



ETUDE

COMPORTEMENT AU FEU
D'ASSEMBLAGES BOIS -
RAPPORT D'ESSAIS DU CSTB

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.

Cette étude sur la résistance au feu d'assemblages bois a été co-financée par l'association ADIVbois, membre du CODIFAB. Elle a été réalisée par le CSTB en partenariat avec Arbonis, Polytech Clermont-Ferrand et Efectis.

L'objectif de cette campagne expérimentale a été de déterminer les temps de rupture d'assemblages bois en situation d'incendie conventionnel et de fournir les informations nécessaires pour la compréhension du comportement au feu de ces éléments de construction, afin de pouvoir estimer leur dimensionnement pour des durées de résistance, sous incendie conventionnel, de 90 et 120 min, ainsi que de contribuer à la révision de la norme EN 1995-1-2

Les assemblages testés au feu étaient constitués de poutres en bois reliées entre elles par des plaques et des organes d'assemblage en acier. Deux types d'assemblages bois ont été testés, faisant l'objet de deux campagnes d'essais différentes. Pour la première campagne, les organes d'assemblages étaient constitués d'une plaque métallique, de broches et de boulons, tandis que pour la deuxième campagne assemblages les organes étaient constituées de deux plaques métalliques et de broches.

Des essais de calibration à froid permettant de déterminer les charges de ruine ont été préalablement effectués. Ils ont conduit, pour les assemblages avec une plaque métallique, à des résistances ultimes comprises entre 450 et 490 kN.

21 essais de résistance au feu ont été effectués pour les deux types d'assemblages. Ils ont permis de vérifier qu'avec une ou deux plaques métalliques, pour des niveaux de chargement variant entre 10 et 30 % de la valeur moyenne de rupture définie à froid, des durées de résistance au feu de 90 et 120 min pouvaient être atteintes.

Pour les modes de rupture en situation d'incendie, différents phénomènes peuvent en être à l'origine :

- déformation des broches (flexion due au cisaillement des plans)
- striction au centre de la plaque métallique
- carbonisation des organes bois

Pour chaque type d'assemblage, le tableau 7.1 du rapport joint précise les modes de rupture constatés.

COMPORTEMENT AU FEU D'ASSEMBLAGE BOIS - RAPPORT D'ESSAI DU CSTB

SOMMAIRE

1. PROGRAMME DES ESSAIS.....	3
2. DESCRIPTION DES EPROUVETTES TESTEES AU FEU.....	3
3. INSTRUMENTATION POUR LES ESSAIS A CHAUD.....	12
4. INSTALLATION D'ESSAI AU FEU.....	15
5. PROTOCOLE D'ESSAI AU FEU.....	17
6. MESURES ET RESULTATS DES ESSAIS AU FEU.....	19
7. OBSERVATIONS APRES ESSAIS FEU.....	25
ANNEXE 1 TAUX D'HUMIDITE RELATIVE.....	29
ANNEXE 2 INSTRUMENTATION DES ASSEMBLAGES POUR LES ESSAIS A CHAUD.....	31
ANNEXE 3 RESULTATS DES ESSAIS AU FEU.....	35
ANNEXE 4 PHOTOS DE DIFFERENTES CONFIGURATIONS TESTEES.....	120

Laboratoire pilote agréé par le Ministère de l'Intérieur (Arrêté du 5 février 1959 modifié)

Rapport d'essais n°RS19-085

Campagne expérimentale relative au comportement au feu d'assemblages bois

Rédacteur		Benoît-Louis MARIE-JEANNE
Vérificateur		Dhionis DHIMA
Approbateur		François JALLOT

Version	Modification	Date
00	Version initiale	27/04/2020
01	Version finale	25/05/2020

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT

Siège social > 84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée cedex 2

Tél. : +33 (0)1 64 68 83 26 – resistance@cstb.fr – www.cstb.fr

MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS

> Laboratoire membre de l'association :



Rapport d'essais n°RS19-085

Partenaires :

**CENTRE SCIENTIFIQUE ET
TECHNIQUE DU BATIMENT**

84 avenue Jean Jaurès –
Champs sur Marne

**77 447 MARNE-LA-VALLEE
CEDEX 2**

ARBONIS

RN 79

71 220 VEROSVRES

**POLYTECH CLERMONT-
FERRAND**
DEPARTEMENT GENIE CIVIL
INSTITUT PASCAL
(AXE M3G)

Campus Universitaire des
Cézeaux
2, Avenue Blaise Pascal,
TSA 60 206

**CS 60 206, F-63 178
AUBIERE CEDEX**

EFFECTIS FRANCE

19/23 Quai de Paludate
Bâtiment Manager Saint-
Jean

33 800 BORDEAUX

Ce document comporte 27 pages de rapport et 104 pages d'annexes.

OBJET

Essais résistance au feu d'assemblages bois.

TEXTES DE REFERENCE

- [1] NF EN 1363-1 : 2013-03 « *Essais de résistance au feu – Partie 1 : exigences générales* »
- [2] NF EN 1995-1-2 : 2005-09 (EUROCODE 5) « *Conception et calcul des structures bois – Partie 1-2 : Généralités – Calculs des structures au feu* »
- [3] NF EN 26891 : 1991-08 « *Structures en bois – Assemblages réalisés avec des éléments mécaniques de fixation – Principes généraux pour la détermination des caractéristiques de résistance et de déformation* »
- [4] Plateforme EUROCODE 5 – Document technique « *Assemblages bois-métal à plans de cisaillement multiples* » – Janvier 2013

OBJECTIF DES ESSAIS

L'objectif de cette campagne expérimentale est de déterminer les temps de rupture des assemblages bois en situation d'incendie et de fournir les informations nécessaires pour la compréhension du comportement au feu de ces éléments de construction, afin de contribuer à la révision de la norme EN 1995-1-2.

OBJETS SOUMIS AUX ESSAIS

Eléments d'essais fabriqués par : ARBONIS
Essais mécaniques à froid effectués par : Polytech Clermont-Ferrand
Essais mécaniques au feu effectués par : CSTB

Date de réception au CSTB :

Eprouvettes campagne 1 : 25/04/2019

Eprouvettes campagne 2 : 06/11/2019

Dates des essais au feu : détail donné dans le corps du rapport au Tableau 6.1

1 Programme des essais

Le programme d'essais au feu et à froid est décrit dans le Tableau 1.1. Le projet comporte deux campagnes d'essais sur des assemblages bois/acier. Les deux campagnes se différencient par le nombre des plans de cisaillement et chaque campagne est constituée de différentes configurations. Les assemblages sont sollicités en traction dans l'axe longitudinal des poutres en bois.

Les charges de ruine (ultimes) des assemblages sont déterminées par des essais à froid. Trois essais à froid sont réalisés pour chaque configuration d'assemblage. La valeur moyenne des trois charges de ruine est retenue comme valeur moyenne de résistance à froid R_{moy} de chaque configuration.

Pour les essais au feu, les assemblages ont été chargés à 10% et à 30% de R_{moy} défini à froid.

Le détail de la mise en charge des assemblages testés au feu est donné dans le paragraphe 5 (Figure 5.1 du Protocole d'essai).

Tableau 1.1 : Programme des essais

Assemblage		Nombre d'essais à froid	Nombre d'essais au feu	
Campagne	Configuration		$\eta = 10 \% R_{moy}$	$\eta = 30 \% R_{moy}$
1	1	3	2	2
	2	3	2	2
	1'	3	1	1
2	1	3	2	1
	2	3	2	2
	3	3	1	1
	4	3	1	1

2 Description des éprouvettes testées au feu

NOTA : Sauf expression explicite, toutes les dimensions sont données en millimètres (mm).

Les assemblages testés au feu sont constitués de poutres en bois reliées entre elle par des plaques et des organes d'assemblage en acier.

2.1 Configurations

Deux types d'assemblages bois sont testés, faisant l'objet deux campagnes d'essais différentes. Pour la première campagne, les organes d'assemblages sont de type broche et boulon, tandis que pour la deuxième campagne ils sont de type broche. Le rôle des boulons (maintien des poutres en bois contre les plaques métalliques) pour les éprouvettes de la deuxième campagne est assuré par deux vis qui ont été ajoutées du côté du talon de chaque assemblage.

- campagne 1 : assemblages avec une plaque métallique soit deux plans de cisaillement ;
- campagne 2 : assemblages avec deux plaques métalliques soit quatre plans de cisaillement.

Pour chaque campagne, différentes configurations sont testées pour deux niveaux de chargement différents.

Rapport d'essais n°RS19-085

2.2 Géométries des éprouvettes

2.2.1 Campagne 1

Les assemblages de la campagne 1 sont constitués de 4 poutres reliées entre elles par une plaque métallique au centre. Cette dernière est traversée par des broches assurant le maintien de l'ensemble. Les deux organes de part et d'autre du joint entre les deux assemblages sont de type boulon. Comme expliqué ci-dessus, ces boulons sont prévus pour empêcher l'écartement des poutres de la plaque métallique. La Figure 2.1 et la Figure 2.2 donnent les schémas de principe de ces assemblages. Le Tableau 2.1 donne les dimensions montrées sur ces schémas.

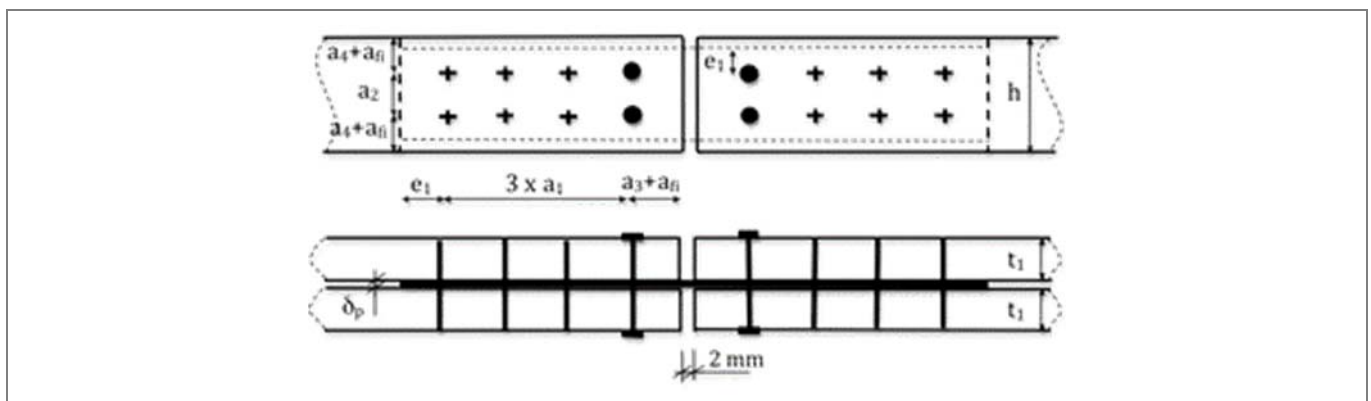


Figure 2.1 : Assemblages avec deux plans de cisaillement

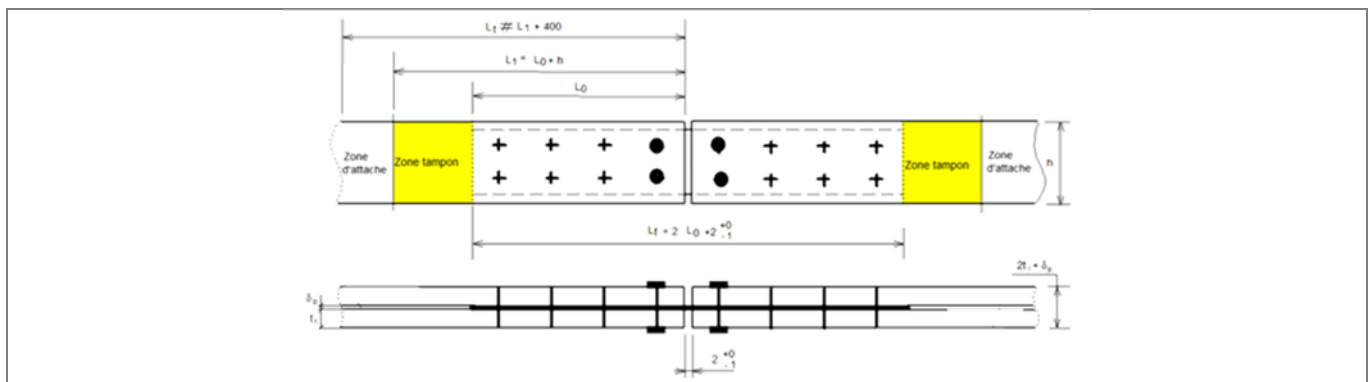


Figure 2.2 : Assemblages avec deux plans de cisaillement

Tableau 2.1 : Dimensions des assemblages bois-acier-bois avec deux plans de cisaillement

Assemblages avec une plaque métallique (2 lignes avec 3 broches et 1 boulons par ligne)																	
Config	φ (mm)	t ₁ (mm)	a1 (7d) (mm)	a2 (4d) (mm)	a3 (max(7d, 80 mm)) (mm)	a4 (3d) (mm)	a _{fi} (mm)	a3+a _{fi}	a4+a _{fi}	e1 (mm)	h (mm)	h _p (mm)	δ _p (mm)	L ₀ (mm)	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	δ _{ccz} (mm)
1	16	150	112	64	112	48	50	162	98	25	260	114	10	523	783	1800	310
2	16	200	112	64	112	48	70	182	118	25	300	114	10	543	843	1800	410
1(*)	16	200	112	64	112	48	50	162	98	25	260	114	10	523	783	1800	410

(*) La longueur des broches de la configuration 1' est celle des organes de la configuration 1. Les vides, des trous des broches de profondeur de 50 qui restent de part et d'autre des broches, ont été remplis de bouchons en bois.

Les Figure 2.3, Figure 2.4 et Figure 2.5 montrent respectivement les schémas cotés des éprouvette 1, 2 et 1' testées au feu.

Rapport d'essais n°RS19-085

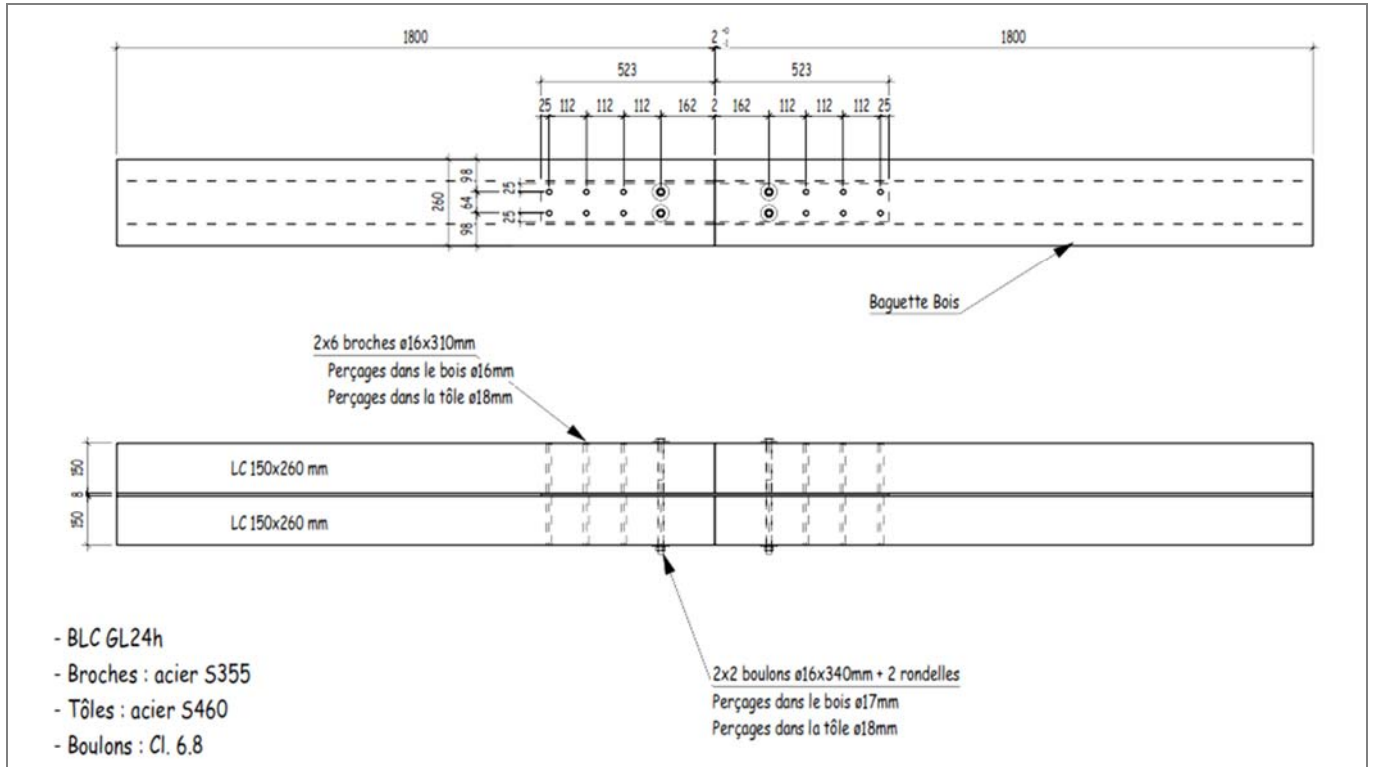


Figure 2.3 : Epreuve de la configuration n°1 de la première campagne testée au feu

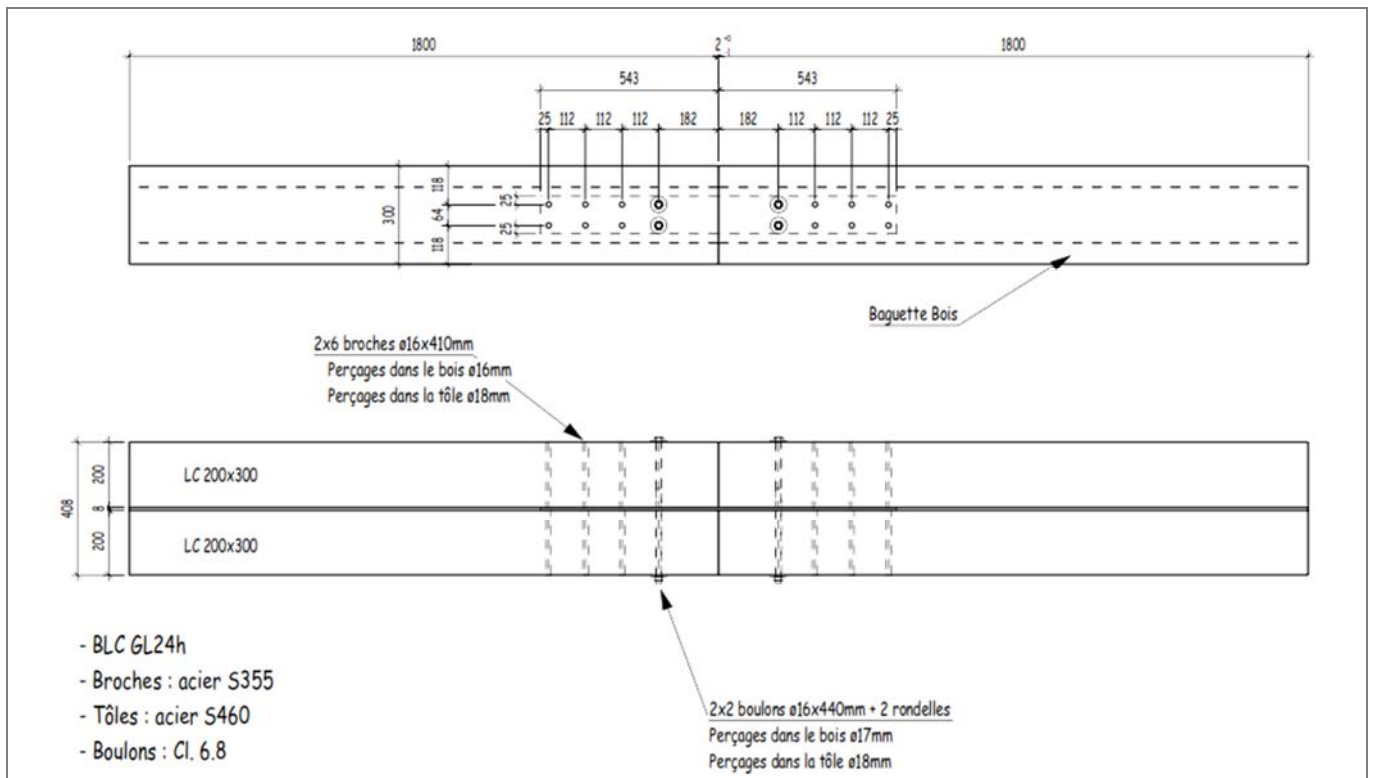


Figure 2.4 : Epreuve de la configuration n°2 de la première campagne testée au feu

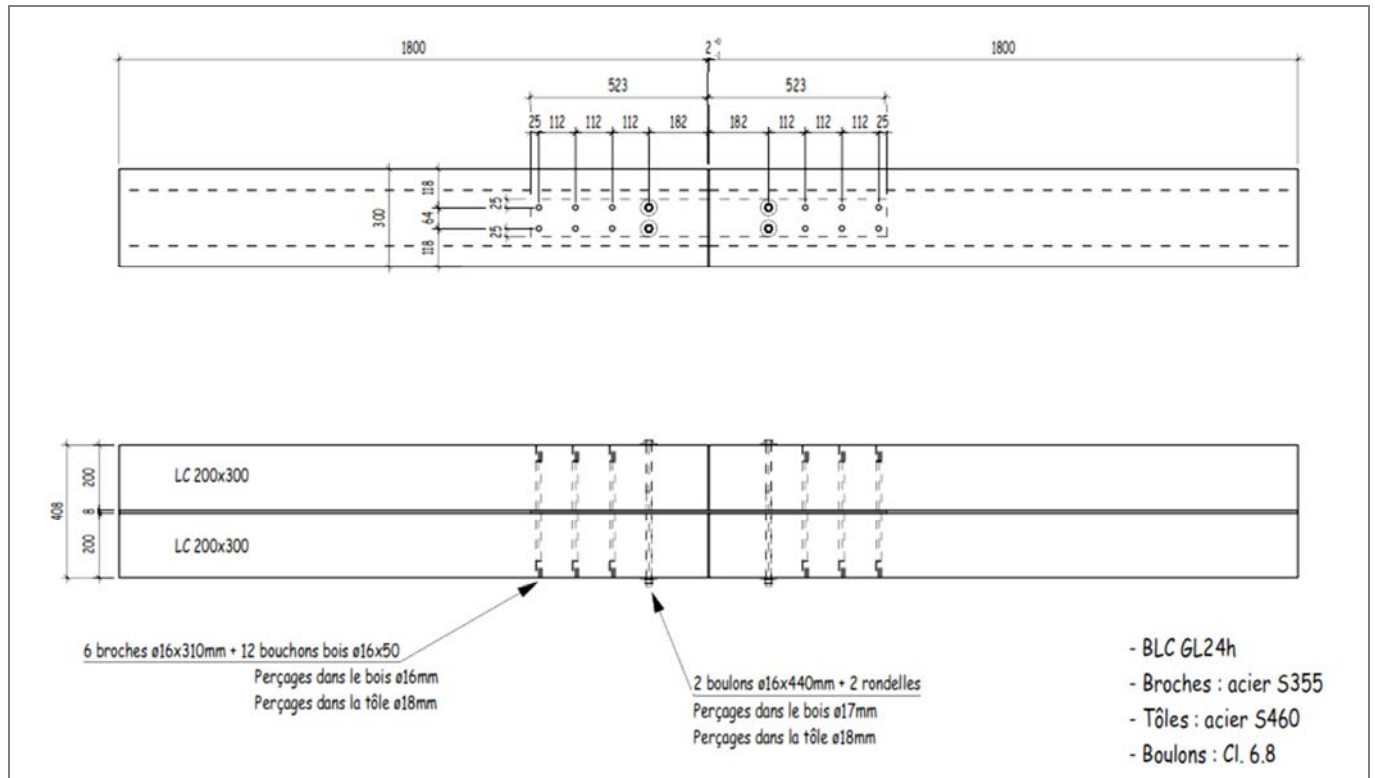


Figure 2.5 : Epreuve de la configuration n°1' de la première campagne testée au feu

L'épaisseur des plaques métalliques de ces éprouvettes étant relativement importante, il a été décidé qu'elles soient protégées par une bande de lamellé-collé sur tous les côtés. Néanmoins, afin d'étudier l'effet de la protection au-dessus et au-dessous de ces plaques dans leur sens longitudinal, cette protection a été retirée pour certaines éprouvettes. Ce détail est précisé par la suite pour les essais concernés (notamment Tableau 6.1).

Rapport d'essais n°RS19-085

2.2.2 Campagne 2

Les assemblages de la campagne 2 sont constitués de 4 poutres reliées entre elles par deux plaques métalliques au centre. Ces dernières sont traversées par des broches assurant le maintien de l'ensemble. Deux vis sont ajoutées du côté du talon de chaque assemblage. Comme expliqué ci-dessus, ces vis sont prévues pour assurer le maintien des poutres sur les plaques métalliques. La Figure 2.6 donne le schéma de principe de ces assemblages. Le Tableau 2.2 donne les dimensions montrées sur ce schéma.

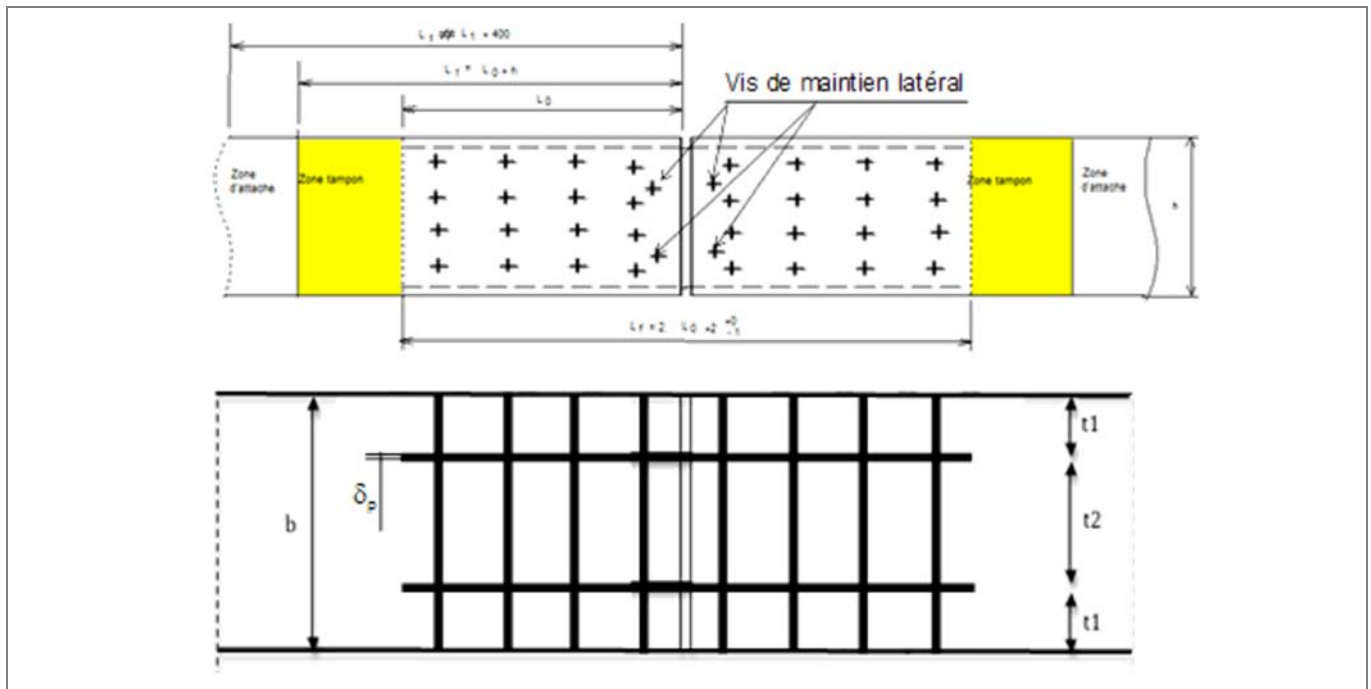


Figure 2.6 : Assemblages avec quatre plans de cisaillement et des broches Ø12

Tableau 2.2 : Dimensions des assemblages bois-acier-bois avec deux plans de cisaillement

Assemblages avec deux plaques métalliques (4 lignes de broches avec 4 broches par ligne, avec 2 boulons sur les lignes extérieures)																		
Config	φ (mm)	t1 (mm)	a1 (7d) (mm)	a2 (4d) (mm)	a3 (max(7d, 80 mm) (mm)	a4 (3d) (mm)	a11 (mm)	a3+a11 (mm)	a4+a11 (mm)	e1 (mm)	h (mm)	h0 (mm)	δ0 (mm)	t2 (mm)	L0 (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	δacc (mm)
1	12	75	84	48	84	36	35	119	71	35	286	214	2x6	100	406	682	1800	262
2	12	100	84	48	84	36	46	130	82	35	308	214	2x6	120	417	725	1800	332
3	12	120	84	48	84	36	49	133	85	35	314	214	2x6	140	420	734	1800	382
4	12	150	84	48	84	36	63	147	99	35	342	214	2x6	160	434	776	1800	472

Les Figure 2.7, Figure 2.8, Figure 2.9 et Figure 2.10 montrent respectivement les schémas cotés des éprouvette 1, 2, 3 et 4 testées au feu.

Rapport d'essais n°RS19-085

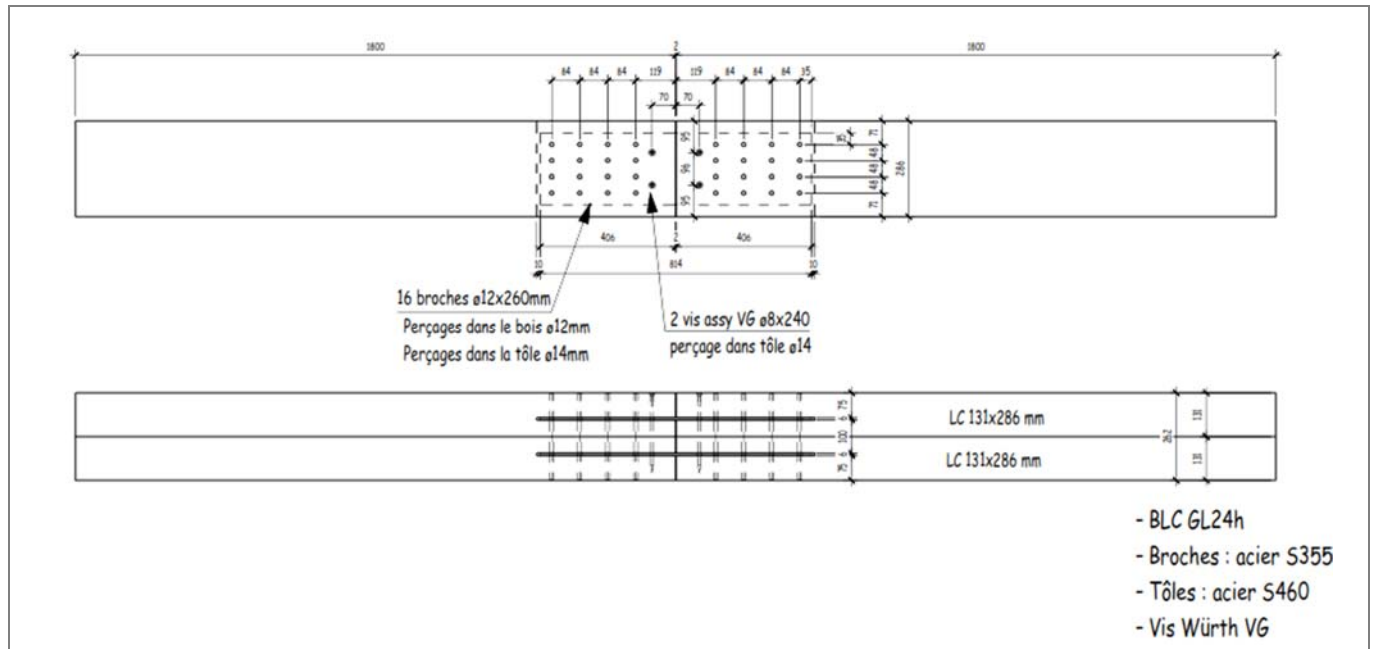


Figure 2.7 : Epreuve de la configuration n°1 de la deuxième campagne testée au feu

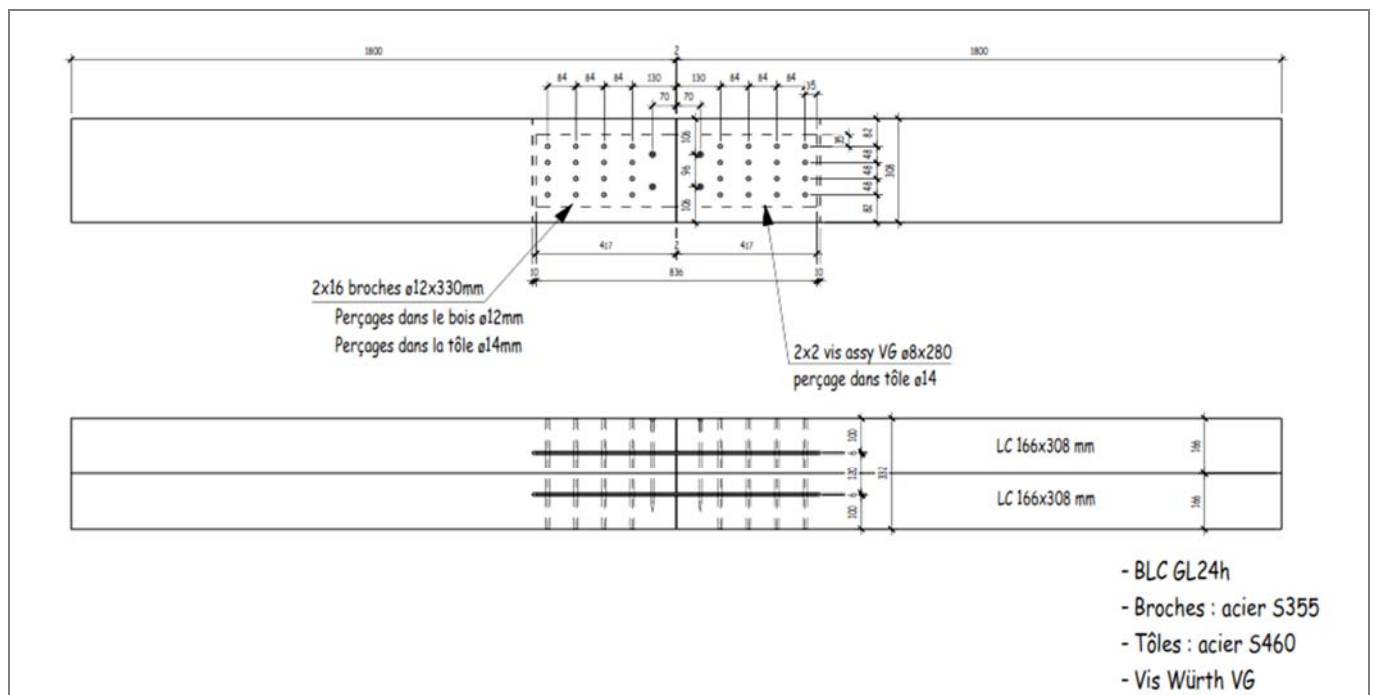


Figure 2.8 : Epreuve de la configuration n°2 de la deuxième campagne testée au feu

Rapport d'essais n°RS19-085

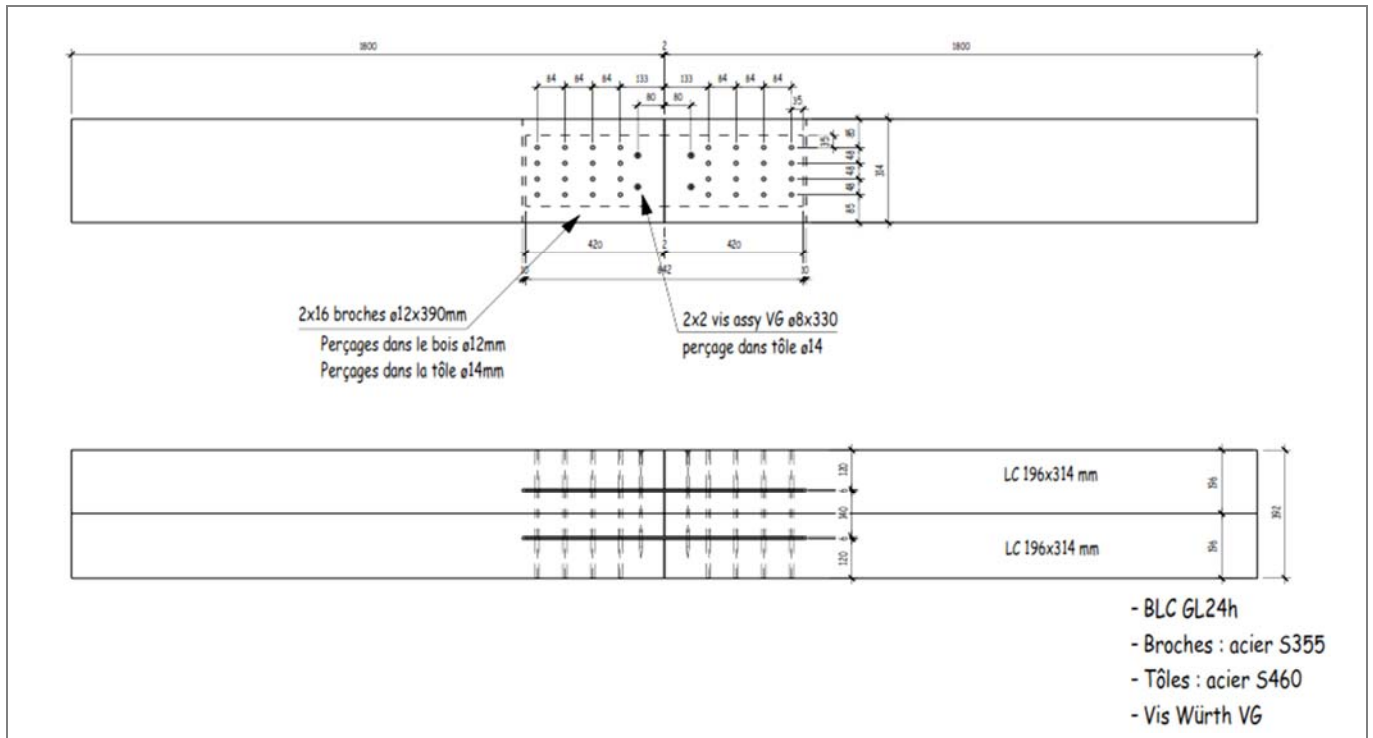


Figure 2.9 : Eprouvette de la configuration n°3 de la deuxième campagne testée au feu

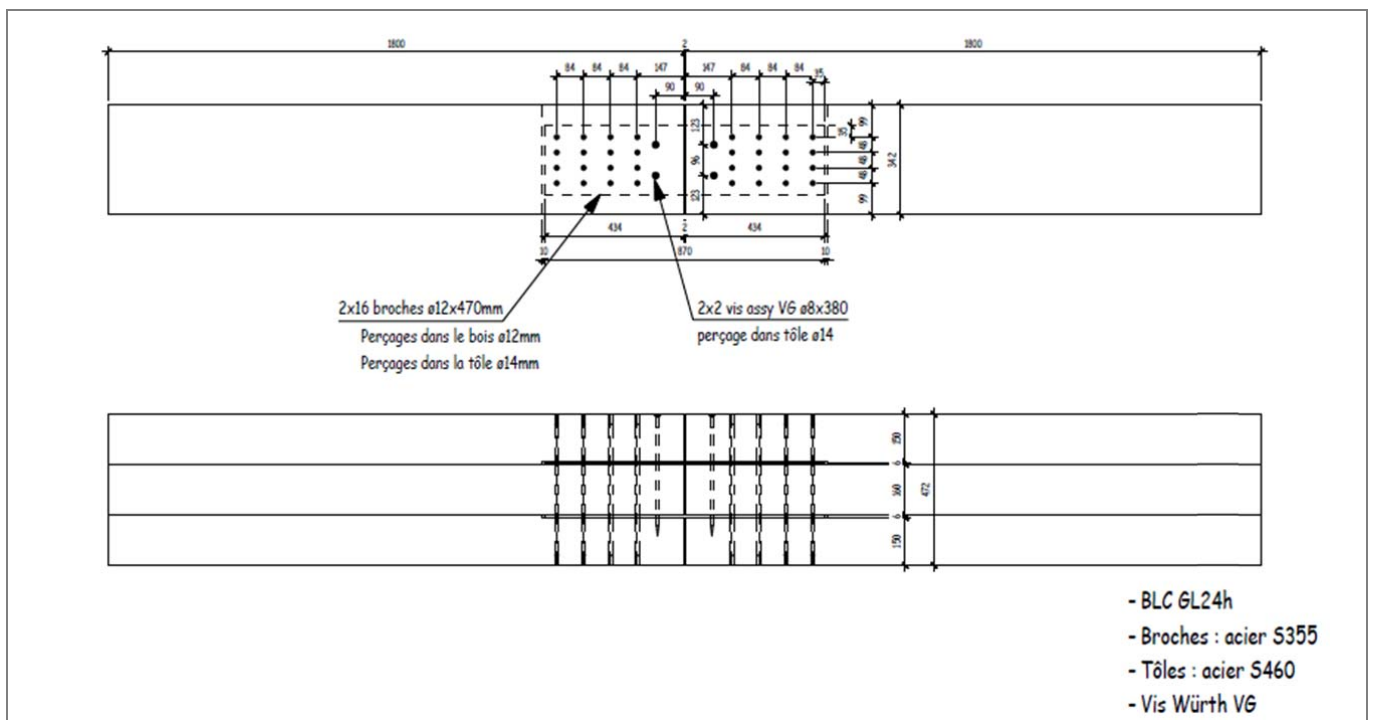


Figure 2.10 : Eprouvette de la configuration n°4 de la deuxième campagne testée au feu

2.3 Caractéristiques physico-mécaniques des assemblages

Les assemblages sont constitués de membrures en bois lamellé-collé de classe de résistance GL 24h. Les organes sont les plaques métalliques, les broches et les boulons. Les caractéristiques nominales de ces éléments sont données dans le Tableau 2.3 suivant :

Tableau 2.3 : Caractéristiques des éléments des assemblages testés à froid et au feu.

Elément	$f_{t,0}$	$f_{v,k}$	ρ_k (masse volumique caractéristique)	ρ_{moy} (masse volumique moyenne)
	MPa	MPa	kg.m ⁻³	
Membrures	19,2	3,5	385	420
Elément	Caractéristiques		f_y	f_u
	MPa		MPa	MPa
Broches	Acier S355		355	510
Boulons	Acier classe 6.8		480	600
Plaques	Acier S460		460	630

2.4 Conditionnement et taux d'humidité relative des éprouvettes

Une fois réceptionnées, les poutres ont été conservées dans le bâtiment du laboratoire de résistance au feu du CSTB jusqu'aux jours des essais. Le taux d'humidité relative de chaque assemblage a été mesuré à partir du 6^{ème} assemblage, à l'aide d'un hygromètre Testo 606-1. Les mesures ont été effectuées par piquage de deux pointes métalliques dans le bois à une profondeur moyenne de 2 mm. Le taux d'humidité résulte de la mesure de la résistivité du matériau entre ces deux pointes. Le Tableau 2.4 donne les taux mesurés. Le détail des valeurs est donné en Annexe 1.

Tableau 2.4 : Taux d'humidité relative

Données							Mesures du taux d'humidité relative			
Campagne	Configuration	Taux de charge par rapport à R_{moy}	Essai	Date d'essai	Date de mesure	Nombre de mesures	Moyenne mesurée	Minimum mesuré	Maximum mesuré	Ecart-type calculé
1	2	10%	06	13/12/2019	12/12/2019	28	10,5	10,0	11,1	0,3
	2	30%	07	14/12/2019	13/12/2019	36	11,0	10,0	11,8	0,4
	2	30%	08	17/12/2019	16/12/2019	36	11,7	11,2	12,6	0,3
	1'	10%	09	06/01/2020	06/01/2020	36	10,2	9,4	10,9	0,4
	1'	30%	10	08/01/2020	07/01/2020	36	11,0	10,4	11,4	0,3
2	1	10%	01	10/02/2020	10/02/2020	16	10,7	9,9	11,5	0,5
	1	10%	02	12/20/2020	11/02/2020	16	10,2	9,4	11,3	0,5
	1	30%	03	19/02/2020	17/02/2020	36	10,9	9,9	11,5	0,4
	2	10%	04	15/01/2020	14/01/2020	36	10,8	9,5	11,9	0,6
	2	10%	05	21/01/2020	17/01/2020	36	10,9	10,2	11,7	0,5
	2	30%	06	24/01/2020	22/01/2020	36	9,5	8,8	10,5	0,3
	2	30%	07	28/01/2020	27/01/2020	36	11,4	10,0	12,4	0,6
	3	10%	08	31/01/2020	30/01/2020	24	10,9	9,6	12,0	0,6
	3	30%	09	06/02/2020	05/02/2020	16	10,9	10,2	11,7	0,5
	4	10%	10	24/02/2020	20/02/2020	36	10,8	9,7	11,6	0,5
	4	30%	11	27/02/2020	25/02/2020	36	11,4	10,3	12,4	0,6

3 Instrumentation pour les essais à chaud

3.1 Conduite de four

Afin de contrôler la sollicitation thermique, 6 pyromètres à plaque (notés P_i avec i l'identifiant numérique) sont disposés dans la chambre à feu, au proche de l'assemblage testé. Les températures sont mesurées et enregistrées conformément au paragraphe 9.1.1 de la norme NF EN 1363-1 [1]. Deux schémas de principe des emplacements des pyromètres sont donnés en Figure 3.1 et en Figure 3.2.

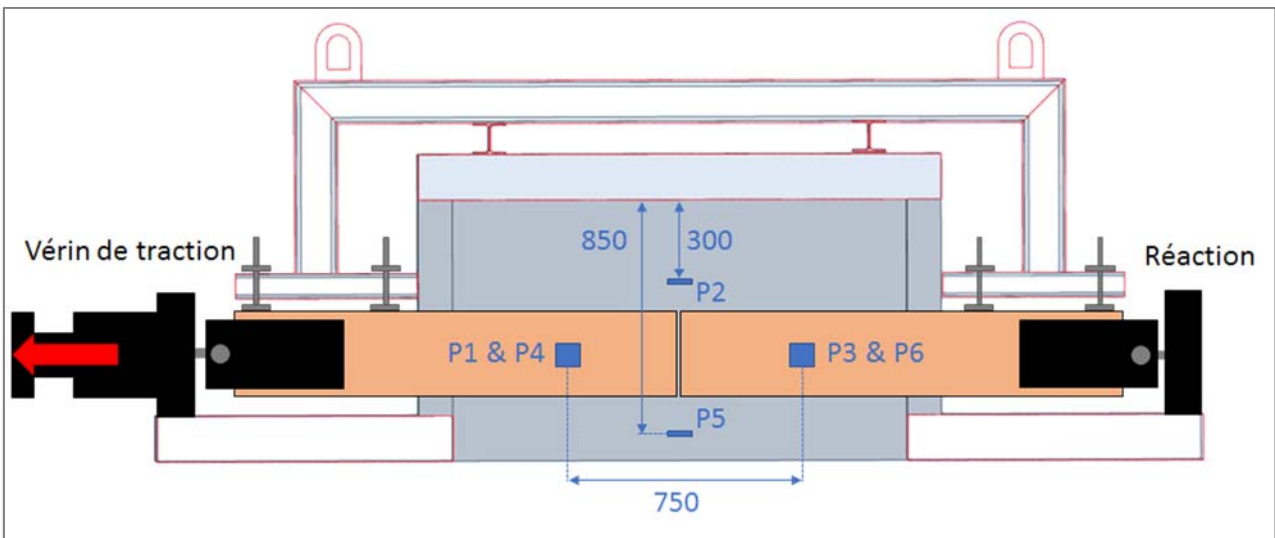


Figure 3.1 : Schéma de principe – Emplacement des pyromètres à plaque – Vue de côté en coupe verticale

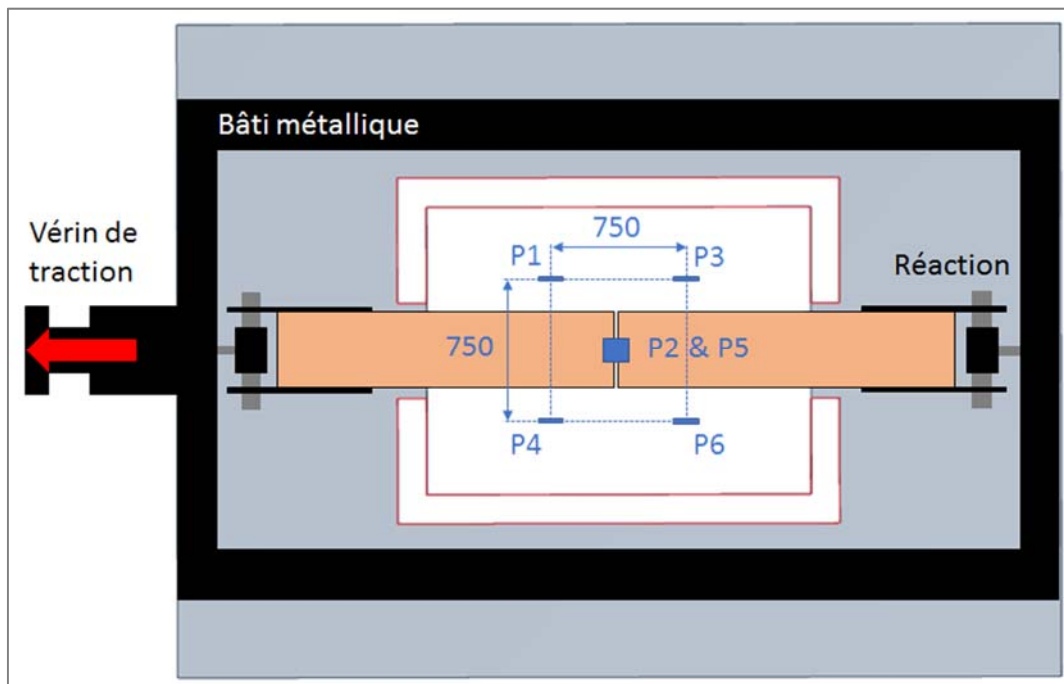


Figure 3.2 : Schéma de principe – Emplacement des pyromètres à plaque – Vue de haut en coupe horizontale

3.3 Déplacements

Les déplacements sont mesurés conformément à la norme NF EN 1363-1 [1] avec des capteurs potentiométriques Solartron. Les déplacements d'ensemble du système d'essai sont mesurés tout au long de l'essai, correspondants aux déplacements du vérin de traction (notés Δu_s). Deux capteurs de déplacements sont ajoutés au proche du plan de joint pour mesurer son ouverture lors de la phase de chargement (notés Δu_j) à froid, précèdent l'essai au feu. Les schémas de principe sont donnés en Figure 3.5 et en Figure 3.6.

