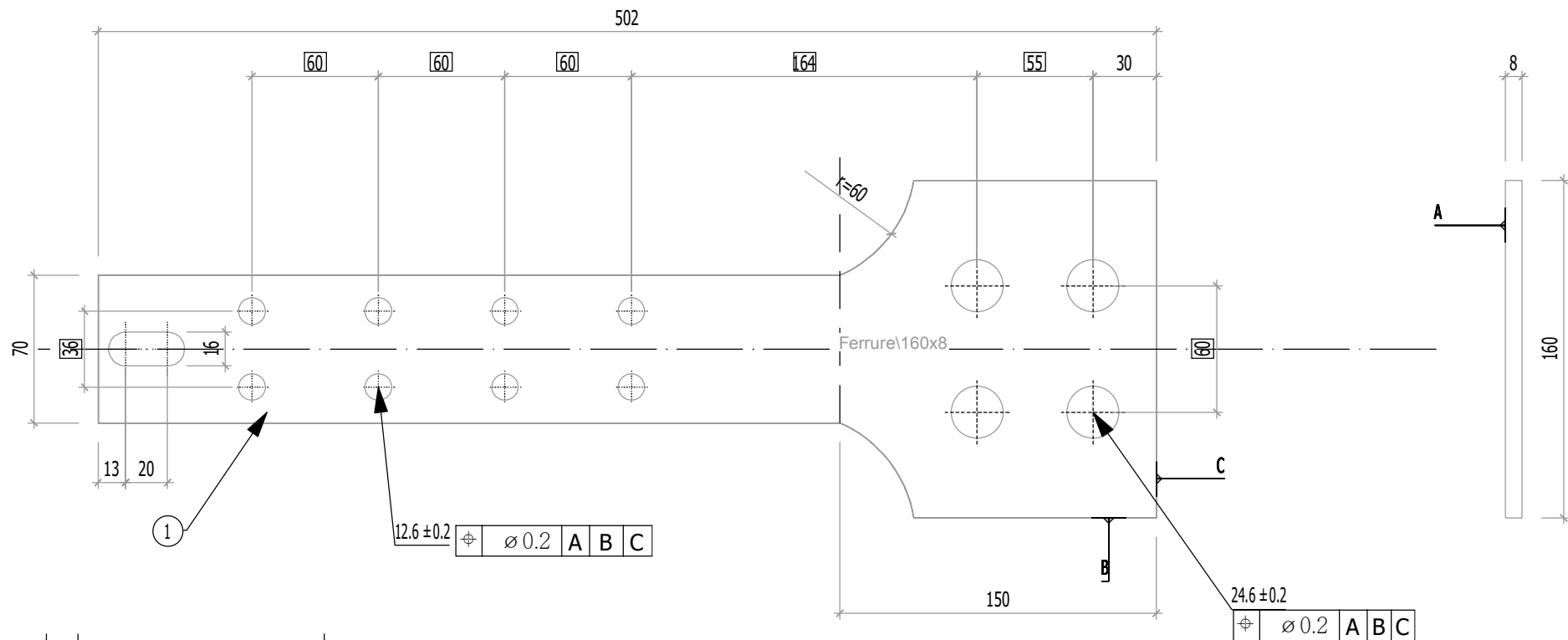
$$F_{bs,d} = 200,55 \text{ kN}$$

$$F_{bs,\text{major},d} = 1,2 \cdot 200,55 = 240,66 \text{ kN}$$



5.1.3

Echelle:1:5



1		106	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0465105 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent		Ciser les angles vifs Ch 0,5 à 45°	X ^{+0,5} _{-0,5}	Ra12,5 <small>indicateurs coniques</small>
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Echelle: 1: 3
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			2.921 kg	Dessinateur: ALBERT LEO Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F2.1.1/2.1.2/2.1.3/5.1.2/5.1.3

1. Assemblage CLT en simple cisaillement avec plaque métallique latérale sollicité en traction 2x4

1.1. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes :	Broches
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 boulon de part et d'autre de l'assemblage
Renforcement de l'assemblage	Pas de renforcement d'assemblage, les plis croisés empêchent la traction transversale.
Section CLT :	$36 \times 144 \text{ mm} \Rightarrow (8/20/8)$
Section métal :	$8 \times 90 \text{ mm}$



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète.

1.2. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur moyenne. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est : mode (f) => soit le mode I suivant les calculs de l'EC5.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

- Diamètre des organes: $d = 16 \text{ mm}$ tolérance (h7)
- Classe des broches: 8.8
 - Résistance en traction des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900 \text{ Mpa}$ (données fournisseurs : VIAL FRERES)
 - Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Limite d'élasticité des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720 \text{ Mpa}$ (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)
 - Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0.3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot 2.6 = 0.3 \cdot 900 \cdot 16^2 \cdot 2.6 = 364818 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 - Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0.3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot 2.6 = 0.3 \cdot 947 \cdot 16^2 \cdot 2.6 = 383695 \text{ N}\cdot\text{mm}$

1.3.2. Bois

- * Classe de résistance: (KLH) C24
- * Masse volumique: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61 \text{ kg/m}^3$ (COV = 0,15)
- * Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500 \text{ Mpa}$
- * Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46 \text{ MPa}$ (COV = 0,15)
- * Résistance en cisaillement: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64 \text{ Mpa}$ (COV = 0,15)
- * Portance locale: (EC5)
 - Valeurs caractéristiques:
 - Parallèle au fil: $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,k} = f_{h,e1,k} = f_{h,e3,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k$
 - $f_{h,0,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 385 = 26,52 \text{ Mpa}$
 - Perpendiculaire au fil: $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 16 = 1,59$
 - $f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,k} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 385) / (1,59 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 16,68 \text{ Mpa}$
 - Valeurs moyennes:
 - Parallèle au fil: $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,mean} = f_{h,e1,mean} = f_{h,e3,mean} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}$
 - $f_{h,0,mean} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 510,61 = 35,17 \text{ Mpa}$
 - Perpendiculaire au fil: $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 16 = 1,59$
 - $f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,mean} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 510,61) / (1,59 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 22,12 \text{ Mpa}$

* Portance locale : (Blass)

Valeurs caractéristiques :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,k} = f_{h,el,k} = f_{h,e3,k} = 0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot d) \cdot \rho_k^{1,16}$$

$$f_{h,0,k} = 0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot 16)^{1,16} \cdot 385 = 26,55 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot d) \cdot \rho_k^{1,16}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,k} = (0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot 16) \cdot 385^{1,16}) / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 24,13 \text{ Mpa}$$

Valeurs moyennes :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,mean} = f_{h,el,mean} = f_{h,e3,mean} = 0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{1,16}$$

$$f_{h,0,mean} = 0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot 16) \cdot 510,61^{1,16} = 36,84 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{1,16}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,mean} = (0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot 16) \cdot 510,61^{1,16}) / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 33,49 \text{ Mpa}$$

1.3.3. Métal

- Nuance d'acier: S460
- Module d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé « N » $f_u = \text{Mpa}$

1.4. Vérification du mode de rupture en valeurs MOYENNE

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois: $hb = 144 \text{ mm}$
 - Épaisseur des éléments bois:
 - $e1 = 8 \text{ mm} \Rightarrow 0^\circ$
 - $e2 = 20 \text{ mm} \Rightarrow 90^\circ$
 - $e3 = 8 \text{ mm} \Rightarrow 0^\circ$
 - $et = 36 \text{ mm}$
- $$e_i = \sum_{i=1}^n e_i$$

1.4.2. Calculs de l'effort MOYEN plastique d'une tige (EC5)

1.4.2.1 ECS

$$\beta = \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} = \frac{f_{h,90}}{f_{h,0}}$$

$$mode(f) = d \cdot (e_1 \cdot f_{h,e_1} + e_2 \cdot f_{h,e_2} + e_3 \cdot f_{h,e_3})$$

$$mode(d_1) = f_{h,e_1} \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,e_1} d} - \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} \left(\frac{e_2^2}{2} + e_2 e_3 \right) - \frac{f_{h,e_3}}{f_{h,e_1}} \frac{e_3^2}{2} + \frac{(e_2 + e_3)^2}{2} + \frac{(e_1 + e_2 + e_3)^2}{2}} - e_1 - 2e_2 - 2e_3 \right) d + f_{h,e_2} e_2 d + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$mode(d_2) = -f_{h,e_1} e_1 d + f_{h,e_2} d \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,e_2} d} + \frac{f_{h,e_1}}{f_{h,e_2}} \left(\frac{e_1^2}{2} + e_1 e_2 + e_1 e_3 \right) - \frac{f_{h,e_3}}{2 f_{h,e_2}} e_3^2 + e_3^2 + \frac{e_2^2}{2} + e_2 e_3 - e_2 - 2e_3} \right) + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$mode(d_3) = -f_{h,e_1} e_1 d - f_{h,e_2} e_2 d + f_{h,e_3} d \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,e_3} d} + \frac{f_{h,e_1}}{f_{h,e_3}} e_1 \left(\frac{e_1}{2} + e_2 + e_3 \right) + \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_3}} e_2 \left(\frac{e_2}{2} + e_3 \right) + \frac{e_3^2}{2} - e_3} \right)$$

$$mode(e_1) = f_{h,e_1} \left(\sqrt{\frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,e_1} d} - \frac{2f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} \left(\frac{e_2^2}{2} + e_2 e_3 \right) - \frac{f_{h,e_3}}{f_{h,e_1}} e_3^2 + (e_2 + e_3)^2 - e_2 - e_3} \right) d + f_{h,e_2} e_2 d + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$mode(e_2) = f_{h,e_2} \left(\sqrt{\frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,e_2} d} - \frac{f_{h,e_3}}{f_{h,e_2}} e_3^2 + e_3^2 - e_3} \right) d + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$mode(e_3) = f_{h,e_3} d \sqrt{\frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,e_3} d}}$$

- Formules calculées à partir de l'analyse limite, aucun coefficient statistique n'est inclus.