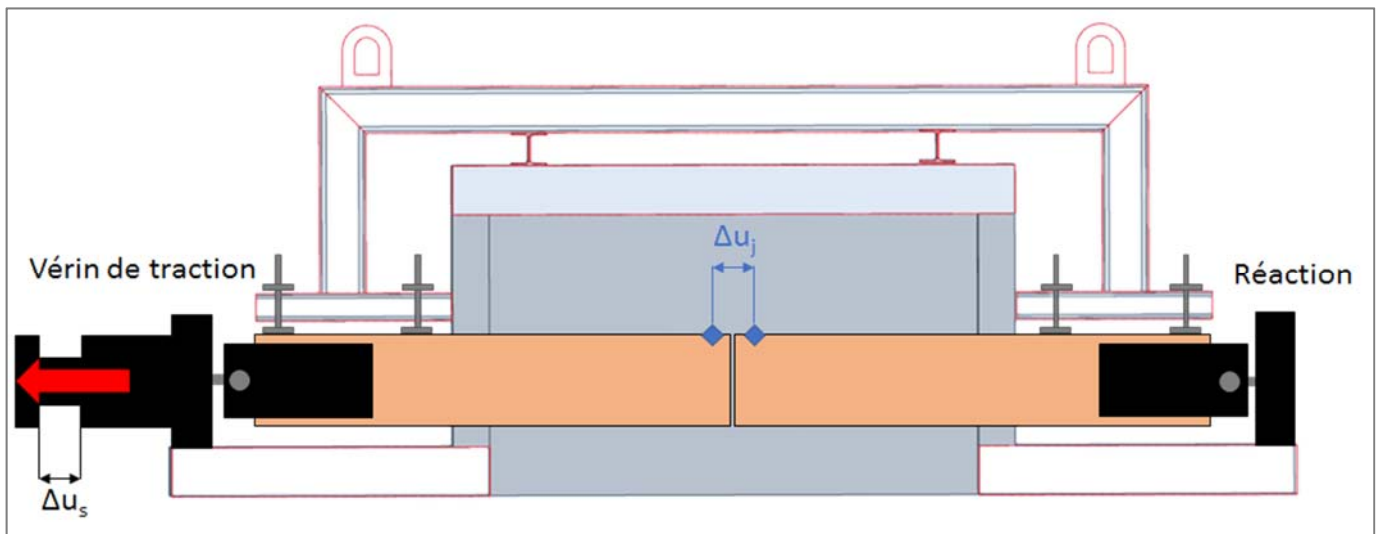


Figure 3.5 : Schéma de principe – Mesure des déplacements – Vue de côté en coupe verticale

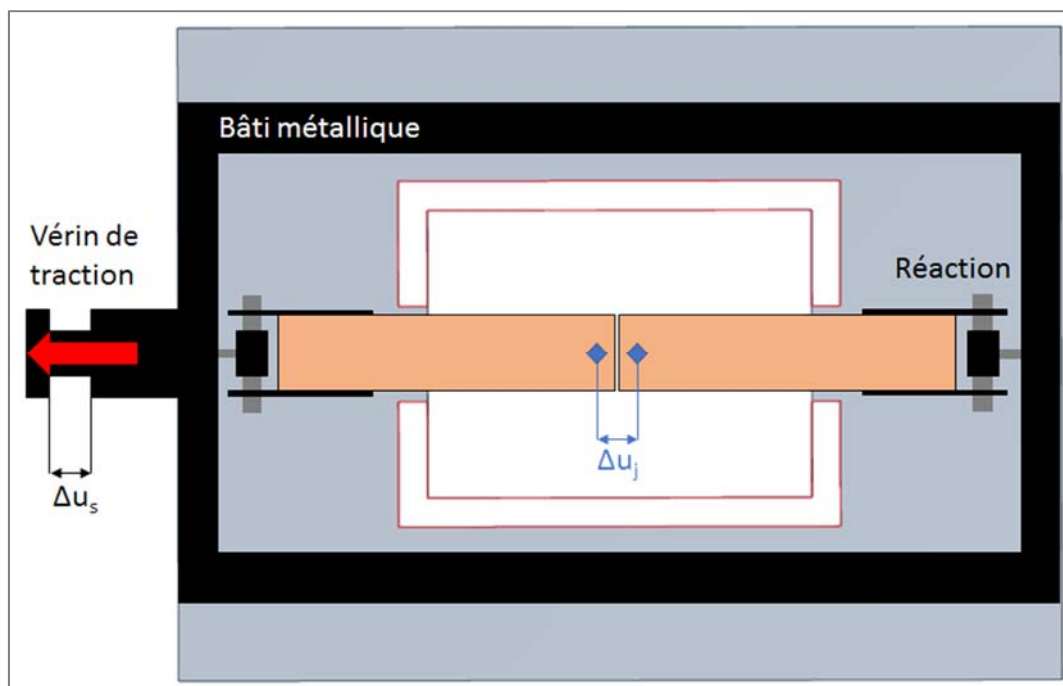


Figure 3.6 : Schéma de principe – Mesure des déplacements – Vue de haut en coupe horizontale

4 Installation d'essai au feu

L'installation où se sont réalisés les essais de résistance au feu des assemblages bois est constitué d'un four horizontal d'ouverture 3 m × 4 m, d'un bâti métallique posé sur ledit four dans lequel est fixé l'assemblage à tester et d'une chambre à feu (de type « cloche ») qui vient engober l'éprouvette et recouvrir le four (voir Figure 4.1). L'éprouvette est exposée au feu sur deux mètres de longueur (un mètre de part et d'autre du centre de l'assemblage). Ses extrémités sont à l'extérieur de la chambre à feu, maintenues dans leurs axes par des abouts métalliques (fixés sur les flancs de l'assemblage par des tirefonds). L'éprouvette est mise en traction à l'aide d'un vérin qui est positionné sur une des extrémités du bâti métallique (voir Figure 4.2 et Figure 4.3). Le lien entre le bâti métallique et les assemblages se fait au travers d'un ensemble Diwidag/axe/about. Un palonnier en partie supérieure de la chambre à feu maintient les poutres pour permettre leur évacuation.

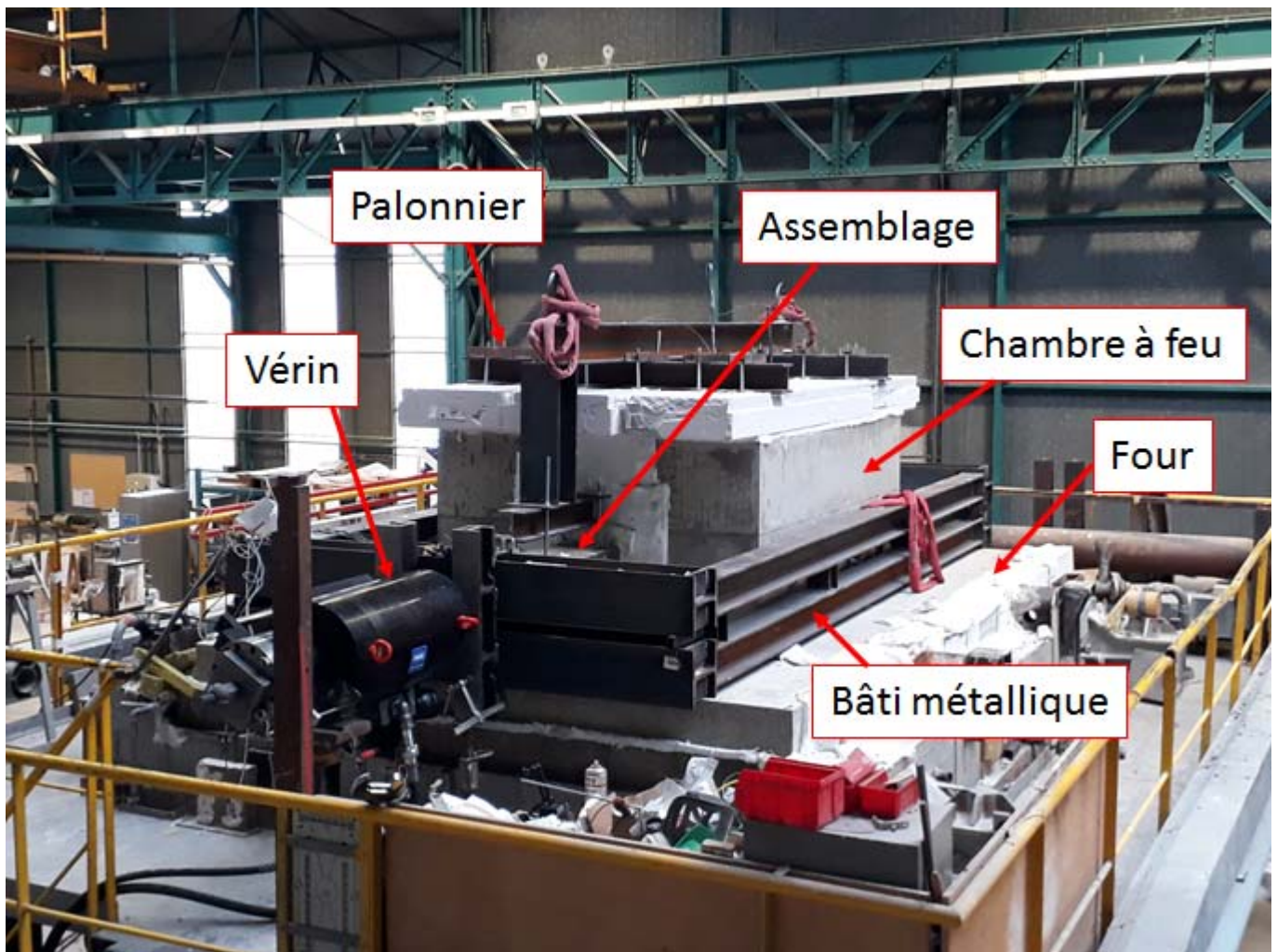


Figure 4.1 : Système d'essai – Vue ISO

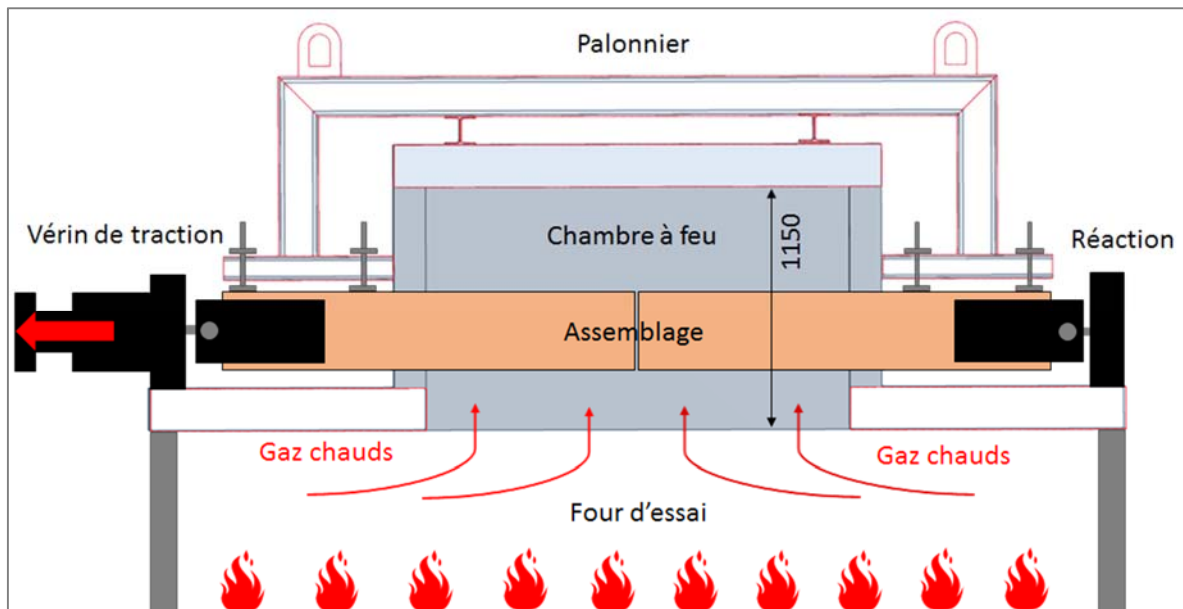


Figure 4.2 : Schéma de principe – Système d'essai – Vue de côté en coupe verticale

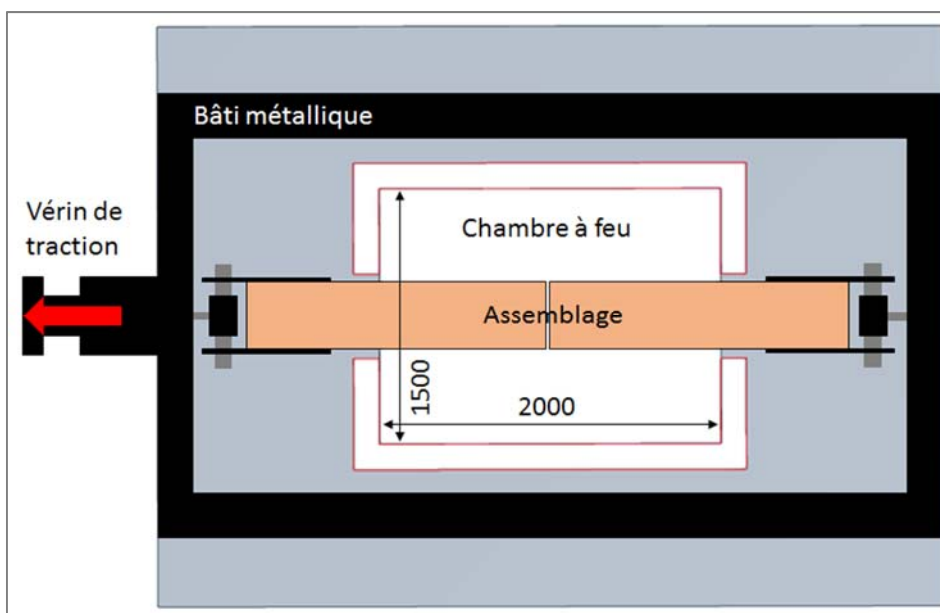


Figure 4.3 : Schéma de principe – Système d'essai – Vue de haut en coupe horizontale

5 Protocole d'essai au feu

Les températures, les charges, la pression et les déplacements sont mesurées et enregistrées conformément aux normes NF EN 1363-1 [1].

5.1 Chargement mécanique

Le système de chargement mécanique est représenté en Figure 4.2 et en Figure 4.3. L'assemblage est sollicité horizontalement, dans son axe longitudinal. Un vérin de capacité 1 800 kN est fixé au bâti métallique et exerce un effort de traction à l'une des extrémités de l'assemblage. L'autre extrémité est fixée au bâti métallique par le même système de conditions aux limites. Le pilotage du vérin pour atteindre la charge voulue se fait par déplacement imposé.

Le chargement appliqué lors des essais au feu suit le protocole suivant, avec R_{moy} la moyenne des charges de ruine établies lors des essais à froid :

- montée en charge en 120 secondes jusqu'à $\eta = 40\% R_{moy}$;
- stabilisation de la charge pendant 30 secondes à $\eta = 40\% R_{moy}$;
- descente en charge en 90 secondes jusqu'à $\eta = 10\% R_{moy}$;
- stabilisation de la charge pendant 30 secondes à $\eta = 10\% R_{moy}$;
- selon le niveau de chargement au feu démarrage de l'essai avec $\eta = 10\% R_{moy}$ ou montée en charge en 60 secondes jusqu'à $\eta = 30\% R_{moy}$ (voir Figure A3.1)

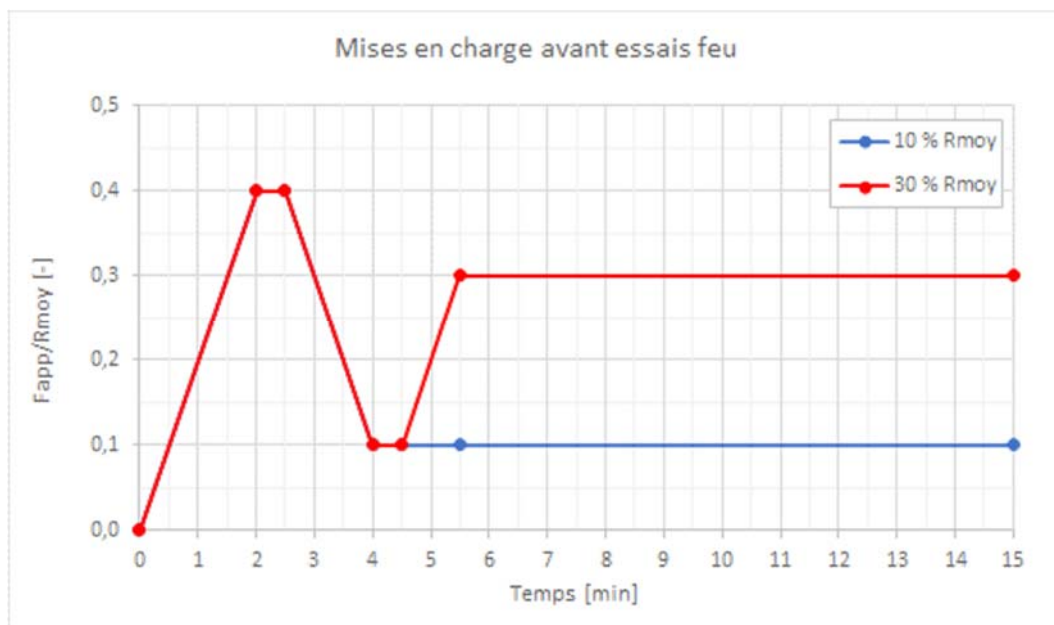


Figure 5.1 : Chargement mécanique appliqué avant les essais au feu

Le four d'essai est mis en route lorsque la charge appliquée à l'assemblage (10% ou 30% de R_{moy}) est stabilisée. Elle est maintenue constante tout au long de l'essai.

Rapport d'essais n°RS19-085

Le Tableau 5.1 donne les valeurs des résistances moyennes ultimes des assemblages définis par des essais à froid.

Tableau 5.1 : Résistances moyennes ultimes des assemblages, définies expérimentalement à froid

Configuration (campagne 1)	Résistance moyenne ultime de l'assemblage (kN)
1	484
2	473
1'	458

Pour tous les essais de la deuxième campagne, la résistance moyenne ultime (R_{moy}) des éprouvettes prise en compte est de 900 kN.

5.2 Action thermique

L'assemblage est exposé sur toutes ses faces sur deux mètres de sa longueur. La sollicitation thermique suit jusqu'à l'arrêt de l'essai la courbe normalisée ISO 834-1 représentée en Figure 5.2.

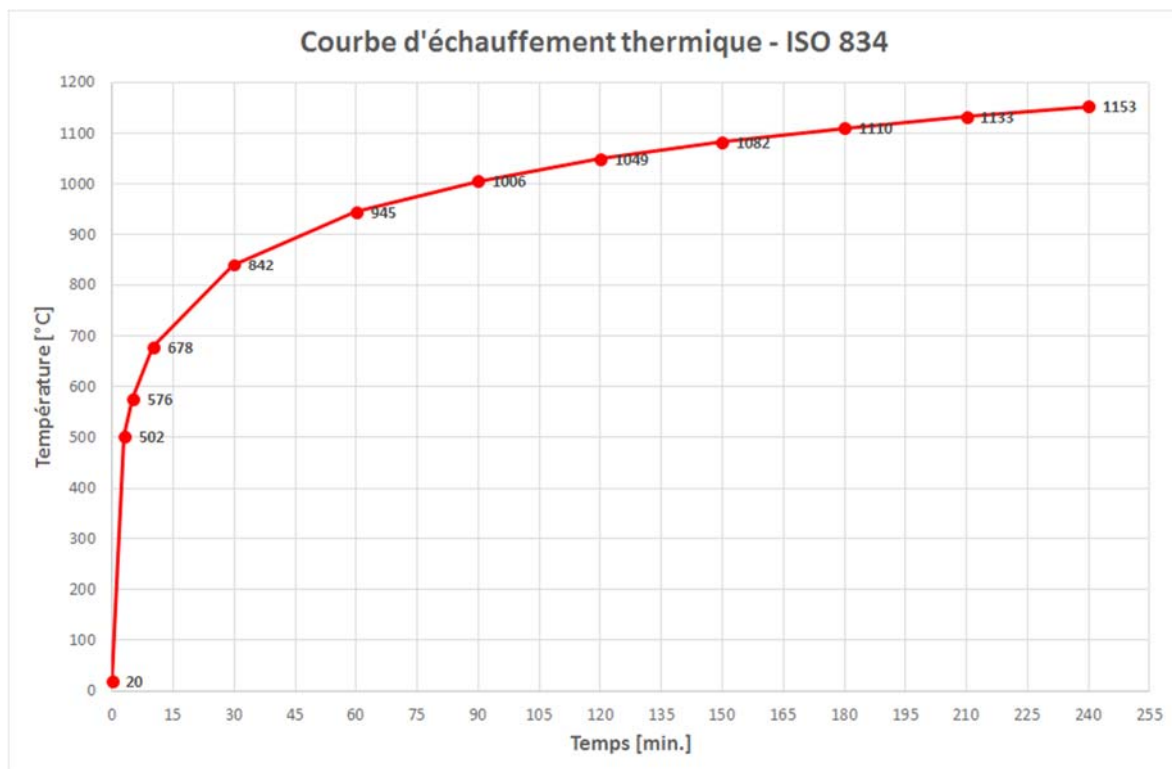


Figure 5.2 : Evolution de l'action thermique lors des essais au feu suivant la courbe normalisée ISO 834-1

5.3 Critère d'arrêt

Les assemblages sont testés jusqu'à rupture mécanique, lorsque le système de chargement ne permet plus de maintenir la charge appliquée sur l'assemblage pendant l'essai.

6 Mesures et résultats des essais au feu

Pour la première campagne, les plaques métalliques de certains assemblages n'étaient pas protégées, au-dessus comme en-dessous, sur toute leur longueur par des bandes de lamellés-collés (cf. paragraphe 2.2.1). Les essais concernés sont grisés dans le Tableau 6.1 dans lequel sont donnés les résultats des essais au feu. Pour la deuxième campagne, les champs des plaques métalliques ne sont pas protégés.

Tableau 6.1 : Durées de résistance au feu des assemblages bois testés au feu

Campagne	Config.	Taux de charge par rapport à R_{moy}	Valeur de charge appliquée (kN)	Essai	Date d'essai	Protection de la plaque	Durées de résistance au feu (min)
1	1	10%	48,4	01	28/11/2019	Oui	96
	1	10%	48,4	02	03/12/2019	Non	91
	1	30%	145,2	03	04/12/2019	Oui	74
	1	30%	145,2	04	09/12/2019	Oui	80
	2	10%	47,796	05	11/12/2019	Oui	153
	2	10%	47,796	06	13/12/2019	Non	121
	2	30%	141,88	07	14/12/2019	Oui	119
	2	30%	141,888	08	17/12/2019	Oui	117
	1'	10%	45,76	09	06/01/2020	Oui	142
	1'	30%	137,28	10	08/01/2020	Non	89
2	1	10%	90	01	10/02/2020	Non	81
	1	10%	90	02	12/02/2020	Non	79
	1	30%	270	03	19/02/2020	Non	64
	2	10%	90	04	15/01/2020	Non	105
	2	10%	90	05	21/01/2020	Non	104
	2	30%	270	06	24/01/2020	Non	82
	2	30%	270	07	28/01/2020	Non	85
	3	10%	90	08	31/01/2020	Non	118
	3	30%	270	09	06/02/2020	Non	98 *
	4	10%	90	10	24/02/2020	Non	150
	4	30%	270	11	27/02/2020	Non	134

* Du fait d'un problème informatique, seules les données des 77 premières minutes ont pu être enregistrées.

6.1 Conduite de four

Les courbes des températures du four sont présentées pour chaque essai en Annexe 3 aux figures données dans le Tableau 6.2.

Tableau 6.2 : Températures de conduite du four

Campagne	Config.	Taux de charge par rapport à R_{moy}	Valeur de charge appliquée (kN)	Essai	Date d'essai	Références dans l'Annexe 3
1	1	10%	48,4	01	28/11/2019	↳ voir Figure A3.4
	1	10%	48,4	02	03/12/2019	↳ voir Figure A3.11
	1	30%	145,2	03	04/12/2019	↳ voir Figure A3.18
	1	30%	145,2	04	09/12/2019	↳ voir Figure A3.25
	2	10%	47,796	05	11/12/2019	↳ voir Figure A3.32
	2	10%	47,796	06	13/12/2019	↳ voir Figure A3.39
	2	30%	141,88	07	14/12/2019	↳ voir Figure A3.46
	2	30%	141,888	08	17/12/2019	↳ voir Figure A3.53
	1'	10%	45,76	09	06/01/2020	↳ voir Figure A3.60
	1'	30%	137,28	10	08/01/2020	↳ voir Figure A3.67
2	1	10%	90	01	10/02/2020	↳ voir Figure A3.74
	1	10%	90	02	12/02/2020	↳ voir Figure A3.81
	1	30%	270	03	19/02/2020	↳ voir Figure A3.88
	2	10%	90	04	15/01/2020	↳ voir Figure A3.95
	2	10%	90	05	21/01/2020	↳ voir Figure A3.102
	2	30%	270	06	24/01/2020	↳ voir Figure A3.109
	2	30%	270	07	28/01/2020	↳ voir Figure A3.116
	3	10%	90	08	31/01/2020	↳ voir Figure A3.123
	3	30%	270	09	06/02/2020	↳ voir Figure A3.130
	4	10%	90	10	24/02/2020	↳ voir Figure A3.137
	4	30%	270	11	27/02/2020	↳ voir Figure A3.144

6.2 Températures au sein des assemblages

Les courbes des températures au sein des assemblages sont présentées pour chaque essai en Annexe 3 aux figures données dans le Tableau 6.3.

Tableau 6.3 : Températures au sein des assemblages

Campagne	Config.	Taux de charge par rapport à R_{moy}	Valeur de charge appliquée (kN)	Essai	Date d'essai	Références dans l'Annexe 3
1	1	10%	48,4	01	28/11/2019	☞ plaques acier : Figure A3.5 ☞ broches acier : Figure A3.6 ☞ poutres bois : Figure A3.7
	1	10%	48,4	02	03/12/2019	☞ plaques acier : Figure A3.12 ☞ broches acier : Figure A3.13 ☞ poutres bois : Figure A3.14
	1	30%	145,2	03	04/12/2019	☞ plaques acier : Figure A3.19 ☞ broches acier : Figure A3.20 ☞ poutres bois : Figure A3.21
	1	30%	145,2	04	09/12/2019	☞ plaques acier : Figure A3.26 ☞ broches acier : Figure A3.27 ☞ poutres bois : Figure A3.28
	2	10%	47,796	05	11/12/2019	☞ plaques acier : Figure A3.33 ☞ broches acier : Figure A3.34 ☞ poutres bois : Figure A3.35
	2	10%	47,796	06	13/12/2019	☞ plaques acier : Figure A3.40 ☞ broches acier : Figure A3.41 ☞ poutres bois : Figure A3.42
	2	30%	141,88	07	14/12/2019	☞ plaques acier : Figure A3.47 ☞ broches acier : Figure A3.48 ☞ poutres bois : Figure A3.49
	2	30%	141,888	08	17/12/2019	☞ plaques acier : Figure A3.54 ☞ broches acier : Figure A3.55 ☞ poutres bois : Figure A3.56
	1'	10%	45,76	09	06/01/2020	☞ plaques acier : Figure A3.61 ☞ broches acier : Figure A3.62 ☞ poutres bois : Figure A3.63
	1'	30%	137,28	10	08/01/2020	☞ plaques acier : Figure A3.68 ☞ broches acier : Figure A3.69 ☞ poutres bois : Figure A3.70
2	1	10%	90	01	10/02/2020	☞ plaques acier : Figure A3.75 ☞ broches acier : Figure A3.76 ☞ poutres bois : Figure A3.77
	1	10%	90	02	12/02/2020	☞ plaques acier : Figure A3.82 ☞ broches acier : Figure A3.83 ☞ poutres bois : Figure A3.84

Rapport d'essais n°RS19-085

Campagne	Config.	Taux de charge par rapport à R_{moy}	Valeur de charge appliquée (kN)	Essai	Date d'essai	Références dans l'Annexe 3
	1	30%	270	03	19/02/2020	☞ plaques acier : Figure A3.89 ☞ broches acier : Figure A3.90 ☞ poutres bois : Figure A3.91
	2	10%	90	04	15/01/2020	☞ plaques acier : Figure A3.96 ☞ broches acier : Figure A3.97 ☞ poutres bois : Figure A3.98
	2	10%	90	05	21/01/2020	☞ plaques acier : Figure A3.103 ☞ broches acier : Figure A3.104 ☞ poutres bois : Figure A3.105
	2	30%	270	06	24/01/2020	☞ plaques acier : Figure A3.110 ☞ broches acier : Figure A3.111 ☞ poutres bois : Figure A3.112
	2	30%	270	07	28/01/2020	☞ plaques acier : Figure A3.117 ☞ broches acier : Figure A3.118 ☞ poutres bois : Figure A3.119
	3	10%	90	08	31/01/2020	☞ plaques acier : Figure A3.124 ☞ broches acier : Figure A3.125 ☞ poutres bois : Figure A3.126
	3	30%	270	09	06/02/2020	☞ plaques acier : Figure A3.131 ☞ broches acier : Figure A3.132 ☞ poutres bois : Figure A3.133
	4	10%	90	10	24/02/2020	☞ plaques acier : Figure A3.138 ☞ broches acier : Figure A3.139 ☞ poutres bois : Figure A3.140
	4	30%	270	11	27/02/2020	☞ plaques acier : Figure A3.145 ☞ broches acier : Figure A3.146 ☞ poutres bois : Figure A3.147

6.3 Chargements mécaniques et déplacements

Les courbes des mises en charges et des déplacements sont présentées pour chaque essai en Annexe 3 aux figures données dans le Tableau 6.4.

Tableau 6.4 : Chargements mécaniques et déplacements

Campagne	Config.	Taux de charge par rapport à R_{moy}	Valeur de charge appliquée (kN)	Essai	Date d'essai	Références dans l'Annexe 3
1	1	10%	48,4	01	28/11/2019	☞ mise en charge : Figure A3.1 ☞ allongement avant feu : Figure A3.2 ☞ allongement pdt essai : Figure A3.3
	1	10%	48,4	02	03/12/2019	☞ mise en charge : Figure A3.8 ☞ allongement avant feu : Figure A3.9 ☞ allongement pdt essai : Figure A3.10
	1	30%	145,2	03	04/12/2019	☞ mise en charge : Figure A3.15 ☞ allongement avant feu : Figure A3.16 ☞ allongement pdt essai : Figure A3.17
	1	30%	145,2	04	09/12/2019	☞ mise en charge : Figure A3.22 ☞ allongement avant feu : Figure A3.23 ☞ allongement pdt essai : Figure A3.24
	2	10%	47,796	05	11/12/2019	☞ mise en charge : Figure A3.29 ☞ allongement avant feu : Figure A3.30 ☞ allongement pdt essai : Figure A3.31
	2	10%	47,796	06	13/12/2019	☞ mise en charge : Figure A3.36 ☞ allongement avant feu : Figure A3.37 ☞ allongement pdt essai : Figure A3.38
	2	30%	141,88	07	14/12/2019	☞ mise en charge : Figure A3.43 ☞ allongement avant feu : Figure A3.44 ☞ allongement pdt essai : Figure A3.45
	2	30%	141,888	08	17/12/2019	☞ mise en charge : Figure A3.50 ☞ allongement avant feu : Figure A3.51 ☞ allongement pdt essai : Figure A3.52
	1'	10%	45,76	09	06/01/2020	☞ mise en charge : Figure A3.57 ☞ allongement avant feu : Figure A3.58 ☞ allongement pdt essai : Figure A3.59
	1'	30%	137,28	10	08/01/2020	☞ mise en charge : Figure A3.64 ☞ allongement avant feu : Figure A3.65 ☞ allongement pdt essai : Figure A3.66
2	1	10%	90	01	10/02/2020	☞ mise en charge : Figure A3.71 ☞ allongement avant feu : Figure A3.72 ☞ allongement pdt essai : Figure A3.73
	1	10%	90	02	12/02/2020	☞ mise en charge : Figure A3.78 ☞ allongement avant feu : Figure A3.79 ☞ allongement pdt essai : Figure A3.80

Rapport d'essais n°RS19-085

Campagne	Config.	Taux de charge par rapport à R_{moy}	Valeur de charge appliquée (kN)	Essai	Date d'essai	Références dans l'Annexe 3
	1	30%	270	03	19/02/2020	<ul style="list-style-type: none"> ↻ mise en charge : Figure A3.85 ↻ allongement avant feu : Figure A3.86 ↻ allongement pdt essai : Figure A3.87
	2	10%	90	04	15/01/2020	<ul style="list-style-type: none"> ↻ mise en charge : Figure A3.92 ↻ allongement avant feu : Figure A3.93 ↻ allongement pdt essai : Figure A3.94
	2	10%	90	05	21/01/2020	<ul style="list-style-type: none"> ↻ mise en charge : Figure A3.99 ↻ allongement avant feu : Figure A3.100 ↻ allongement pdt essai : Figure A3.101
	2	30%	270	06	24/01/2020	<ul style="list-style-type: none"> ↻ mise en charge : Figure A3.106 ↻ allongement avant feu : Figure A3.107 ↻ allongement pdt essai : Figure A3.108
	2	30%	270	07	28/01/2020	<ul style="list-style-type: none"> ↻ mise en charge : Figure A3.113 ↻ allongement avant feu : Figure A3.114 ↻ allongement pdt essai : Figure A3.115
	3	10%	90	08	31/01/2020	<ul style="list-style-type: none"> ↻ mise en charge : Figure A3.120 ↻ allongement avant feu : Figure A3.121 ↻ allongement pdt essai : Figure A3.122
	3	30%	270	09	06/02/2020	<ul style="list-style-type: none"> ↻ mise en charge : Figure A3.127 ↻ allongement avant feu : Figure A3.128 ↻ allongement pdt essai : Figure A3.129
	4	10%	90	10	24/02/2020	<ul style="list-style-type: none"> ↻ mise en charge : Figure A3.134 ↻ allongement avant feu : Figure A3.135 ↻ allongement pdt essai : Figure A3.136
	4	30%	270	11	27/02/2020	<ul style="list-style-type: none"> ↻ mise en charge : Figure A3.141 ↻ allongement avant feu : Figure A3.142 ↻ allongement pdt essai : Figure A3.143

7 Observations après essais feu

Selon les essais et les modes de rupture, plusieurs types d'observations peuvent être faits :

- déformation des broches (flexion due au cisaillement des plans) ;
- striction au centre de la plaque métallique ;
- carbonisation des organes bois.

Différents niveaux de ces dégradations sont observés sur chaque assemblage selon les essais. Quelques observations relatives à l'état des assemblages après les essais au feu sont données dans le Tableau 7.1 et quelques photos des assemblages avant et après les essais au feu sont présentées en Annexe 4.

Tableau 7.1 : Observations après essai

Campagne	Config.	Taux de charge par rapport à R_{moy}	Valeur de charge appliquée (kN)	Essai	Observations après essai
1	1	10%	48,4	01	Section de bois complètement carbonisée Pas d'endommagement notable constaté sur les organes métalliques
	1	10%	48,4	02	Section de bois fortement carbonisée Pas d'endommagement notable constaté sur les organes métalliques
	1	30%	145,2	03	Section de bois fortement carbonisée Pas d'endommagement notable constaté sur les organes métalliques
	1	30%	145,2	04	Section de bois fortement carbonisée Pas d'endommagement notable constaté sur les organes métalliques
	2	10%	47,796	05	Section de bois fortement carbonisée Légère striction au centre de la plaque métallique
	2	10%	47,796	06	Section de bois partiellement carbonisée Striction (jusqu'à rupture) au centre de la plaque métallique
	2	30%	141,88	07	Section de bois partiellement carbonisée Striction (jusqu'à rupture) au centre de la plaque métallique
	2	30%	141,888	08	Section de bois fortement carbonisée Pas d'endommagement notable constaté sur les organes métalliques
	1'	10%	45,76	09	Section de bois fortement carbonisée Pas d'endommagement notable constaté sur les organes métalliques

Rapport d'essais n°RS19-085

Campagne	Config.	Taux de charge par rapport à R_{moy}	Valeur de charge appliquée (kN)	Essai	Observations après essai
	1'	30%	137,28	10	Section de bois partiellement carbonisée Striction jusqu'à rupture au centre de la plaque métallique
2	1	10%	90	01	Section de bois fortement voire entièrement carbonisée Pas d'endommagement notable constaté sur les organes métalliques
	1	10%	90	02	Section de bois fortement voire entièrement carbonisée Pas d'endommagement notable constaté sur les organes métalliques
	1	30%	270	03	Section de bois partiellement carbonisée Flexion des broches au départ des plaques métalliques
	2	10%	90	04	Section de bois fortement carbonisée Pas d'endommagement notable constaté sur les organes métalliques
	2	10%	90	05	Section de bois fortement carbonisée Pas d'endommagement notable constaté sur les organes métalliques
	2	30%	270	06	Section de bois partiellement carbonisée Flexion des broches au départ des plaques métalliques
	2	30%	270	07	Section de bois fortement carbonisée Glissement des plaques métalliques l'une par rapport à l'autre (angle entre 10° et 15° par rapport aux broches)
	3	10%	90	08	Section de bois fortement carbonisée Flexion des broches au départ des plaques métalliques, principalement au proche du joint, sur les rangs 2 et 3 Légère striction au centre des plaques métalliques
	3	30%	270	09	Section de bois fortement carbonisée Flexion importante des broches au départ des plaques métalliques, principalement au proche du joint, sur les rangs 2 et 3 Striction sans rupture au centre d'une des plaques métalliques

Rapport d'essais n°RS19-085

Campagne	Config.	Taux de charge par rapport à R_{moy}	Valeur de charge appliquée (kN)	Essai	Observations après essai
	4	10%	90	10	Section de bois fortement carbonisée Flexion des broches au départ des plaques métalliques, principalement sur les rangs 2 et 3 Légère striction au centre des plaques métalliques
	4	30%	270	11	Section de bois fortement carbonisée Flexion importante des broches au départ des plaques métalliques Striction au centre des plaques métalliques, jusqu'à rupture pour l'une des deux

Fin de la partie rapport

Annexes

Annexe 1 : Taux d'humidité relative

Annexe 2 : Instrumentation des assemblages pour les essais à chaud

Annexe 3 : Résultats des essais au feu

Annexe 4 : Photos de différentes configurations testées

Annexe 1 : Taux d'humidité relative

Annexe 2 : Instrumentation des assemblages pour les essais à chaud

Campagne 1

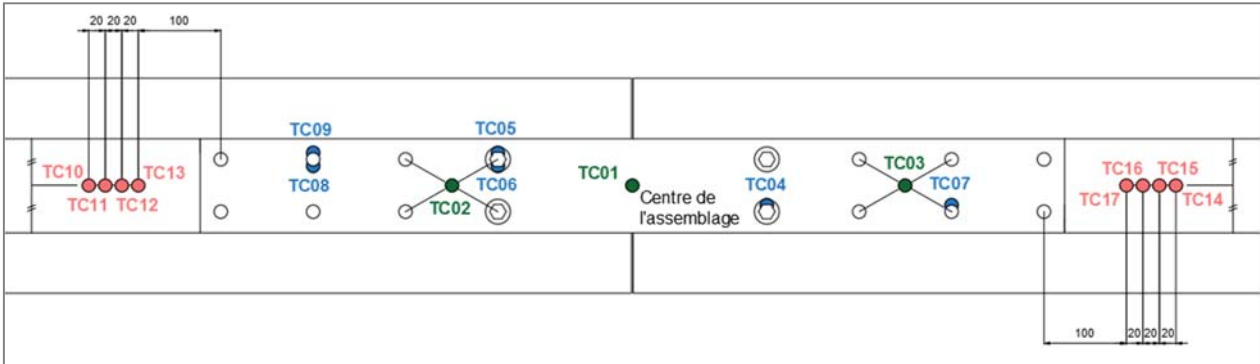


Figure A2.1 : Campagne 1 – Configurations 1, 1' et 2 – Vue de côté en coupe verticale

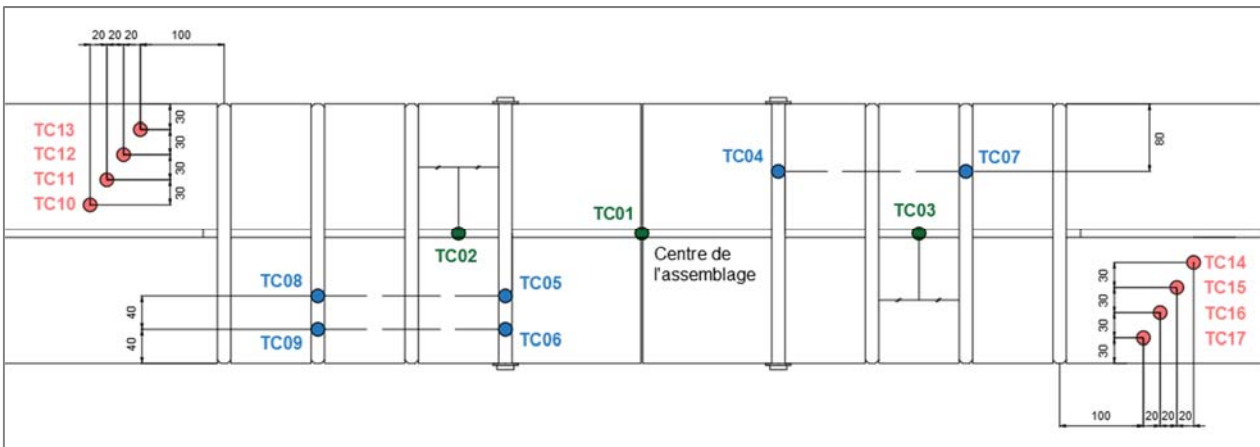


Figure A2.2 : Campagne 1 – Configuration 1 – Vue de haut en coupe horizontale

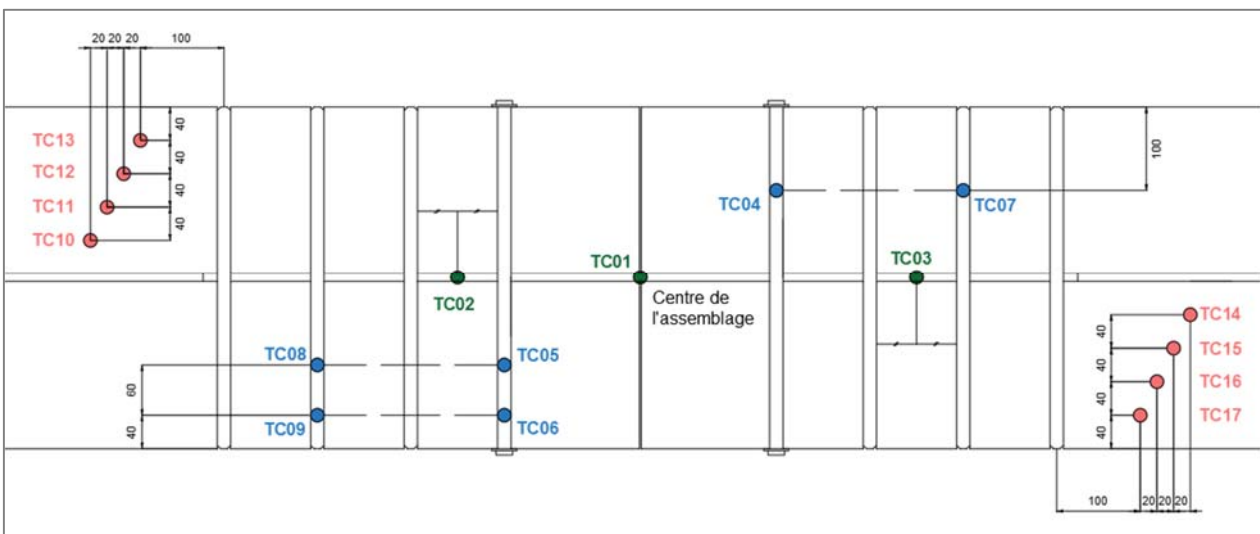


Figure A2.3 : Campagne 1 – Configurations 1' et 2 – Vue de haut en coupe horizontale

Campagne 2

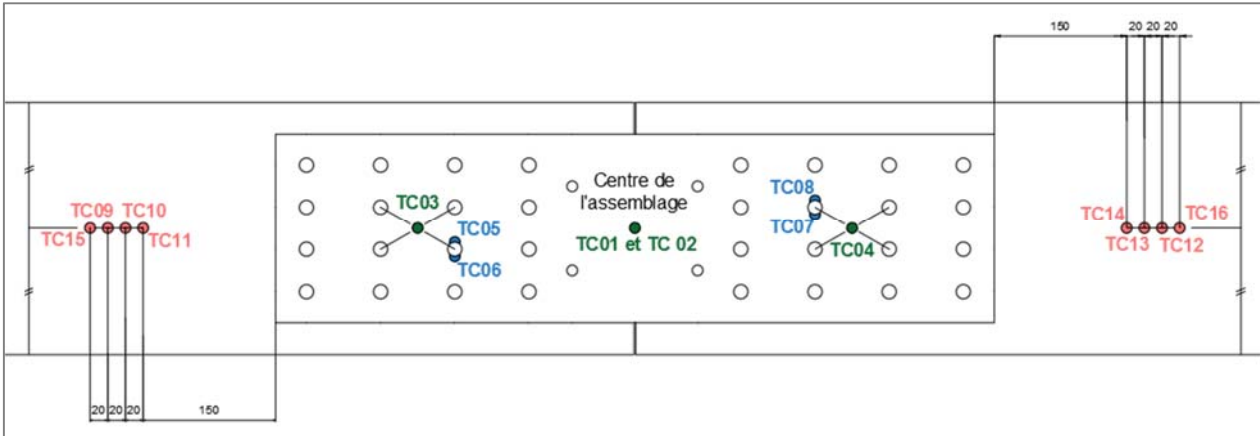


Figure A2.4 : Campagne 2 – Configurations 1 et 2 – Vue de côté en coupe verticale

NOTA : Les thermocouples 15 et 16 ne sont pas présents sur les assemblages de configuration 2.

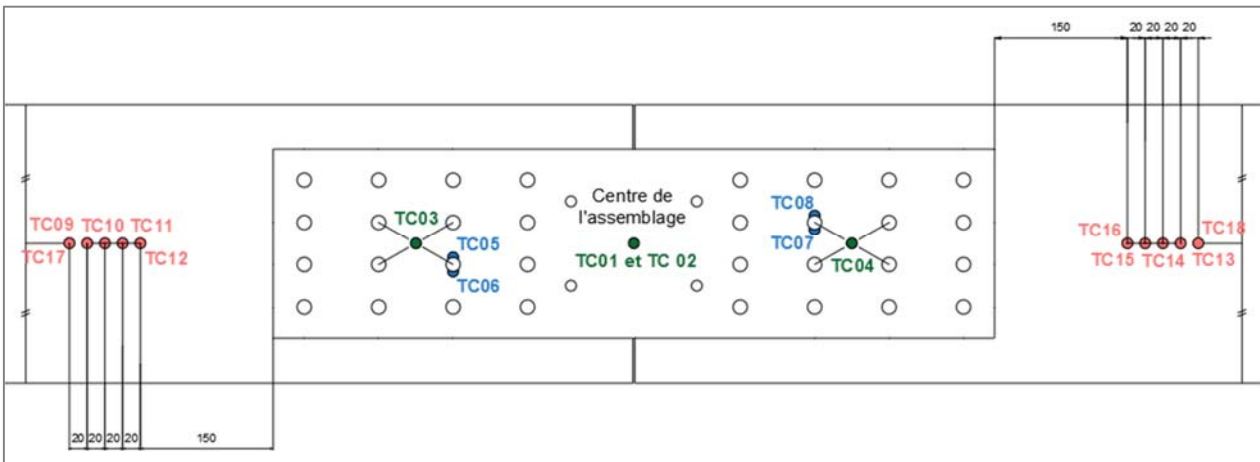


Figure A2.5 : Campagne 2 – Configurations 3 et 4 – Vue de côté en coupe verticale

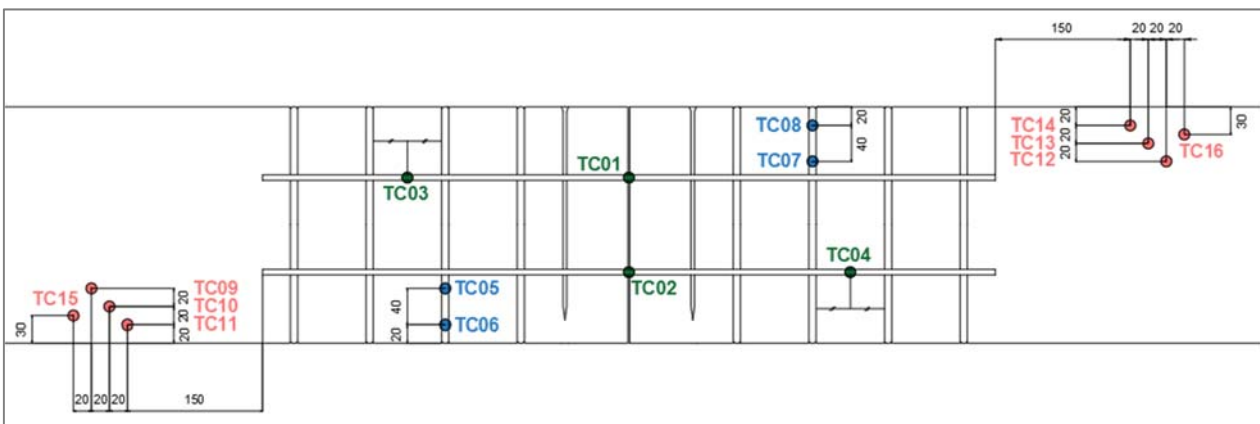


Figure A2.6 : Campagne 2 – Configurations 1 et 2 – Vue de haut en coupe horizontale

NOTA : Les thermocouples 15 et 16 ne sont pas présents sur les assemblages de configuration 2.