Fv,Rmean = min	16082,13 N	mode (f)	→	16082,13 N	mode (f)
	18619,8 N	mode (d1)			
	17821,6 N	mode (d2)			
	22844,32 N	mode (d3)			
	26617,84 N	mode (e1)			
	24875,25 N	mode (e2)			
29388,3 N	mode (e3)				

- Contribution de l'effet de corde:
 Mode (X) dimensionnant
 Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax}, R_{mean}; X \cdot F_{v}, R_{mean})$
 Pour des broches, $X = 0$

1.4.2.2 BLASS

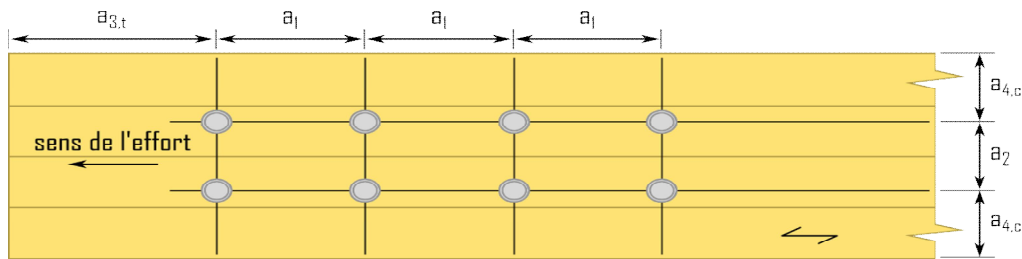
- Les formules utilisées sont les mêmes qu'au 1.4.2.1, seuls les valeurs de portances changent

$$F_v, R_{\text{mean}} = \min \begin{array}{l} 20145,61 \text{ N mode (f)} \\ 20727,03 \text{ N mode (d1)} \\ 20613,02 \text{ N mode (d2)} \\ 21799,77 \text{ N mode (d3)} \\ 29379,77 \text{ N mode (e1)} \\ 29072,64 \text{ N mode (e2)} \\ 30075,71 \text{ N mode (e3)} \end{array} \rightarrow 20145,61 \text{ N mode (f)}$$

- Contribution de l'effet de corde:
Mode (X) dimensionnant
Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax}, R_{\text{mean}}; X \cdot F_v, R_{\text{mean}})$
Pour des broches, $X = 0$

1.5. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs MOYENNES partie bois

1.5.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 16 = 80 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

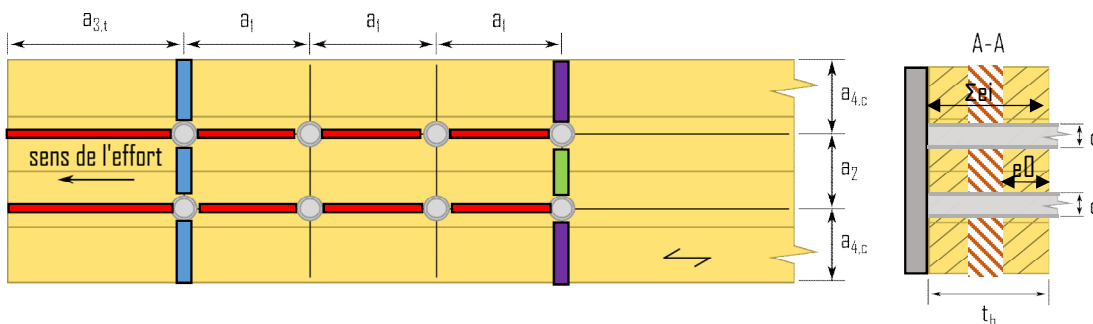
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a3,t = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 16; 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a4,c = 3d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

1.5.2. Calculs des sections nettes



$$\text{Anet,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot \Sigma e0 = (144 - 2 \cdot 16) \cdot (8+8) = 1792 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Lnet,v} &= 2 \cdot a3 + 2 \cdot (nc - 1) \cdot (a1 - d) - d = 2 \cdot 112 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (80 - 16) - 16 = 592 \text{ mm} \\ \text{Anet,v} &= \text{Lnet,v} \cdot \Sigma ei = 592 \cdot (8+20+8) = 21312 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lnet,t,int} &= (nr - 1) \cdot (a2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm} \\ \text{Anet,t,int} &= \text{Lnet,t,int} \cdot \Sigma e0 = 32 \cdot (8+8) = 512 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lnet,t,ext} &= hb - d - (nr - 1) \cdot a2 = 144 - 16 - (2 - 1) \cdot 48 = 80 \text{ mm} \\ \text{Anet,t,ext} &= \text{Lnet,t,ext} \cdot \Sigma e0 = 80 \cdot (8+8) = 1280 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

1.5.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" correspond globalement à la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction ramène ce coefficient à "1,25", néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,R,mean,ass} = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot \text{Anet,t,ext} \cdot ft_{0,mean} \\ 0,7 \cdot \text{Anet,v} \cdot fv_{,mean} \end{array} \right] \\ 1,25 \cdot \text{Anet,t,int} \cdot ft_{0,mean} \end{array} \right] = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot 1280 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 21312 \cdot 4,64 \end{array} \right] \\ 1,25 \cdot 512 \cdot 25,46 \end{array} \right] = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 40743 \\ 69250 \end{array} \right] \\ 16297 \end{array} \right]$$

$F_{bs,Rmean,ass} = 40,743 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

1.5.4. Détermination de la résistance à la traction de la section nette

$F_{v,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 1792 \cdot 25,46 = 45,632 \text{ kN}$

1.5.5. Raideur de l'assemblage estimée

1.5.5.1 Eurocode 5

$K_{ser,organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 16 / 23 = 5987,78 \text{ N/mm}$

$K_{ser,ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser,organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5987,78 = 191609,07 \text{ N/mm}$

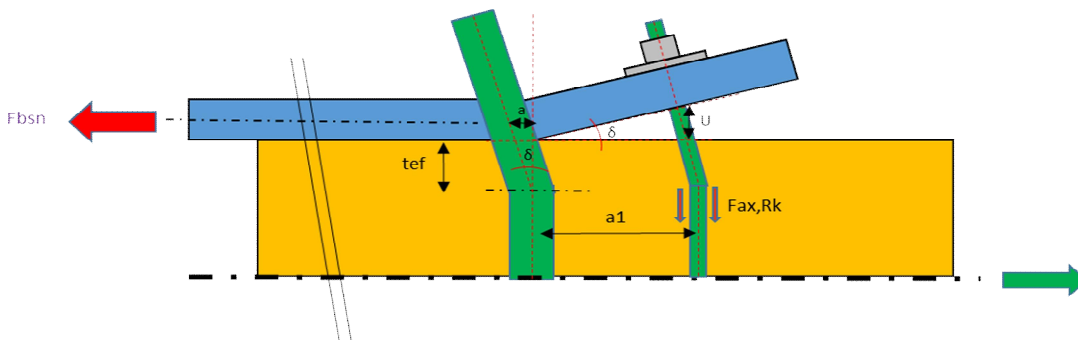
1.5.6 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.5.6.1 Hypothèse organe

Fermeture de l'assemblage par un boulon traversant

Propriétés caractéristiques de géométrie	Propriétés caractéristiques de résistance
Diamètre = 8 mm Classe : 8,8 $A_s = 36,6 \text{ mm}^2$	$F_{ub} = 800 \text{ Mpa}$

1.5.6.2 Détermination de la capacité de l'organe



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, non présentée dans cette NDC), la déformation de l'assemblage sera donc limité à $x = F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit $30,7 \text{ kN}$, et K la raideur total de l'assemblage. L'ouverture de l'assemblage en bout de plaque est causée par la déformation des 2

Le boulon se plie avec un angle de $\delta = (F/K) / l_{broche} = (7,7/95,8) / 18,4 = 0,004 \text{ rad}$

=> l_{broche} déterminé à partir de la position de la rotule plastique par rapport à son mode de rupture caractéristique