Campagne 2

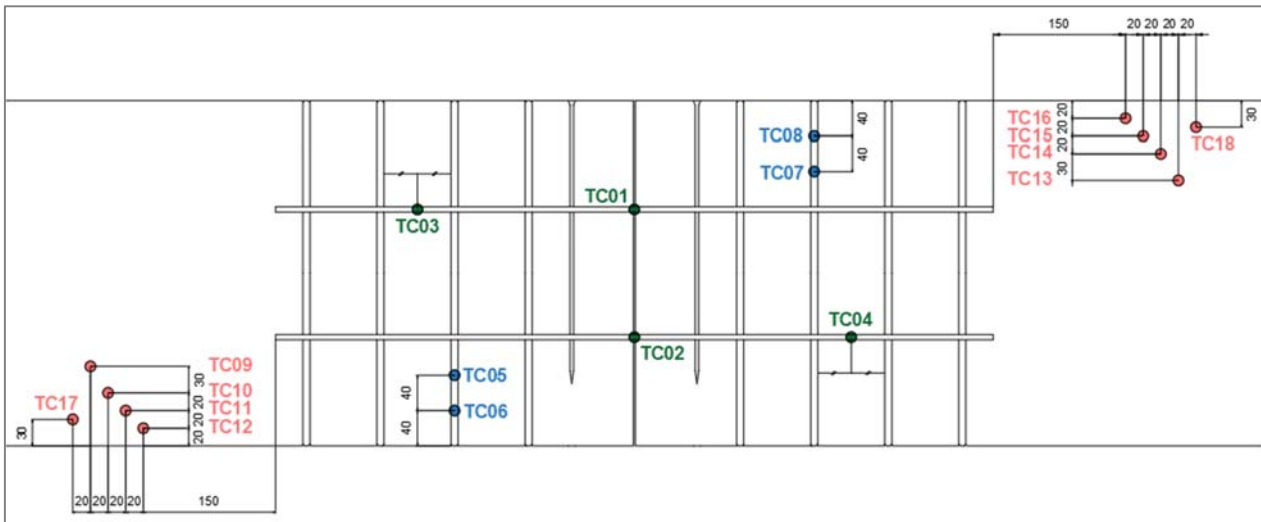


Figure A2.7 : Campagne 2 – Configuration 3 – Vue de haut en coupe horizontale

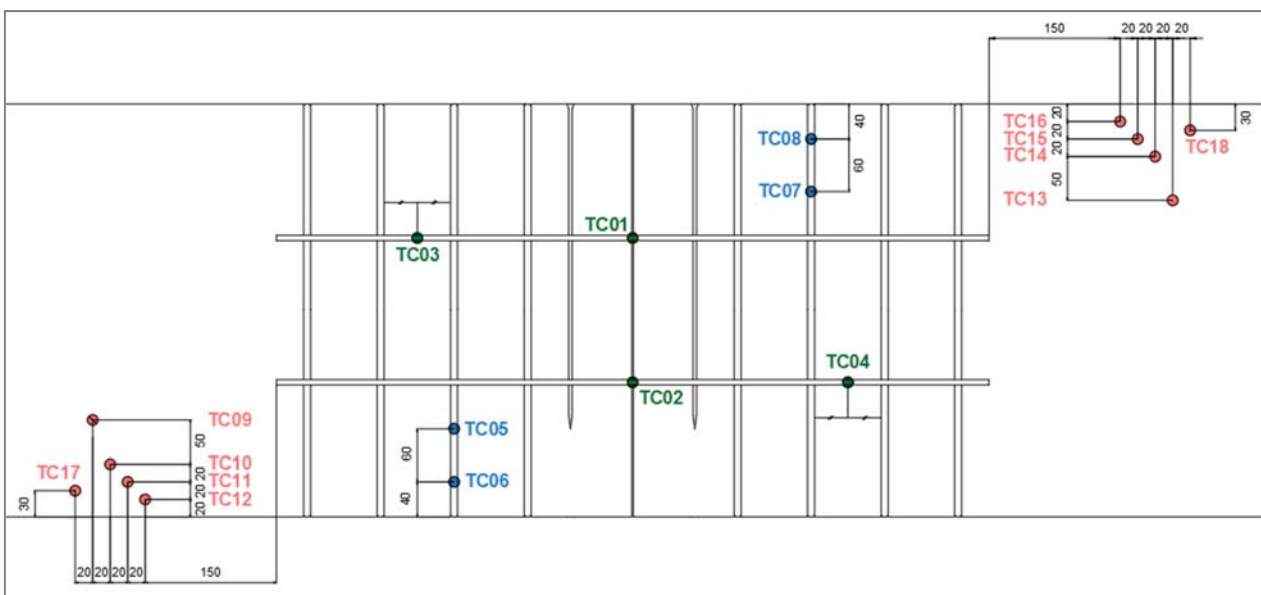


Figure A2.8 : Campagne 2 – Configuration 4 – Vue de haut en coupe horizontale

Annexe 3 : Résultats des essais au feu

Campagne 1

Configuration 1 à 10% $R_{moy} = 48,4$ kN

Essai 01

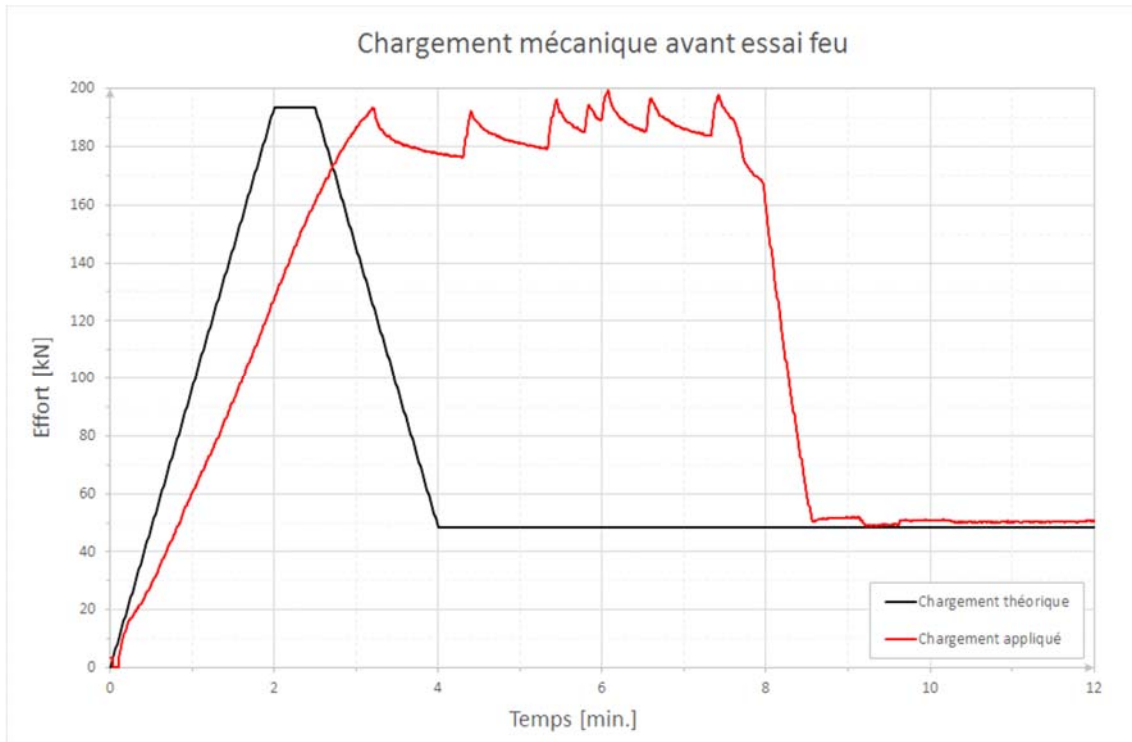


Figure A3.1 : Campagne 1 – Essai 01 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

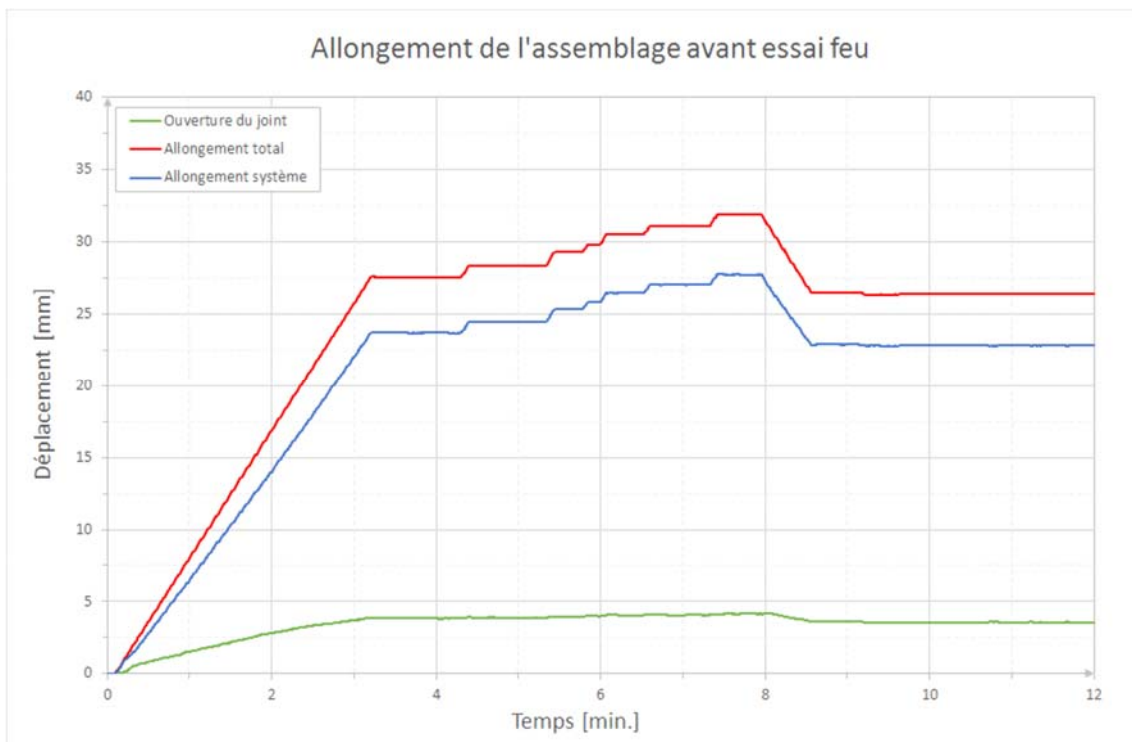


Figure A3.2 : Campagne 1 – Essai 01 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 1

Configuration 1 à 10% $R_{moy} = 48,4$ kN

Essai 01

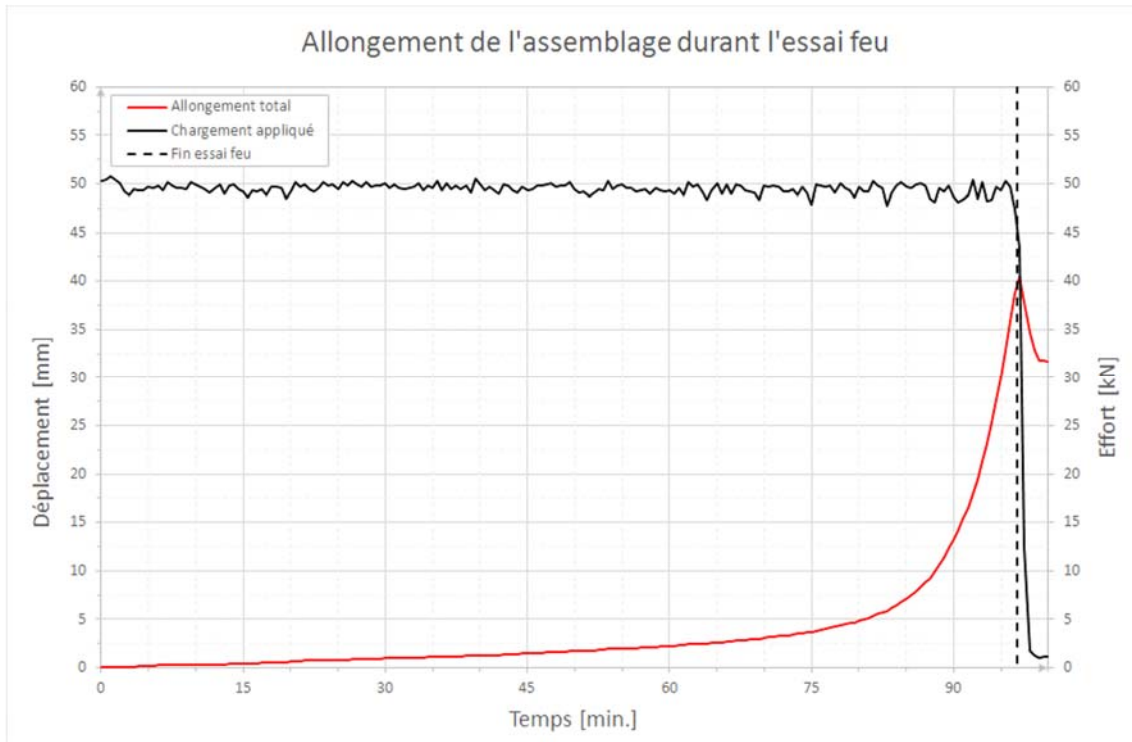


Figure A3.3 : Campagne 1 – Essai 01 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

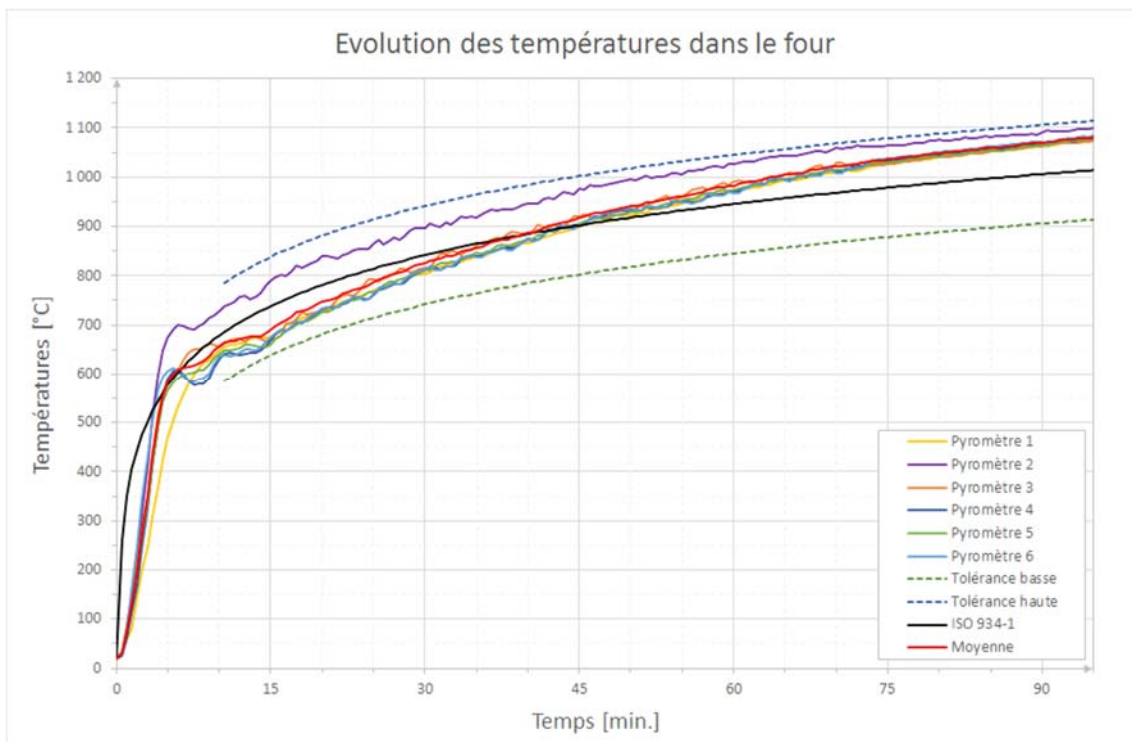


Figure A3.4 : Campagne 1 – Essai 01 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures de conduite de four

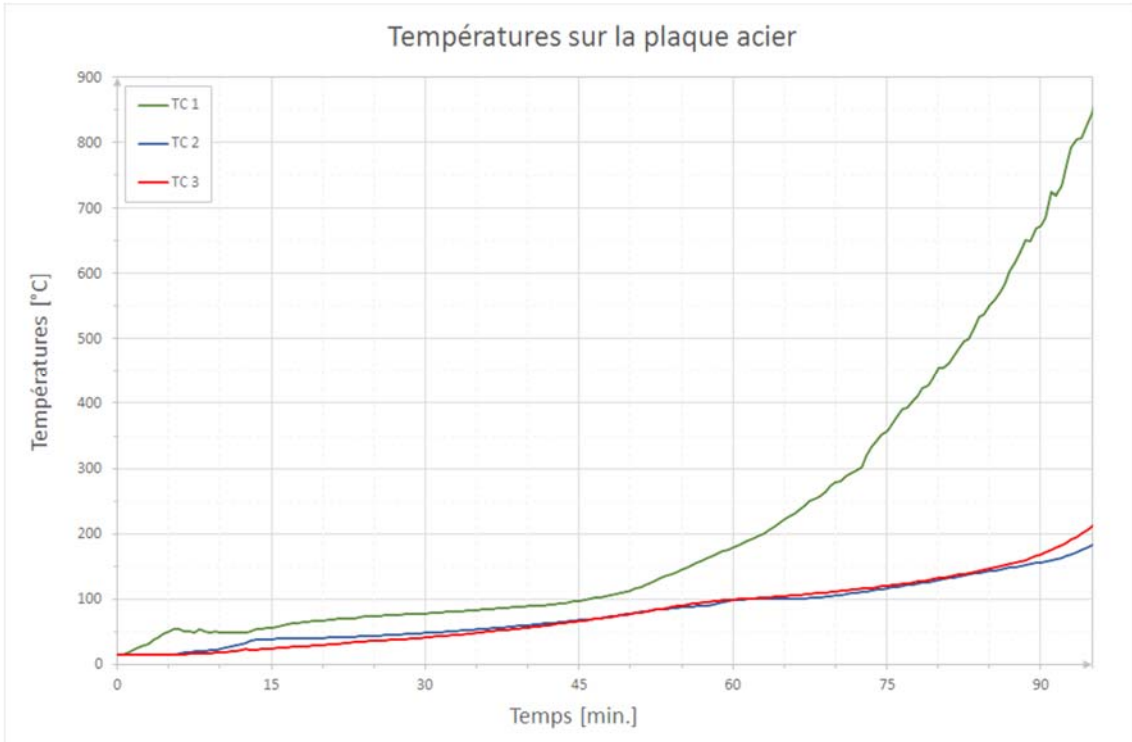


Figure A3.5 : Campagne 1 – Essai 01 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures sur la plaque acier

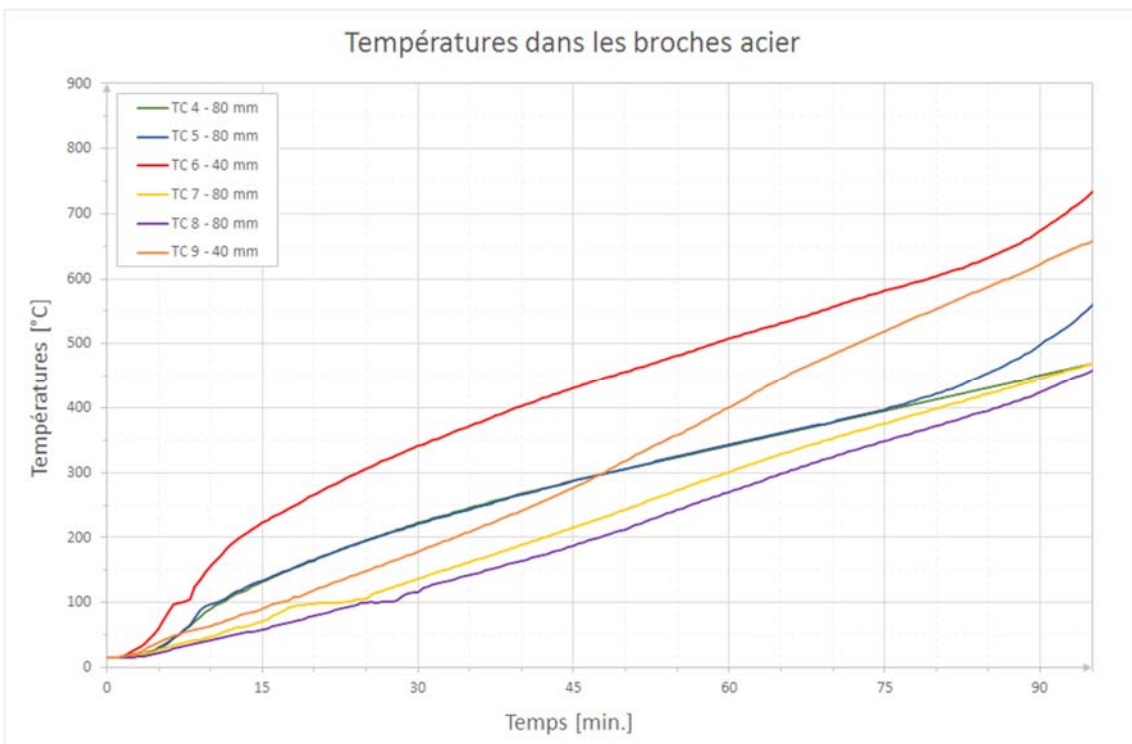


Figure A3.6 : Campagne 1 – Essai 01 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures dans les broches acier

Campagne 1

Configuration 1 à 10% $R_{moy} = 48,4$ kN

Essai 01

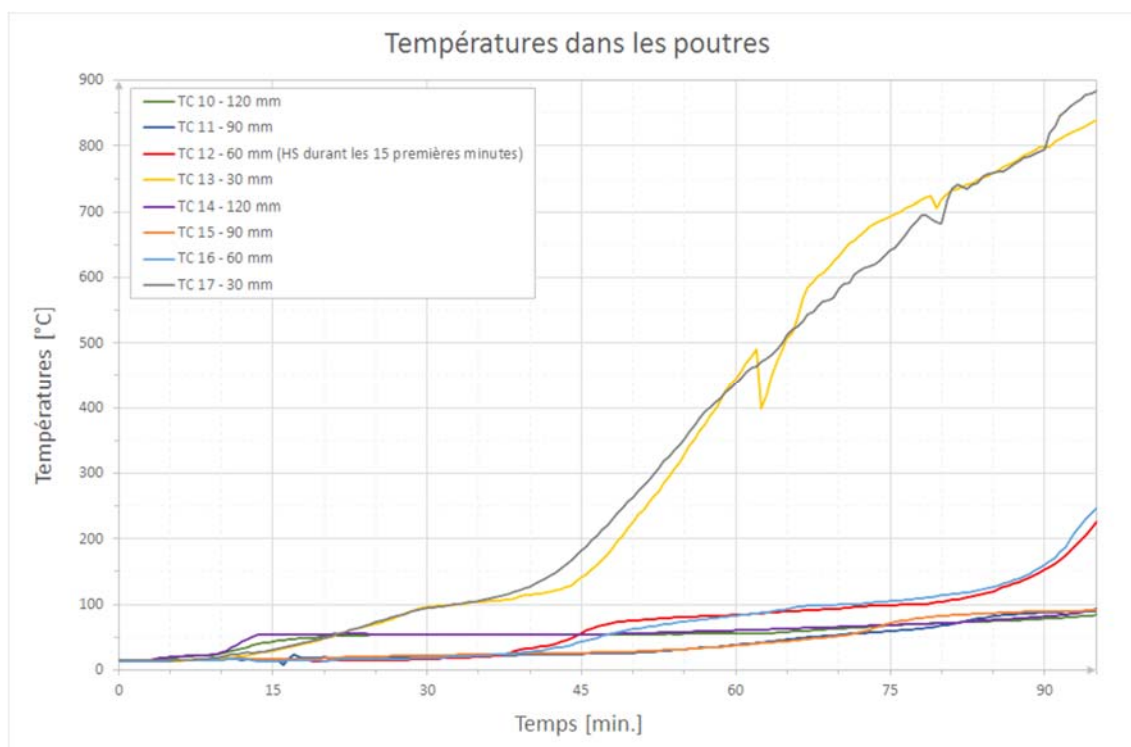


Figure A3.7 : Campagne 1 – Essai 01 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures dans les poutres

Campagne 1

Configuration 1 à 10% $R_{moy} = 48,4$ kN

Essai 02

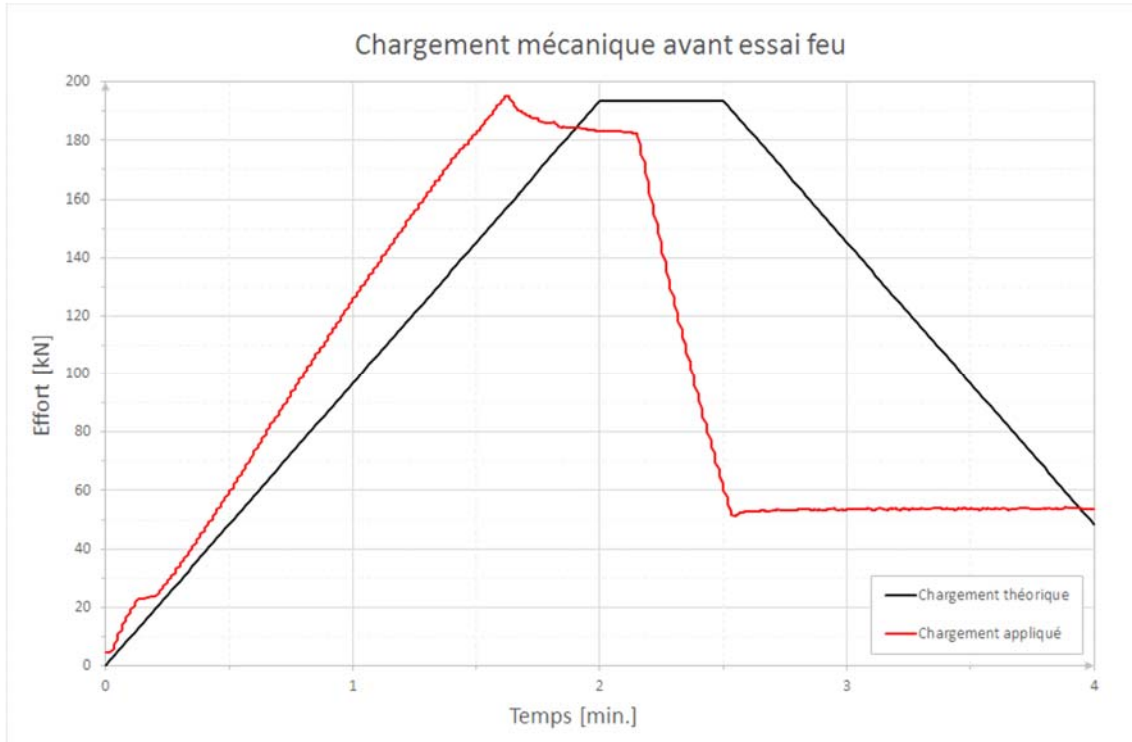


Figure A3.8 : Campagne 1 – Essai 02 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

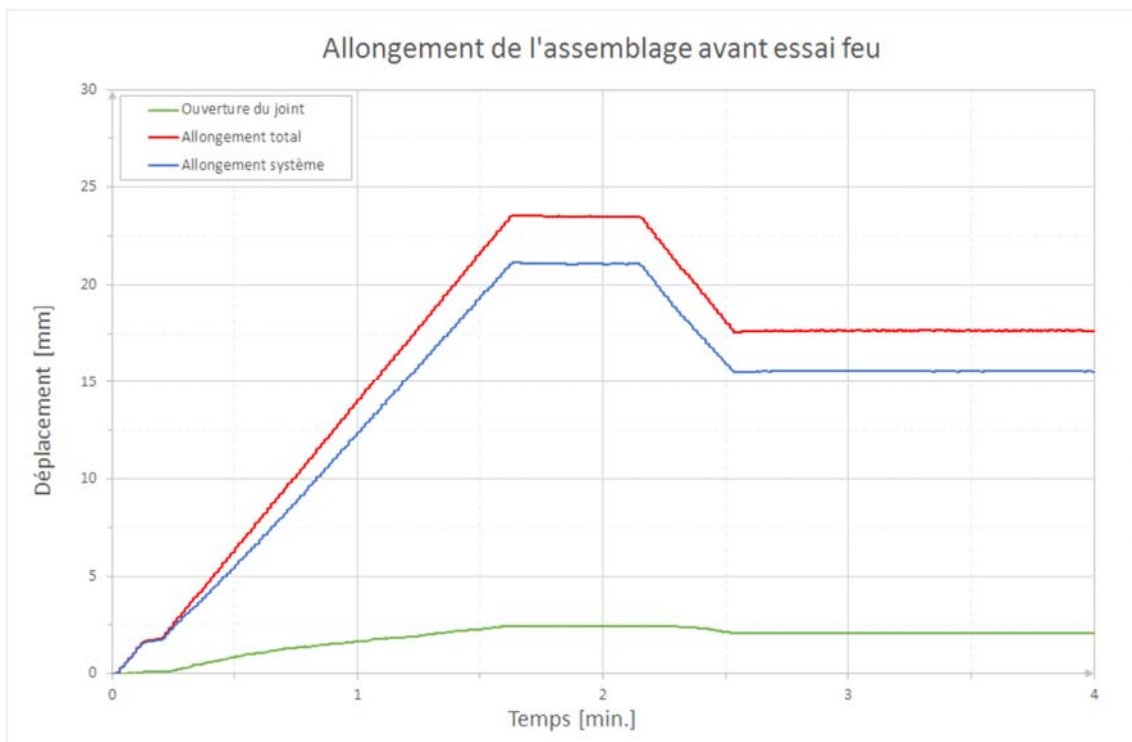


Figure A3.9 : Campagne 1 – Essai 02 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 1

Configuration 1 à 10% $R_{moy} = 48,4$ kN

Essai 02

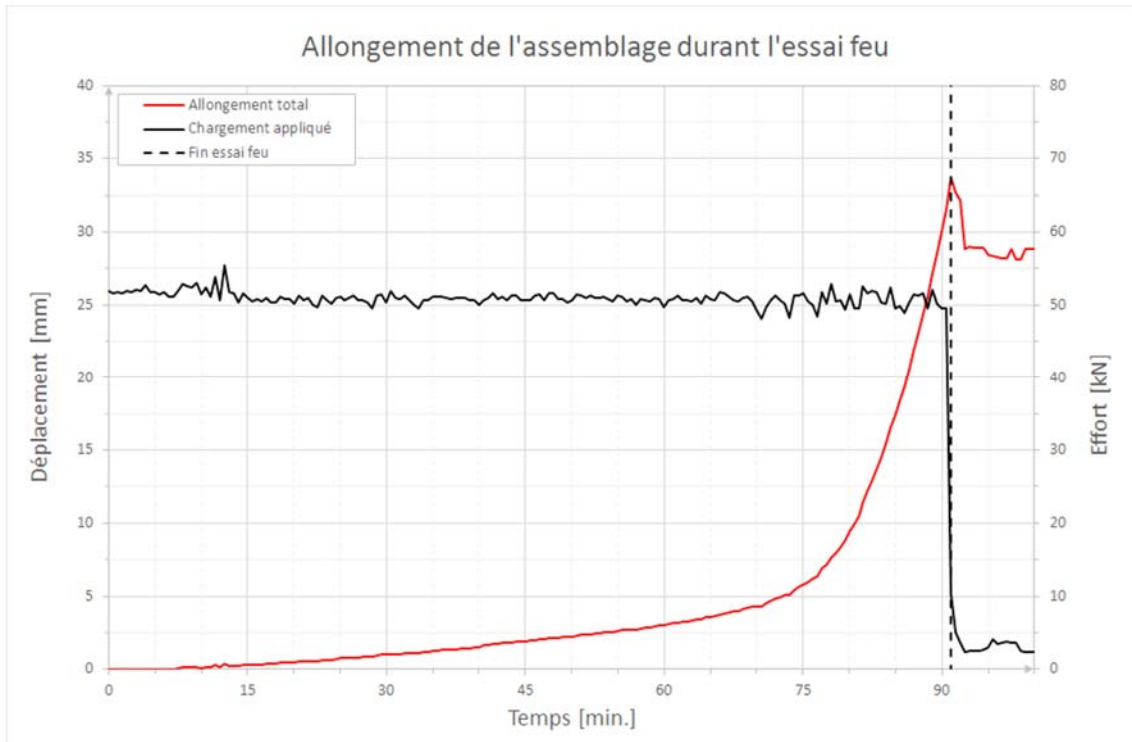


Figure A3.10 : Campagne 1 – Essai 02 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

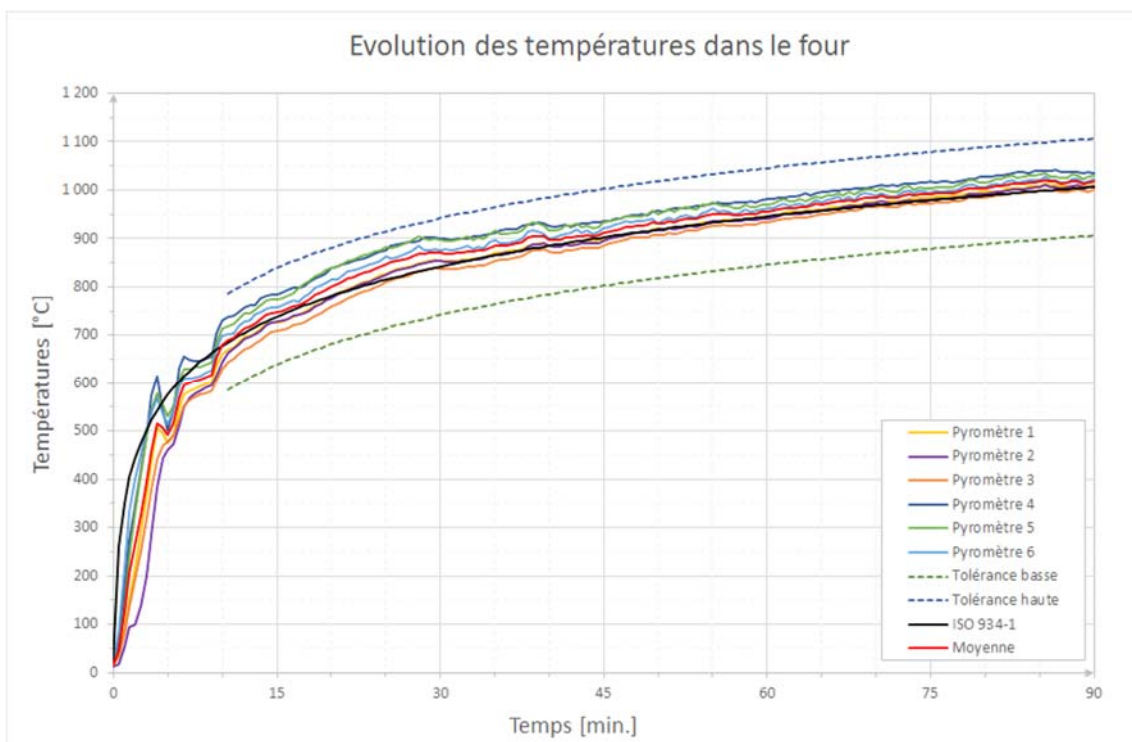


Figure A3.11: Campagne 1 – Essai 02 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures de conduite de four

Campagne 1

Configuration 1 à 10% $R_{moy} = 48,4$ kN

Essai 02

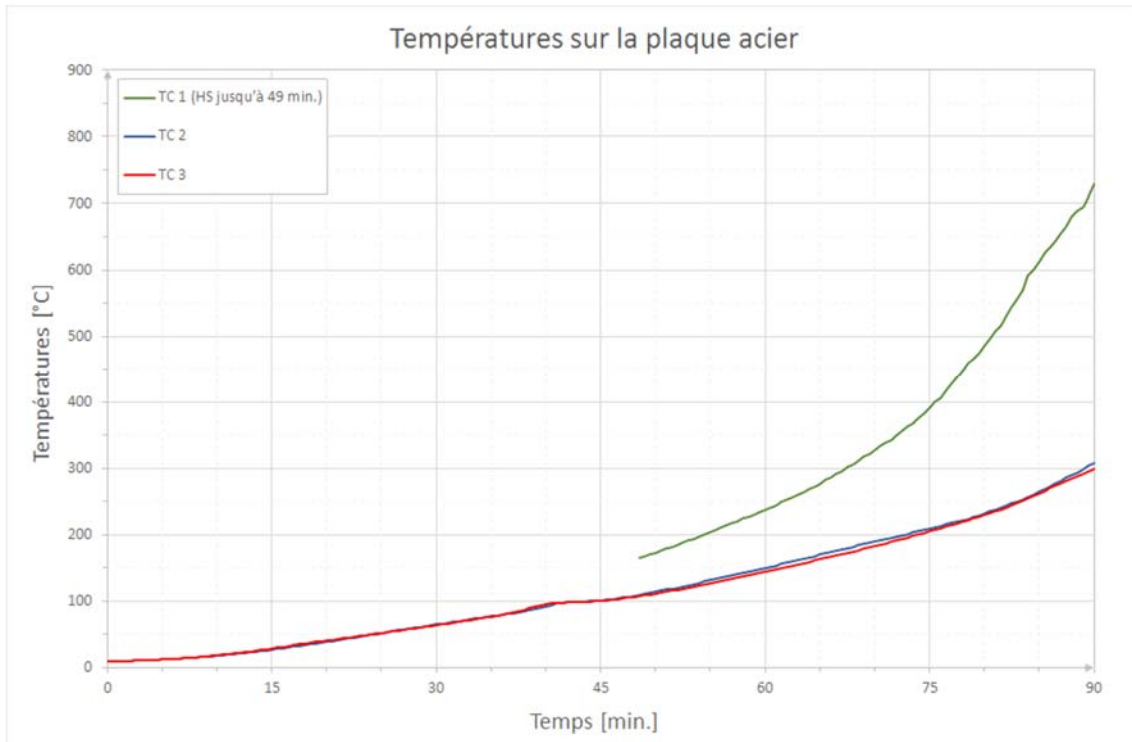


Figure A3.12 : Campagne 1 – Essai 02 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures sur la plaque acier

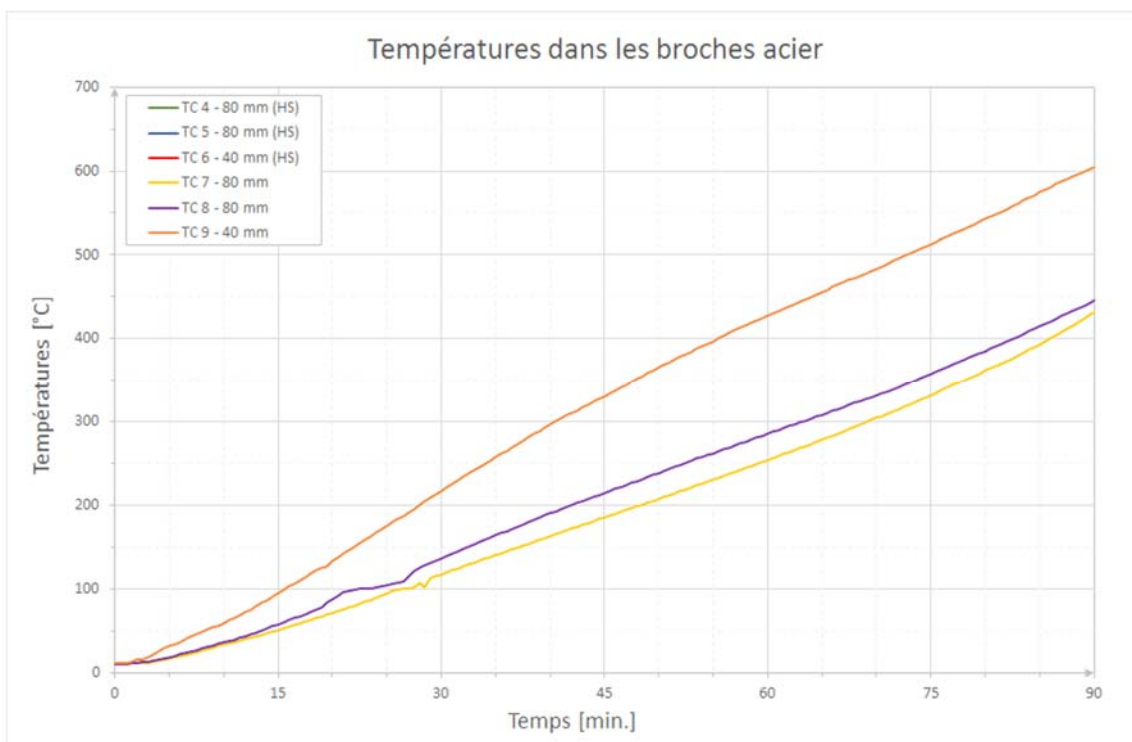


Figure A3.13 : Campagne 1 – Essai 02 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures dans les broches acier

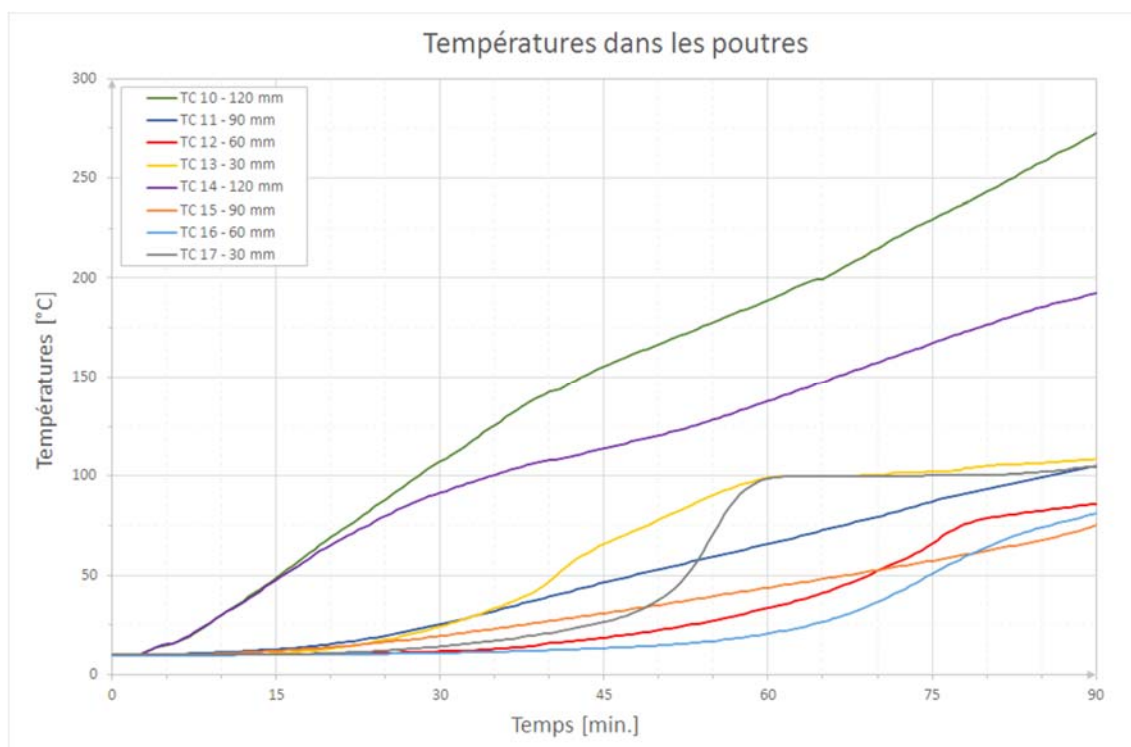


Figure A3.14 : Campagne 1 – Essai 02 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures dans les poutres

Campagne 1

Configuration 1 à 30% $R_{moy} = 145,2$ kN

Essai 03

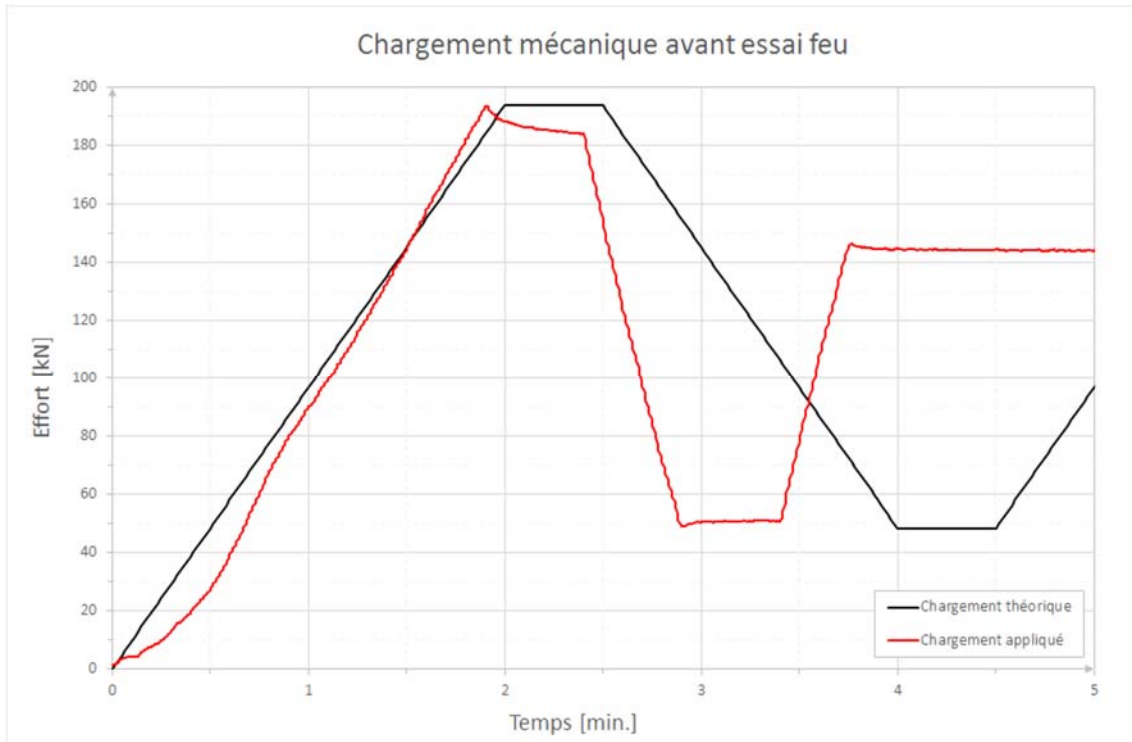


Figure A3.15 : Campagne 1 – Essai 03 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

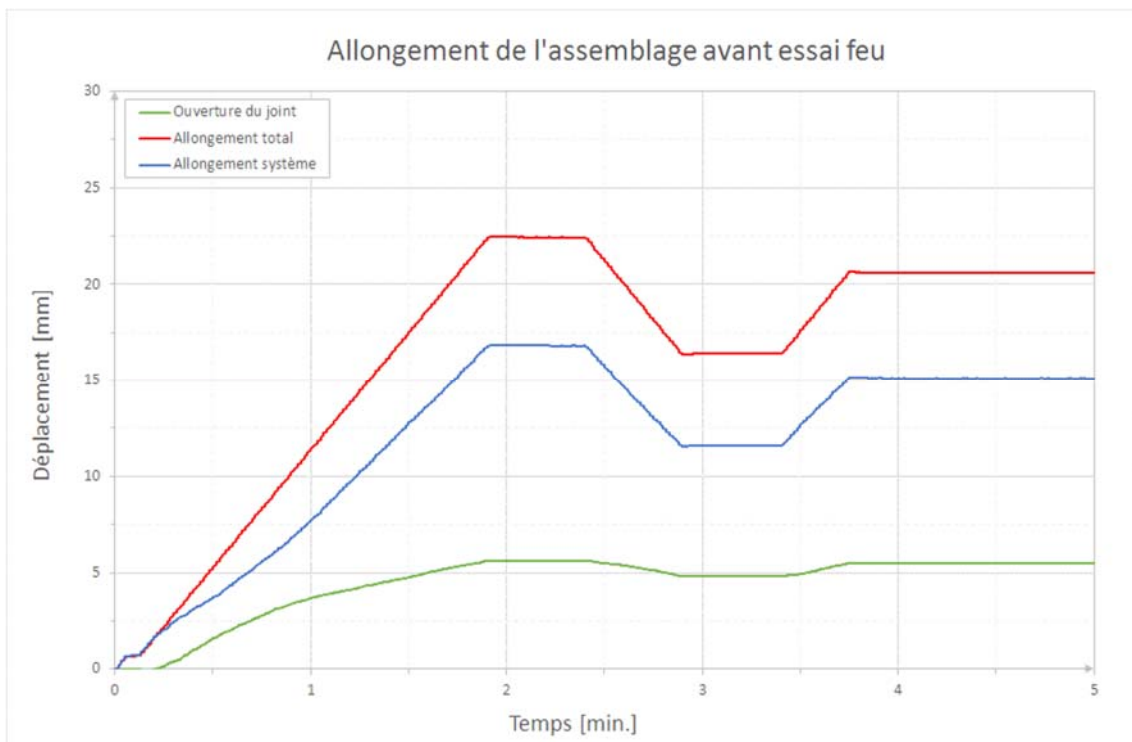


Figure A3.16 : Campagne 1 – Essai 03 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 1

Configuration 1 à 30% $R_{moy} = 145,2$ kN

Essai 03

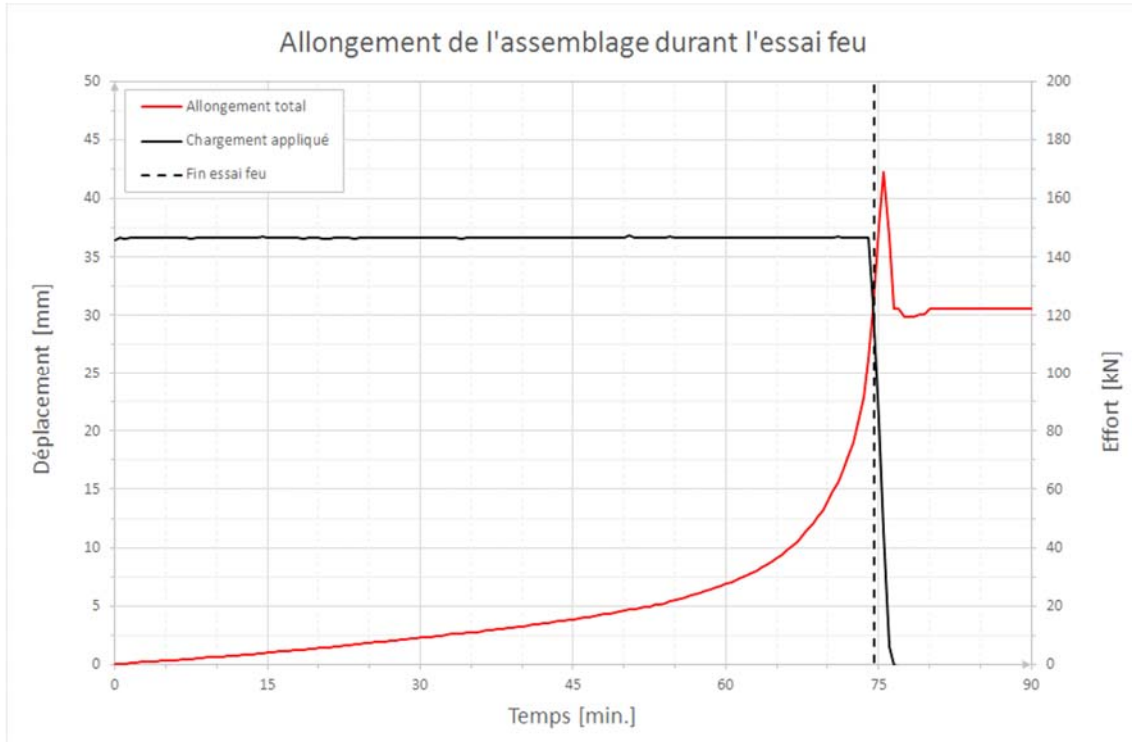


Figure A3.17 : Campagne 1 – Essai 03 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

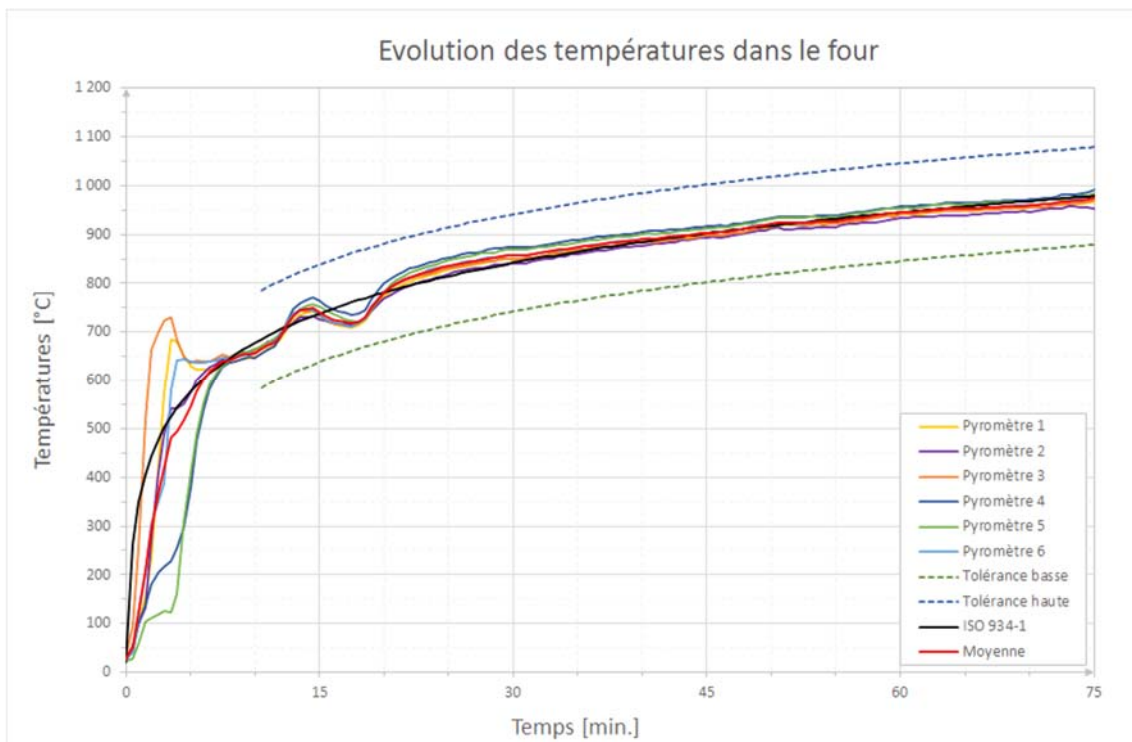


Figure A3.18 : Campagne 1 – Essai 03 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Températures de conduite de four

Campagne 1

Configuration 1 à 30% $R_{moy} = 145,2$ kN

Essai 03

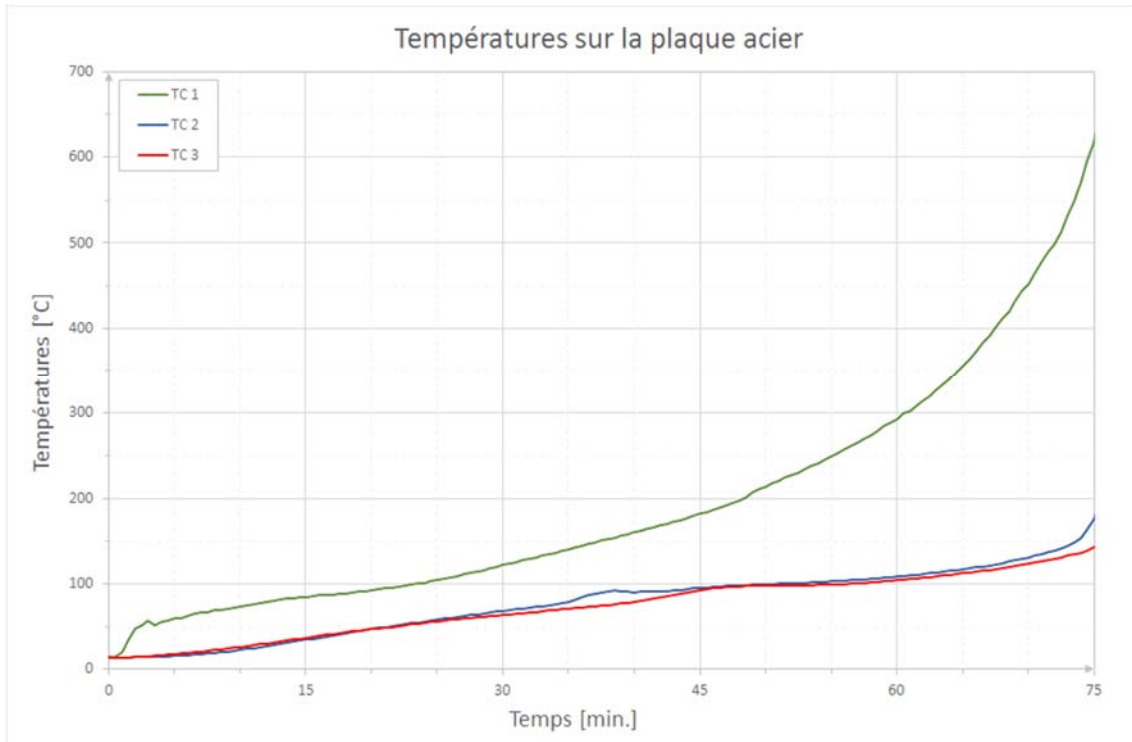


Figure A3.19 : Campagne 1 – Essai 03 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Températures sur la plaque acier

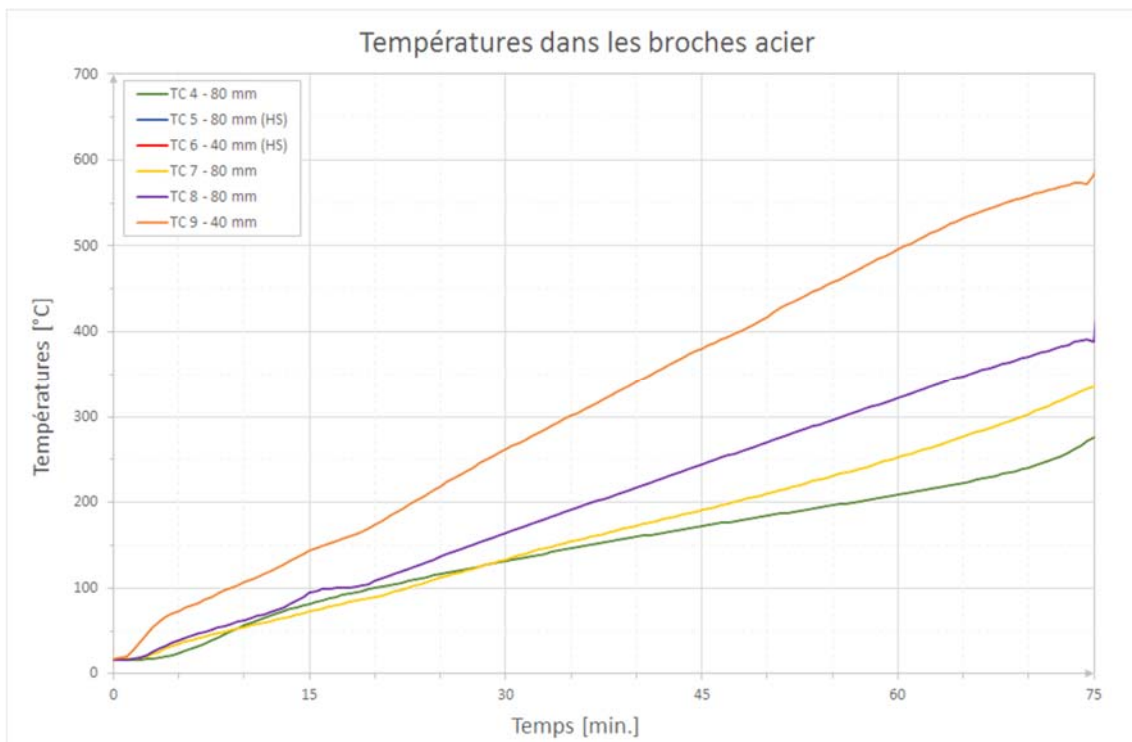


Figure A3.20 : Campagne 1 – Essai 03 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Températures dans les broches acier

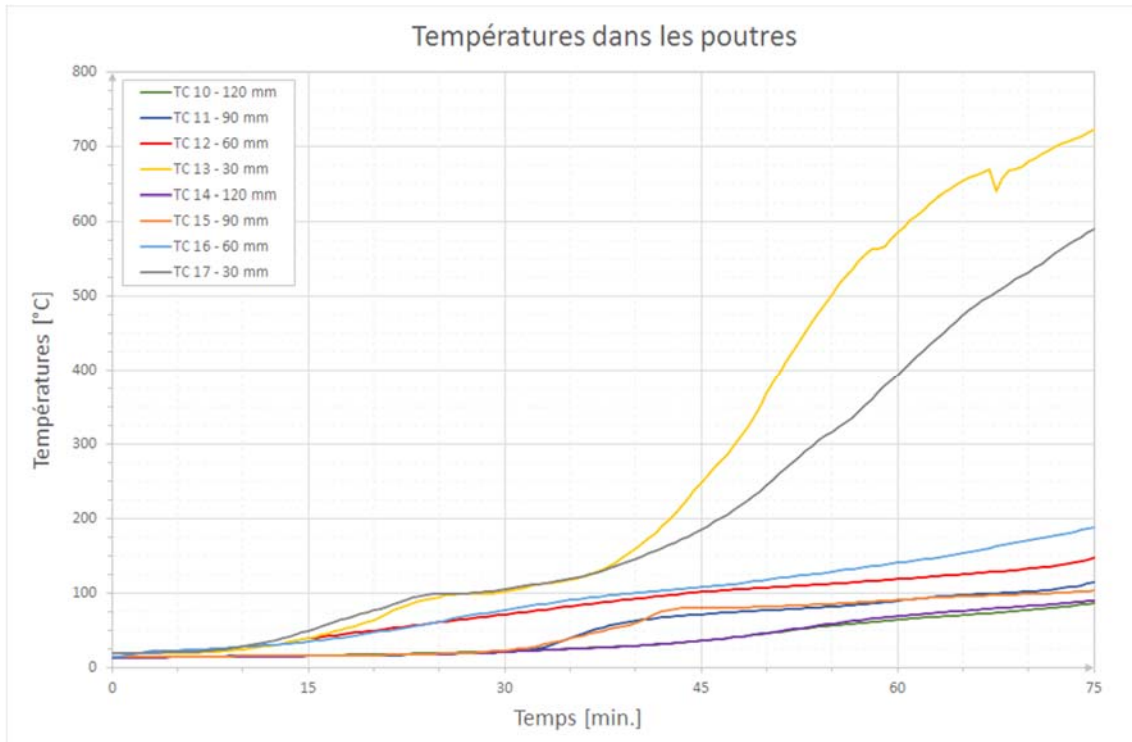


Figure A3.21 : Campagne 1 – Essai 03 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Températures dans les poutres

Campagne 1

Configuration 1 à 30% $R_{moy} = 145,2$ kN

Essai 04

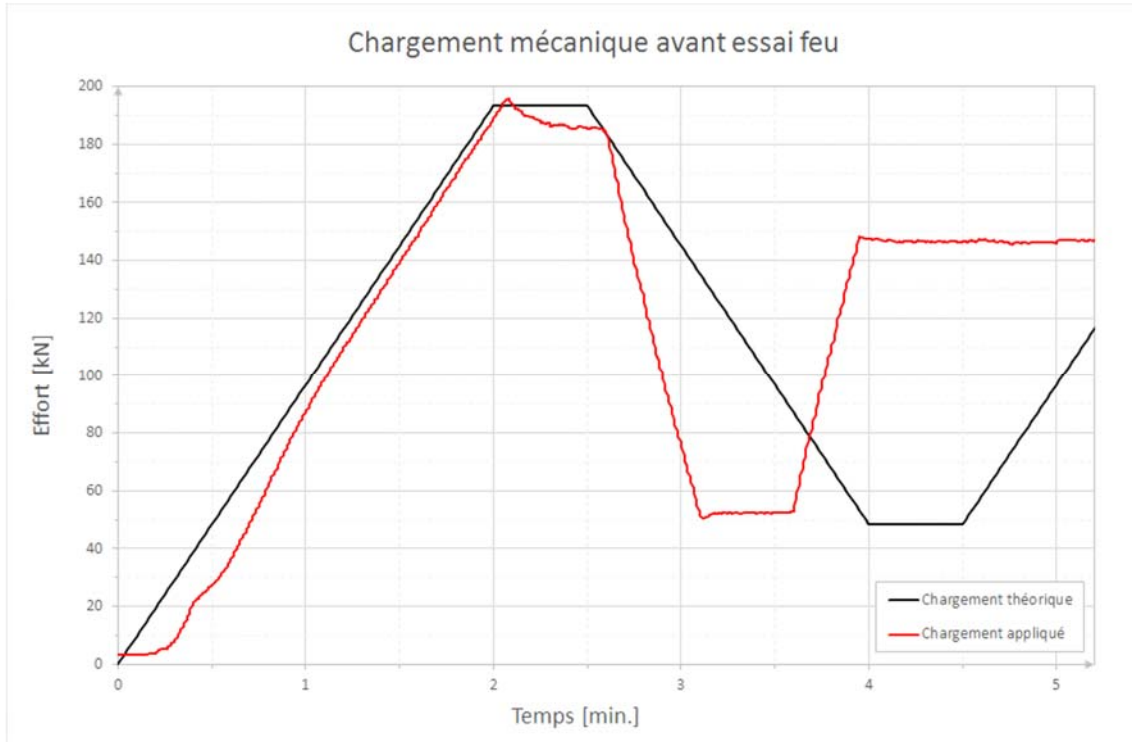


Figure A3.22 : Campagne 1 – Essai 04 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

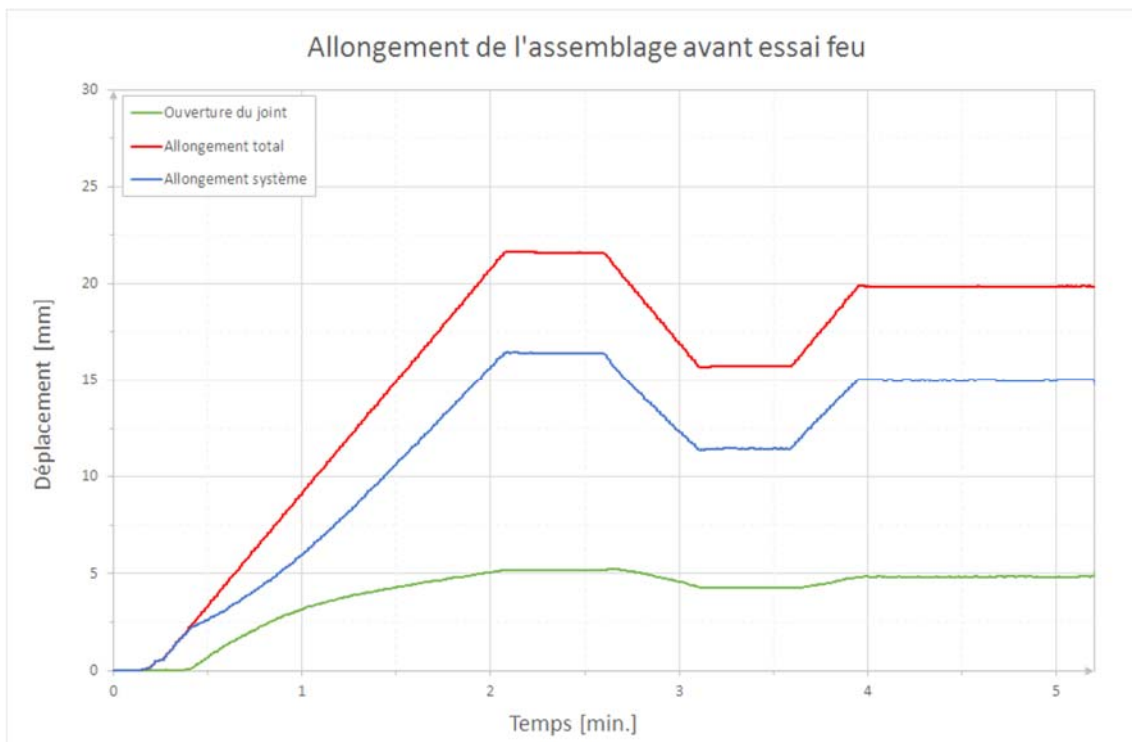


Figure A3.23 : Campagne 1 – Essai 04 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 1

Configuration 1 à 30% $R_{moy} = 145,2$ kN

Essai 04

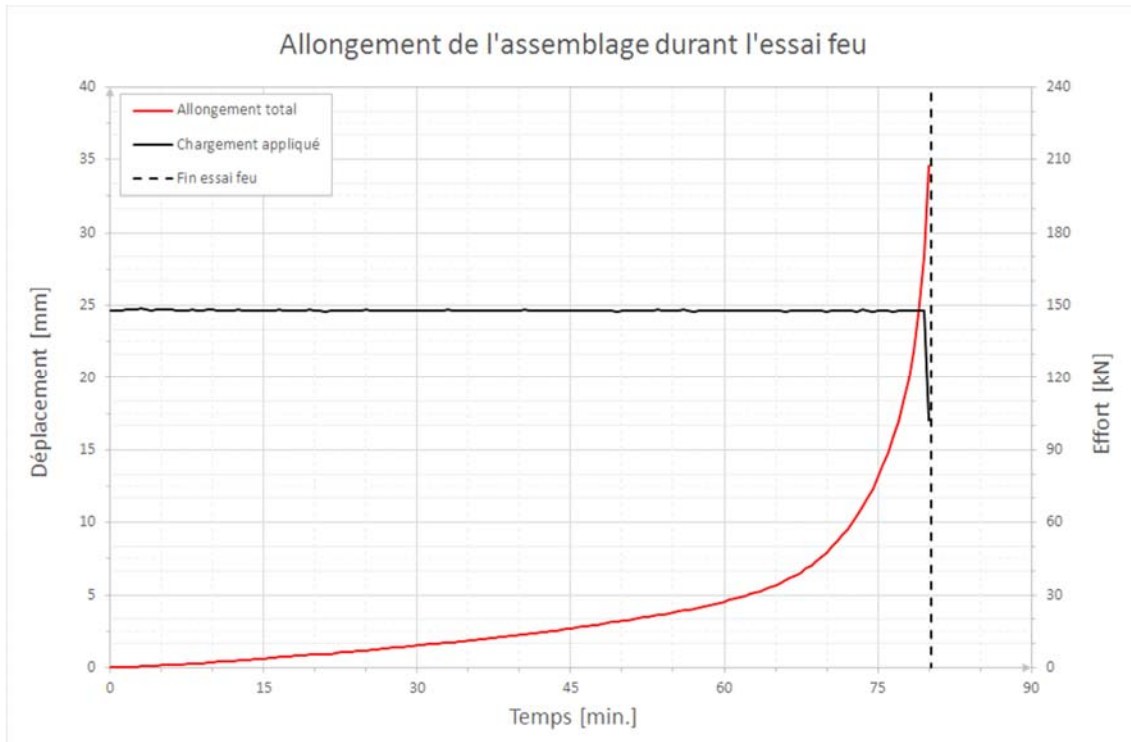


Figure A3.24 : Campagne 1 – Essai 04 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

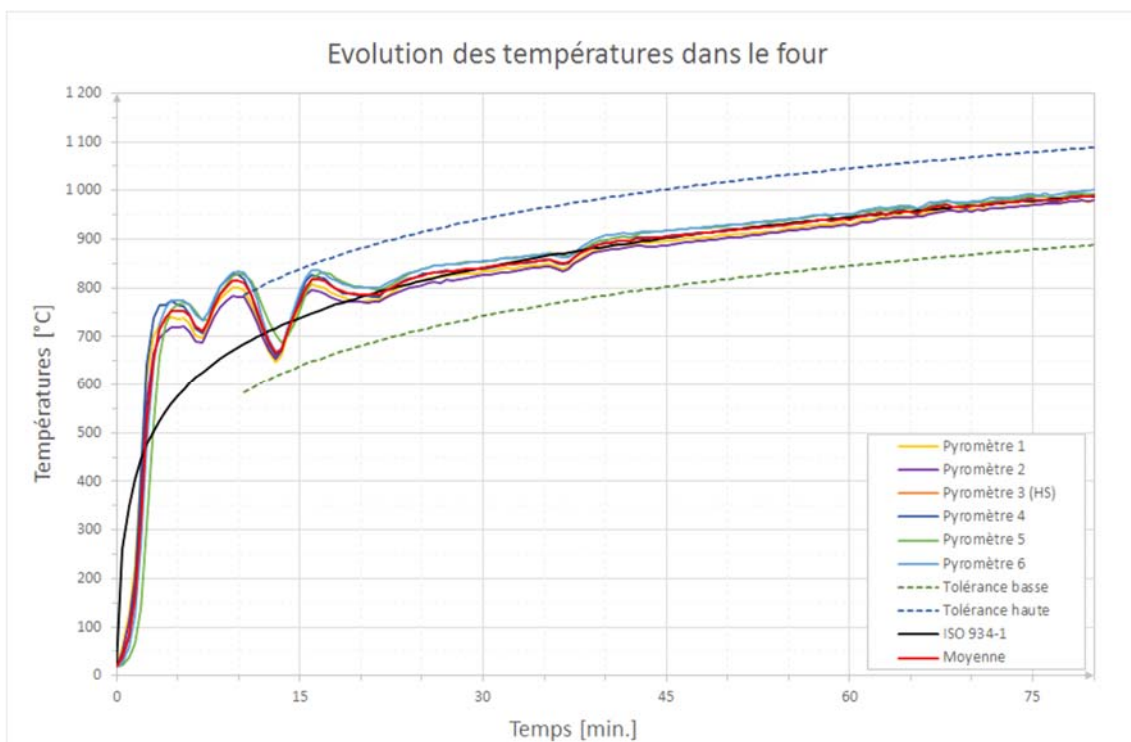


Figure A3.25 : Campagne 1 – Essai 04 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Températures de conduite de four

Campagne 1

Configuration 1 à 30% $R_{moy} = 145,2$ kN

Essai 04

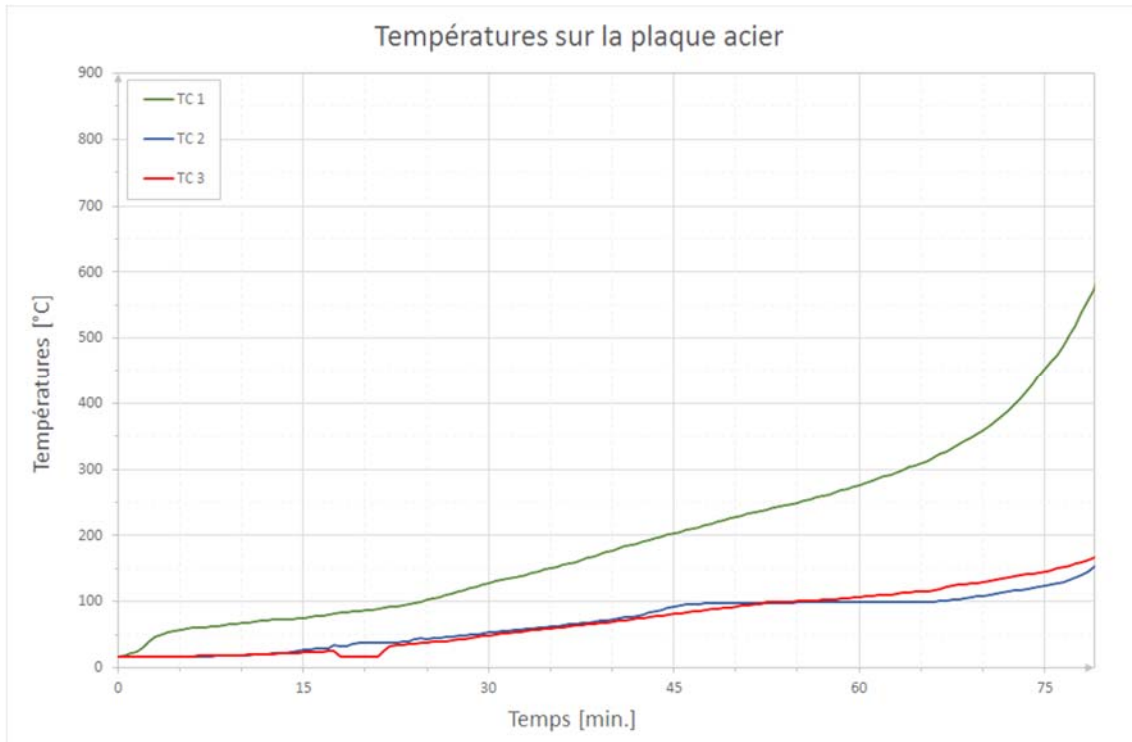


Figure A3.26 : Campagne 1 – Essai 04 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Températures sur la plaque acier

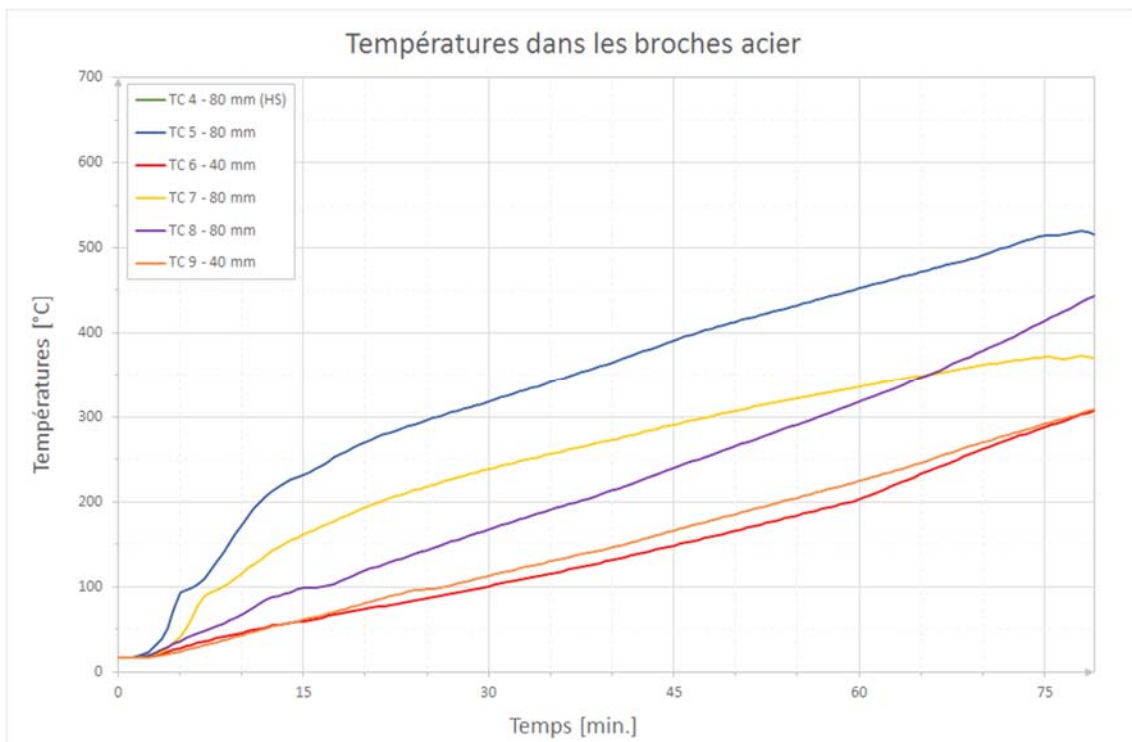


Figure A3.27 : Campagne 1 – Essai 04 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Températures dans les broches acier

Campagne 1

Configuration 1 à 30% $R_{moy} = 145,2$ kN

Essai 04

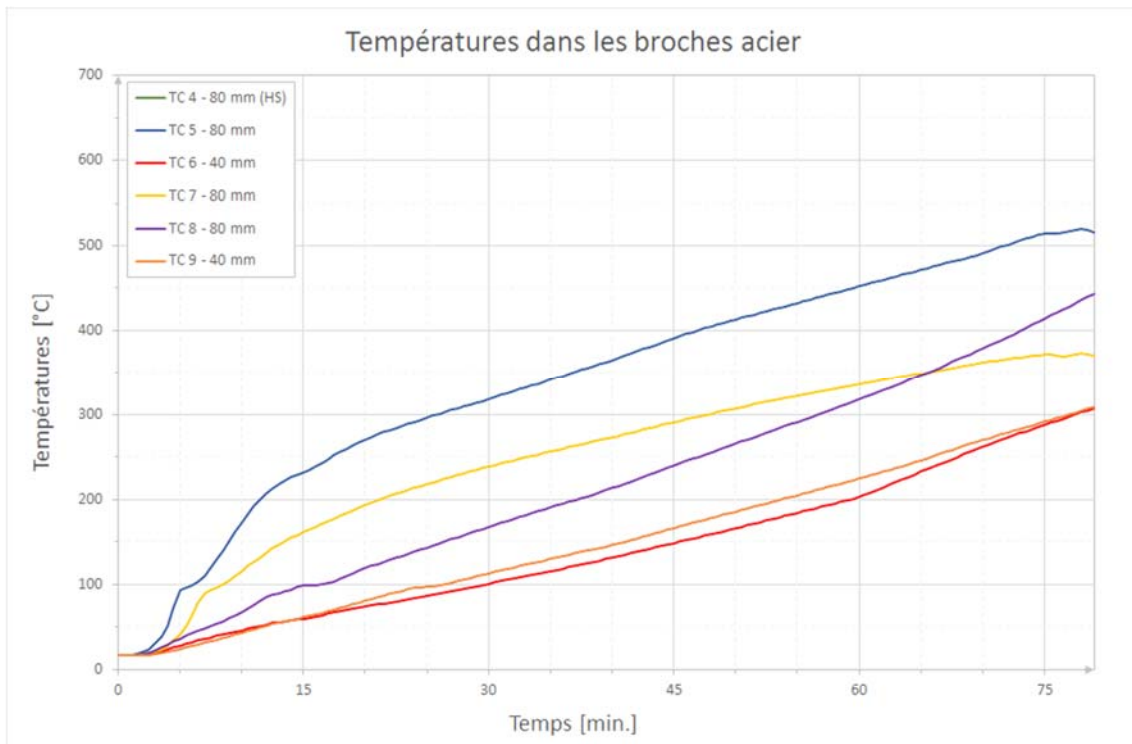


Figure A3.28 : Campagne 1 – Essai 04 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Températures dans les poutres

Campagne 1

Configuration 2 à 10% $R_{moy} = 47,796$ kN

Essai 05

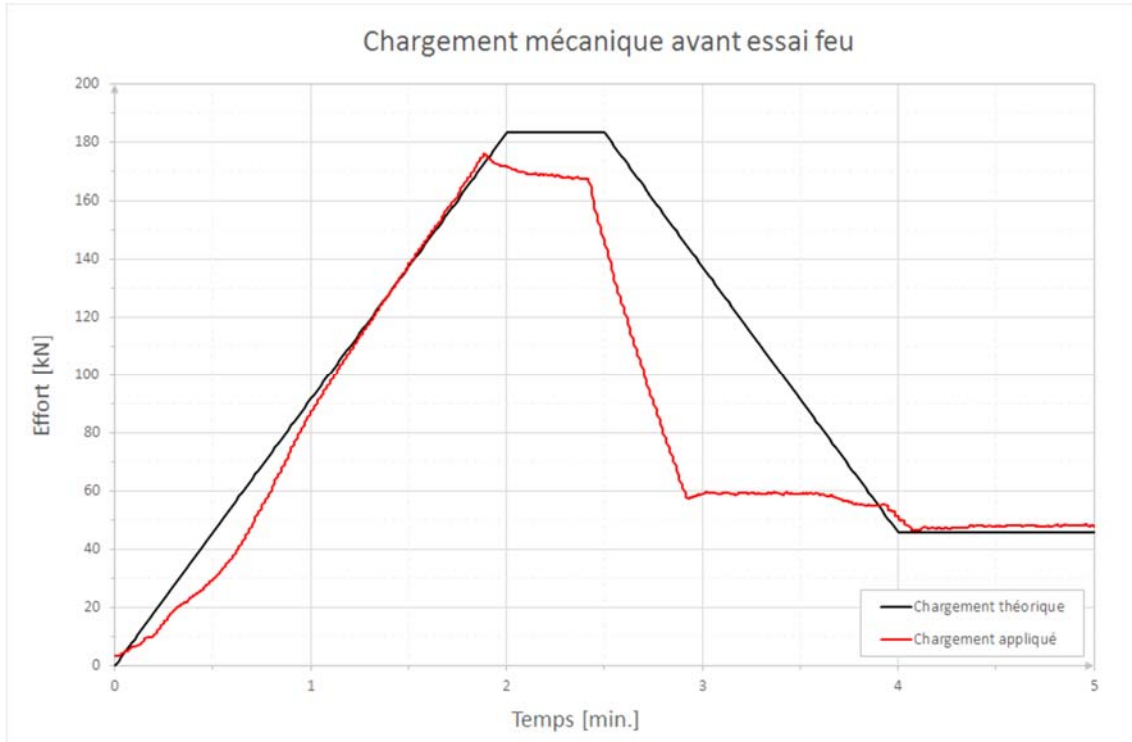


Figure A3.29 : Campagne 1 – Essai 05 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

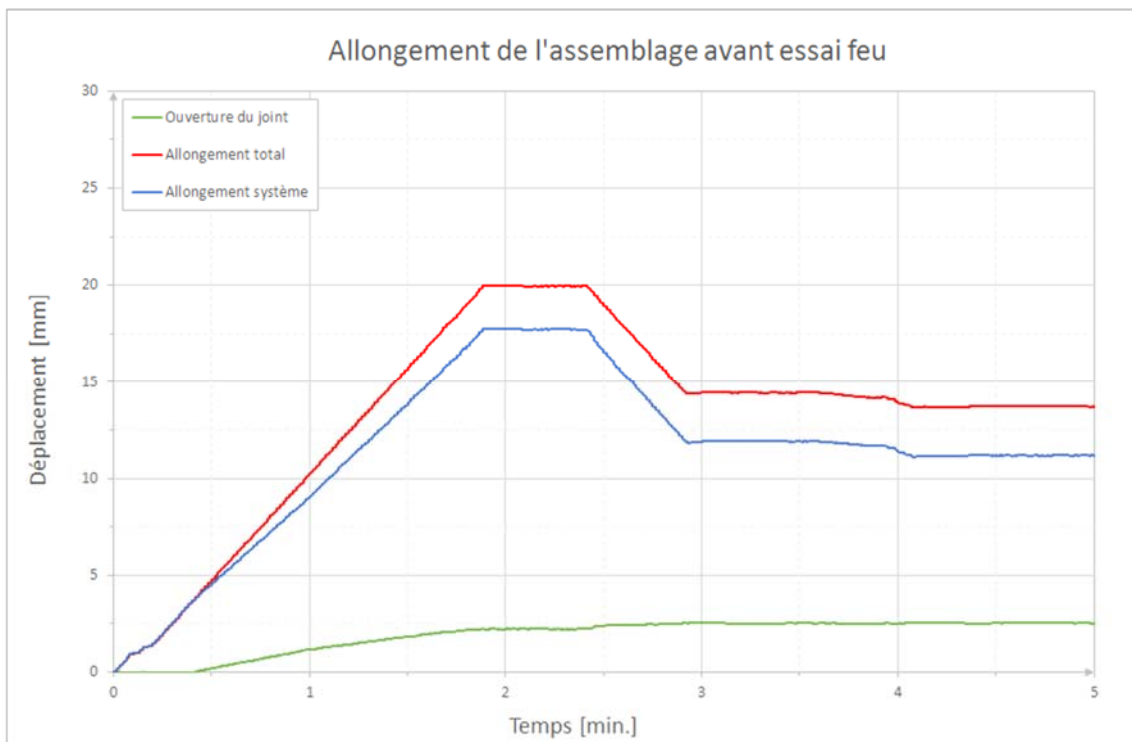


Figure A3.30 : Campagne 1 – Essai 05 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 1

Configuration 2 à 10% $R_{moy} = 47,796$ kN

Essai 05

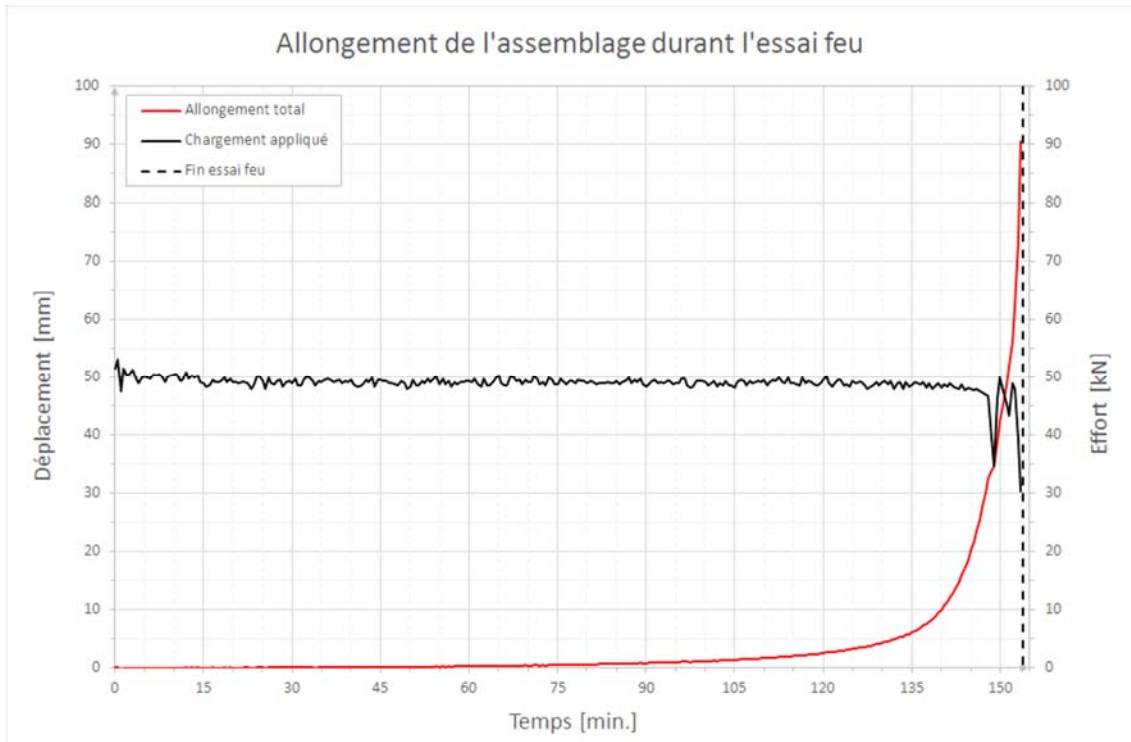


Figure A3.31 : Campagne 1 – Essai 05 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

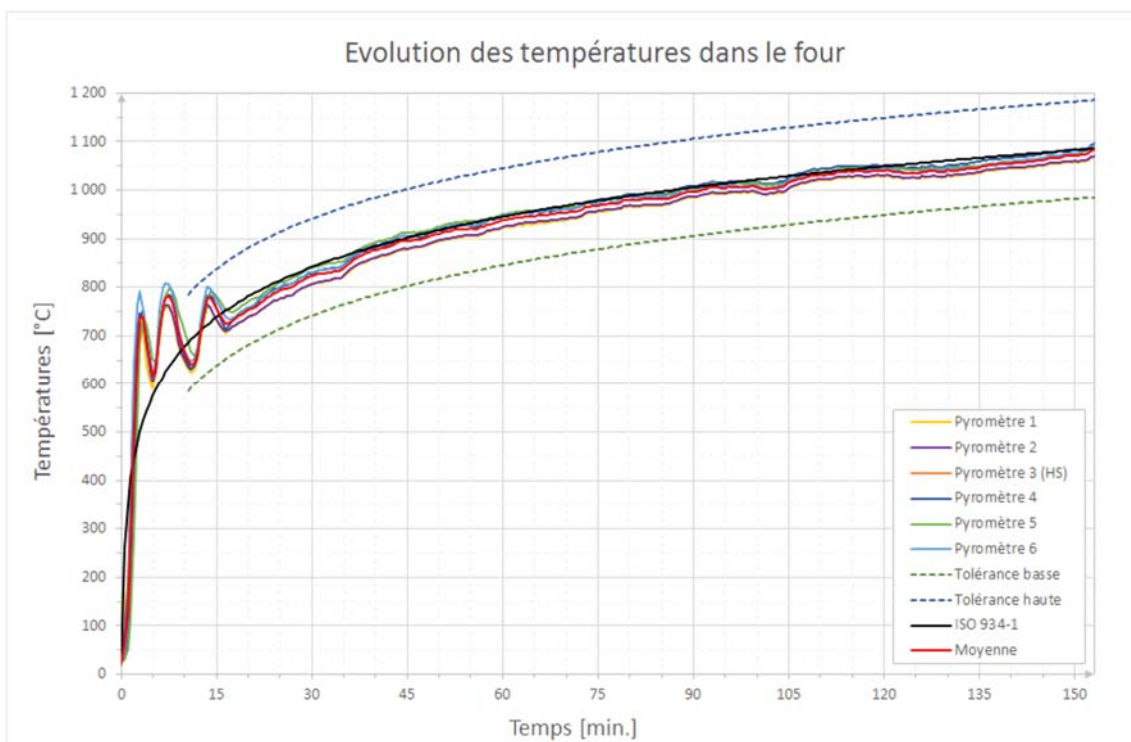


Figure A3.32 : Campagne 1 – Essai 05 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures de conduite de four

Campagne 1

Configuration 2 à 10% $R_{moy} = 47,796$ kN

Essai 05

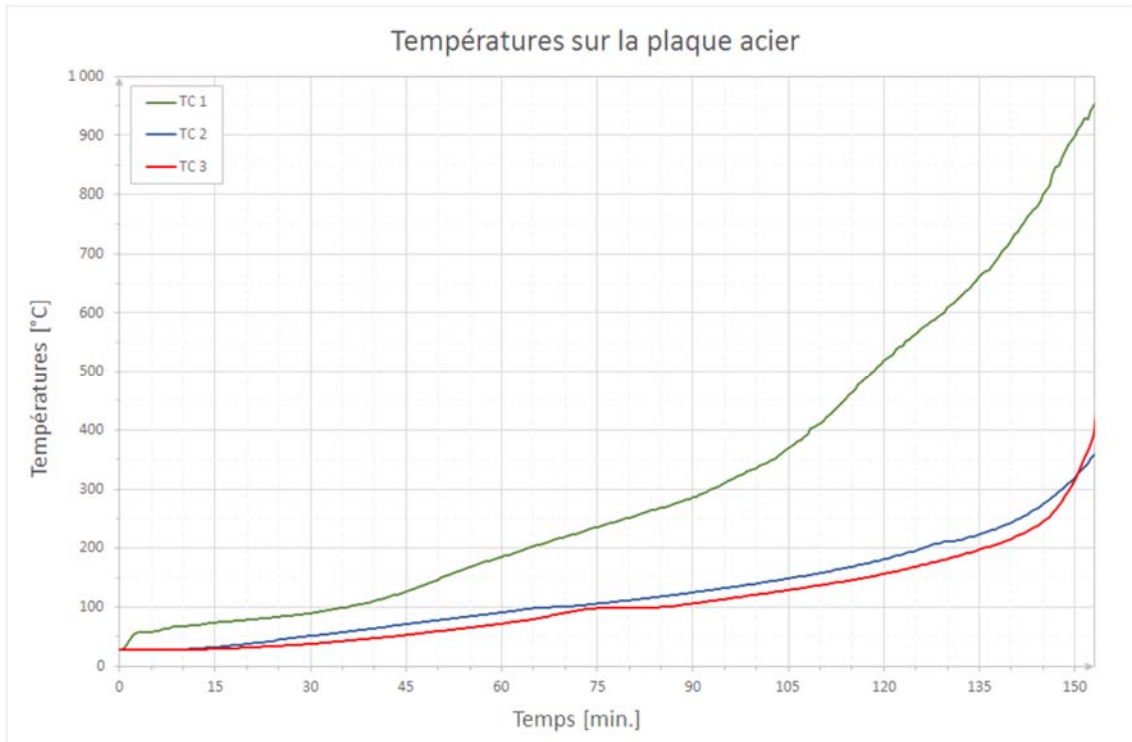


Figure A3.33 : Campagne 1 – Essai 05 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures sur la plaque acier



Figure A3.34 : Campagne 1 – Essai 05 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures dans les broches acier