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique d'effort

- Effort dans l'organe :
- Déplacement u de l'organe de fermeture : $u = a \cdot \delta = 5,8 \cdot 0,004 = 0,17 \text{ mm}$
- Raideur d'enfoncement de la rondelle : $K_{ferm} = 9500 \text{ N/mm}$
- Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_{ax,Rk} = K_{ferm} \cdot u = 9500 \cdot 0,17 = 1655,56 \text{ N}$

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique de résistance

- Résistance du boulon
- Air nette du boulon : $36,6 \text{ mm}^2$
- Traction du boulon : $F_{t,Rk} = k_2 \cdot A_s \cdot f_{ub} = 0,9 \cdot 36,6 \cdot 800 = 26352 \text{ N}$
- Résistance de la rondelle
- Compression sous la rondelle : $F_{ax,Rk} = \pi/4 \cdot (D_{ext}^2 - D_{int}^2) \cdot 3 \cdot f_{c,90,k} = \pi/4 \cdot (60^2 - 8,6^2) \cdot 3 \cdot 2,5 = 20770 \text{ N}$

1.5.6.3 Vérification capacité du boulon

$$\min(F_{ax,Rk}; F_{t,Rk}) \cdot n_{boulon} > F_{v,Rk,H}$$

$$\min(20770; 26352) \cdot 1 > 1655,56 \text{ N}$$

Il faut donc disposer de 1 boulon afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique

1.5.7. Synthèse du dimensionnement partie bois en valeurs moyennes

1.5.7.1 Valeurs moyennes

Plastique
 $F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 1,8 \cdot 16082,13 = 128,7 \text{ kN}$

Rupture de bloc
 $F_{bs,Rmean,ass} = 40,7 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

Traction nette
 $F_{v,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 1792,25,46 = 45,6 \text{ kN}$

1.5.7.2 Valeurs majorées

Une majoration de 1,2 est multipliée aux valeurs moyennes de dimensionnement des parties bois, afin de privilégier au maximum une rupture dans le bois, et non dans l'acier

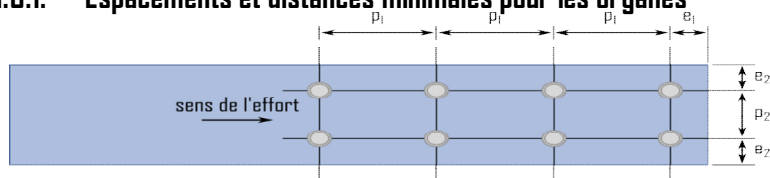
Plastique majorée
 $F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 128657,08 \cdot 1,2 = 154,4 \text{ kN}$

Rupture de bloc majorée
 $F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 40742,71 \cdot 1,2 = 48,9 \text{ kN}$

Traction nette majorée
 $F_{v,Rmajor,ass,traction} = F_{v,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 1,2 \cdot 45631,83 = 54,8 \text{ kN}$

1.6. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organges



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage:

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique:

$$d_0 = d + j = 16 + 0,6 = 16,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale:

$$\text{Critère } (2,2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 80 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2,4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 48 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 20 \text{ mm}$$

· Pince transversale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 21 \text{ mm}$$

1.6.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique: $h_m = 90 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique: $t_m = 8 \text{ mm}$

1.6.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

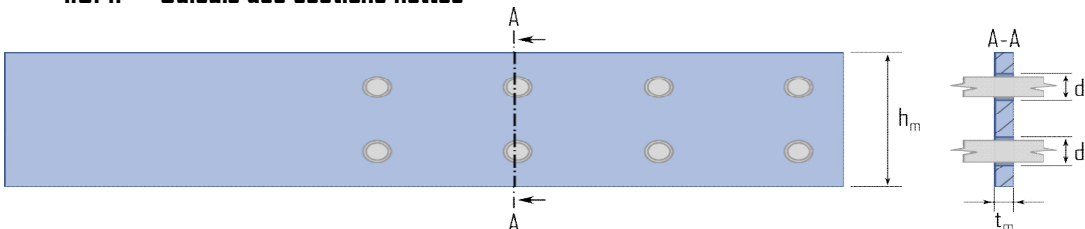
$$k_1 = \min(2,8 \cdot 21/16,6 - 1,7; 1,4 \cdot 48/16,6 - 1,7; 2,5) = 1,84$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

$$\alpha_b = \min(20/(3 \cdot 16,6); 80/(3 \cdot 16,6) - 0,25; 900/540; 1) = 0,4$$

$$N_b, Rk, ass = n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 409,1 \text{ kN}$$

1.6.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (90 - 2 \cdot 16,6) \cdot 8 = 454,4 \text{ mm}^2$$

Aire par tôle cisailée

$$A_{net,m,ass} = A_{net,m} \cdot n_{plaque} = 454,4 \cdot 1 = 454,4 \text{ mm}^2$$

1.6.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_u, Rk, ass = 0,9 \cdot A_{net,m,ass} \cdot f_{u,k,m} = 0,9 \cdot 454 \cdot 540 = 220,8 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 90 \cdot 8 \cdot 460 = 331,2 \text{ kN}$$

1.7. Indication de la rigidité des éléments

* Bois : $E_{D,mean-hb-et-nplan} = 11500 \cdot 144 \cdot 36 \cdot 1 = 59616 \text{ kN}$

* Métal : $E_{m,mean-hm-tm} = 210000 \cdot 90 \cdot 8 = 151200 \text{ kN}$

Écart de rigidité ((Métal-Bois)/Métal) = 61 %

1.8. Récapitulatif des résultats

1.8.1. Bois majoré

Plastique majorée

$$F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 128657,08 \cdot 1,2 = 154,4 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

$$F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 40742,71 \cdot 1,2 = 48,9 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_{v,Rmajor,ass,traction} = F_{v,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 1,2 \cdot 45631,83 = 54,8 \text{ kN}$$

1.8.2. Renforcement

· Boulon de fermeture :

1 boulon en extrémité afin de fermer l'assemblage (mode I).

$$\min(F_{ax}, R_k; F_t, R_k) \cdot n_{boulon} > F_v, R_k, H$$

$$\min(20770; 26352) = 20770 \cdot 1 > 1690,27 \text{ N}$$

1.8.3. Métal

Pression diamétrale

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u \cdot k_m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 409,1 \text{ kN}$$

Section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{net,m,ass} \cdot f_u \cdot k_m = 0,9 \cdot 454 \cdot 540 = 220,8 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_y,mean,m = 90 \cdot 8 \cdot 460 = 331,2 \text{ kN}$$

1.9. Calcul de résistance avec la nouvelle version de l'EC5

Épaisseur efficace $t_{ef}(e)$

Pénétration total de l'organe

$$L_{p,i}/d = 14/16 = 0,88 < 7 \Rightarrow t_{ef}(e) = l \cdot t_l = 14 \text{ mm}$$

Longueur nette cisailé

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 80 \cdot (4 - 1) + 112 = 352 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(G_{\text{mean}}/E_{0,\text{mean}}) = 0,4 + 1,4 \cdot \text{racine}(690/11500) = 0,74$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,l,d} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,\text{mean},d} = 0,74 \cdot 36 \cdot 352 \cdot 4,64 = 43,7 \text{ kN}$$

1.9.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files

Résistance total

$$F_{rs,d} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,l,d} = 2 \cdot 2 \cdot 43,700,75 = 174,8 \text{ kN}$$

1.9.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Surface de traction nette

$$L_{\text{net},t,\text{int}} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$$

$$A_{\text{net},t,\text{int}} = L_{\text{net},t,\text{int}} \cdot t_b = 32 \cdot (8 + 8) = 512 \text{ mm}^2$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,d} = A_{\text{net},t,\text{int}} \cdot f_{t,0,\text{mean}} = 512 \cdot 25,46 = 13,04 \text{ kN}$$

$$F_{bs,d} = 2 \cdot F_{v,l,d} + F_{t,d} = 2 \cdot 43,7 + 13,04 = 100,44 \text{ kN}$$