Campagne 1

Configuration 2 à 10% $R_{moy} = 47,796$ kN

Essai 05

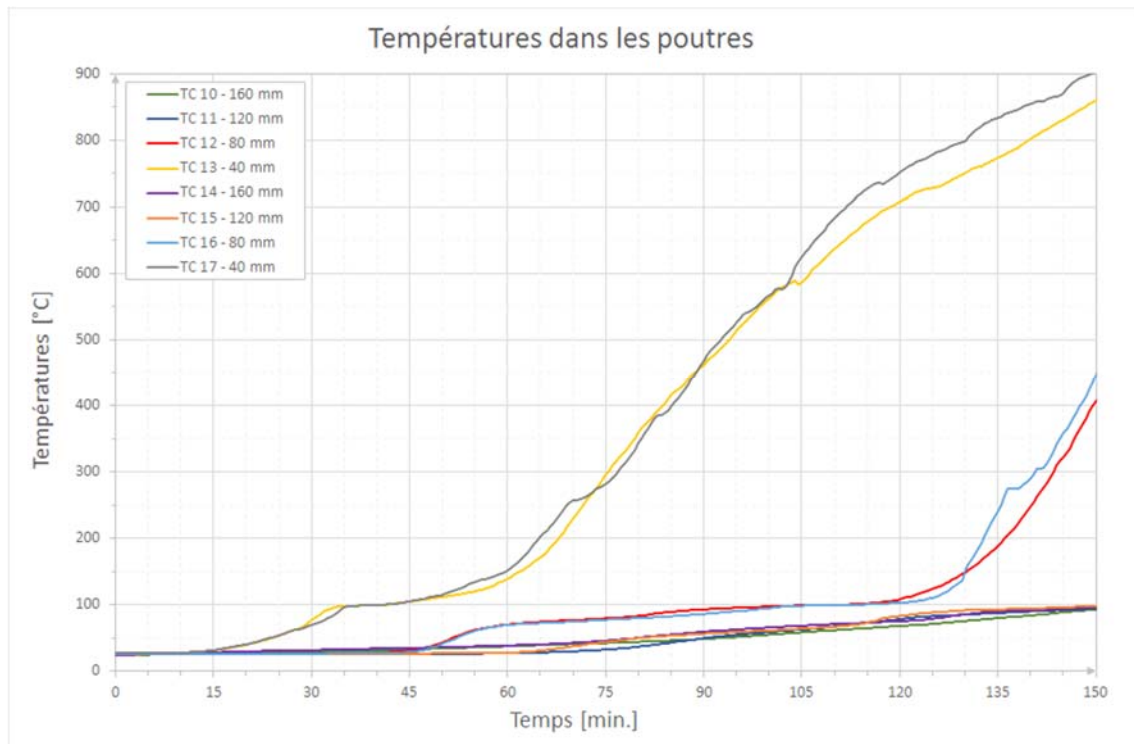


Figure A3.35 : Campagne 1 – Essai 05 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures dans les poutres

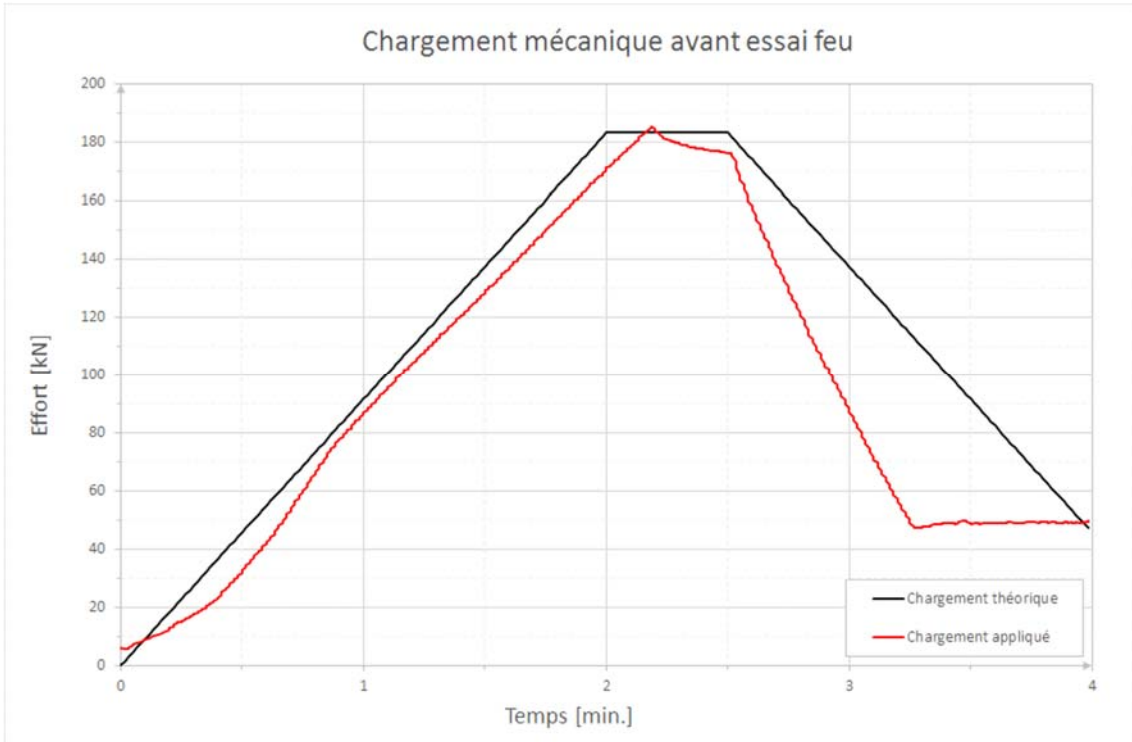


Figure A3.36 : Campagne 1 – Essai 06 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

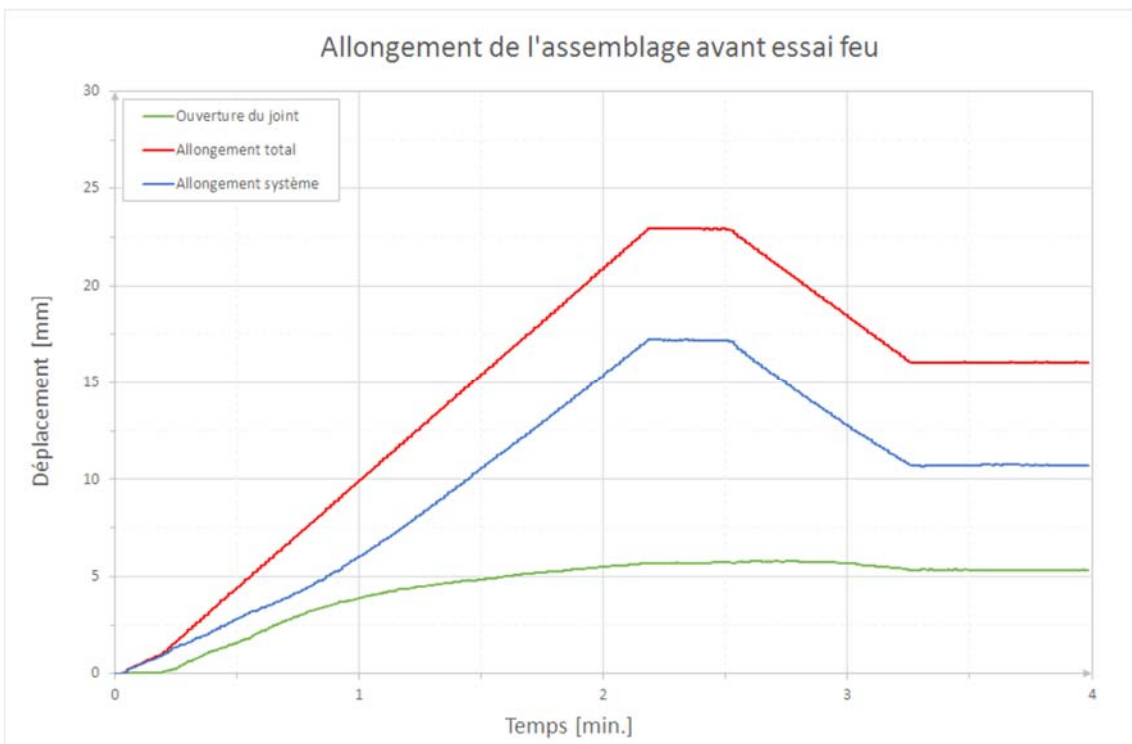


Figure A3.37 : Campagne 1 – Essai 06 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 1

Configuration 2 à 10% $R_{moy} = 47,796$ kN

Essai 06

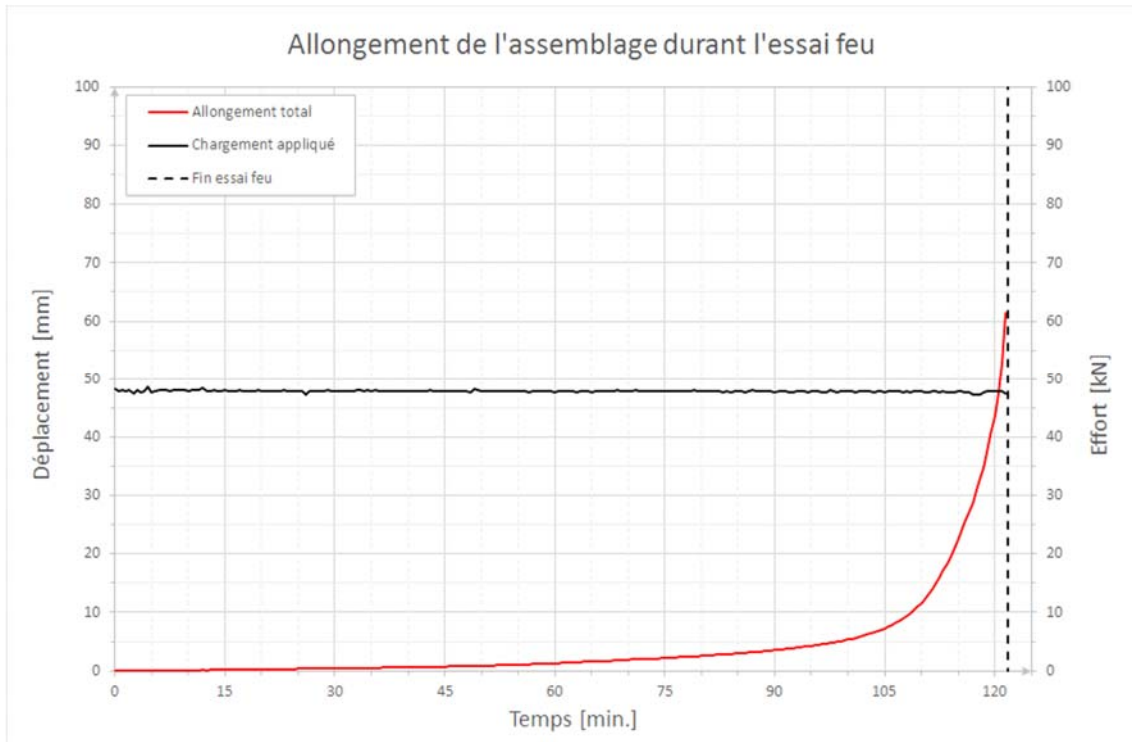


Figure A3.38 : Campagne 1 – Essai 06 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

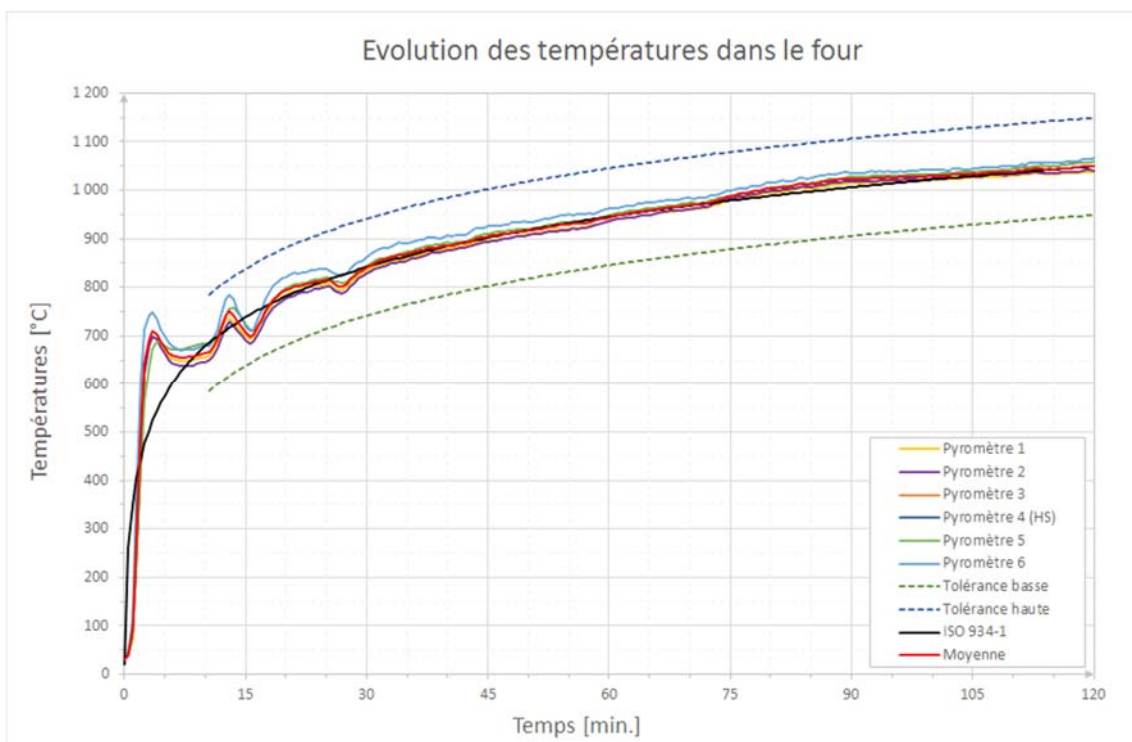


Figure A3.39 : Campagne 1 – Essai 06 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures de conduite de four

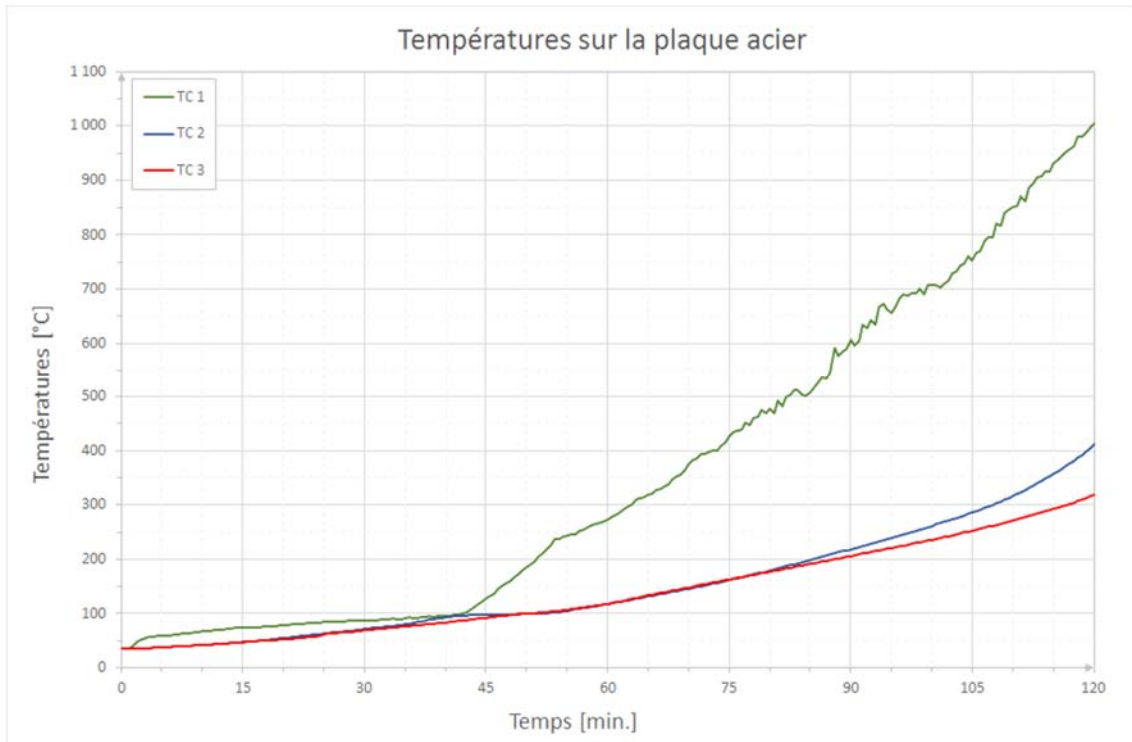


Figure A3.40 : Campagne 1 – Essai 06 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures sur la plaque acier

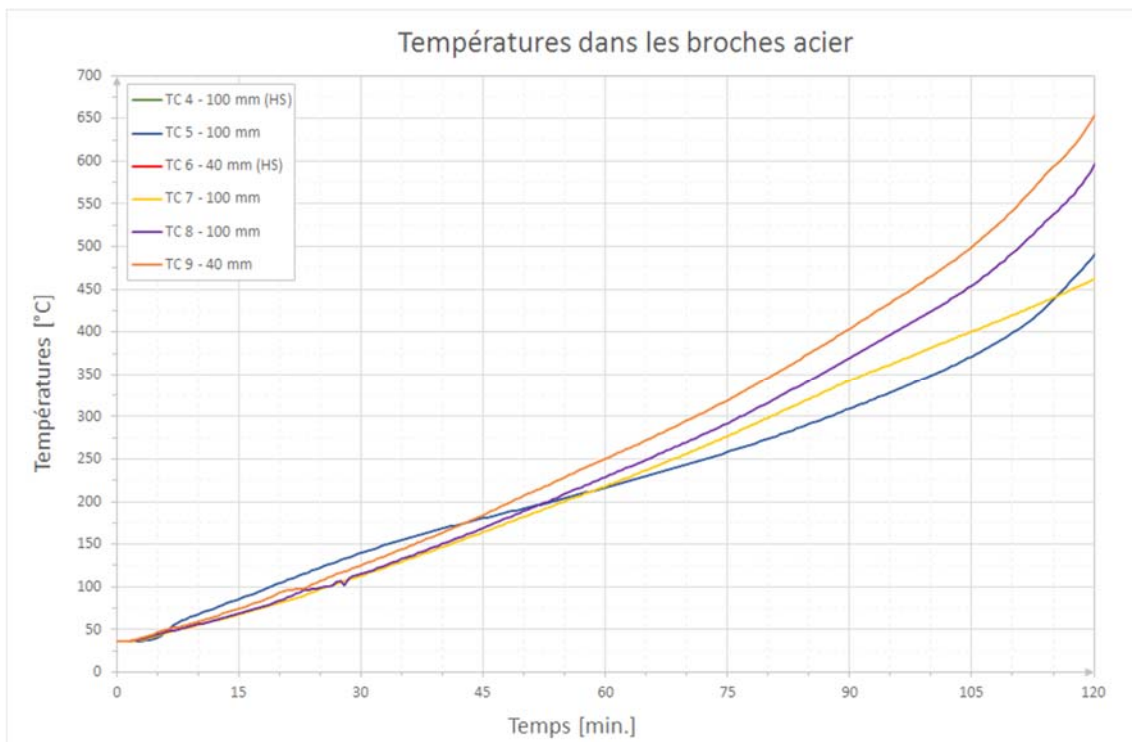


Figure A3.41 : Campagne 1 – Essai 06 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures dans les broches acier

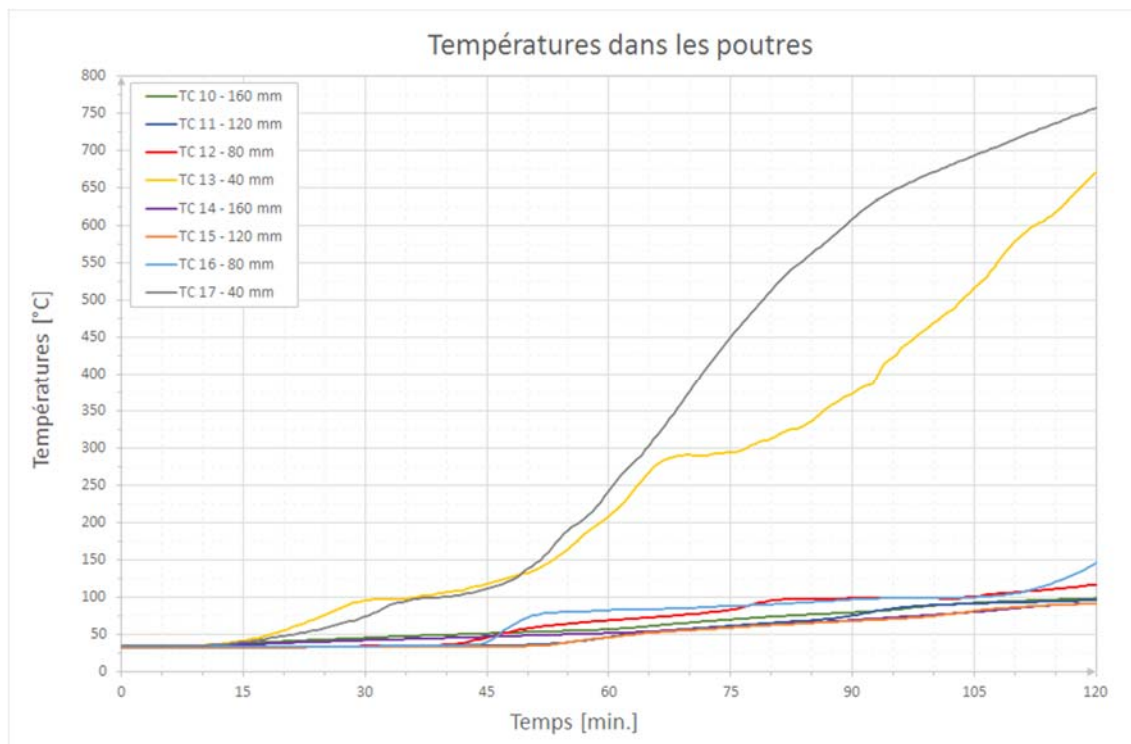


Figure A3.42 : Campagne 1 – Essai 06 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures dans les poutres

Campagne 1

Configuration 2 à 30% $R_{moy} = 141,888$ kN

Essai 07

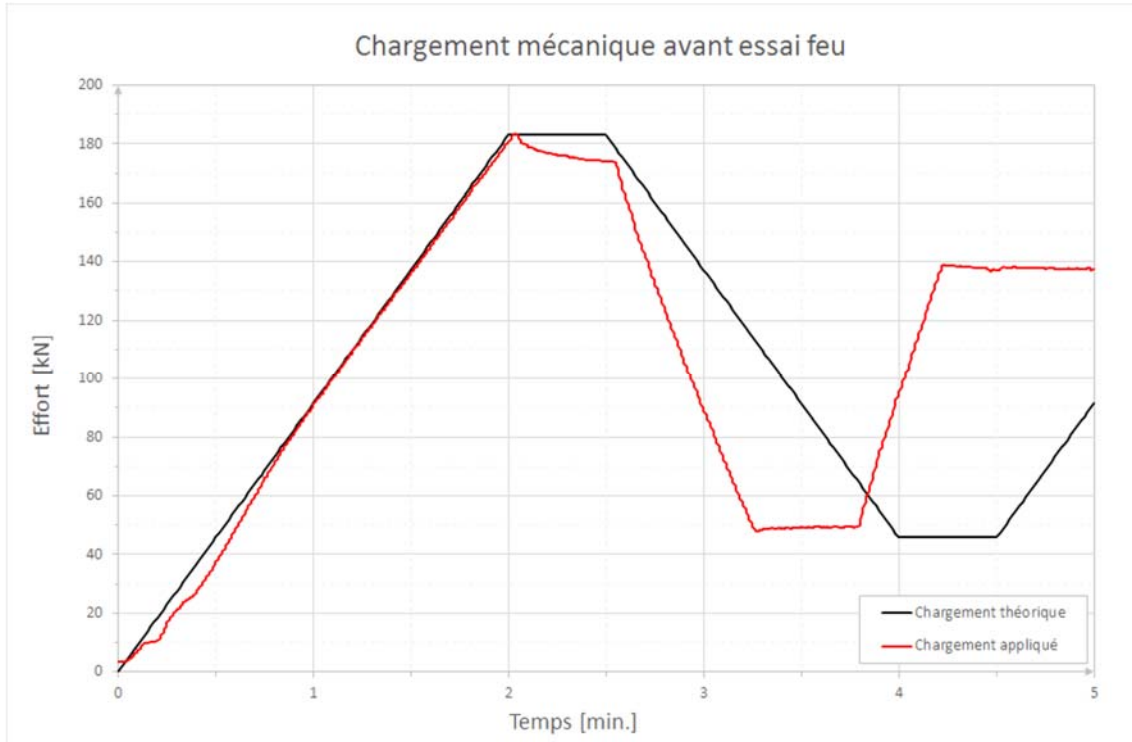


Figure A3.43 : Campagne 1 – Essai 07 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

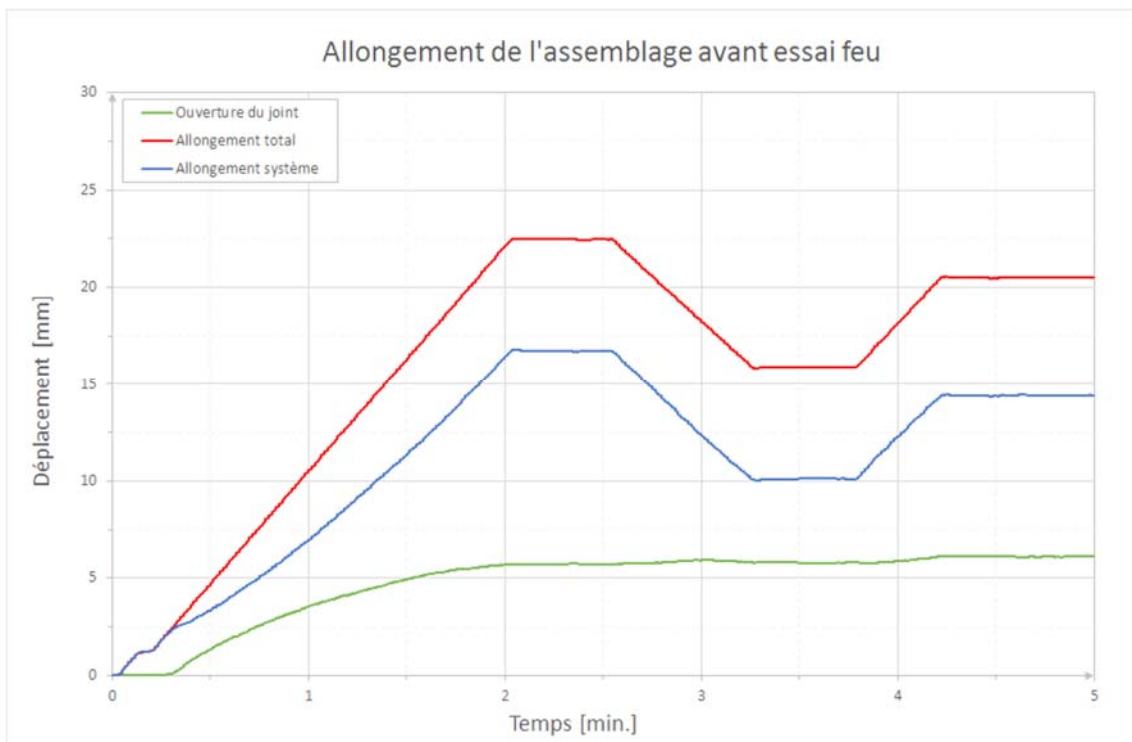


Figure A3.44 : Campagne 1 – Essai 07 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 1

Configuration 2 à 30% R_{moy} = 141,888 kN

Essai 07

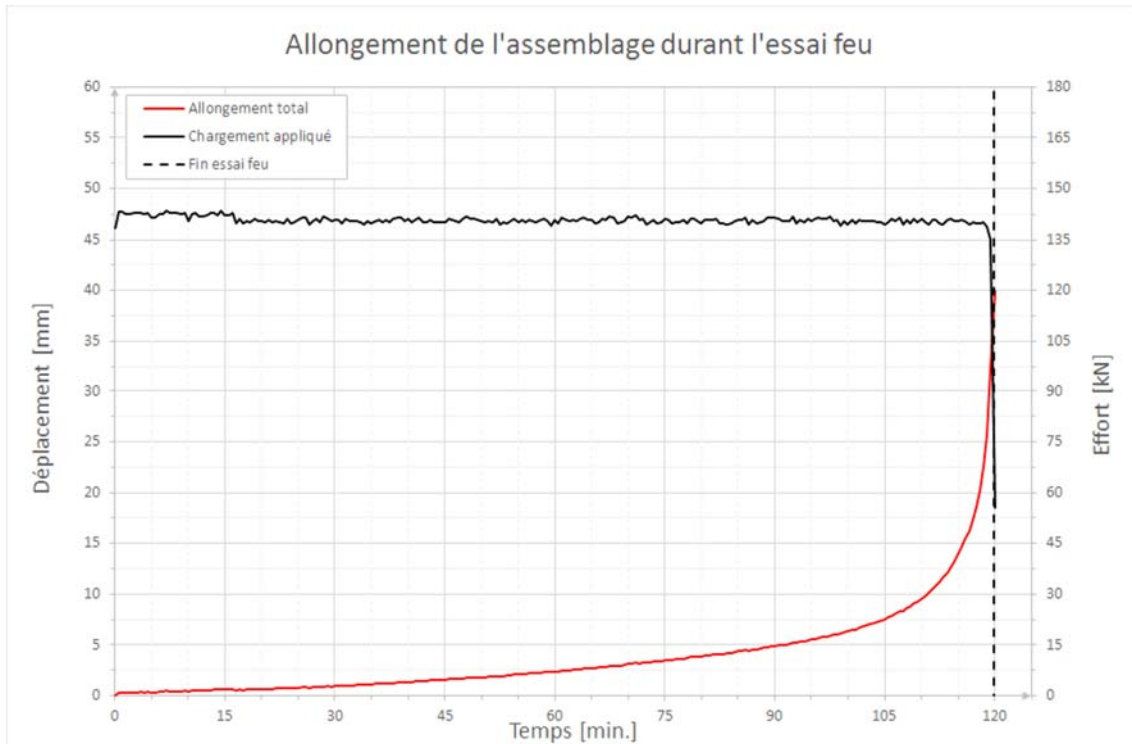


Figure A3.45 : Campagne 1 – Essai 07 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

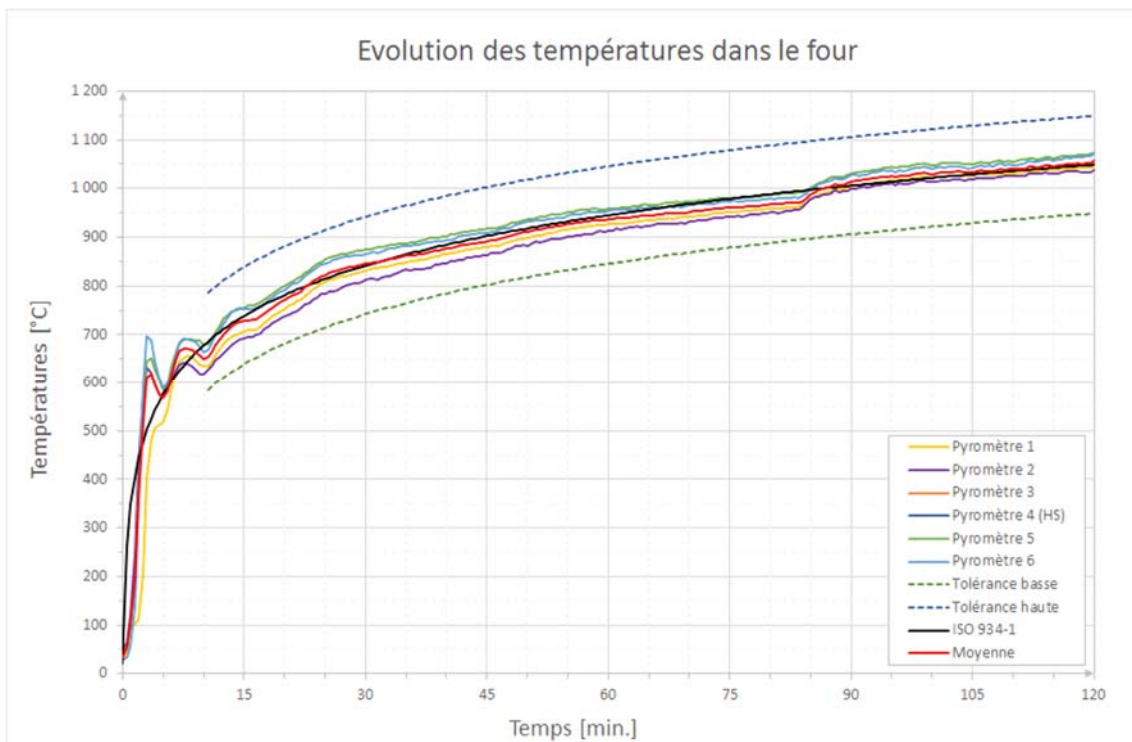


Figure A3.46 : Campagne 1 – Essai 07 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures de conduite de four

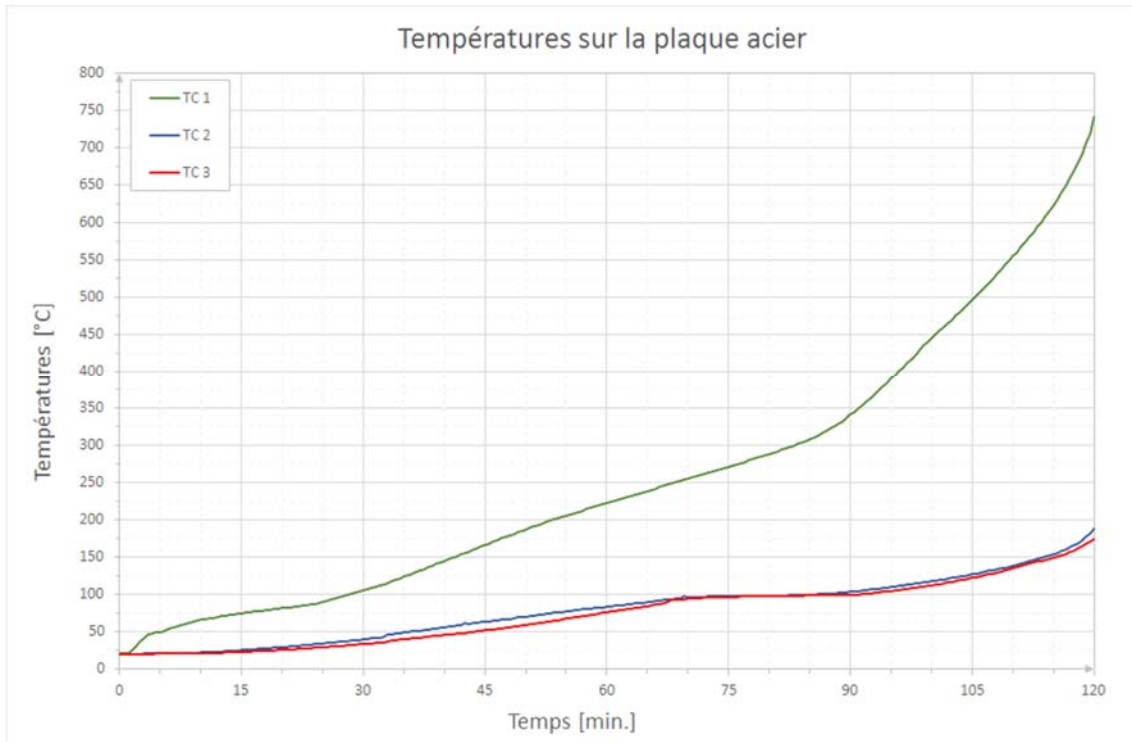


Figure A3.47 : Campagne 1 – Essai 07 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures sur la plaque acier

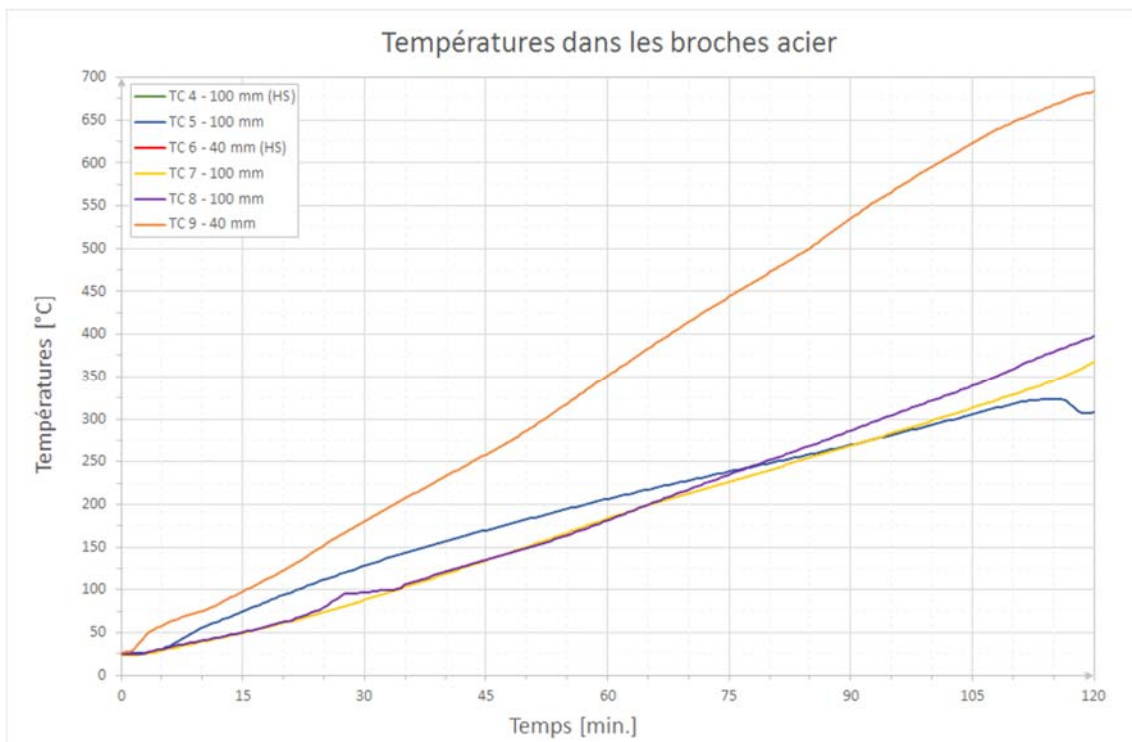


Figure A3.48 : Campagne 1 – Essai 07 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures dans les broches acier

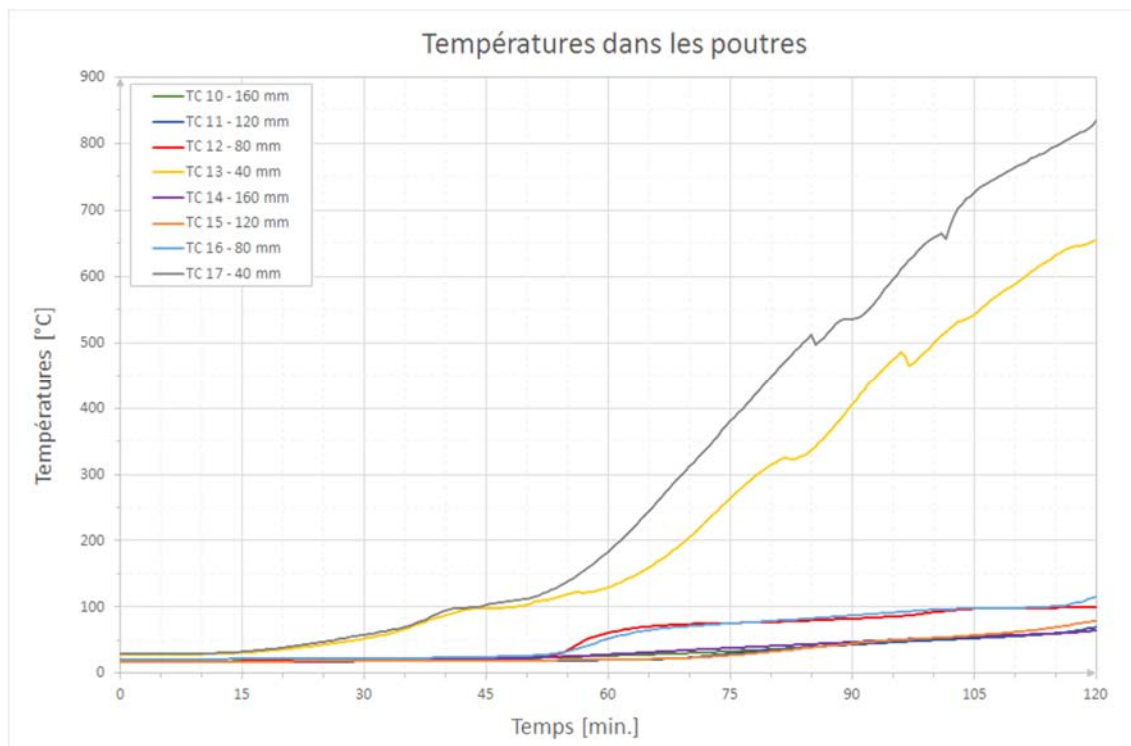


Figure A3.49 : Campagne 1 – Essai 07 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures dans les poutres

Campagne 1

Configuration 2 à 30% R_{moy} = 141,888 kN

Essai 08

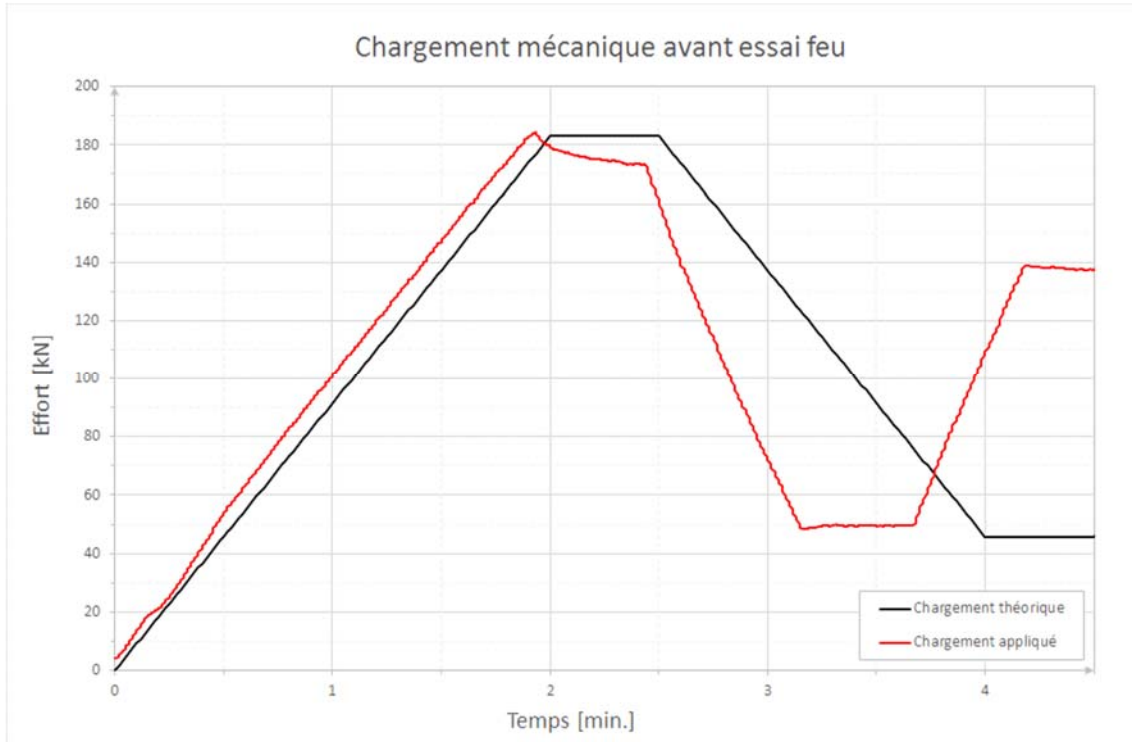


Figure A3.50 : Campagne 1 – Essai 08 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

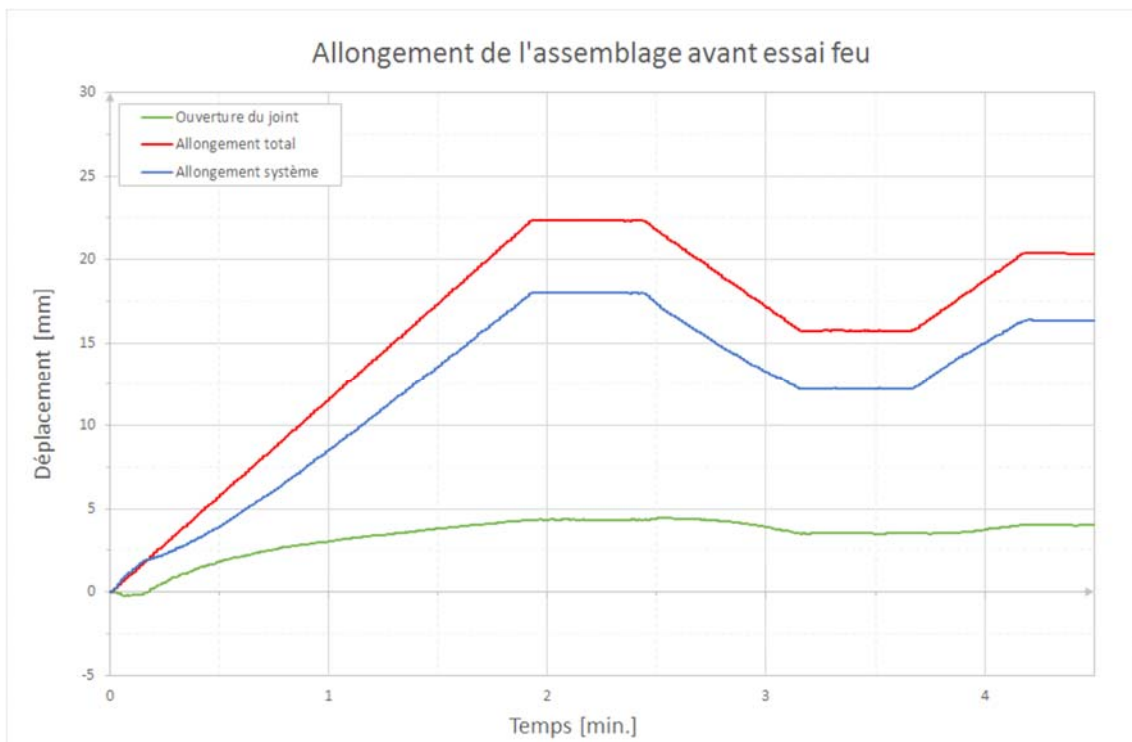


Figure A3.51 : Campagne 1 – Essai 08 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 1

Configuration 2 à 30% R_{moy} = 141,888 kN

Essai 08

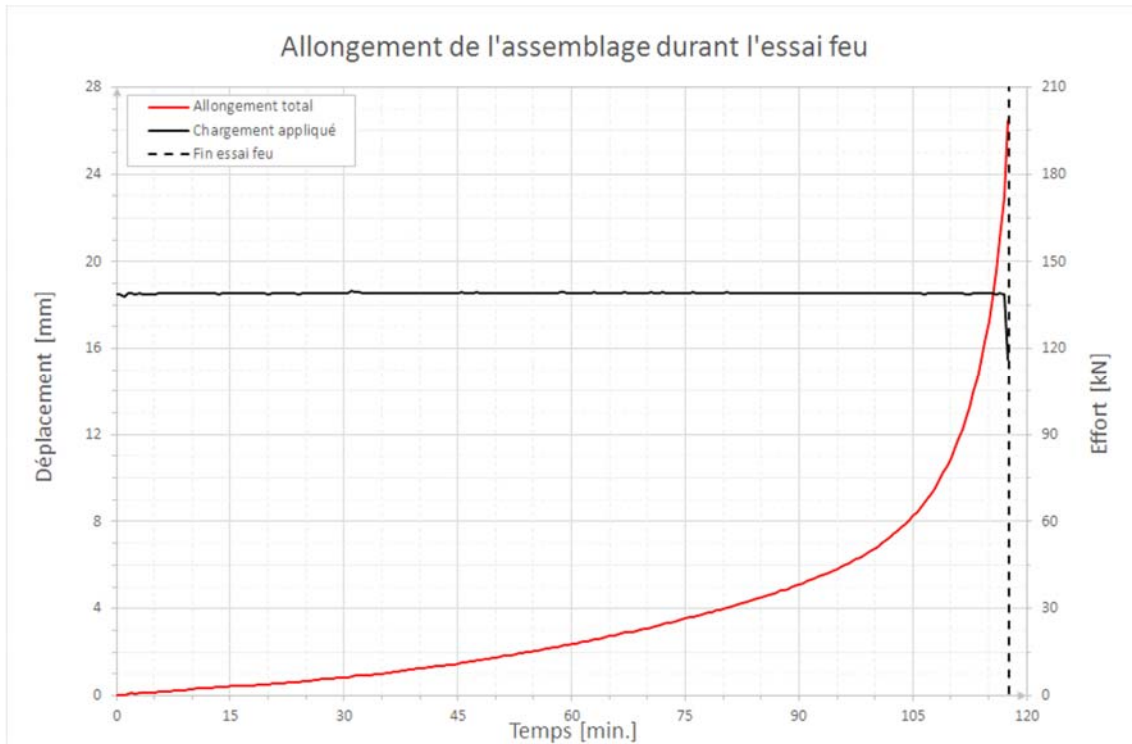


Figure A3.52 : Campagne 1 – Essai 08 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