1.9.3. Récapitulatif des résultats EC5 nouvelle version

Rupture de bloc par files

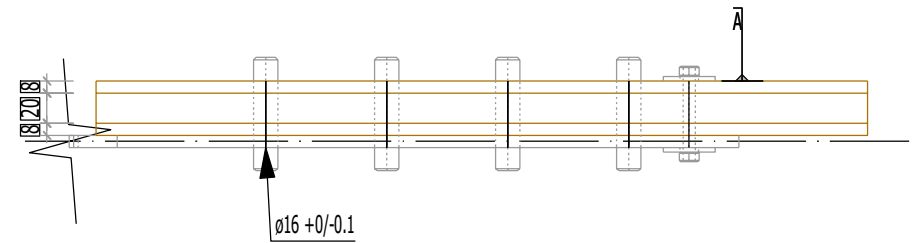
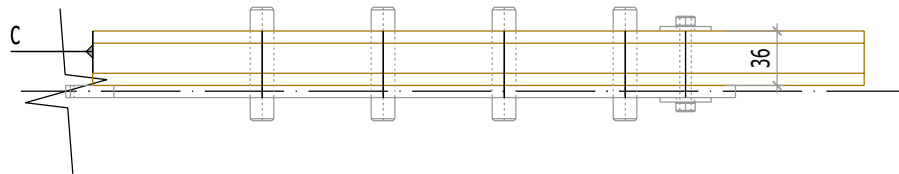
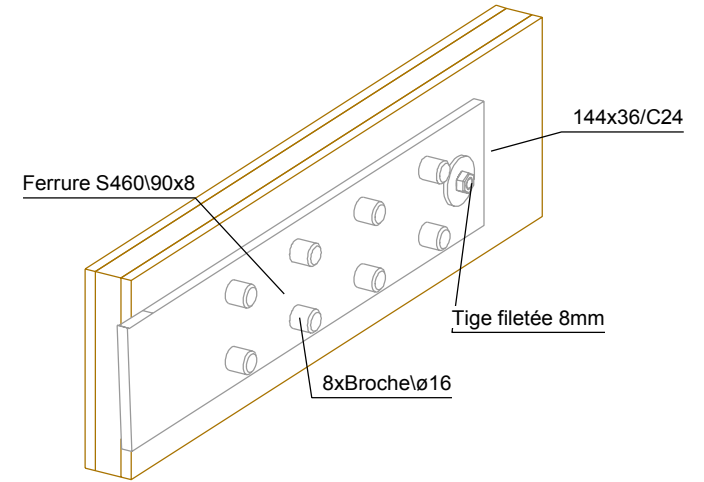
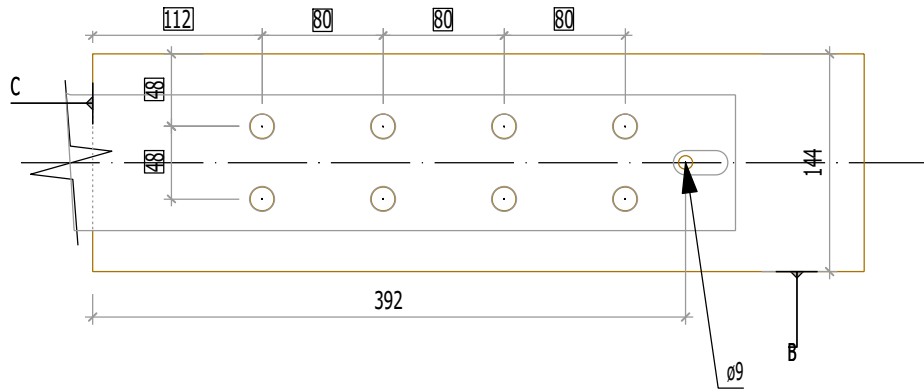
$$F_{rs,d} = 174,8 \text{ kN}$$

$$F_{rs,\text{major},d} = 1,2 \cdot F_{rs,d} = 1,2 \cdot 174,8 = 209,76 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

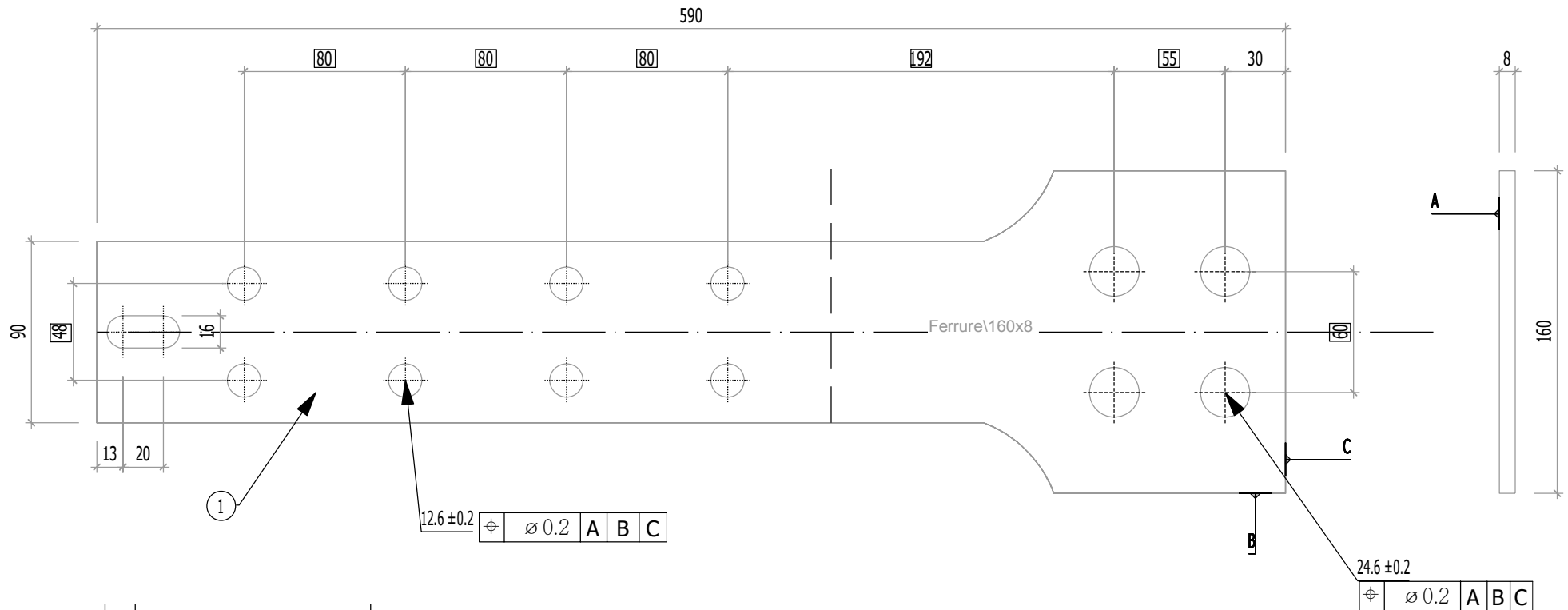
$$F_{bs,d} = 100,44 \text{ kN}$$

$$F_{bs,\text{major},d} = 1,2 \cdot 100,44 = 120,53 \text{ kN}$$



5.2.2

Echelle:1:5



1		100	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0620185 m ²
Matière	Traitement		Tol généré	Usinage
S 460 ou équivalent			+0.5 X 0.5	Ra12.5 indicateurs coniques
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Echelle: 1: 3
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			3.895 kg	Dessinateur: ALBERT LEO Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F2.2.1/2.2.2/2.2.3/5.2.2/5.2.3

1. Assemblage CLT en simple cisaillement avec plaque métallique latérale sollicité en traction 2x4

1.1. Allure de l'assemblage et hypothèses

Type d'organes :	Broches
Nombre d'organes	$n = 8$ (2 files de 4 broches)
Fermeture de l'assemblage	1 boulon de part et d'autre de l'assemblage
Renforcement de l'assemblage	Pas de renforcement d'assemblage, les plis croisés empêchent la traction transversale.
Section CLT :	90 X 144 mm => (30/30/30)
Section métal :	8 X 90 mm



La présente note de calculs finale définit la configuration de l'assemblage avec les différentes hypothèses établies selon le logigramme de l'analyse complète.

1.2. Hypothèse générale

* Les assemblages bois sont définis avec les pinces minimales recommandées dans la norme NF EN 1995-1-1. Cette hypothèse est prise afin de valider la proposition du renforcement selon la révision de la norme NF EN 1995-1-1 avec les pinces minimales.

* L'hypothèse de rupture de l'assemblage est définie pour un dimensionnement en valeur moyenne. Pour cet assemblage, l'hypothèse de rupture est : mode (d2) => soit le mode 2 suivant les calculs de l'EC5.

* Le frottement de l'assemblage n'est pas empêché afin d'être au plus proche des conditions réelles de mise en œuvre. Le frottement n'interfère pas dans le domaine élastique.

* Aucune rupture ne doit être observées dans la plaque métallique. Cette hypothèse implique un dimensionnement de la partie métallique en valeur caractéristique, et un dimensionnement de la partie bois en valeurs moyennes. Les valeurs moyennes de la partie bois sont, de plus, majorées de 20%.

1.3. Hypothèses des propriétés mécaniques des matériaux

1.3.1. Organes

- Diamètre des organes: $d = 16 \text{ mm}$ tolérance (h7)
- Classe des broches: 8.8
 - Résistance en traction des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{u,k} = 900 \text{ Mpa}$ (données fournisseurs : VIAL FRERES)
 - Valeur moyenne: $f_{u,mean} = 946,57 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Limite d'élasticité des organes:
 - Valeur caractéristique: $f_{y,k} = 720 \text{ Mpa}$ (détermination en gardant le même ratio de résistance ultime et élastique)
 - Valeur moyenne: $f_{y,mean} = 757,26 \text{ Mpa}$ (COV 0,03)
 - Moment d'écoulement plastique des organes: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $M_{y,Rk} = 0.3 \cdot f_{u,k} \cdot d^2 \cdot 2.6 = 0.3 \cdot 900 \cdot 16^2 \cdot 2.6 = 364818 \text{ N}\cdot\text{mm}$
 - Valeur moyenne: $M_{y,Rmean} = 0.3 \cdot f_{u,mean} \cdot d^2 \cdot 2.6 = 0.3 \cdot 947 \cdot 16^2 \cdot 2.6 = 383695 \text{ N}\cdot\text{mm}$

1.3.2. Bois

- * Classe de résistance: (KLH) C24
- * Masse volumique: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $\rho_{mean,15} = 510,61 \text{ kg/m}^3$ (COV = 0,15)
- * Module d'élasticité parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur moyenne: $E_{0,mean} = 11500 \text{ Mpa}$
- * Résistance en traction parallèle au fil: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{t,0,k} = 19,2 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{t,0,mean} = 25,46 \text{ MPa}$ (COV = 0,15)
- * Résistance en cisaillement: (EC5)
 - Valeur caractéristique: $f_{v,k} = 3,5 \text{ Mpa}$
 - Valeur moyenne (Bois/Métal): $f_{v,mean} = 4,64 \text{ Mpa}$ (COV = 0,15)
- * Portance locale: (EC5)
 - Valeurs caractéristiques:
 - Parallèle au fil: $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,k} = f_{h,e1,k} = f_{h,e3,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k$
 - $f_{h,0,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 385 = 26,52 \text{ Mpa}$
 - Perpendiculaire au fil: $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,01516 = 1,59$
 - $f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,k} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 385) / (1,59 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 16,68 \text{ Mpa}$
 - Valeurs moyennes:
 - Parallèle au fil: $\alpha = 0^\circ$
 - $f_{h,0,mean} = f_{h,e1,mean} = f_{h,e3,mean} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}$
 - $f_{h,0,mean} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 510,61 = 35,17 \text{ Mpa}$
 - Perpendiculaire au fil: $\alpha = 90^\circ$
 - $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,01516 = 1,59$
 - $f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_{mean}) / (k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$
 - $f_{h,90,mean} = (0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 16) \cdot 510,61) / (1,59 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 22,12 \text{ Mpa}$

* Portance locale : (Blass)

Valeurs caractéristiques :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,k} = f_{h,el,k} = f_{h,e3,k} = 0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot d) \cdot \rho_k^{1,16}$$

$$f_{h,0,k} = 0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot 16)^{1,16} \cdot 385 = 26,55 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,k} = f_{h,e2,k} = (0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot d) \cdot \rho_k^{1,16}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,k} = (0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot 16) \cdot 385^{1,16}) / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 24,13 \text{ Mpa}$$

Valeurs moyennes :

Parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ$

$$f_{h,0,mean} = f_{h,el,mean} = f_{h,e3,mean} = 0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{1,16}$$

$$f_{h,0,mean} = 0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot 16) \cdot 510,61^{1,16} = 36,84 \text{ Mpa}$$

Perpendiculaire au fil : $\alpha = 90^\circ$

$$f_{h,90,mean} = f_{h,e2,mean} = (0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot d) \cdot \rho_{mean}^{1,16}) / (1,1 \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha))$$

$$f_{h,90,mean} = (0,035 \cdot (1 - 0,015 \cdot 16) \cdot 510,61^{1,16}) / (1,1 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)) = 33,49 \text{ Mpa}$$

1.3.3. Métal

- Nuance d'acier: S460
- Module d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur moyenne: $E_{m,mean} = 210000 \text{ Mpa}$
- Limite d'élasticité de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{y,k,m} = 460 \text{ Mpa}$
- Résistance en traction de la plaque métallique : (EC3)
Valeur caractéristique: $f_{u,k,m} = 540 \text{ Mpa}$

Valeurs de F_u selon NF EN 1993-1-1 table 3.1, acier normalisé « N » $f_u = \text{Mpa}$

1.4. Vérification du mode de rupture en valeurs MOYENNE

1.4.1. Données géométriques des éléments bois

- Hauteur des éléments bois : $hb = 144 \text{ mm}$
 - Épaisseur des éléments bois : $e1 = 30 \text{ mm} \Rightarrow 0^\circ$
 $e2 = 30 \text{ mm} \Rightarrow 90^\circ$
 $e3 = 30 \text{ mm} \Rightarrow 0^\circ$
 $et = 90 \text{ mm}$
- $$e_i = \sum_{i=1}^n e_i$$

1.4.2. Calculs de l'effort MOYEN plastique d'une tige (EC5)

1.4.2.1 ECS

$$\beta = \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} = \frac{f_{h,90}}{f_{h,0}}$$

$$mode(f) = d \cdot (e_1 \cdot f_{h,e_1} + e_2 \cdot f_{h,e_2} + e_3 \cdot f_{h,e_3})$$

$$mode(d_1) = f_{h,e_1} \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,e_1} d} - \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} \left(\frac{e_2^2}{2} + e_2 e_3 \right) - \frac{f_{h,e_3}}{f_{h,e_1}} \frac{e_3^2}{2} + \frac{(e_2 + e_3)^2}{2} + \frac{(e_1 + e_2 + e_3)^2}{2}} - e_1 - 2e_2 - 2e_3 \right) d + f_{h,e_2} e_2 d + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$mode(d_2) = -f_{h,e_1} e_1 d + f_{h,e_2} d \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,e_2} d} + \frac{f_{h,e_1}}{f_{h,e_2}} \left(\frac{e_1^2}{2} + e_1 e_2 + e_1 e_3 \right) - \frac{f_{h,e_3}}{2 f_{h,e_2}} e_3^2 + e_3^2 + \frac{e_2^2}{2} + e_2 e_3 - e_2 - 2e_3} \right) + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$mode(d_3) = -f_{h,e_1} e_1 d - f_{h,e_2} e_2 d + f_{h,e_3} d \left(2 \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,e_3} d} + \frac{f_{h,e_1}}{f_{h,e_3}} e_1 \left(\frac{e_1}{2} + e_2 + e_3 \right) + \frac{f_{h,e_2}}{f_{h,e_3}} e_2 \left(\frac{e_2}{2} + e_3 \right) + \frac{e_3^2}{2} - e_3} \right)$$

$$mode(e_1) = f_{h,e_1} \left(\sqrt{\frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,e_1} d} - \frac{2f_{h,e_2}}{f_{h,e_1}} \left(\frac{e_2^2}{2} + e_2 e_3 \right) - \frac{f_{h,e_3}}{f_{h,e_1}} e_3^2 + (e_2 + e_3)^2 - e_2 - e_3} \right) d + f_{h,e_2} e_2 d + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$mode(e_2) = f_{h,e_2} \left(\sqrt{\frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,e_2} d} - \frac{f_{h,e_3}}{f_{h,e_2}} e_3^2 + e_3^2 - e_3} \right) d + f_{h,e_3} e_3 d$$

$$mode(e_3) = f_{h,e_3} d \sqrt{\frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,e_3} d}}$$

- Formules calculées à partir de l'analyse limite, aucun coefficient statistique n'est inclus.

Fv,Rmean = min	44381,6 N	mode (f)	
	24503,61 N	mode (d1)	
	23865,19 N	mode (d2)	
	28824,77 N	mode (d3)	
	28100,4 N	mode (e1)	→ 23865,19 N
	28097,33 N	mode (e2)	
	29388,3 N	mode (e3)	

- Contribution de l'effet de corde:
 Mode (X) dimensionnant
 Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax,Rmean}; X \cdot F_{v,Rmean})$
 Pour des broches, $X = 0$

1.4.2.2 BLASS

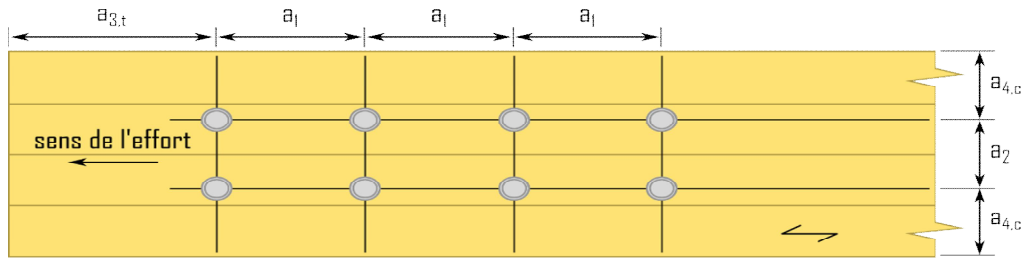
- Les formules utilisées sont les mêmes qu'au 1.4.2.1, seuls les valeurs de portances changent

$$F_v, R_{mean} = \min \begin{array}{l} 51435,6 \text{ N mode (f)} \\ 27216,51 \text{ N mode (d1)} \\ 27141,66 \text{ N mode (d2)} \\ 28321,17 \text{ N mode (d3)} \\ 29853,85 \text{ N mode (e1)} \\ 29829,35 \text{ N mode (e2)} \\ 30075,71 \text{ N mode (e3)} \end{array} \rightarrow 27141,66 \text{ N mode (d2)}$$

- Contribution de l'effet de corde:
Mode (X) dimensionnant
Effet de corde = $\min(0,25 \cdot F_{ax}, R_{mean}; X \cdot F_v, R_{mean})$
Pour des broches, $X = 0$