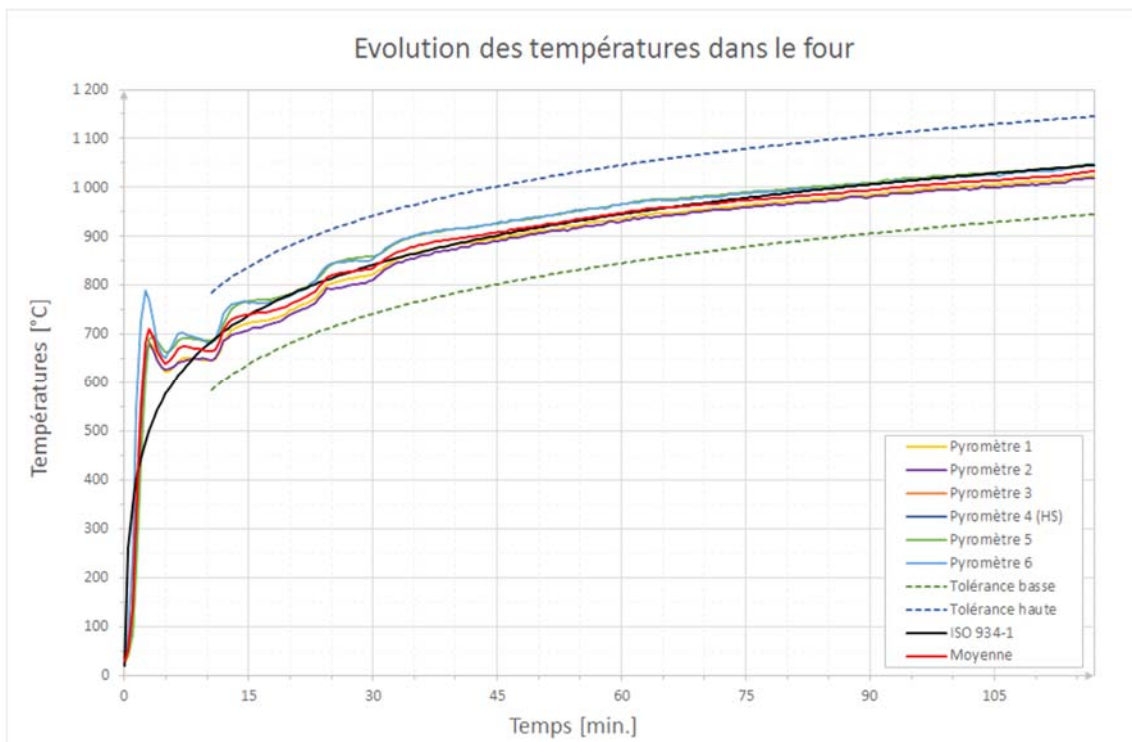


Figure A3.53 : Campagne 1 – Essai 08 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures de conduite de four

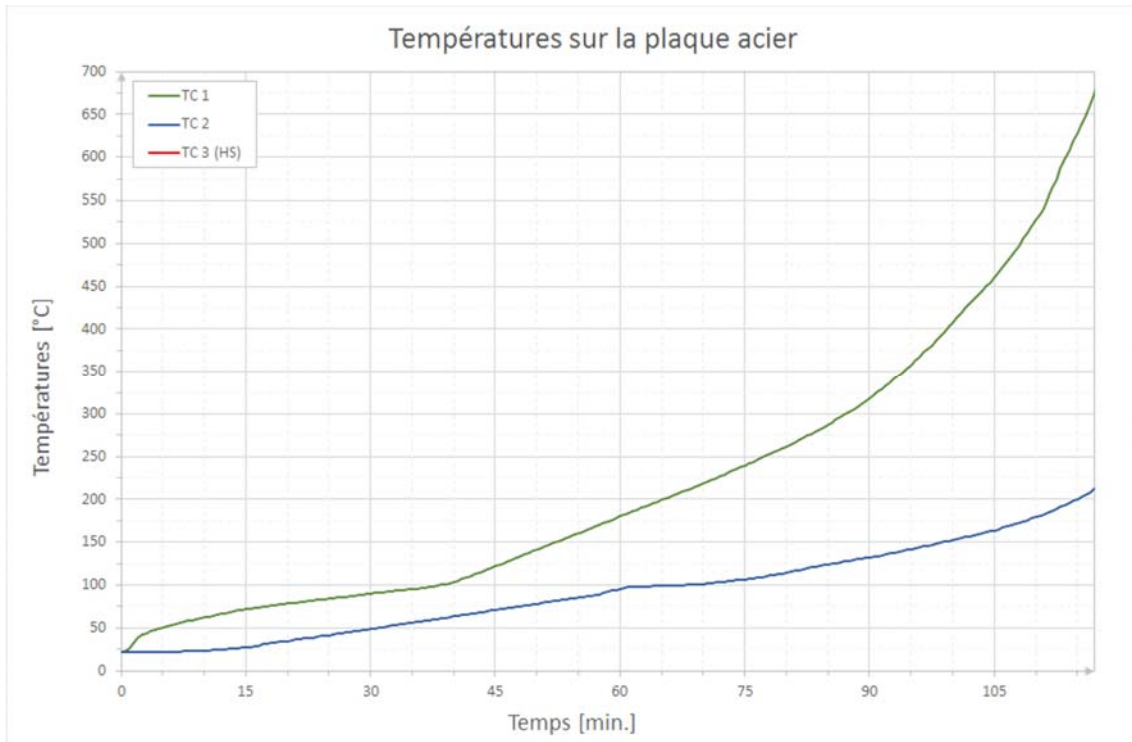


Figure A3.54 : Campagne 1 – Essai 08 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures sur la plaque acier

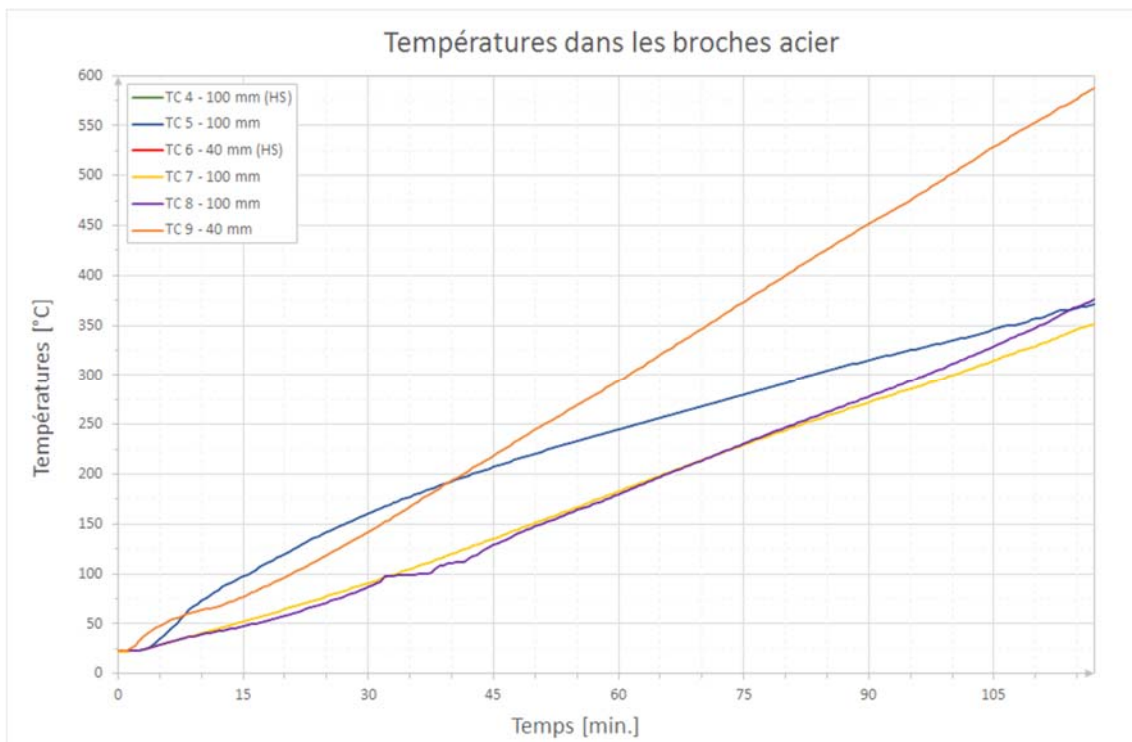


Figure A3.55 : Campagne 1 – Essai 08 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures dans les broches acier

Campagne 1

Configuration 2 à 30% $R_{moy} = 141,888$ kN

Essai 08

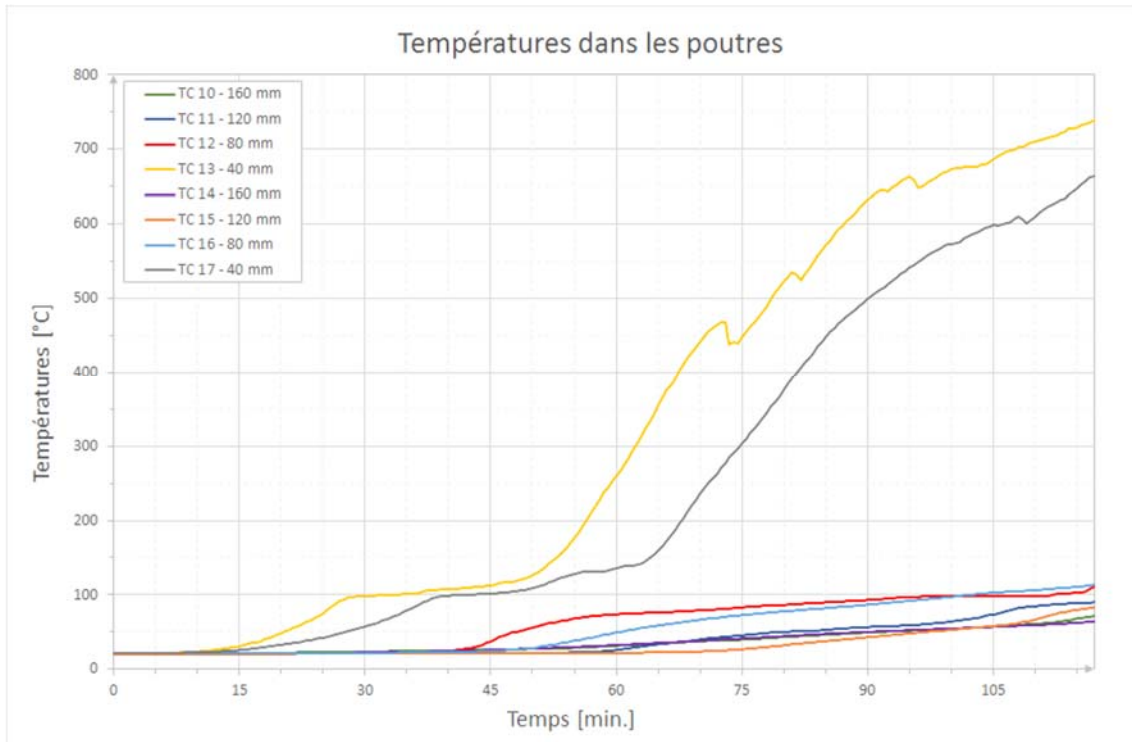


Figure A3.56 : Campagne 1 – Essai 08 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures dans les poutres

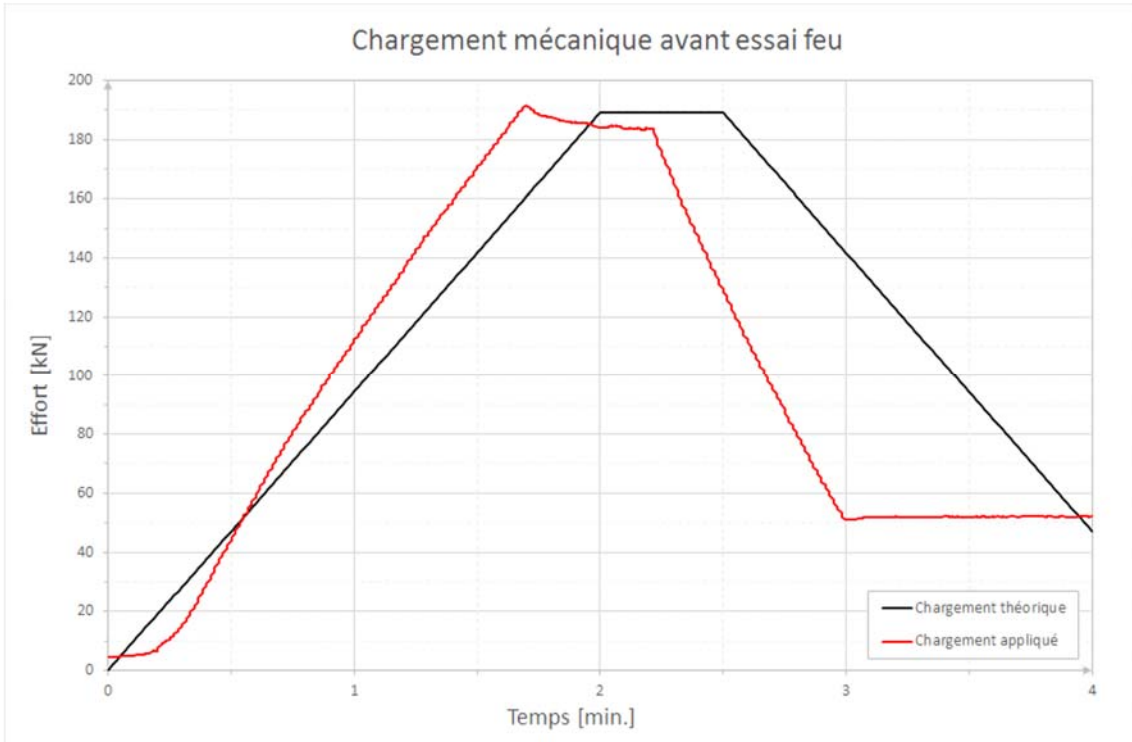


Figure A3.57 : Campagne 1 – Essai 09 – Configuration 1' à 10% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

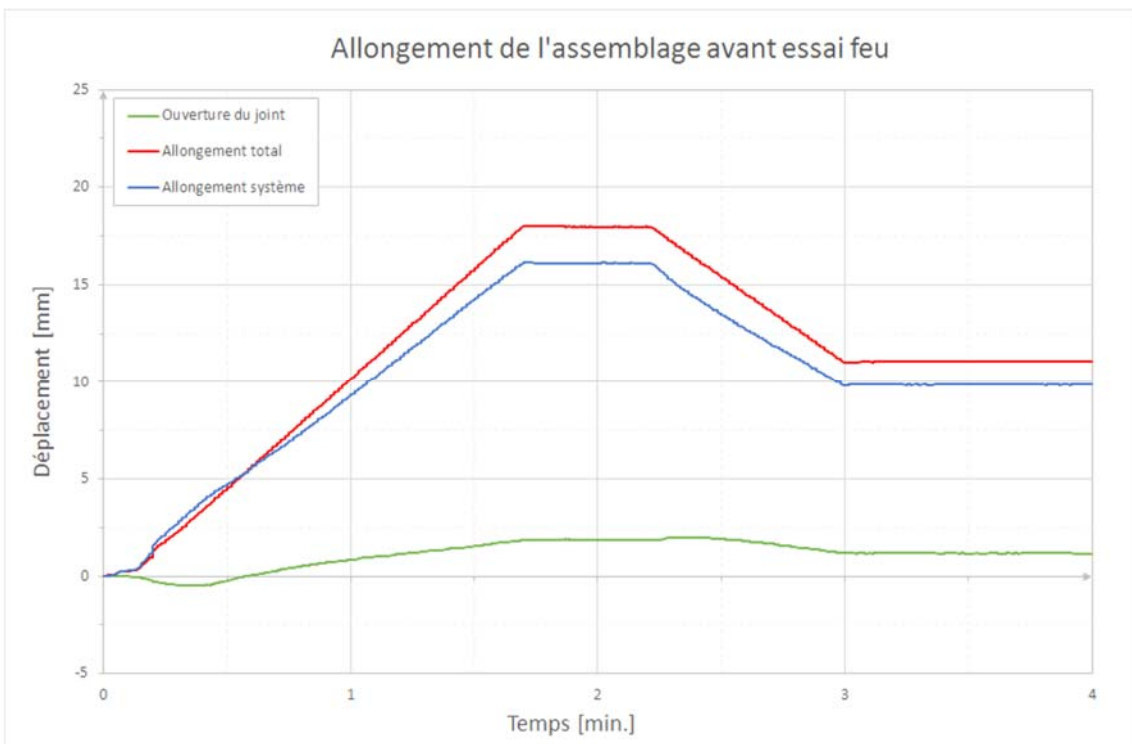


Figure A3.58 : Campagne 1 – Essai 09 – Configuration 1' à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 1

Configuration 1' à 10% $R_{moy} = 45,76$ kN

Essai 09

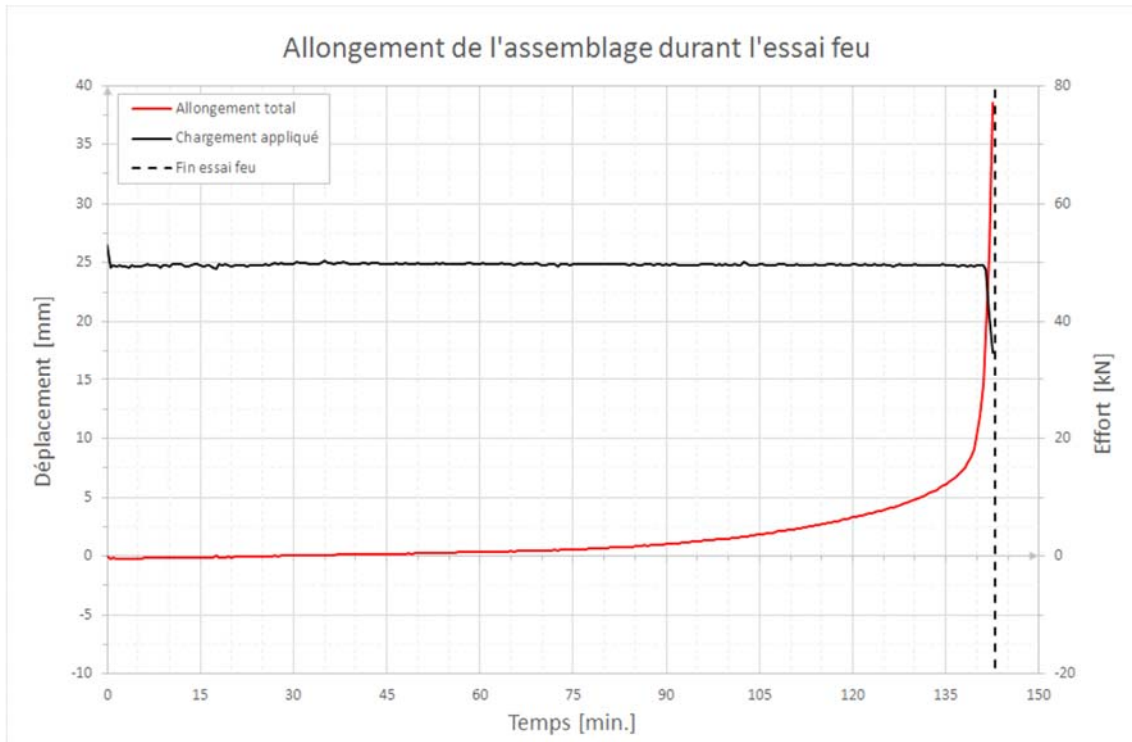


Figure A3.59 : Campagne 1 – Essai 09 – Configuration 1' à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

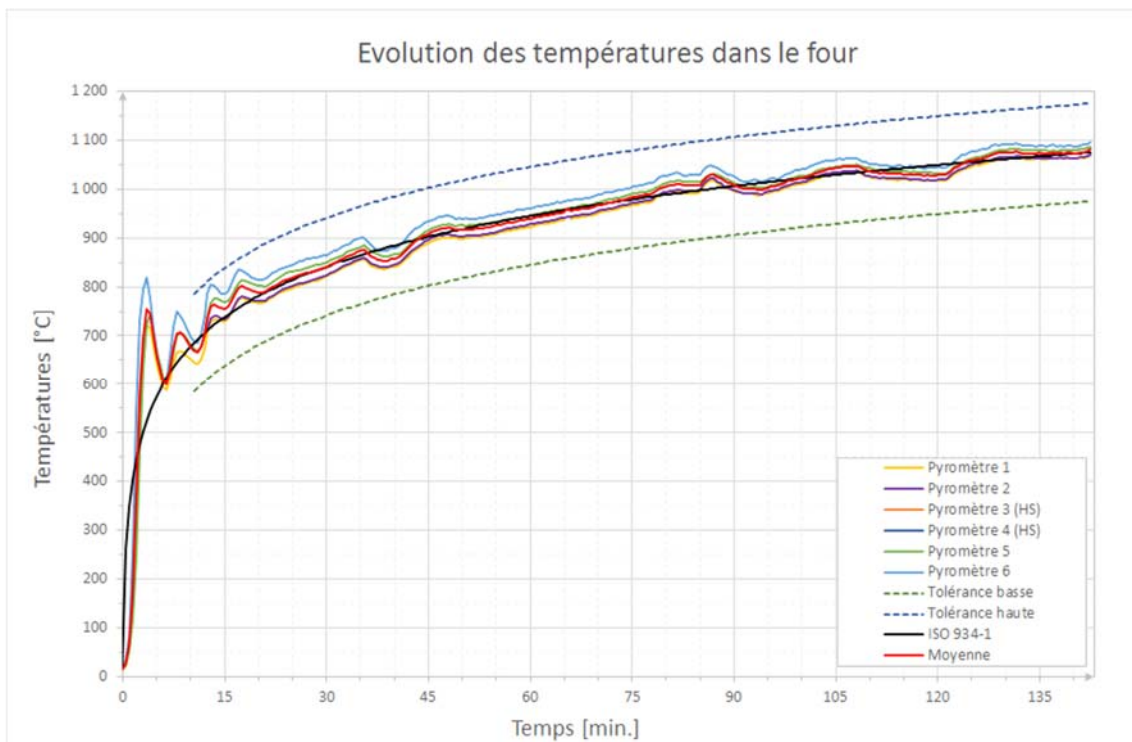


Figure A3.60 : Campagne 1 – Essai 09 – Configuration 1' à 10% R_{moy} – Températures de conduite de four

Campagne 1

Configuration 1' à 10% $R_{moy} = 45,76$ kN

Essai 09

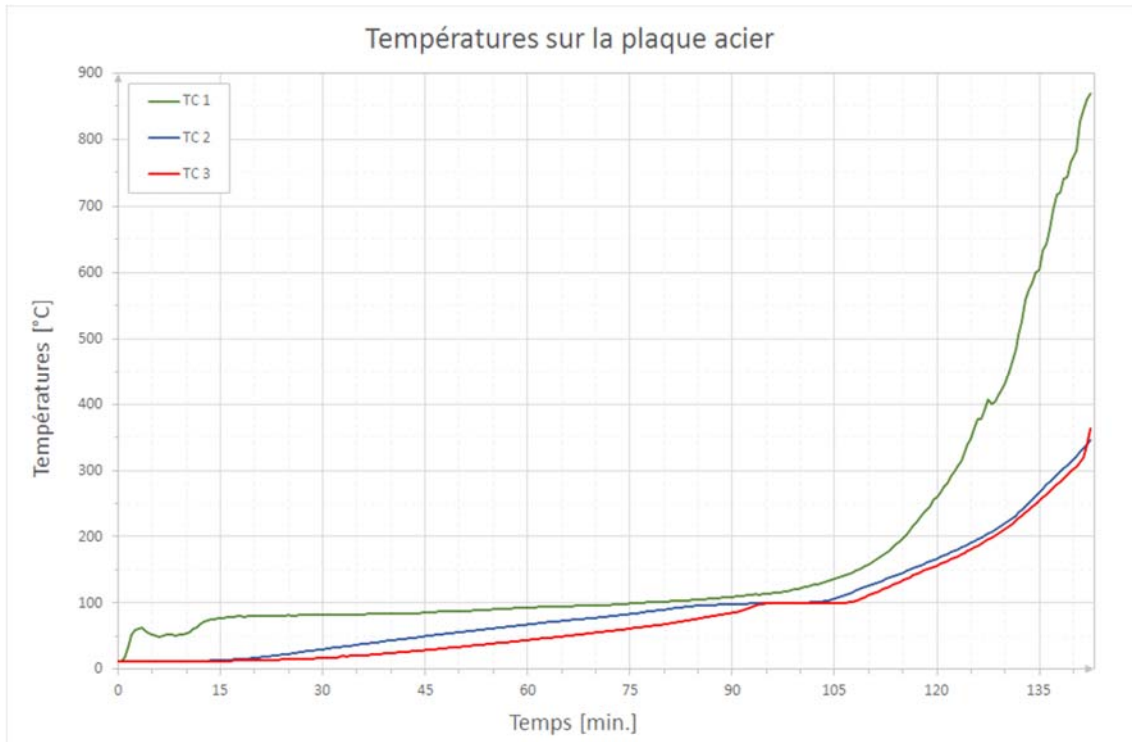


Figure A3.61 : Campagne 1 – Essai 09 – Configuration 1' à 10% R_{moy} – Températures sur la plaque acier

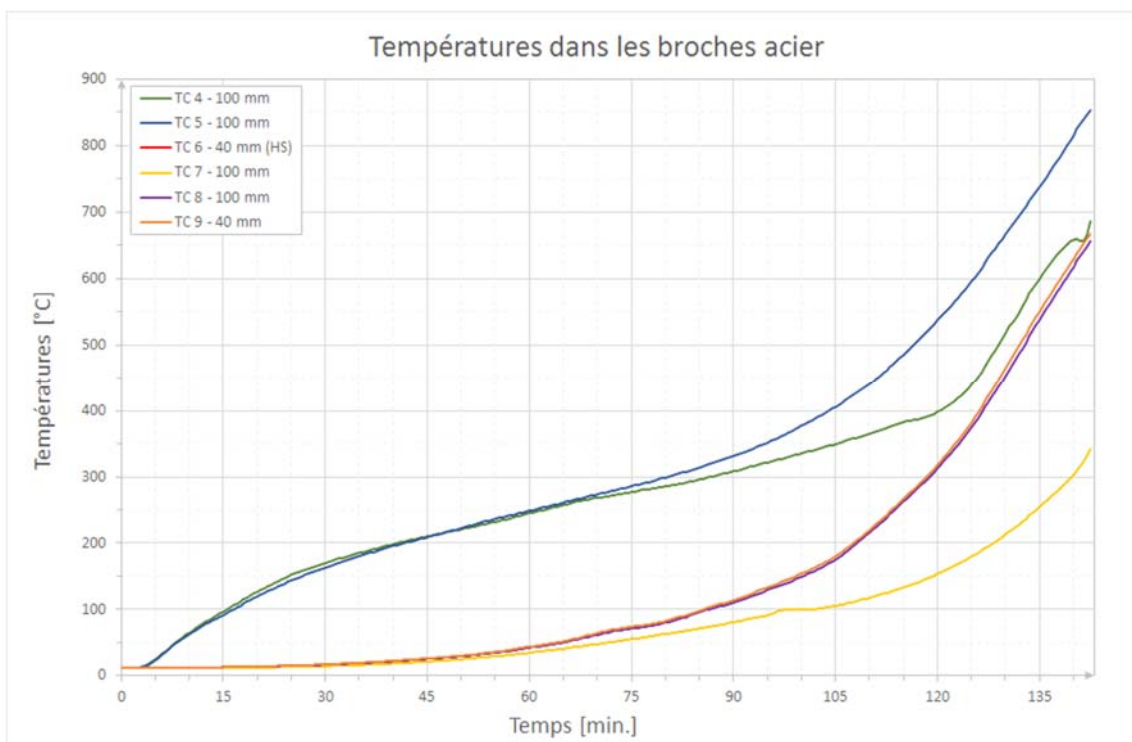


Figure A3.62 : Campagne 1 – Essai 09 – Configuration 1' à 10% R_{moy} – Températures dans les broches acier

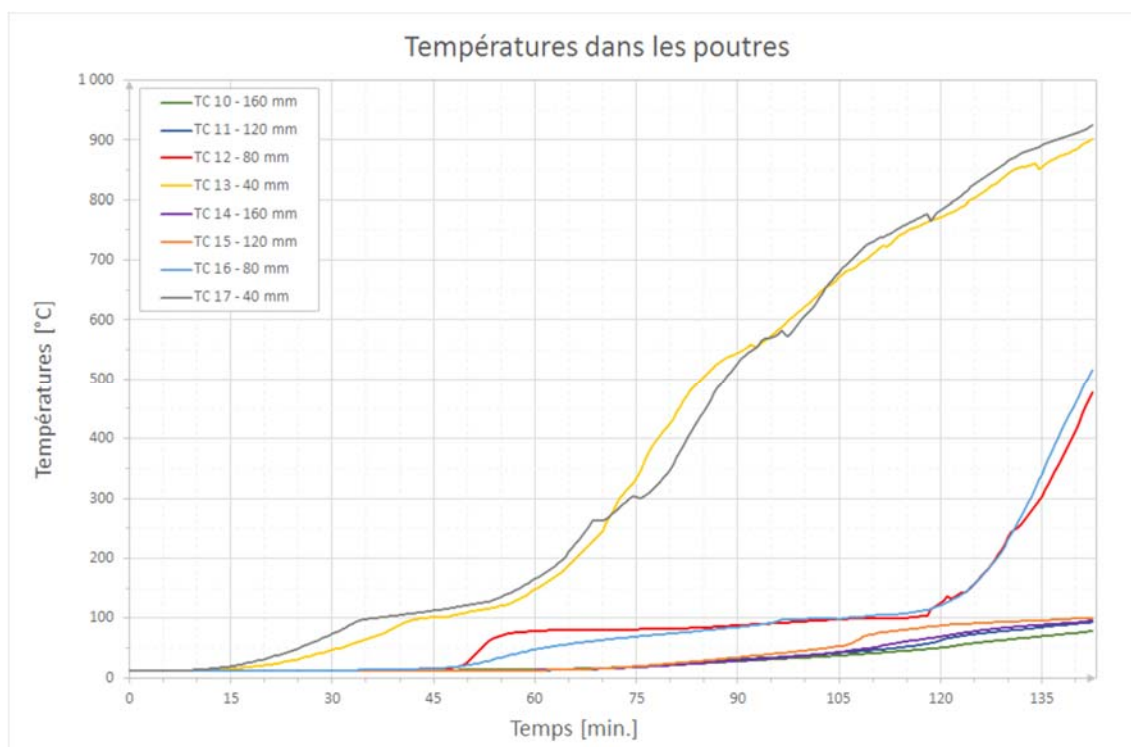


Figure A3.63 : Campagne 1 – Essai 09 – Configuration 1' à 10% R_{moy} – Températures dans les poutres

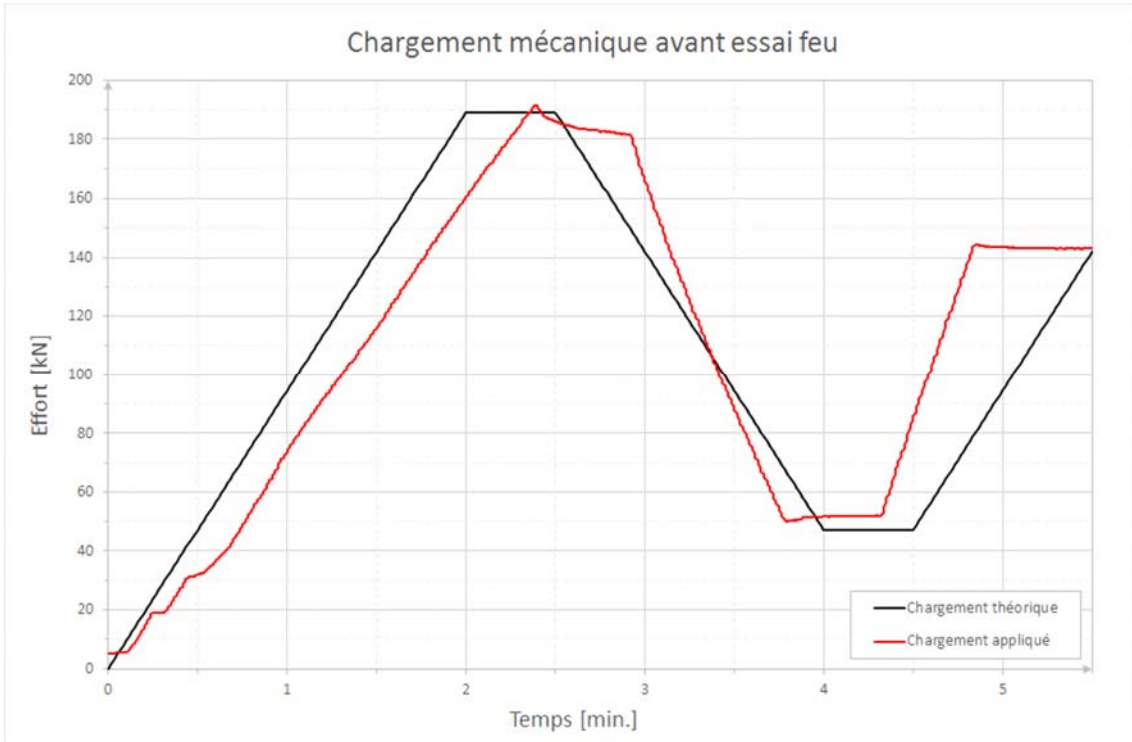


Figure A3.64 : Campagne 1 – Essai 10 – Configuration 1' à 30% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

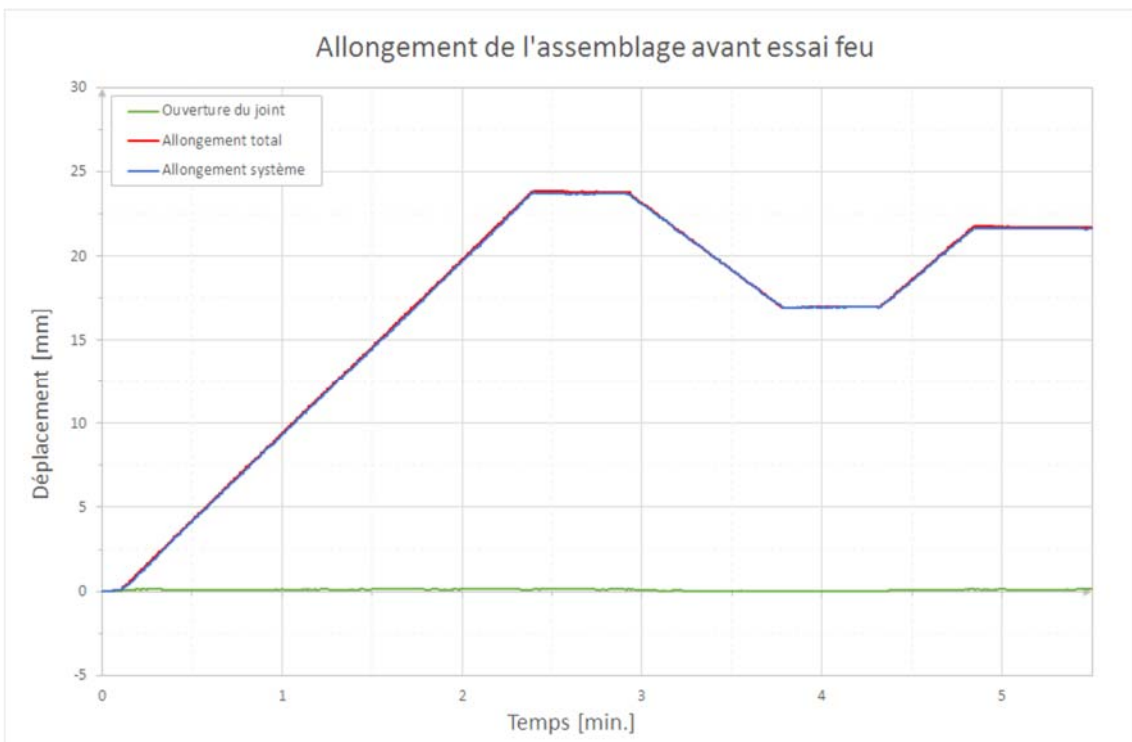


Figure A3.65 : Campagne 1 – Essai 10 – Configuration 1' à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 1

Configuration 1' à 30% $R_{moy} = 137,28$ kN

Essai 10

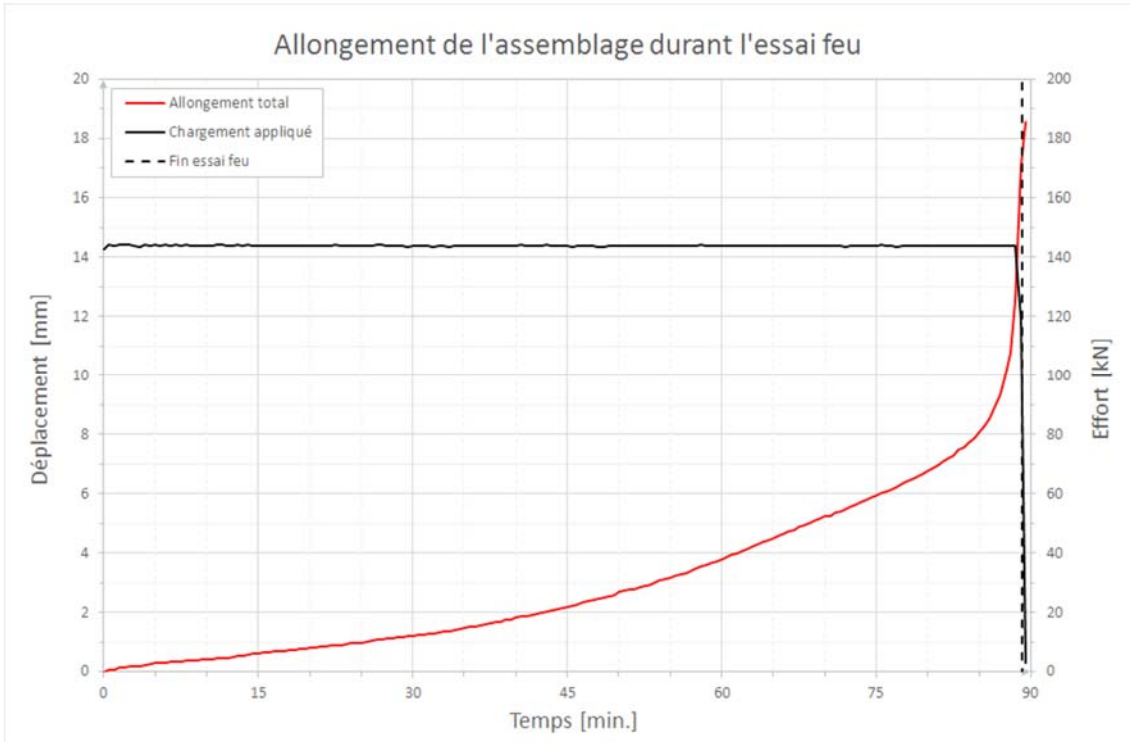


Figure A3.66 : Campagne 1 – Essai 10 – Configuration 1' à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

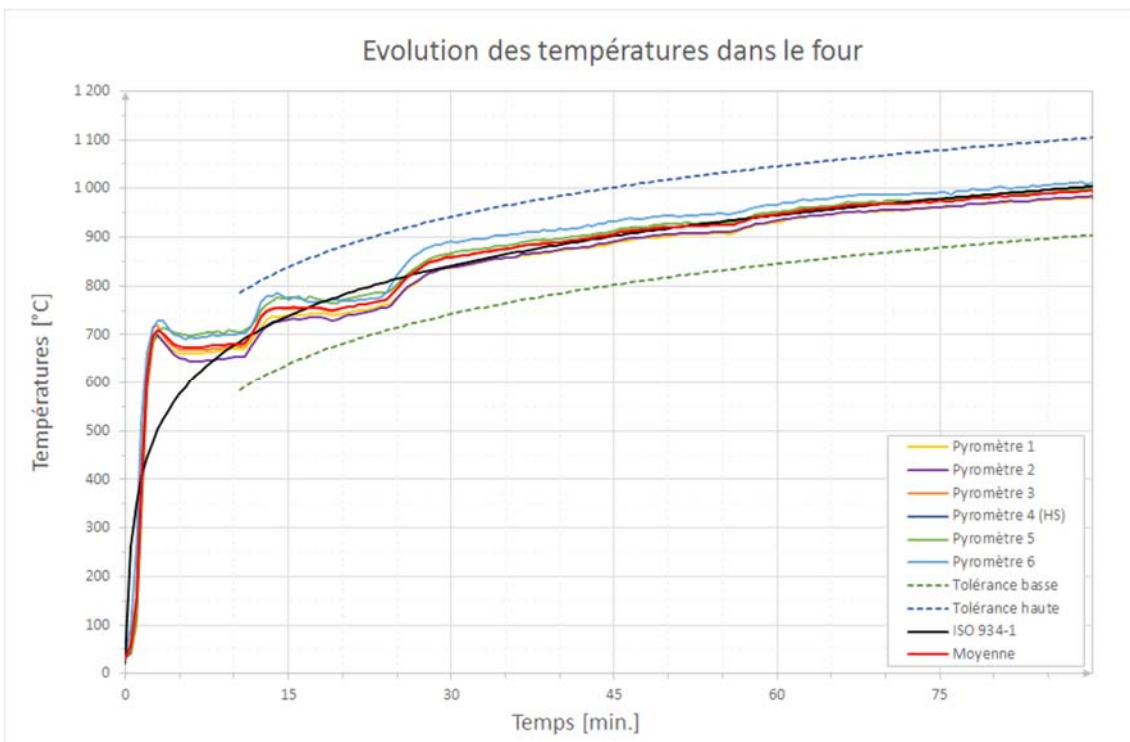


Figure A3.67 : Campagne 1 – Essai 10 – Configuration 1' à 30% R_{moy} – Températures de conduite de four

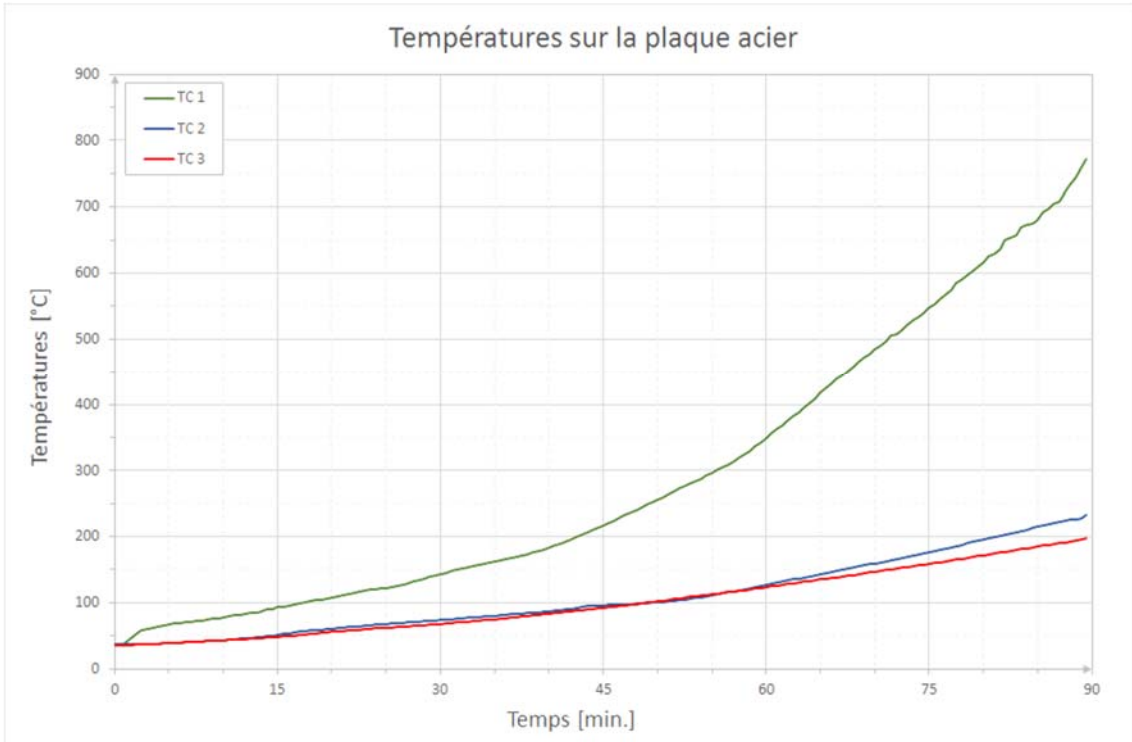


Figure A3.68 : Campagne 1 – Essai 10 – Configuration 1' à 30% R_{moy} – Températures sur la plaque acier

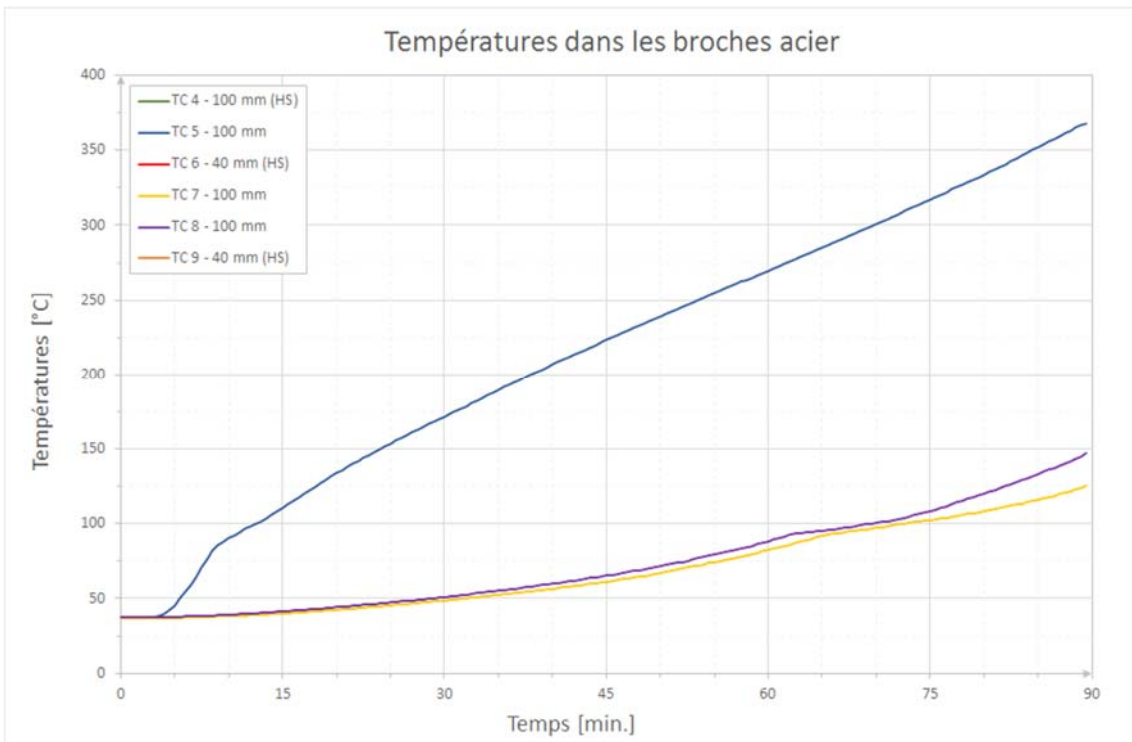


Figure A3.69 : Campagne 1 – Essai 10 – Configuration 1' à 30% R_{moy} – Températures dans les broches acier

Campagne 1

Configuration 1' à 30% $R_{moy} = 137,28$ kN

Essai 10

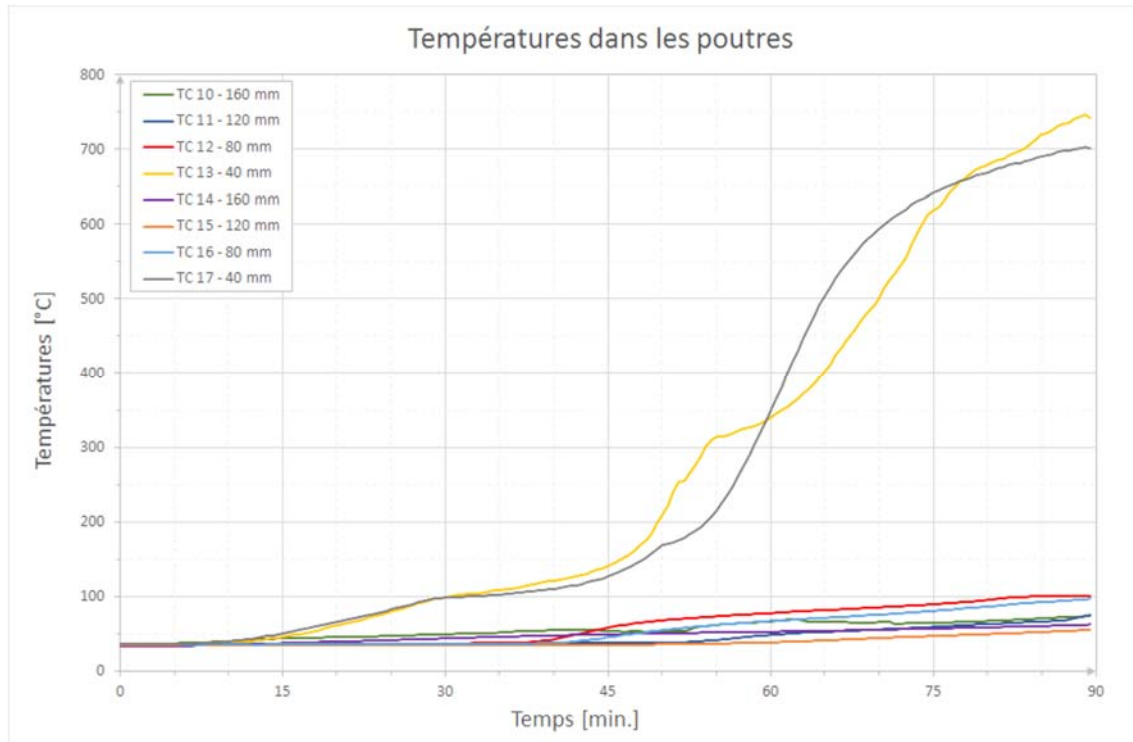


Figure A3.70 : Campagne 1 – Essai 10 – Configuration 1' à 30% R_{moy} – Températures dans les poutres

Campagne 2

Configuration 1 à 10% R_{moy} = 90 kN

Essai 01

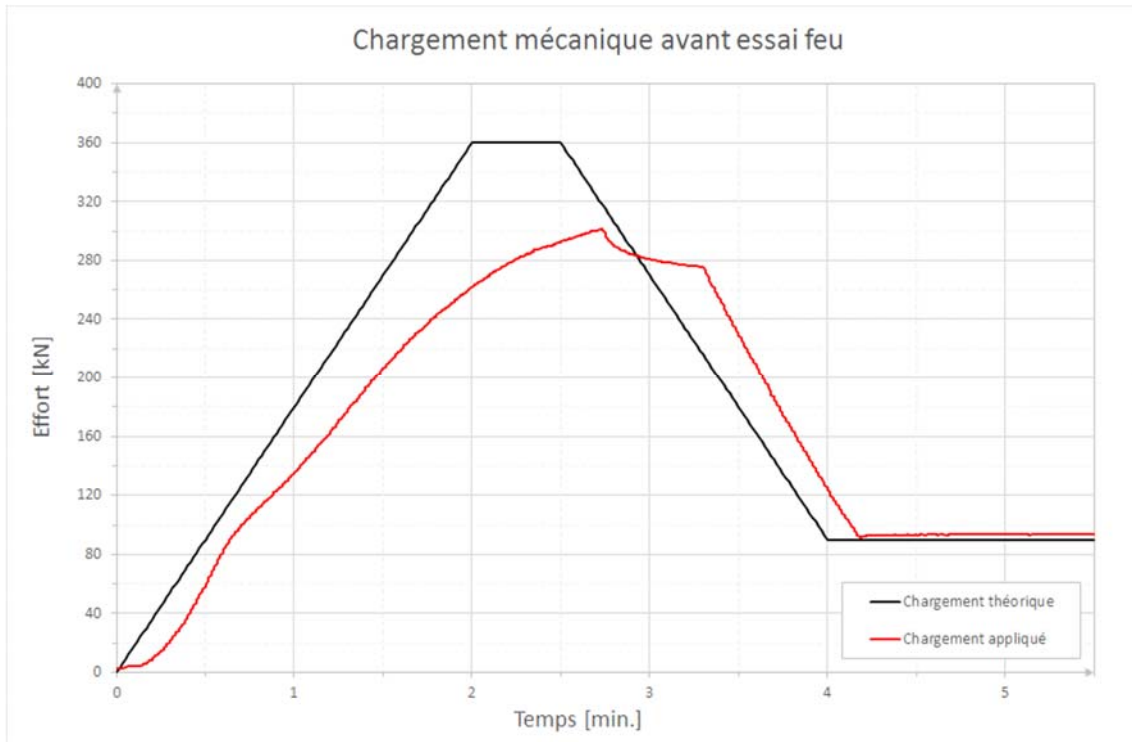


Figure A3.71 : Campagne 2 – Essai 01 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

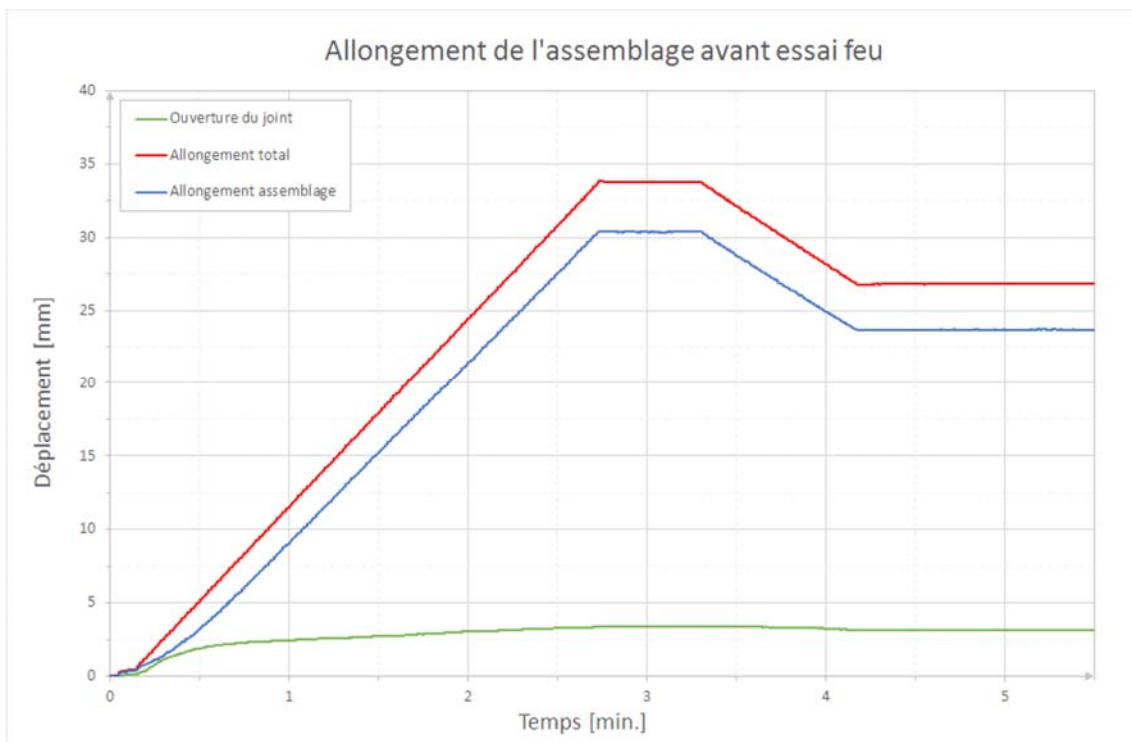


Figure A3.72 : Campagne 2 – Essai 01 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 2

Configuration 1 à 10% $R_{moy} = 90$ kN

Essai 01

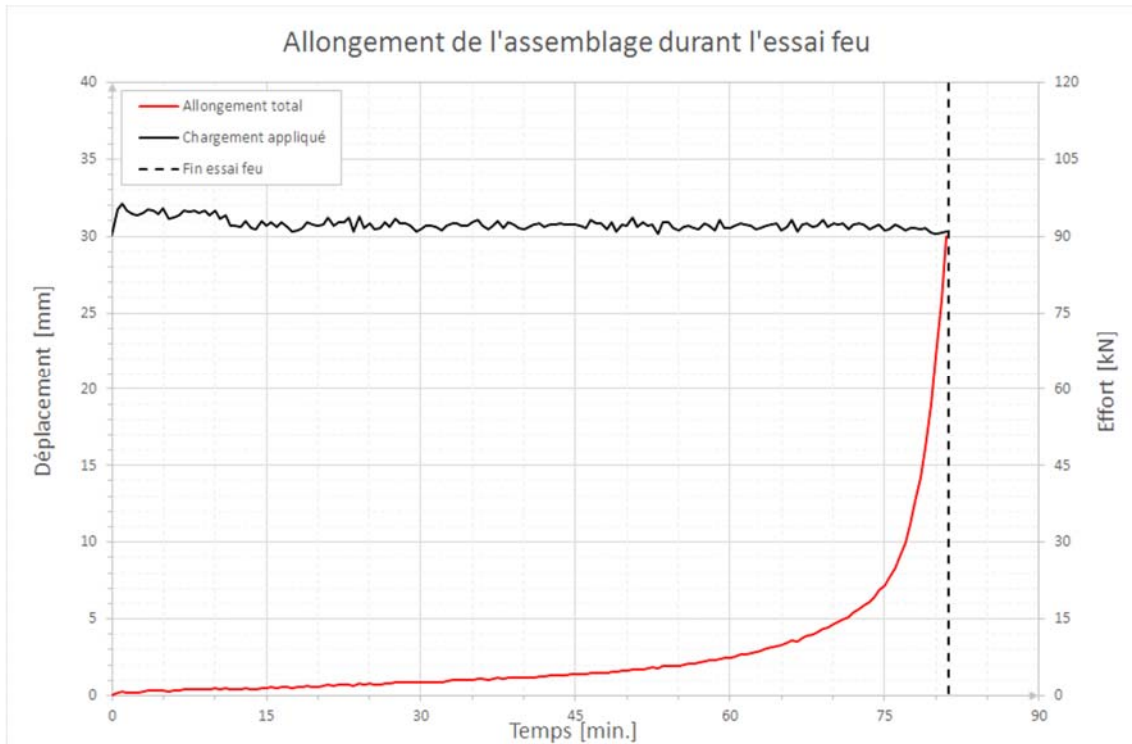


Figure A3.73 : Campagne 2 – Essai 01 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

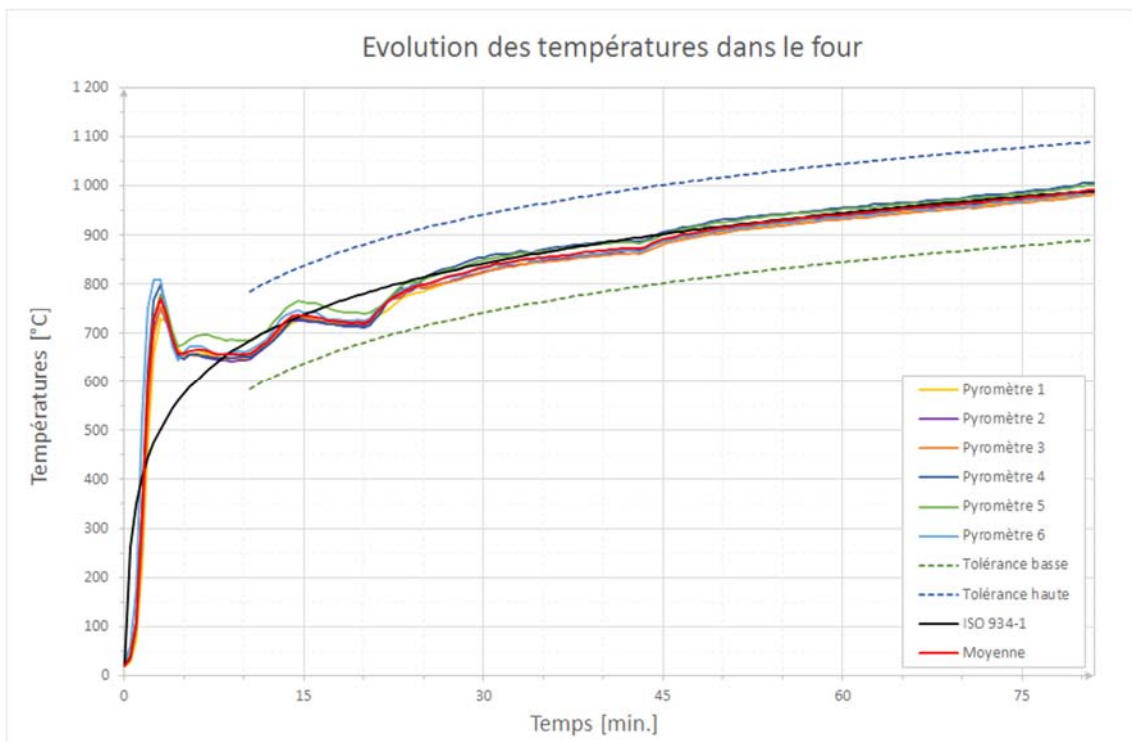


Figure A3.74 : Campagne 2 – Essai 01 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures de conduite de four

Campagne 2

Configuration 1 à 10% $R_{moy} = 90$ kN

Essai 01

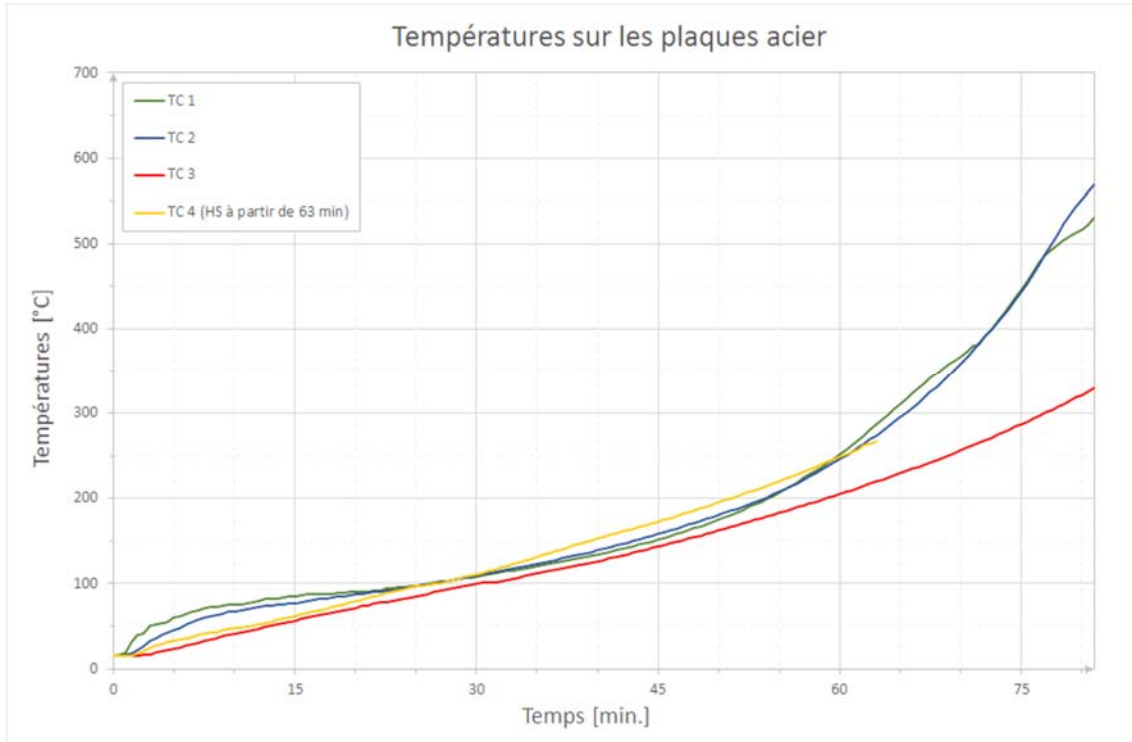


Figure A3.75 : Campagne 2 – Essai 01 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures sur les plaques acier

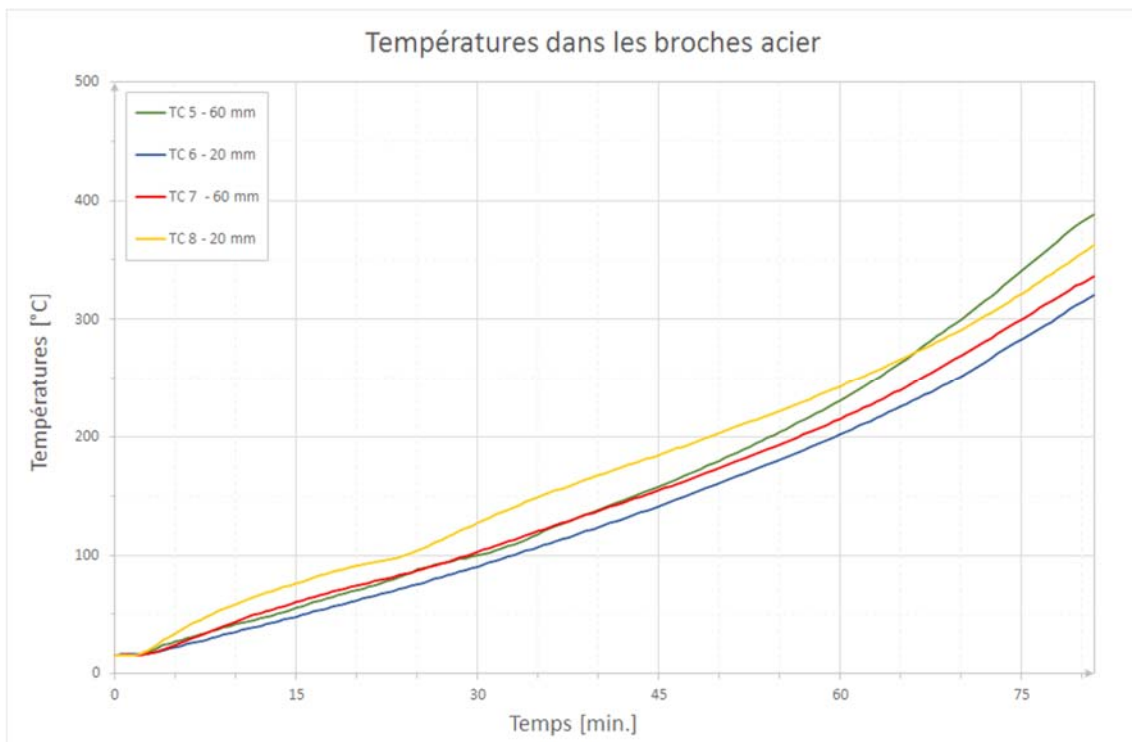


Figure A3.76 : Campagne 2 – Essai 01 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures dans les broches acier

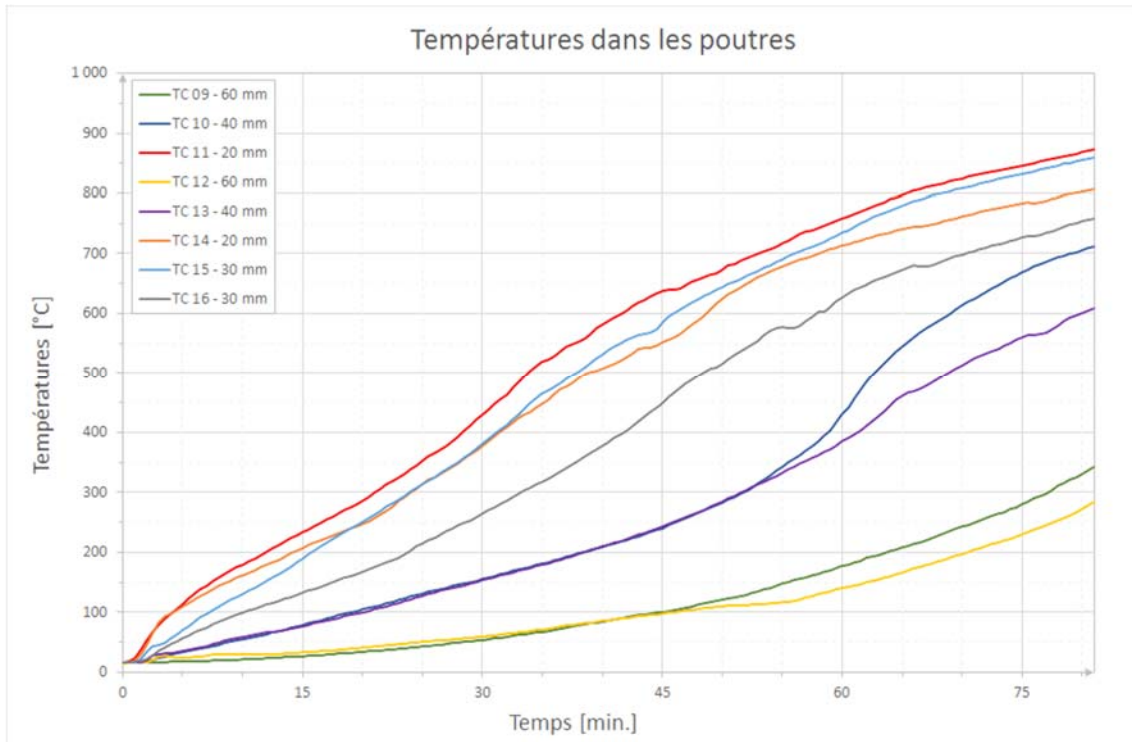


Figure A3.77 : Campagne 2 – Essai 01 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures dans les poutres

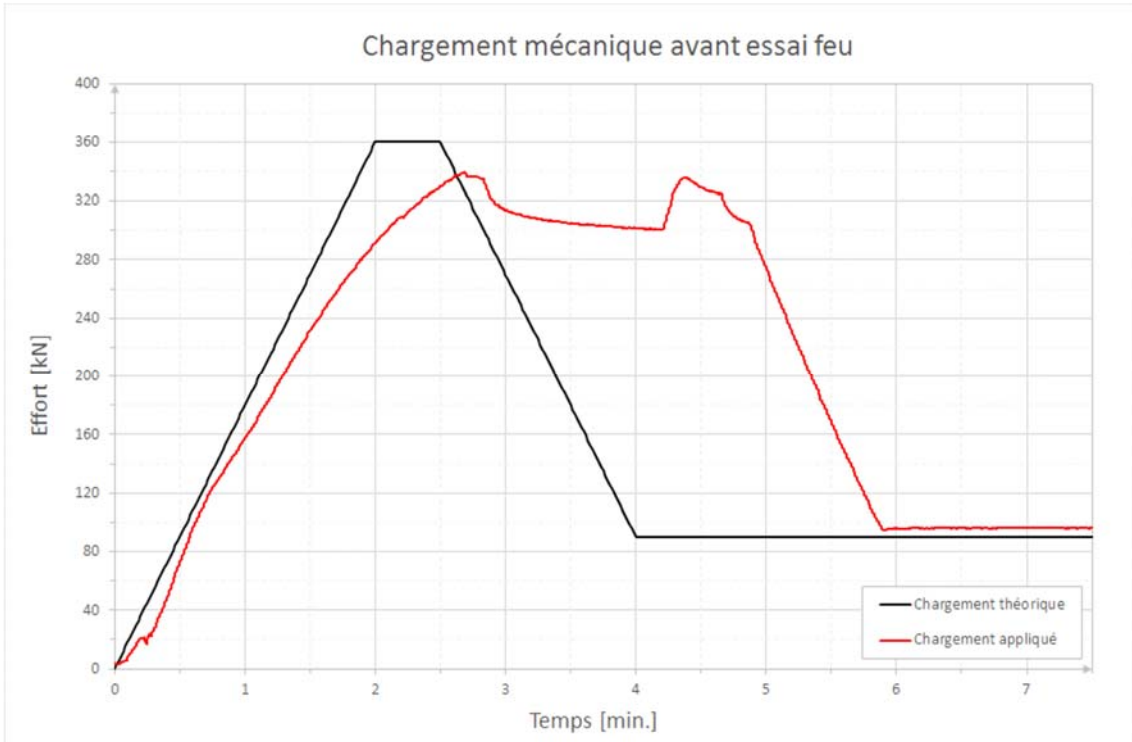


Figure A3.78 : Campagne 2 – Essai 02 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

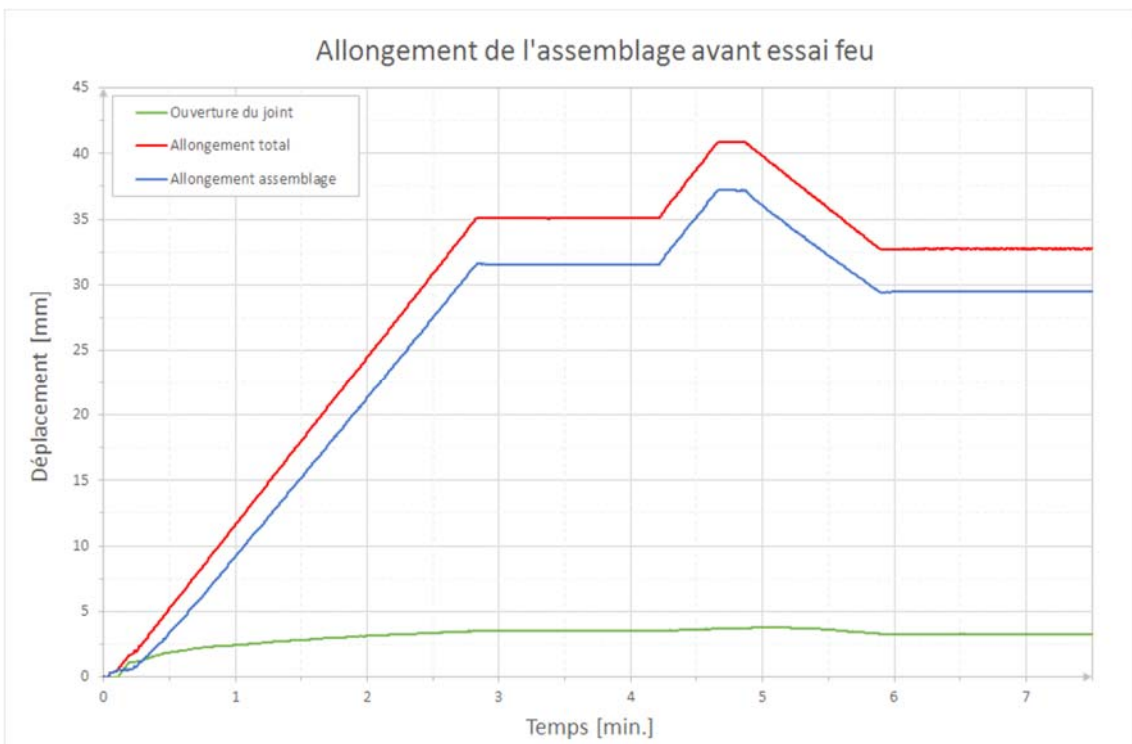


Figure A3.79 : Campagne 2 – Essai 02 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 2

Configuration 1 à 10% $R_{moy} = 90$ kN

Essai 02

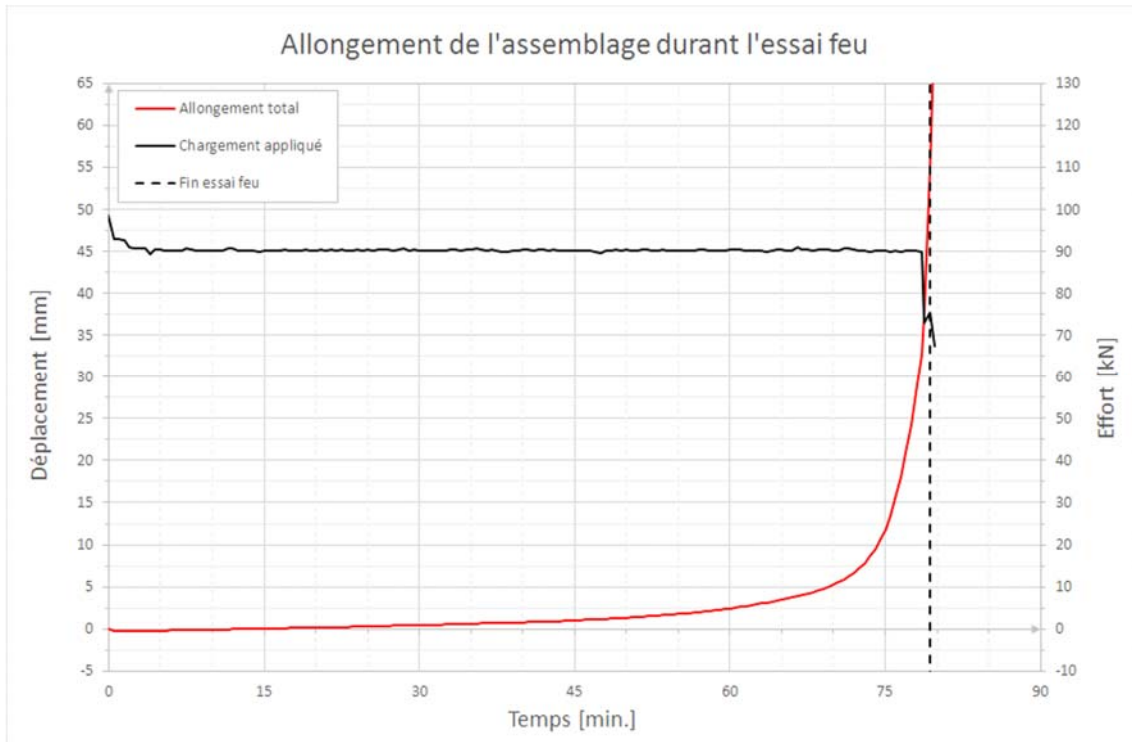


Figure A3.80 : Campagne 2 – Essai 02 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

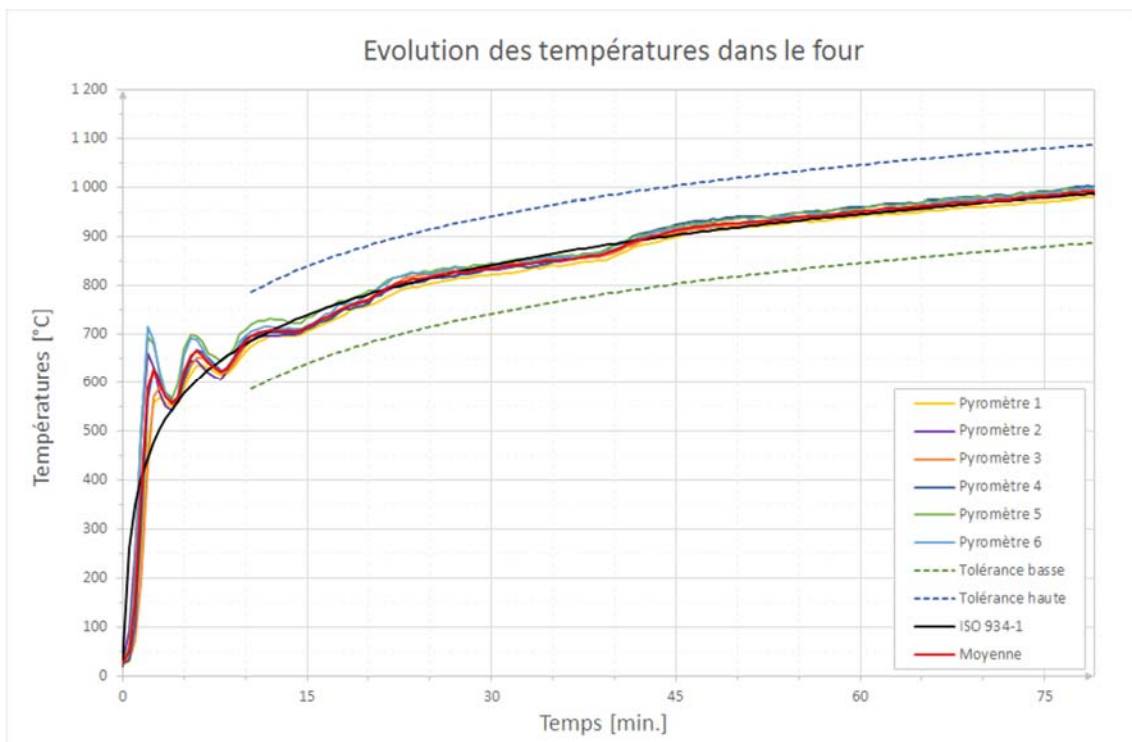


Figure A3.81 : Campagne 2 – Essai 02 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures de conduite de four

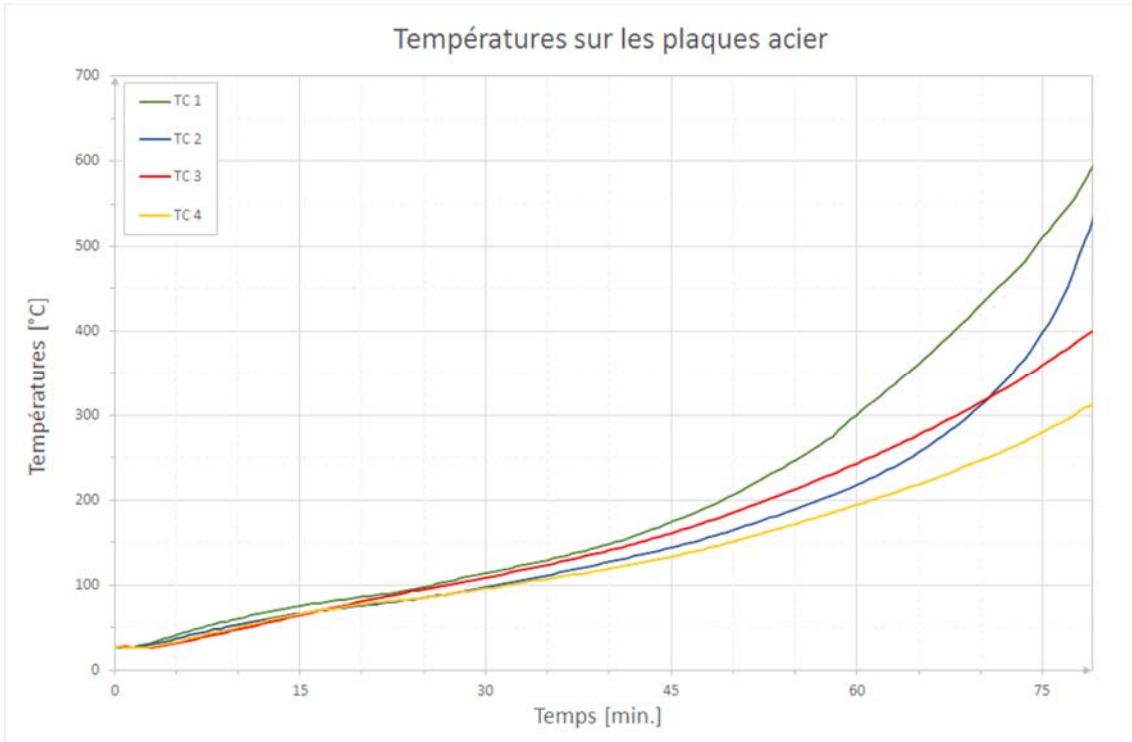


Figure A3.82 : Campagne 2 – Essai 02 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures sur les plaques acier

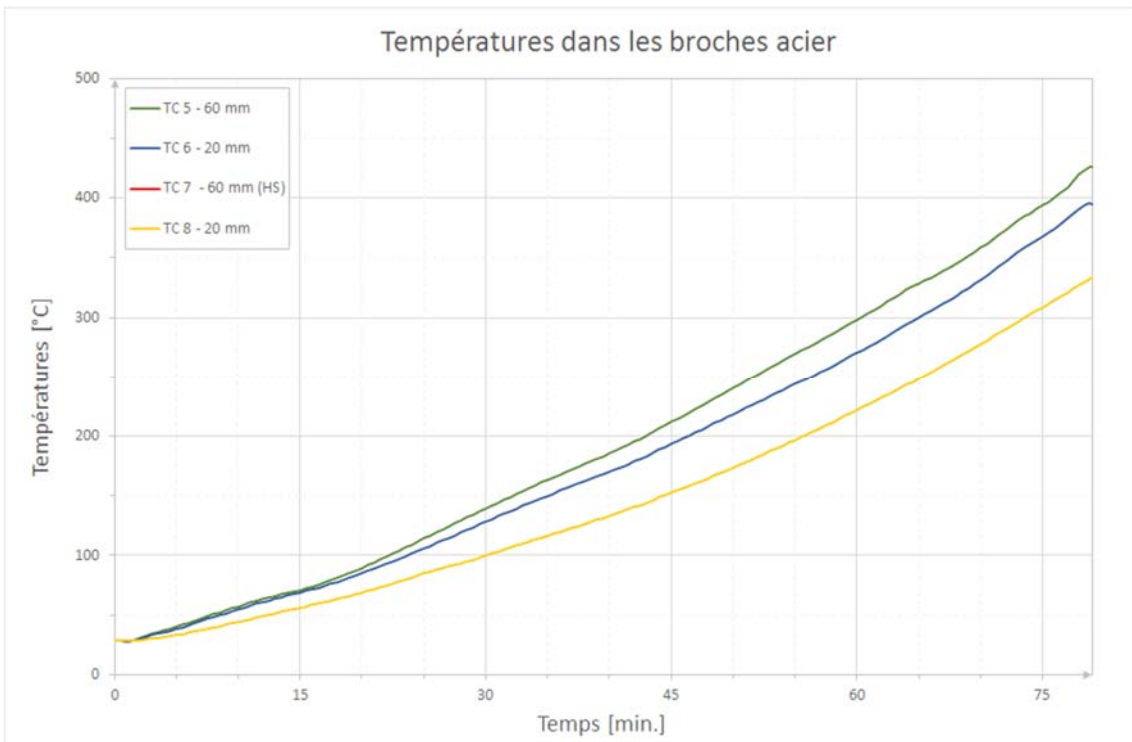


Figure A3.83 : Campagne 2 – Essai 02 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures dans les broches acier

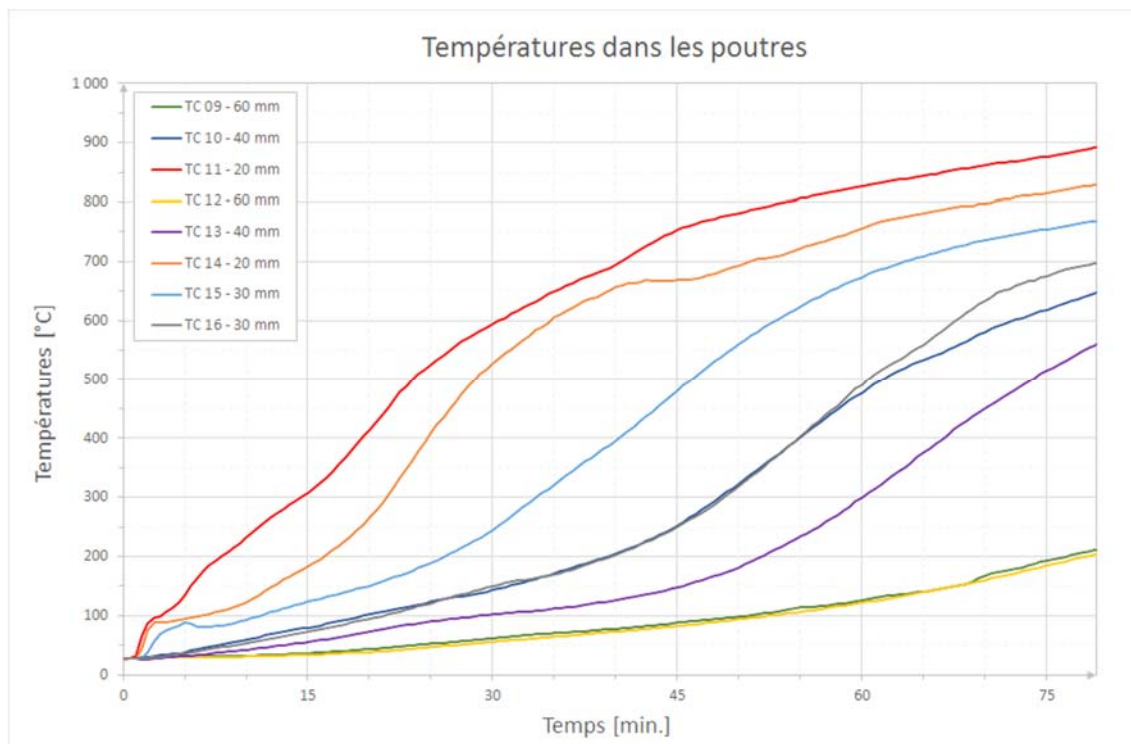


Figure A3.84 : Campagne 2 – Essai 02 – Configuration 1 à 10% R_{moy} – Températures dans les poutres

Campagne 2

Configuration 1 à 30% R_{moy} = 270 kN

Essai 03

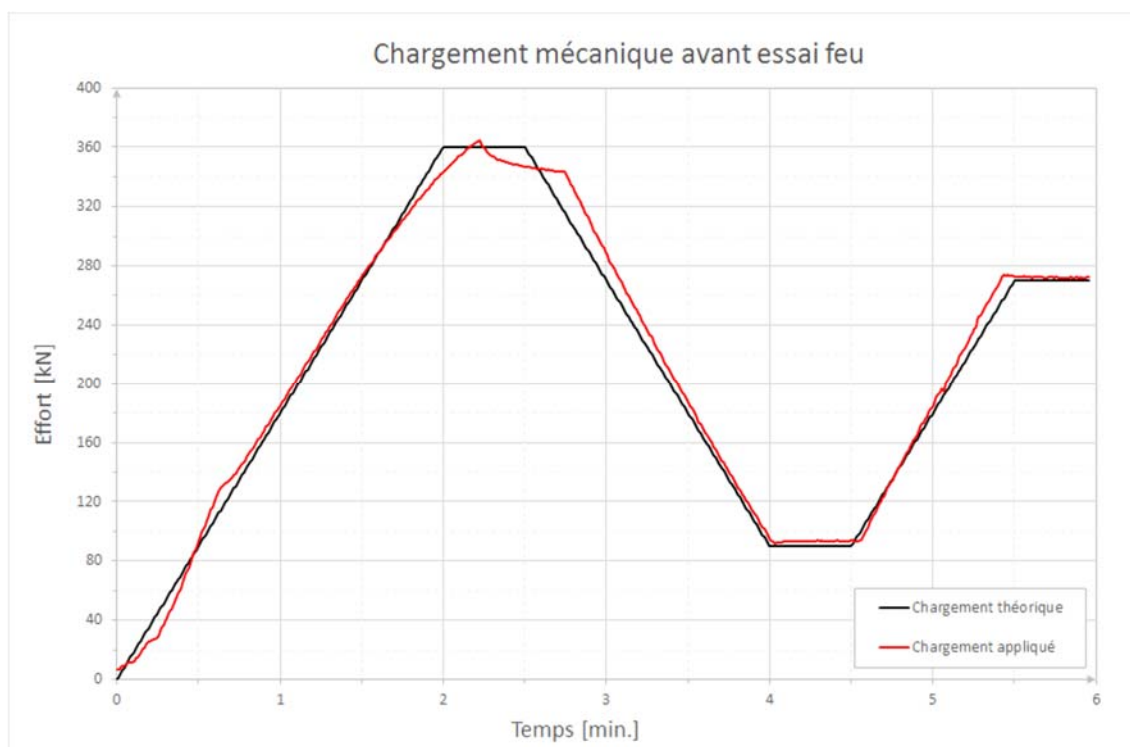


Figure A3.85 : Campagne 2 – Essai 03 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

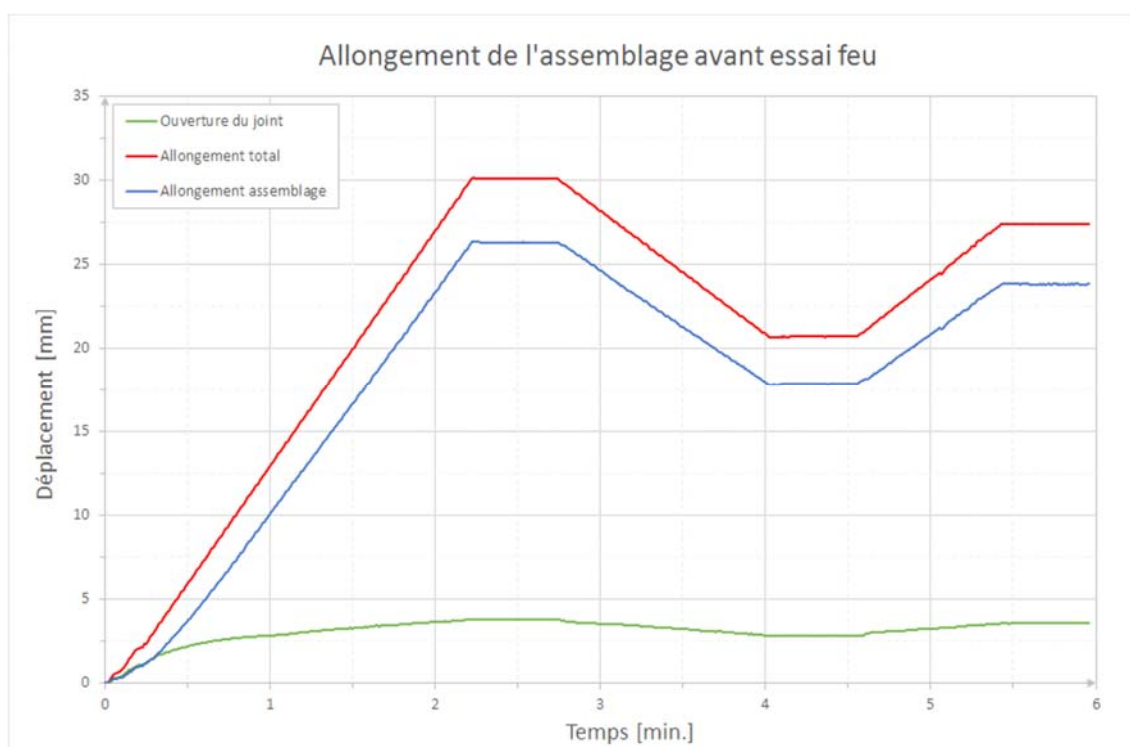


Figure A3.86 : Campagne 2 – Essai 03 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 2

Configuration 1 à 30% $R_{moy} = 270$ kN

Essai 03

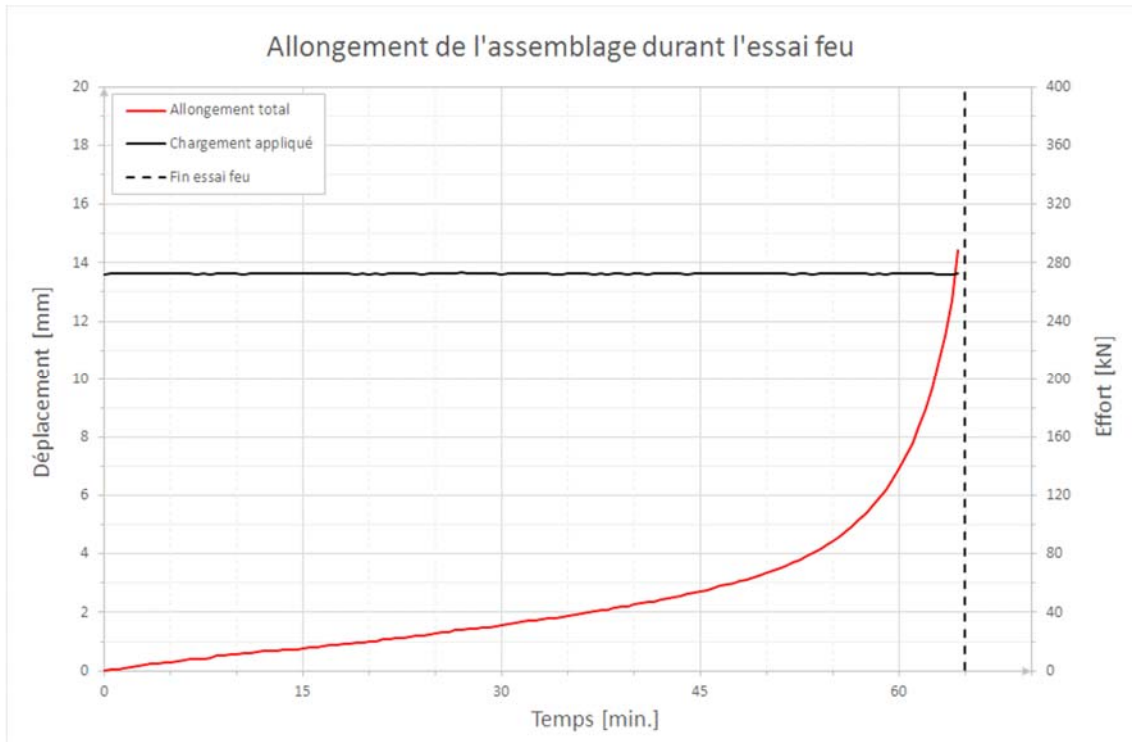


Figure A3.87 : Campagne 2 – Essai 03 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

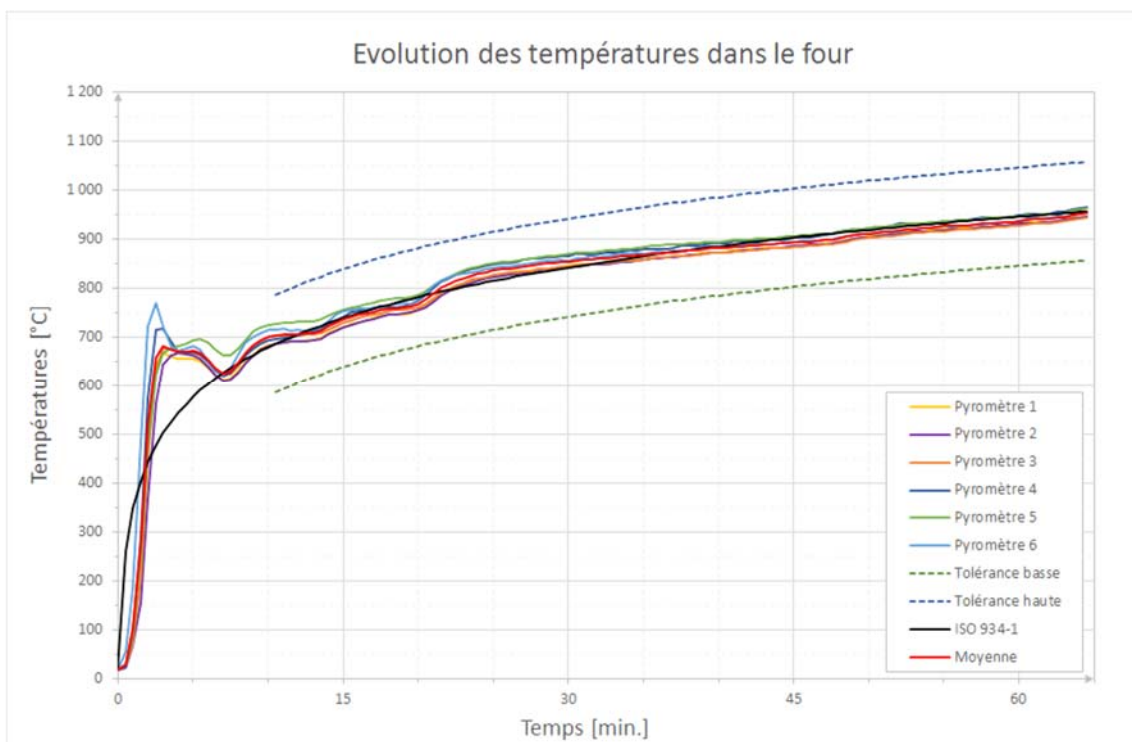


Figure A3.88 : Campagne 2 – Essai 03 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Températures de conduite de four