1.5. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs MOYENNES partie bois

1.5.1. Espacements et distances minimales pour les organes



* Espacement des organes dans une file parallèle au fil du bois :

$$a1 = (3 + 2 \cdot |\cos \alpha|) \cdot d = 5 \cdot 16 = 80 \text{ mm}$$

* Espacement des organes perpendiculairement au fil du bois :

$$a2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

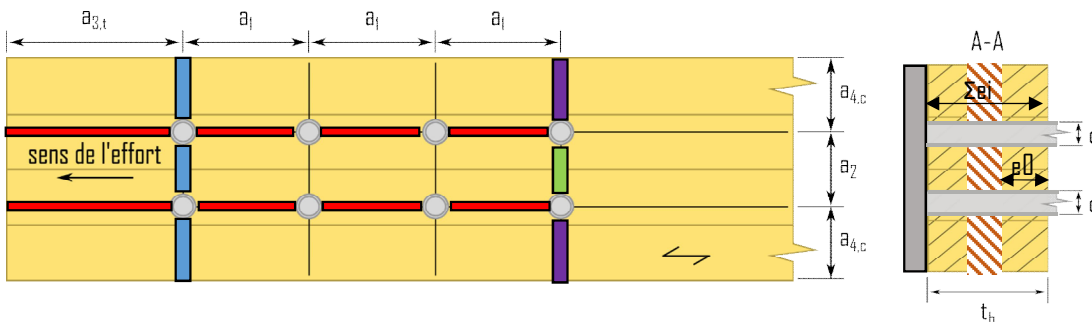
* Distance entre un organe et une extrémité chargée :

$$a3,t = \max(7d; 80 \text{ mm}) = \max(7 \cdot 16; 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

* Distance entre un organe et une rive non chargée :

$$a4,c = 3d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

1.5.2. Calculs des sections nettes



$A_{net,b} = (hb - nr \cdot d) \cdot \Sigma e0 = (144 - 2 \cdot 16) \cdot (30 + 30) = 6720 \text{ mm}^2$

$L_{net,v} = 2 \cdot a3 + 2 \cdot (nc - 1) \cdot (a1 - d) - d = 2 \cdot 112 + 2 \cdot (4 - 1) \cdot (80 - 16) - 16 = 592 \text{ mm}$
 $A_{net,v} = L_{net,v} \cdot \Sigma ei = 592 \cdot (30 + 30 + 30) = 53280 \text{ mm}^2$

$L_{net,t,int} = (nr - 1) \cdot (a2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$
 $A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot \Sigma e0 = 32 \cdot (30 + 30) = 1920 \text{ mm}^2$

$L_{net,t,ext} = hb - d - (nr - 1) \cdot a2 = 144 - 16 - (2 - 1) \cdot 48 = 80 \text{ mm}$
 $A_{net,t,ext} = L_{net,t,ext} \cdot \Sigma e0 = 80 \cdot (30 + 30) = 4800 \text{ mm}^2$

1.5.3. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Le coefficient de rupture de bloc en traction : "1,5" correspond globalement à la valeur de la résistance en flexion divisée par celle en traction suivant l'ancienne norme du lamellé-collé EN 1194:1999, c'est un coefficient prenant en compte le volume contraint de la pièce. Si l'on suit la norme actuelle : "EN 14080", ce ratio flexion/traction ramène ce coefficient à "1,25", néanmoins ce coefficient reste à l'étude.

$$F_{bsn,R,mean,ass} = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot A_{net,t,ext} \cdot ft_{0,mean} \\ 0,7 \cdot A_{net,v} \cdot fv_{,mean} \end{array} \right] \\ 1,25 \cdot A_{net,t,int} \cdot ft_{0,mean} \end{array} \right] = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 1,25 \cdot 4800 \cdot 25,46 \\ 0,7 \cdot 53280 \cdot 4,64 \end{array} \right] \\ 1,25 \cdot 1920 \cdot 25,46 \end{array} \right] = \max \left[\begin{array}{l} \min \left[\begin{array}{l} 152785 \\ 173125 \end{array} \right] \\ 61114 \end{array} \right]$$

$F_{bs, R_{mean, ass}} = 152,785 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

1.5.4. Détermination de la résistance à la traction de la section nette

$F_{v, R_{mean, ass, traction}} = A_{net, b-ft, D, mean} = 6720 \cdot 25,46 = 171,119 \text{ kN}$

1.5.5. Raideur de l'assemblage estimée

1.5.5.1 Eurocode 5

$K_{ser, organe} = \rho_m^{1,5} \cdot d / 23 = 420^{1,5} \cdot 16 / 23 = 5987,78 \text{ N/mm}$

$K_{ser, ass} = n_{type} \cdot n_{nplan} \cdot K_{ser, organe} = 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 5987,78 = 191609,07 \text{ N/mm}$

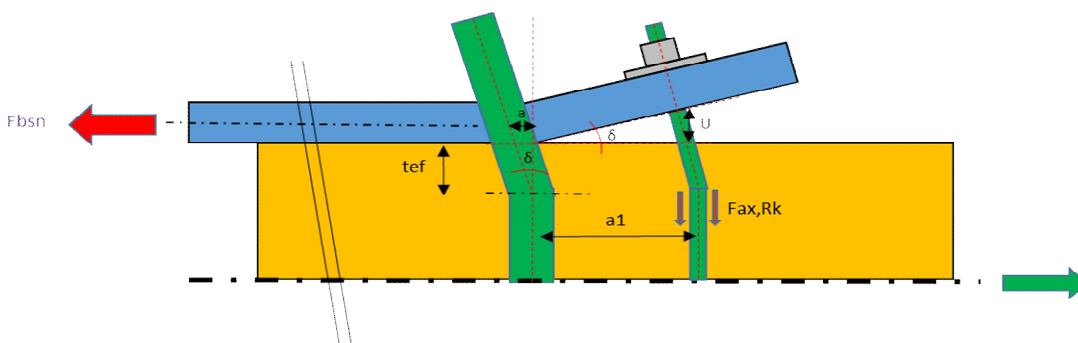
1.5.6 Justification de la fermeture de l'assemblage

1.5.6.1 Hypothèse organe

Fermeture de l'assemblage par un boulon traversant

Propriétés caractéristiques de géométrie	Propriétés caractéristiques de résistance
Diamètre = 8 mm Classe : 8,8 $A_s = 36,6 \text{ mm}^2$	$F_{ub} = 800 \text{ Mpa}$

1.5.6.2 Détermination de la capacité de l'organe



Le mode de rupture en valeur caractéristique est un mode de rupture de bloc (rupture de bloc sans coefficients statistiques, non présentée dans cette NDC), la déformation de l'assemblage sera donc limité à $x = F/K$; F étant l'effort à rupture caractéristique soit 115,2 kN, et K la raideur total de l'assemblage. L'ouverture de l'assemblage en bout de plaque est causée par la déformation des 2

Le boulon se plie avec un angle de $\delta = (F/K) / l_{broche} = (28,8 / 95,8) / 43,85 = 0,007 \text{ rad}$

=> l_{broche} déterminé à partir de la position de la rotule plastique par rapport à son mode de rupture caractéristique

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique d'effort

- Effort dans l'organe :
- Déplacement u de l'organe de fermeture : $u = a \cdot \delta = 5,8 \cdot 0,007 = 0,27 \text{ mm}$
- Raideur d'enfoncement de la rondelle : $K_{ferm} = 9500 \text{ N/mm}$
- Effort total auquel est soumis l'assemblage : $F_{ax,Rk} = K_{ferm} \cdot u = 9500 \cdot 0,27 = 2604,93 \text{ N}$

1.5.6.2.1 Valeur caractéristique de résistance

- Résistance du boulon
- Air nette du boulon : $36,6 \text{ mm}^2$
- Traction du boulon : $F_{t,Rk} = k_2 \cdot A_s \cdot f_{ub} = 0,9 \cdot 36,6 \cdot 800 = 26352 \text{ N}$
- Résistance de la rondelle
- Compression sous la rondelle : $F_{ax,Rk} = \pi/4 \cdot (D_{ext}^2 - D_{int}^2) \cdot 3 \cdot f_{c,90,k} = \pi/4 \cdot (60^2 - 8,6^2) \cdot 3 \cdot 2,5 = 20770 \text{ N}$

1.5.6.3 Vérification capacité du boulon

$$\min(F_{ax,Rk}; F_{t,Rk}) \cdot n_{boulon} > F_{v,Rk,H}$$

$$\min(20770; 26352) \cdot 1 > 2604,93 \text{ N}$$

Il faut donc disposer de 1 boulon afin de fermer l'assemblage en valeur caractéristique

1.5.7. Synthèse du dimensionnement partie bois en valeurs moyennes

1.5.7.1 Valeurs moyennes

Plastique
 $F_{v,Rmean,ass,plastique} = n_{plan} \cdot n \cdot F_{v,Rmean} = 1,8 \cdot 23865,19 = 190,9 \text{ kN}$

Rupture de bloc
 $F_{bs,Rmean,ass} = 152,8 \text{ kN}$ rupture de bloc par traction

Traction nette
 $F_{v,Rmean,ass,traction} = A_{net,b-ft,0,mean} = 6720 \cdot 25,46 = 171,1 \text{ kN}$

1.5.7.2 Valeurs majorées

Une majoration de 1,2 est multipliée aux valeurs moyennes de dimensionnement des parties bois, afin de privilégier au maximum une rupture dans le bois, et non dans l'acier

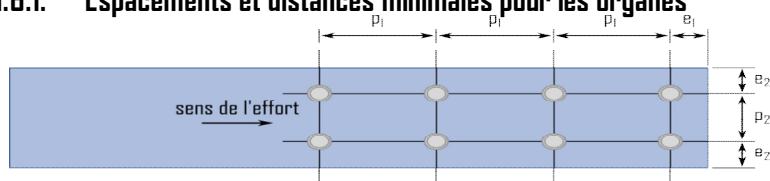
Plastique majorée
 $F_{v,Rmajor,ass,plastique} = F_{v,Rmean,ass,plastique} \cdot 1,2 = 190921,54 \cdot 1,2 = 229,1 \text{ kN}$

Rupture de bloc majorée
 $F_{bs,Rmajor,ass} = F_{bs,Rmean,ass} \cdot 1,2 = 152785,15 \cdot 1,2 = 183,3 \text{ kN}$

Traction nette majorée
 $F_{v,Rmajor,ass,traction} = F_{v,Rmean,ass,traction} \cdot 1,2 = 1,2 \cdot 171119,36 = 205,3 \text{ kN}$

1.6. Dimensionnement de l'assemblage en valeurs moyennes partie métal

1.6.1. Espacements et distances minimales pour les organges



Acier non exposé aux intempéries

· Jeu de perçage:

$$j = 0,6 \text{ mm}$$

· Diamètre de perçage de la plaque métallique:

$$d_0 = d + j = 16 + 0,6 = 16,6 \text{ mm}$$

· Pas longitudinale:

$$\text{Critère } (2,2d_0 \leq p_1 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_1 = 80 \text{ mm}$$

· Pas transversal

$$\text{Critère } (2,4d_0 \leq p_2 \leq 200 \text{ mm}) \quad p_2 = 48 \text{ mm}$$

· Pince longitudinale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_1) \quad e_1 = 20 \text{ mm}$$

· Pince transversale:

$$\text{Critère } (1,2d_0 \leq e_2) \quad e_2 = 21 \text{ mm}$$

1.6.2. Section métal

· Hauteur de la plaque métallique: $h_m = 90 \text{ mm}$

· Épaisseur de la plaque métallique: $t_m = 8 \text{ mm}$

1.6.3. Détermination de la résistance en pression diamétrale

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right)$$

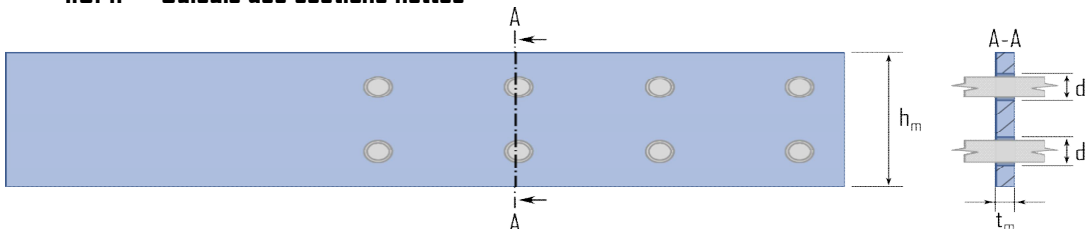
$$k_1 = \min(2,8 \cdot 21/16,6 - 1,7; 1,4 \cdot 48/16,6 - 1,7; 2,5) = 1,84$$

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{u,k}}{f_{u,k,m}}; 1 \right)$$

$$\alpha_b = \min(20/(3 \cdot 16,6); 80/(3 \cdot 16,6) - 0,25; 900/540; 1) = 0,4$$

$$N_{b,Rk,ass} = n \cdot k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{u,k,m} \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 409,1 \text{ kN}$$

1.6.4. Calculs des sections nettes



$$A_{net,m} = (h_m - n \cdot d_0) \cdot t_m = (90 - 2 \cdot 16,6) \cdot 8 = 454,4 \text{ mm}^2$$

Aire par tôle cisailée

$$A_{net,m,ass} = A_{net,m} \cdot n_{plaque} = 454,4 \cdot 1 = 454,4 \text{ mm}^2$$

1.6.5. Détermination de la résistance en section nette

$$N_{u,Rk,ass} = 0,9 \cdot A_{net,m,ass} \cdot f_{u,k,m} = 0,9 \cdot 454 \cdot 540 = 220,8 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk,ass} = A_m \cdot f_{y,mean,m} = 90 \cdot 8 \cdot 460 = 331,2 \text{ kN}$$

1.7. Indication de la rigidité des éléments

* Bois : $E_{D,mean-hb-et-nplan} = 11500 \cdot 144 \cdot 90 \cdot 1 = 149040 \text{ kN}$

* Métal : $E_{m,mean-hm-tm} = 210000 \cdot 90 \cdot 8 = 151200 \text{ kN}$

Écart de rigidité ((Métal-Bois)/Métal) = 1 %

1.8. Récapitulatif des résultats

1.8.1. Bois majoré

Plastique majorée

$$F_v, R_{\text{major, ass, plastique}} = F_v, R_{\text{mean, ass, plastique}} \cdot 1,2 = 190921,54 \cdot 1,2 = 229,1 \text{ kN}$$

Rupture de bloc majorée

$$F_{bs}, R_{\text{major, ass}} = F_{bs}, R_{\text{mean, ass}} \cdot 1,2 = 152785,15 \cdot 1,2 = 183,3 \text{ kN}$$

Traction nette majorée

$$F_v, R_{\text{major, ass, traction}} = F_v, R_{\text{mean, ass, traction}} \cdot 1,2 = 1,2 \cdot 17119,36 = 205,3 \text{ kN}$$

1.8.2. Renforcement

· Boulon de fermeture :

1 boulon en extrémité afin de fermer l'assemblage.

$$\min(F_{ax}, R_k, F_t, R_k) \cdot n_{\text{boulon}} > F_v, R_k, H$$

$$\min(20770; 26352) = 20770 \cdot 1 > 4153,75 \text{ N}$$

1.8.3. Métal

Pression diamétrale

$$N_b, R_k, \text{ass} = n \cdot k_l \cdot \alpha \cdot f_u, k, m \cdot d \cdot t_m = 8 \cdot 1,84 \cdot 0,4 \cdot 540 \cdot 16 \cdot 8 = 409,1 \text{ kN}$$

Section nette

$$N_u, R_k, \text{ass} = 0,9 \cdot A_{\text{net, m, ass}} \cdot f_u, k, m = 0,9 \cdot 454 \cdot 540 = 220,8 \text{ kN}$$

$$N_{pl}, R_k, \text{ass} = A_m \cdot f_y, \text{mean, m} = 90 \cdot 8 \cdot 460 = 331,2 \text{ kN}$$

1.9. Calcul de résistance avec la nouvelle version de l'EC5

Épaisseur efficace $t_{ef}(e)$

Pénétration total de l'organe

$$L_{p,i}/d = 41/16 = 2,56 < 11,5 \Rightarrow t_{ef}(e) = l \cdot t_l = 41 \text{ mm}$$

Longueur nette cisailé

$$L_c = a_l \cdot (n_c - 1) + a_3 \cdot t = 80 \cdot (4 - 1) + 112 = 352 \text{ mm}$$

Coefficient k_v

$$k_v = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{G_{mean}/E_{0,mean}} = 0,4 + 1,4 \cdot \sqrt{690/11500} = 0,74$$

Résistance au cisaillement

$$F_{v,l,d} = k_v \cdot t_{ef} \cdot L_c \cdot f_{v,mean,d} = 0,74 \cdot 90 \cdot 352 \cdot 4,64 = 109,25 \text{ kN}$$

1.9.1. Détermination de la résistance à la rupture de bloc par files

Résistance total

$$F_{rs,d} = 2 \cdot n_r \cdot F_{v,l,d} = 2 \cdot 2 \cdot 109,251,88 = 437,01 \text{ kN}$$

1.9.2. Détermination de la résistance à la rupture de bloc

Surface de traction nette

$$L_{net,t,int} = (n_r - 1) \cdot (a_2 - d) = (2 - 1) \cdot (48 - 16) = 32 \text{ mm}$$

$$A_{net,t,int} = L_{net,t,int} \cdot t_b = 32 \cdot (30 + 30) = 1920 \text{ mm}^2$$

Résistance en traction nette

$$F_{t,d} = A_{net,t,int} \cdot f_{t,0,mean} = 1920 \cdot 25,46 = 48,89 \text{ kN}$$

$$F_{bs,d} = 2 \cdot F_{v,l,d} + F_{t,d} = 2 \cdot 109,25 + 48,89 = 267,4 \text{ kN}$$

1.9.3. Récapitulatif des résultats EC5 nouvelle version

Rupture de bloc par files

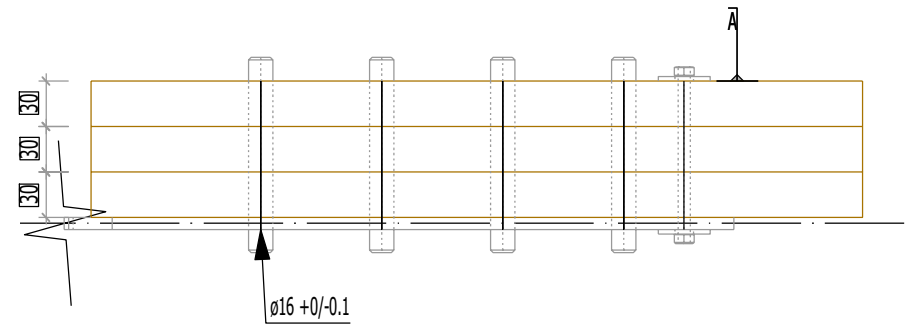
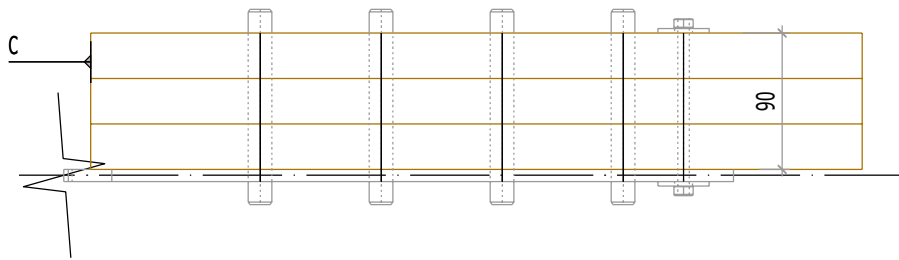
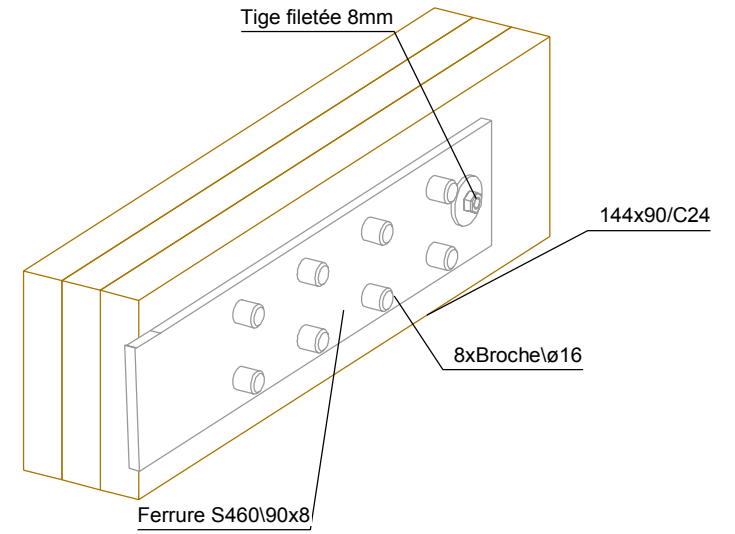
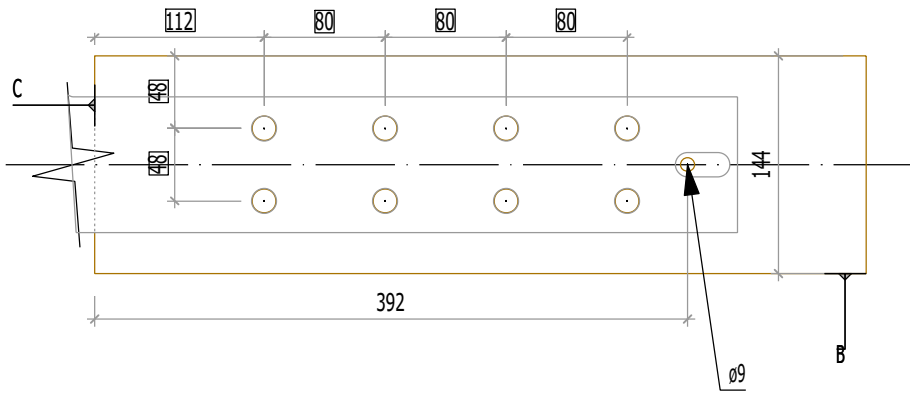
$$F_{rs,d} = 437,01 \text{ kN}$$

$$F_{rs,major,d} = 1,2 \cdot F_{rs,d} = 1,2 \cdot 437,01 = 524,41 \text{ kN}$$

Rupture de bloc

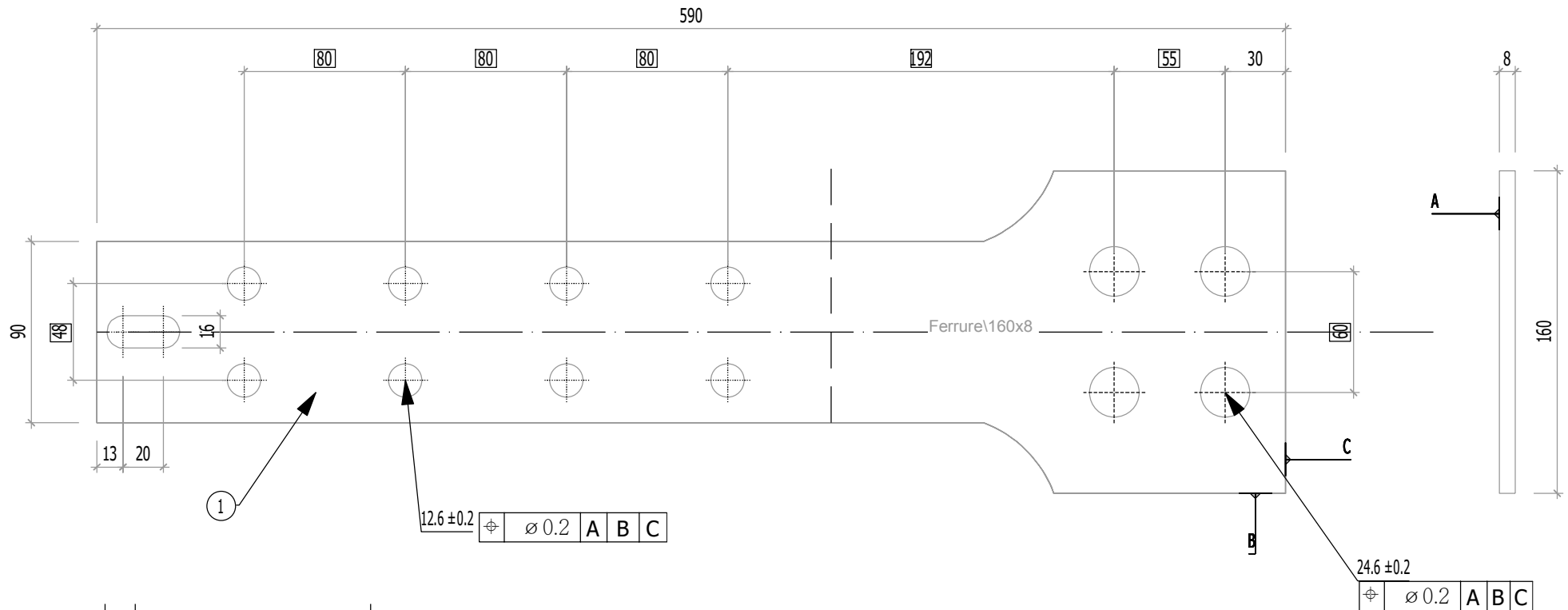
$$F_{bs,d} = 267,4 \text{ kN}$$

$$F_{bs,major,d} = 1,2 \cdot 267,4 = 320,87 \text{ kN}$$



5.2.3

Echelle:1:5



1		100	Ferrure	
Rep	N° Pièce	Nb	Désignation	Surface unitaire : 0.0620185 m^2
Matière	Traitement	Tol généré	Usinage	Ech
S 460 ou équivalent		X $\begin{matrix} +0.5 \\ -0.5 \end{matrix}$	Ra12,5 <small>indicateurs coniques</small>	Echelle: 1: 3
ENSTIB-LERMAB-CRITT			MASSE	Dessinateur: ALBERT LEO
FERRURES ESSAIS ADIVBOIS			3.895 kg	Date: 03.04.2020
ENSTIB	Tel : 03-29-81-11-50 Fax : 03-29-34-09-76		Feuille:	Ind:
27 rue Philippe Seguin BP 1041 880501 EPINAL Cedex 9				

F2.2.1/2.2.2/2.2.3/5.2.2/5.2.3



A D I V B O I S
www.adingbois.org