Campagne 2

Configuration 1 à 30% $R_{moy} = 270$ kN

Essai 03

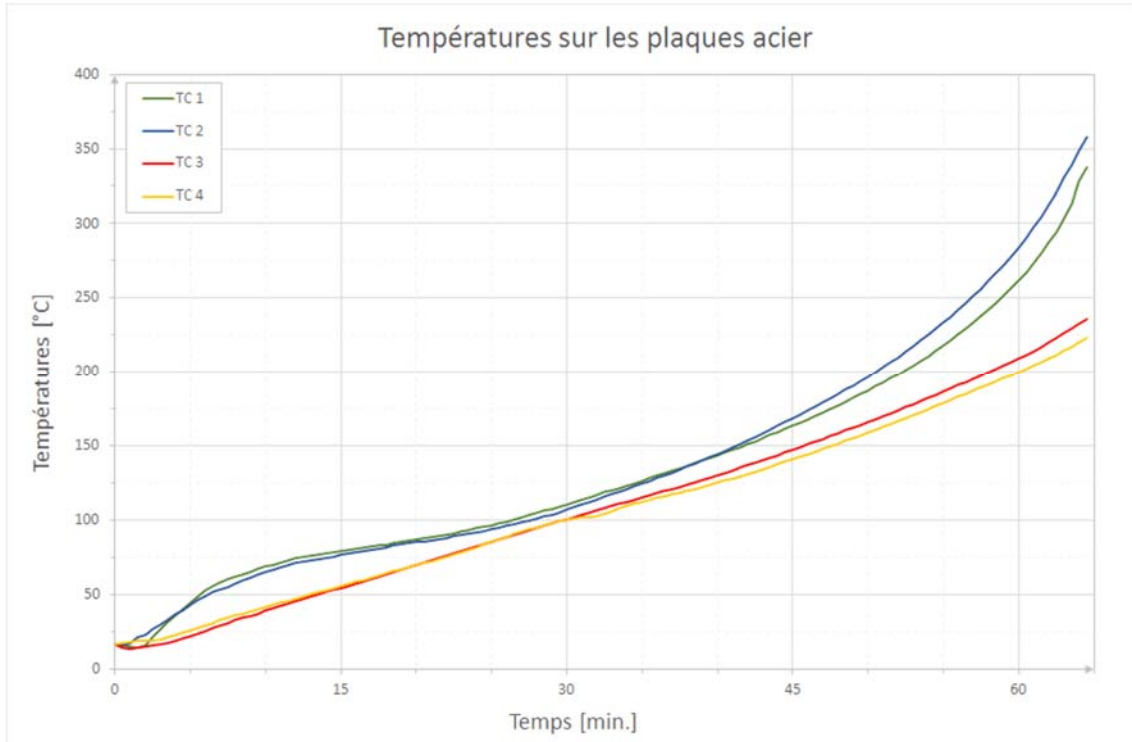


Figure A3.89 : Campagne 2 – Essai 03 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Températures sur les plaques acier

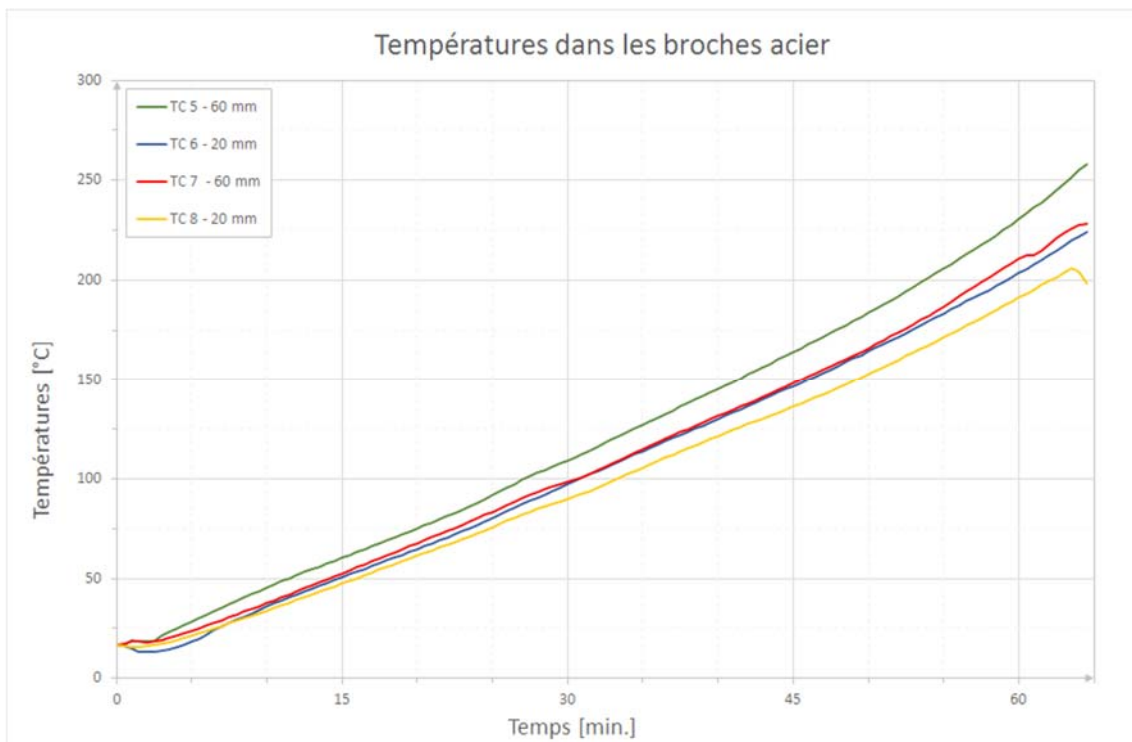


Figure A3.90 : Campagne 2 – Essai 03 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Températures dans les broches acier

Campagne 2

Configuration 1 à 30% $R_{moy} = 270$ kN

Essai 03

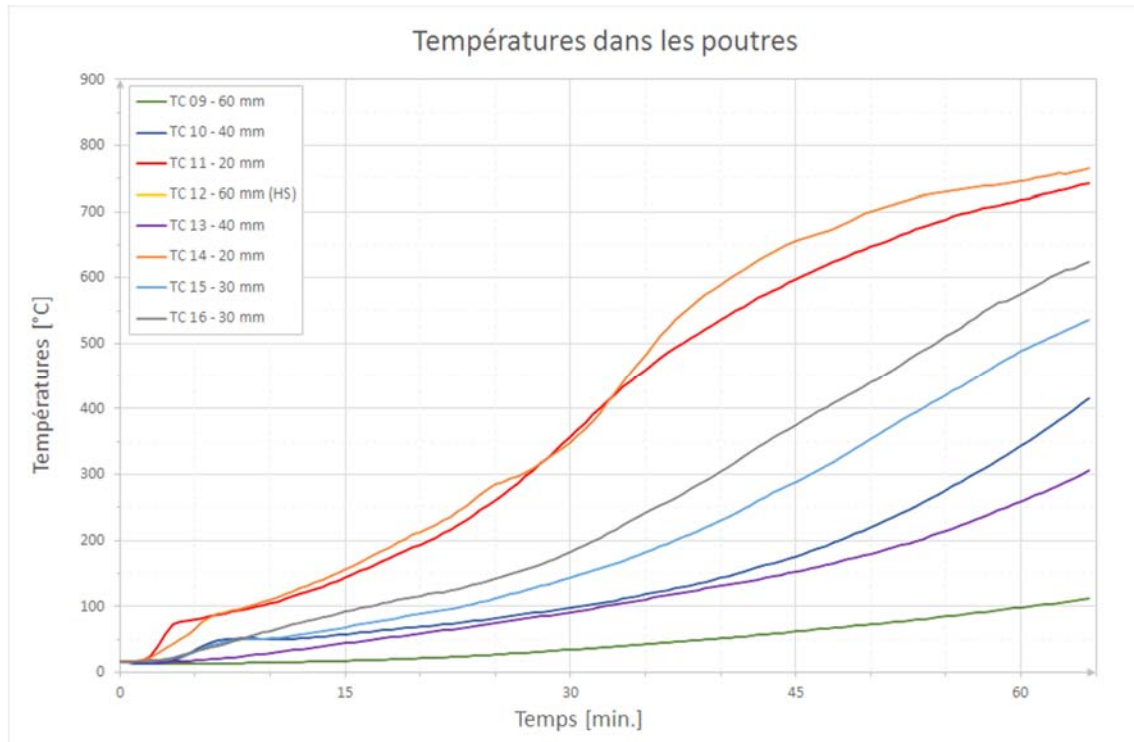


Figure A3.91 : Campagne 2 – Essai 03 – Configuration 1 à 30% R_{moy} – Températures dans les poutres

Campagne 2

Configuration 2 à 10% $R_{moy} = 90$ kN

Essai 04

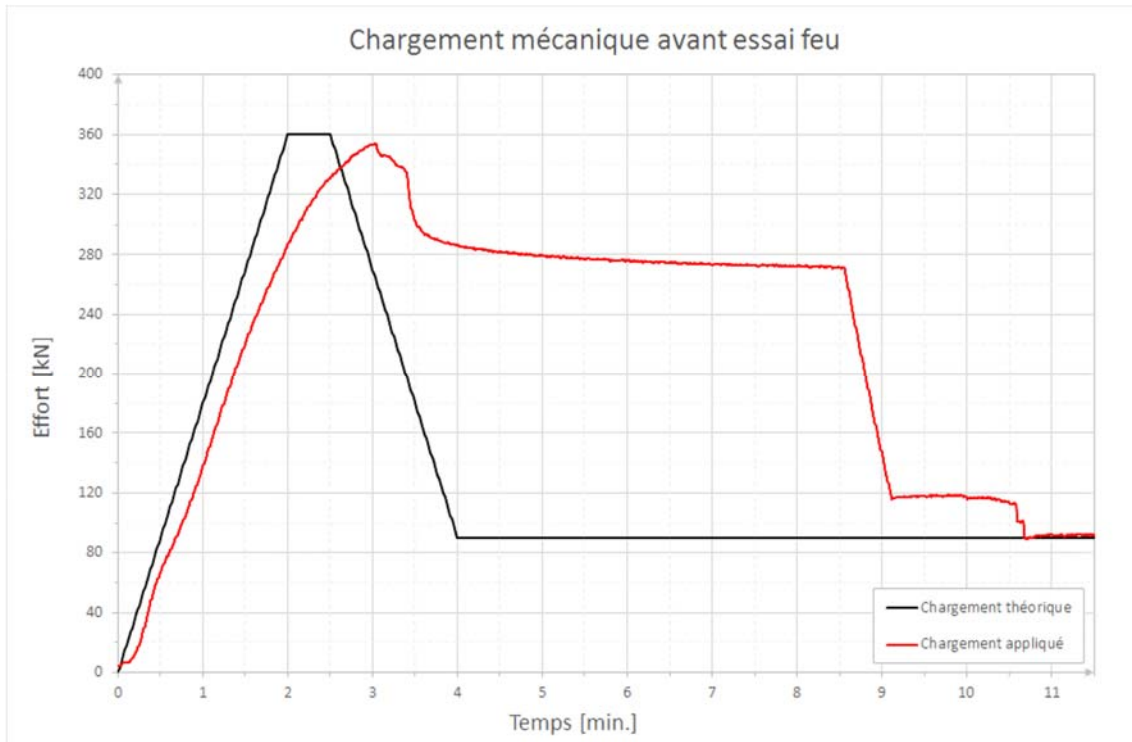


Figure A3.92 : Campagne 2 – Essai 04 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

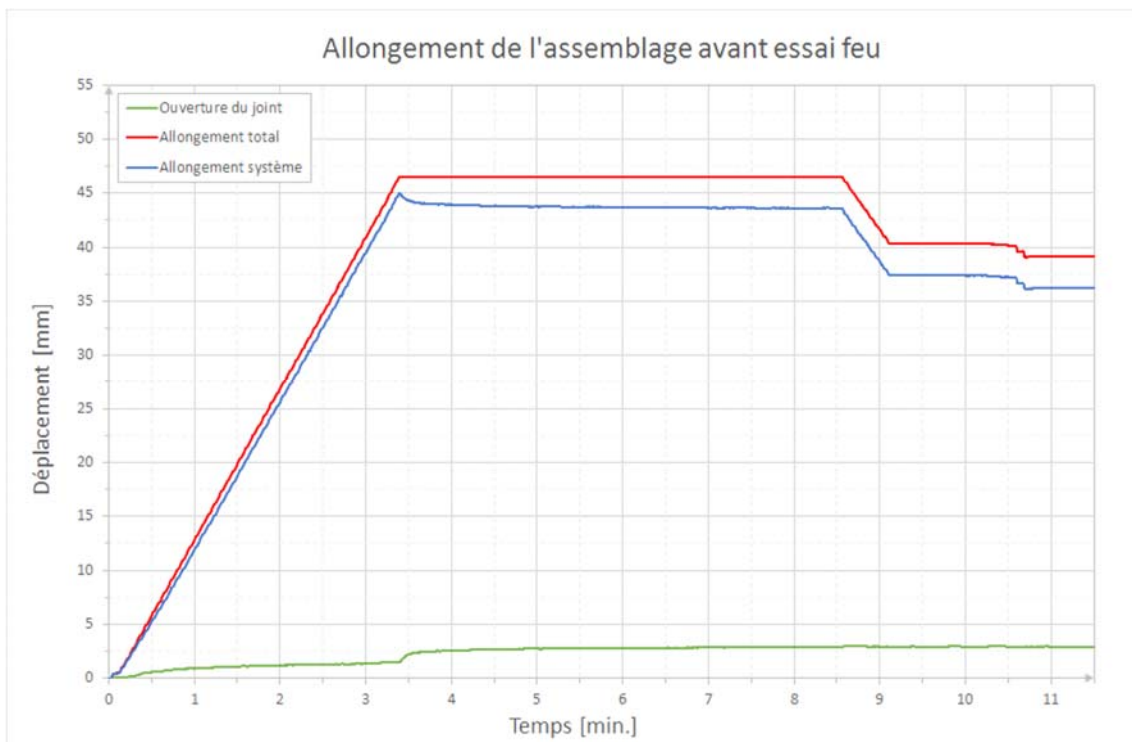


Figure A3.93 : Campagne 2 – Essai 04 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 2

Configuration 2 à 10% $R_{moy} = 90$ kN

Essai 04

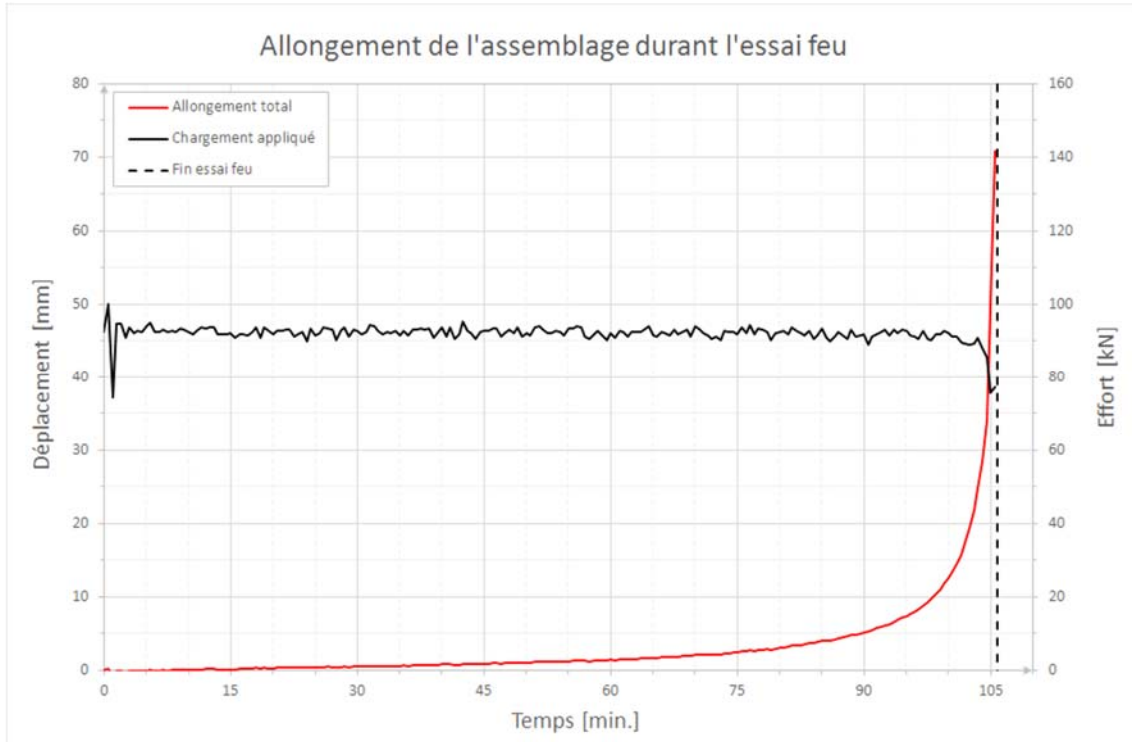


Figure A3.94 : Campagne 2 – Essai 04 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

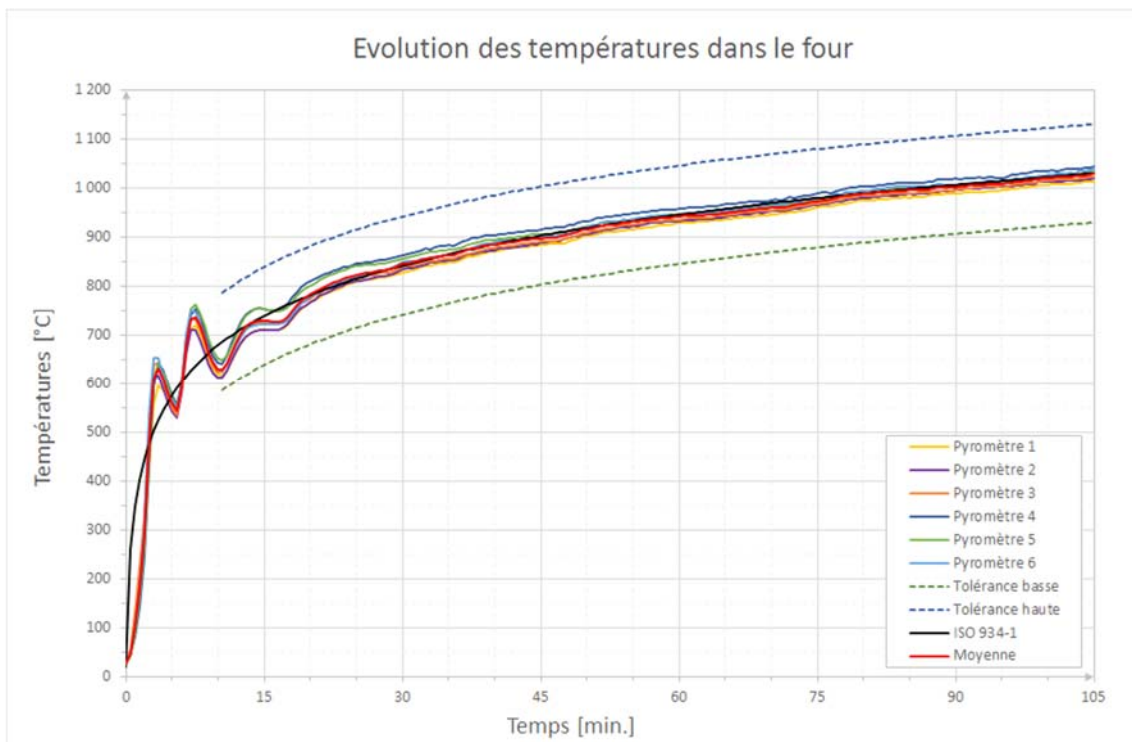


Figure A3.95 : Campagne 2 – Essai 04 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures de conduite de four

Campagne 2

Configuration 2 à 10% $R_{moy} = 90$ kN

Essai 04

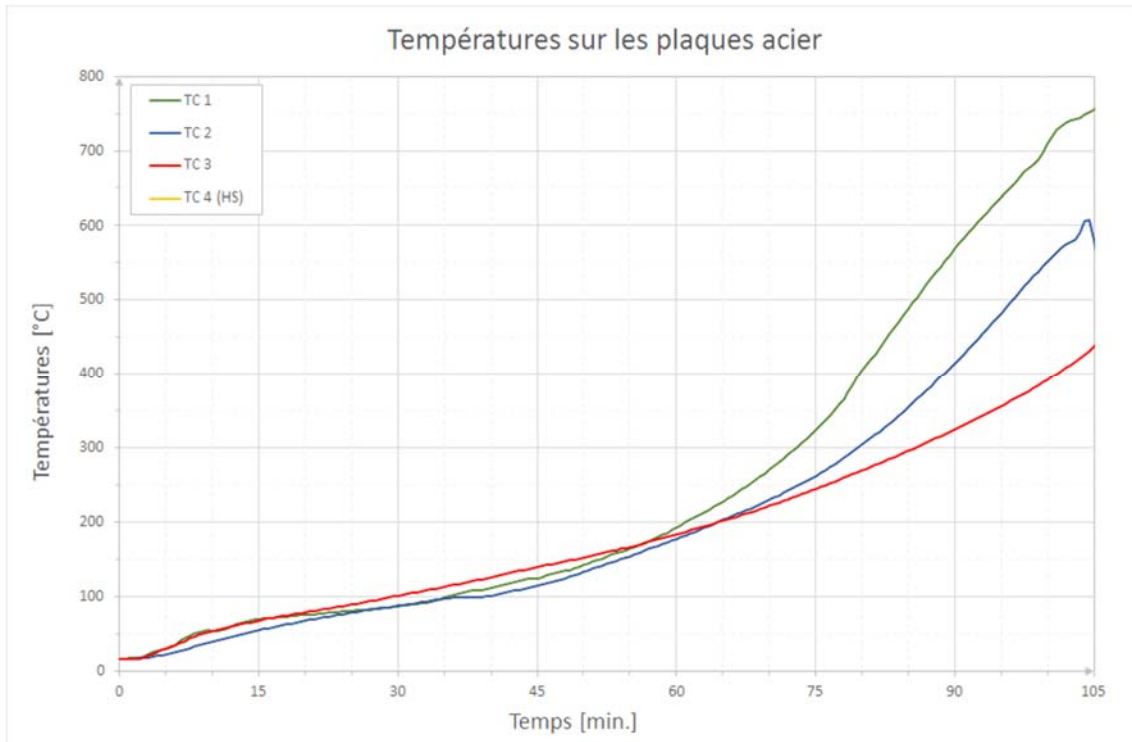


Figure A3.96 : Campagne 2 – Essai 04 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures sur les plaques acier

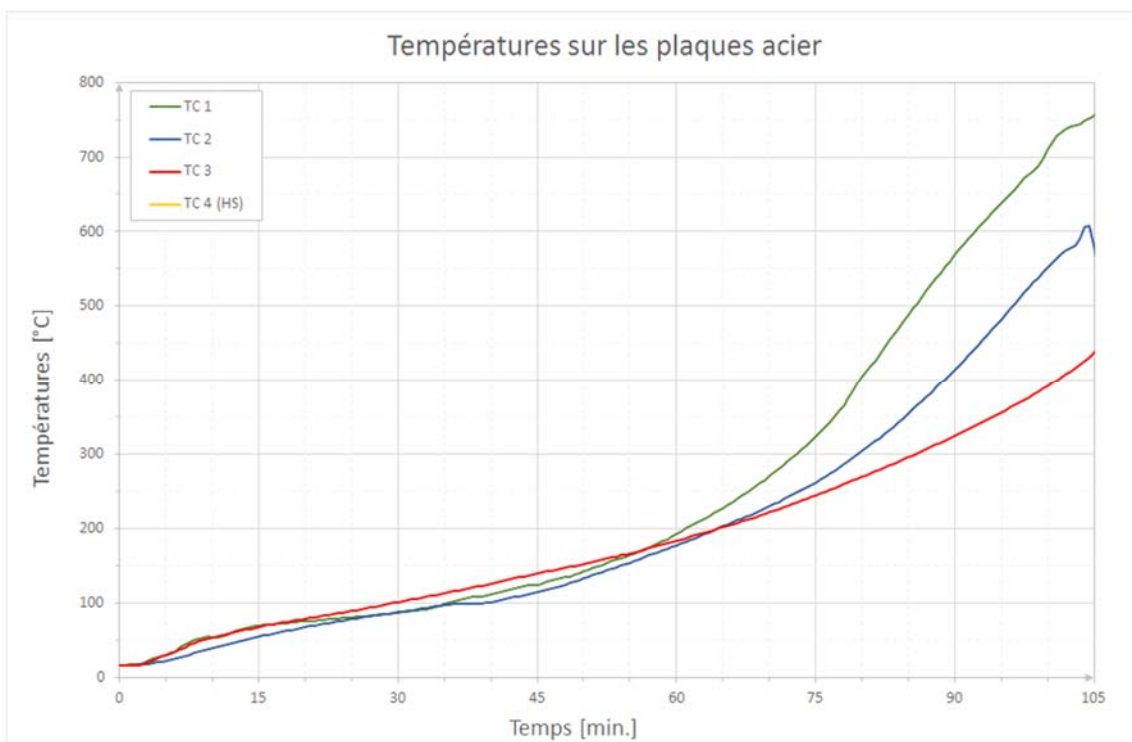


Figure A3.97 : Campagne 2 – Essai 04 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures dans les broches acier

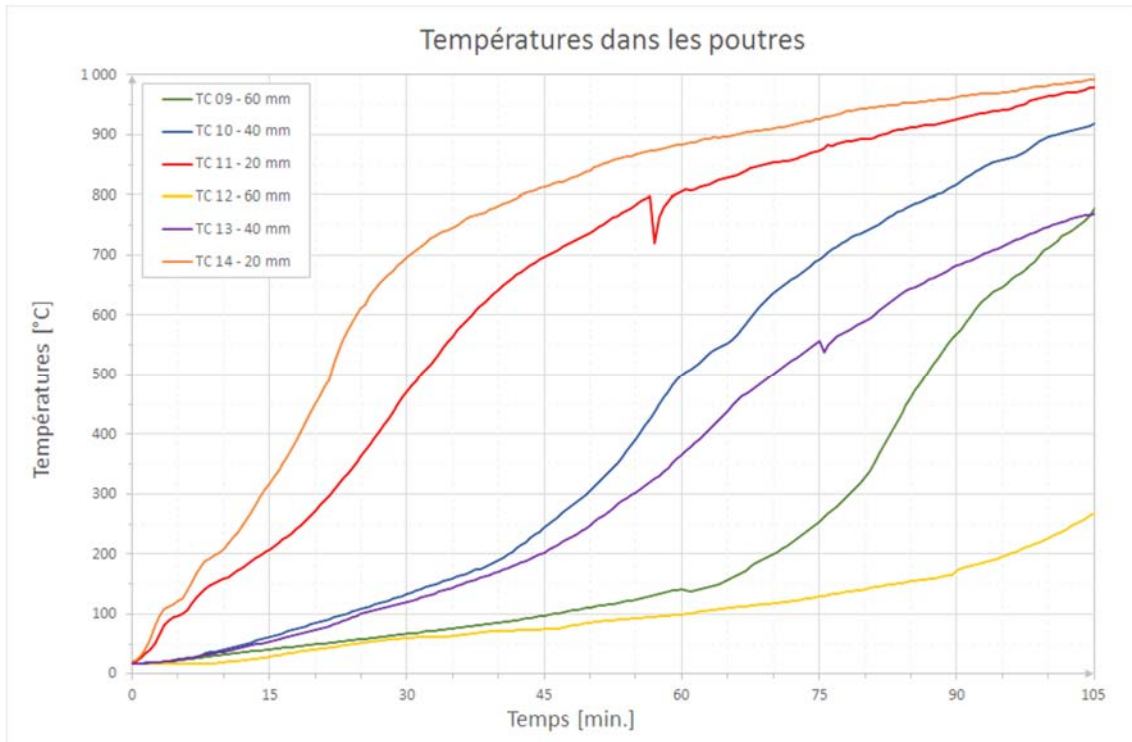


Figure A3.98 : Campagne 2 – Essai 04 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures dans les poutres

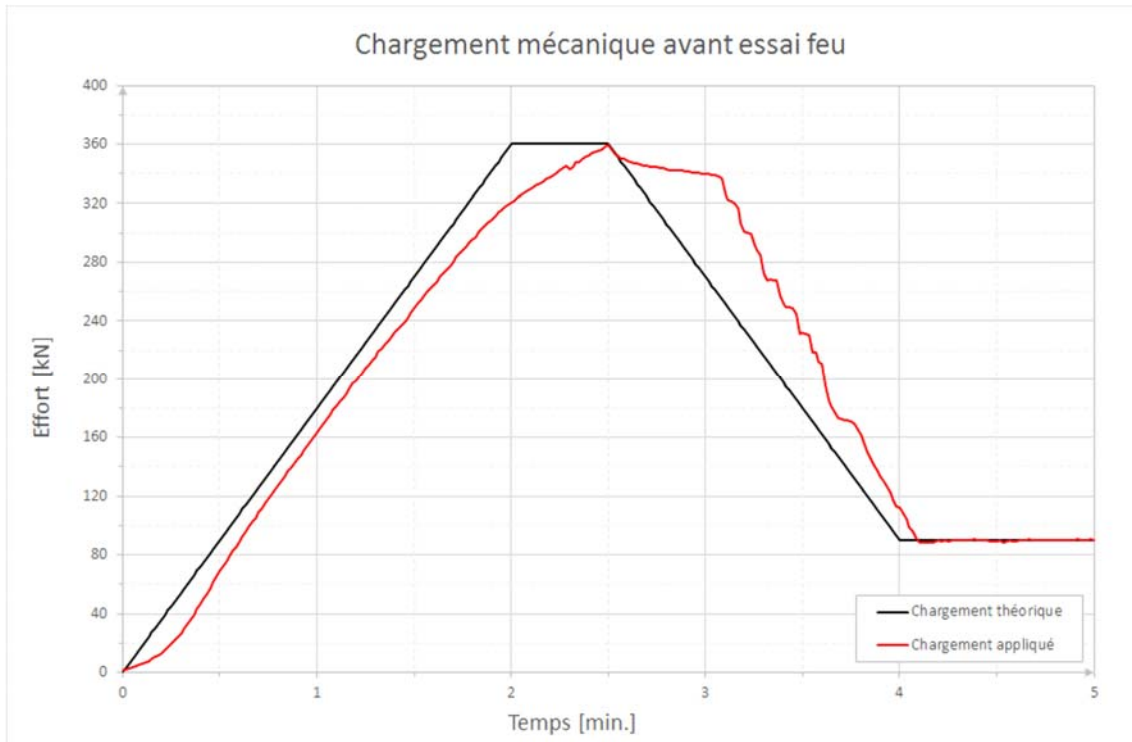


Figure A3.99 : Campagne 2 – Essai 05 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

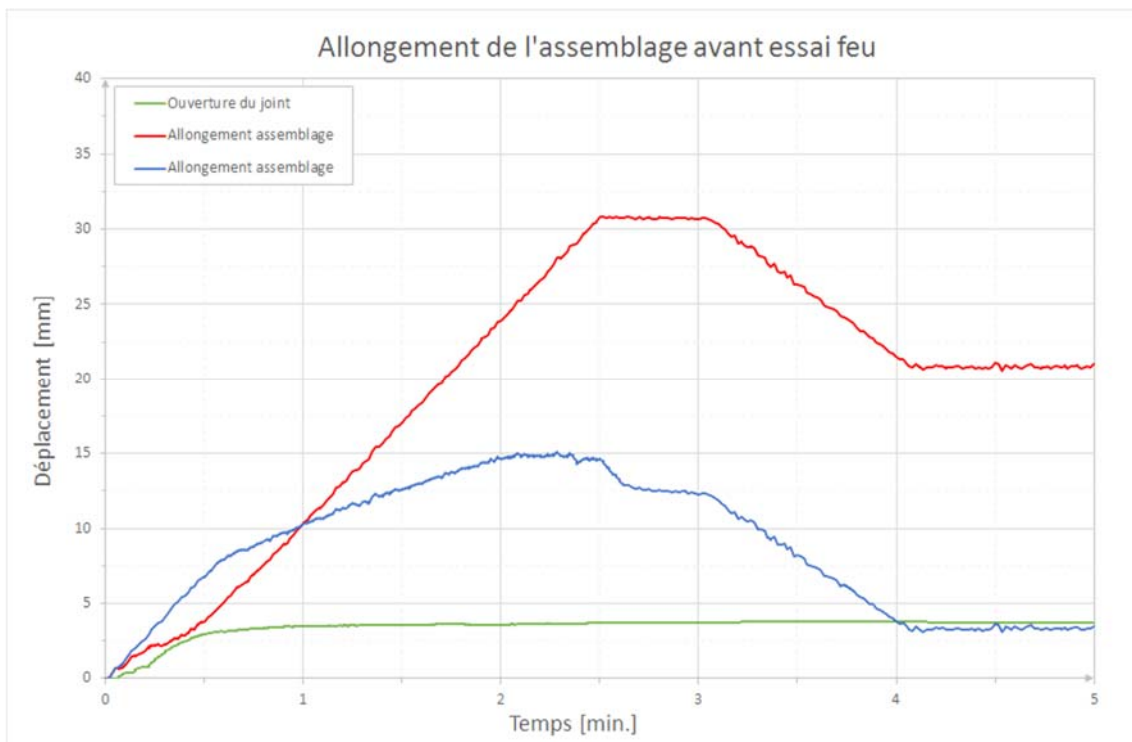


Figure A3.100 : Campagne 2 – Essai 05 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

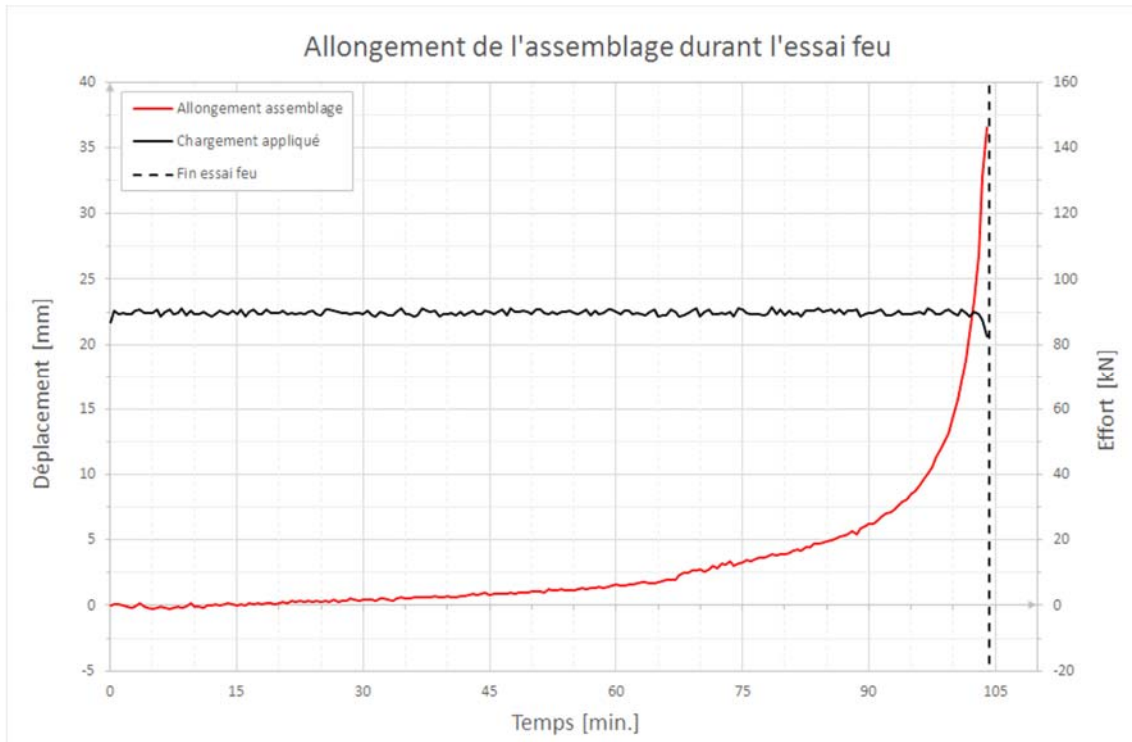


Figure A3.101 : Campagne 2 – Essai 05 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

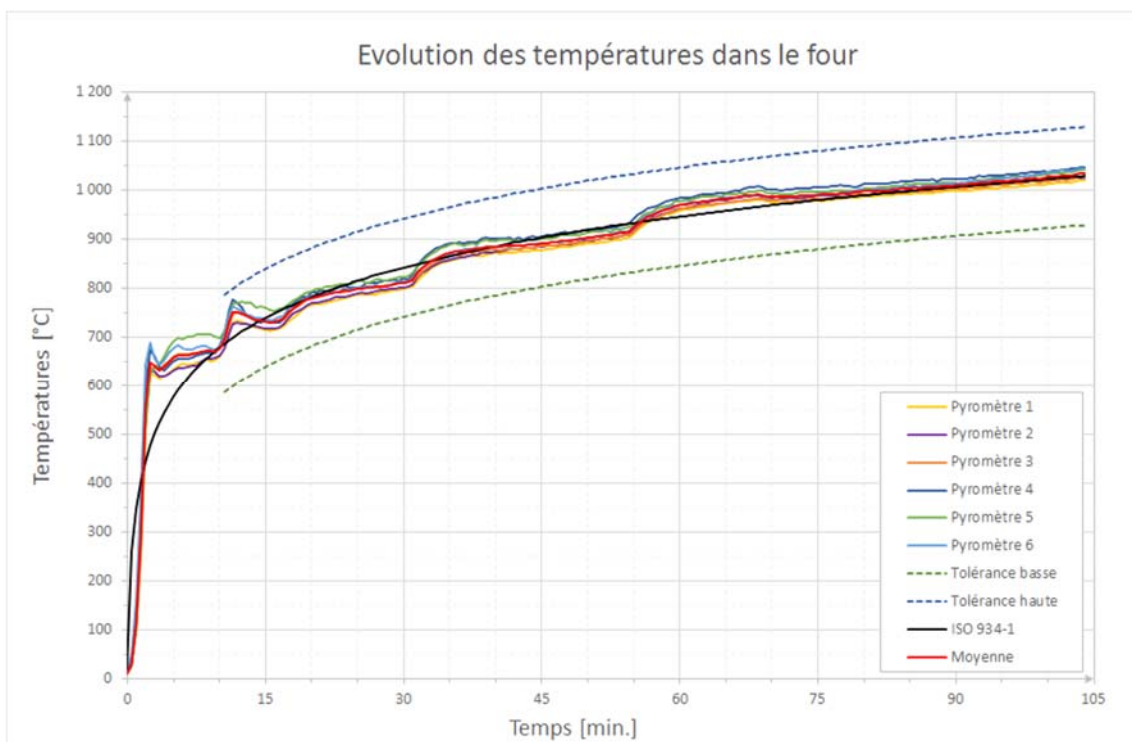


Figure A3.102 : Campagne 2 – Essai 05 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures de conduite de four

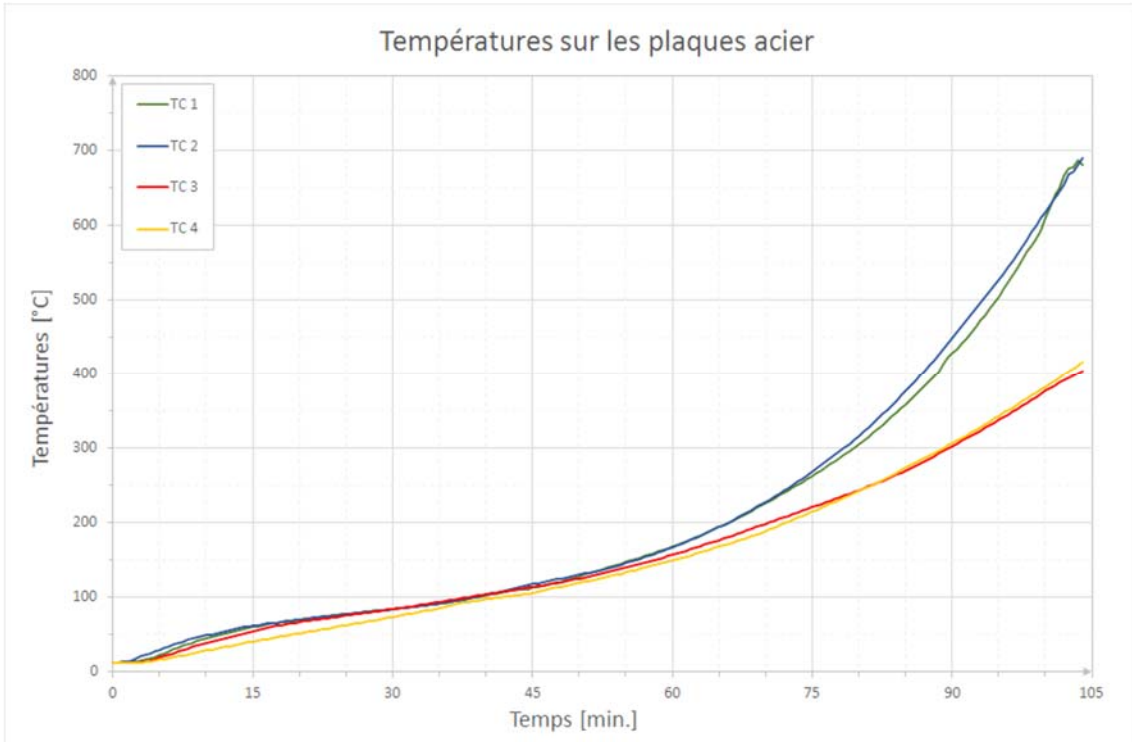


Figure A3.103 : Campagne 2 – Essai 05 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures sur les plaques acier

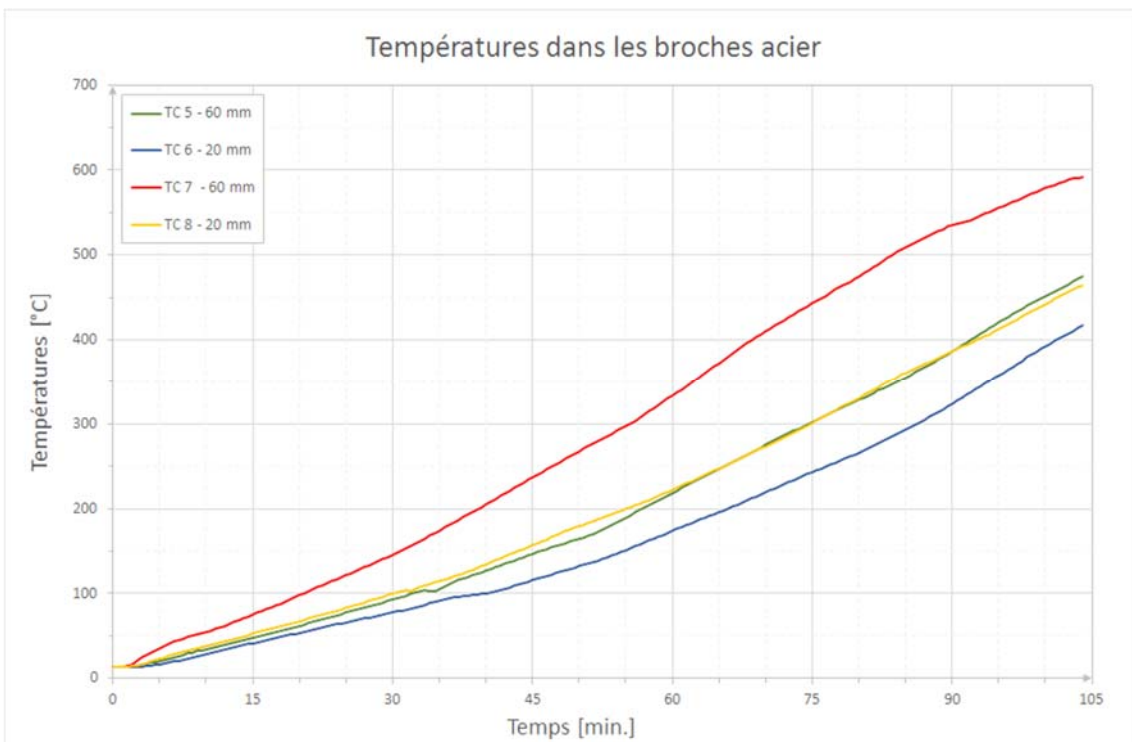


Figure A3.104 : Campagne 2 – Essai 05 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures dans les broches acier

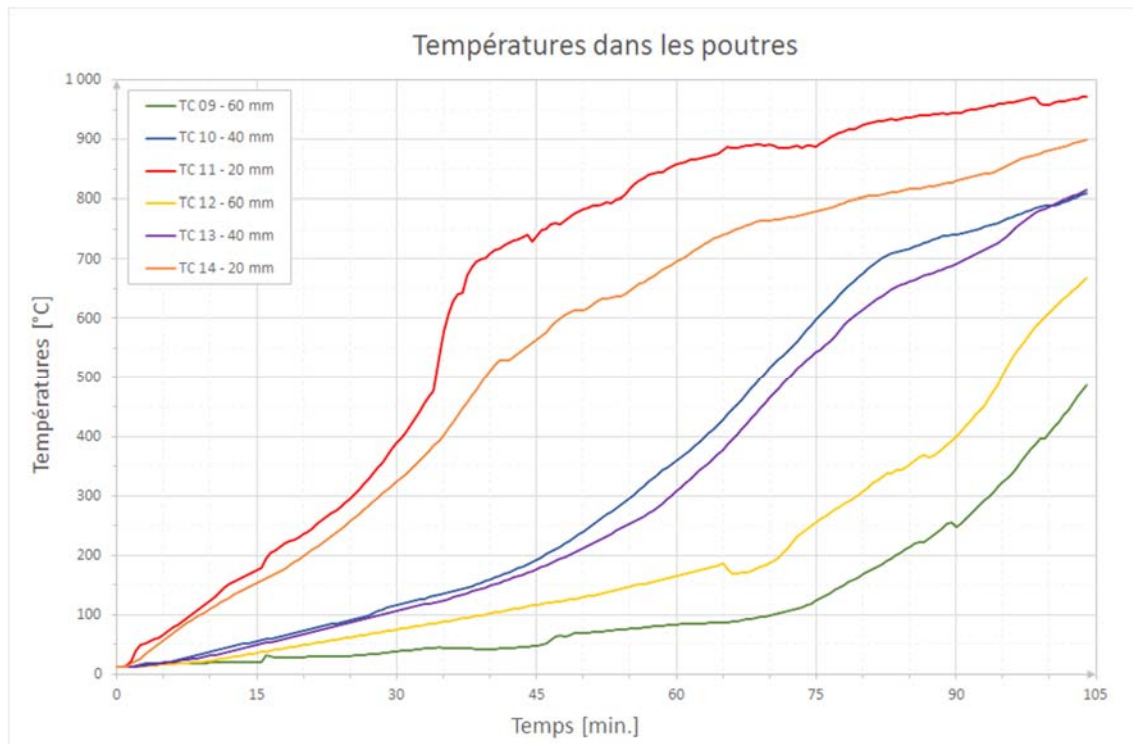


Figure A3.105 : Campagne 2 – Essai 05 – Configuration 2 à 10% R_{moy} – Températures dans les poutres

Campagne 2

Configuration 2 à 30% $R_{moy} = 270$ kN

Essai 06

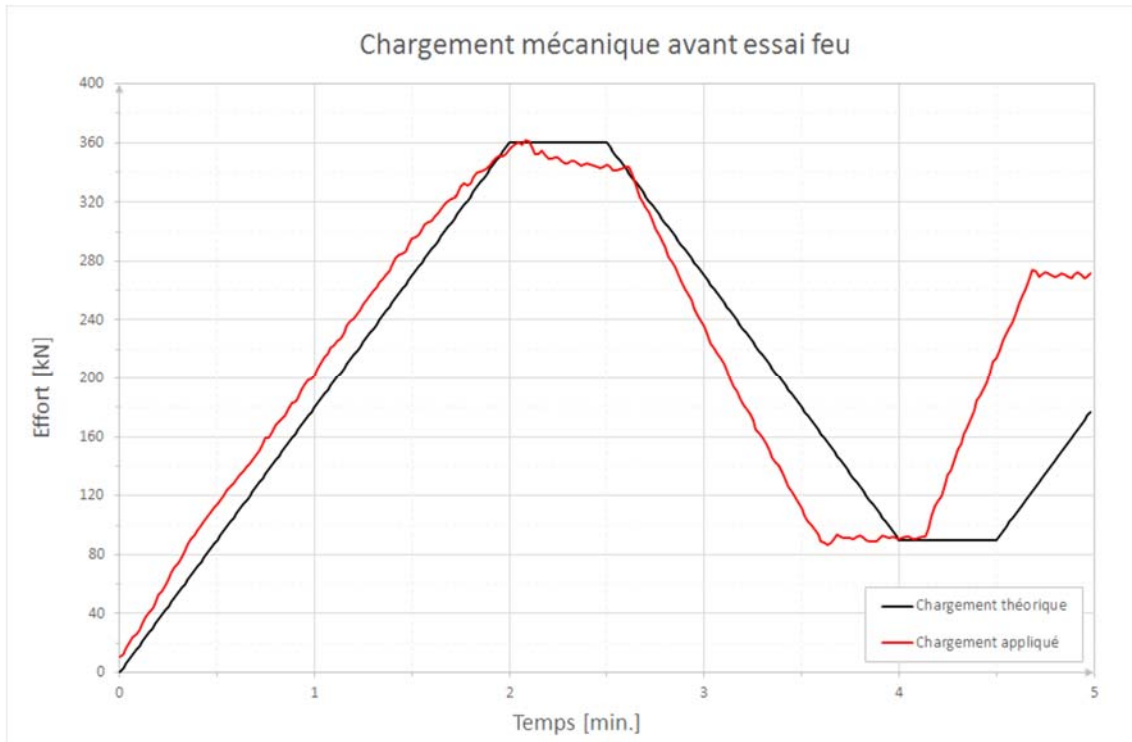


Figure A3.106 : Campagne 2 – Essai 06 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

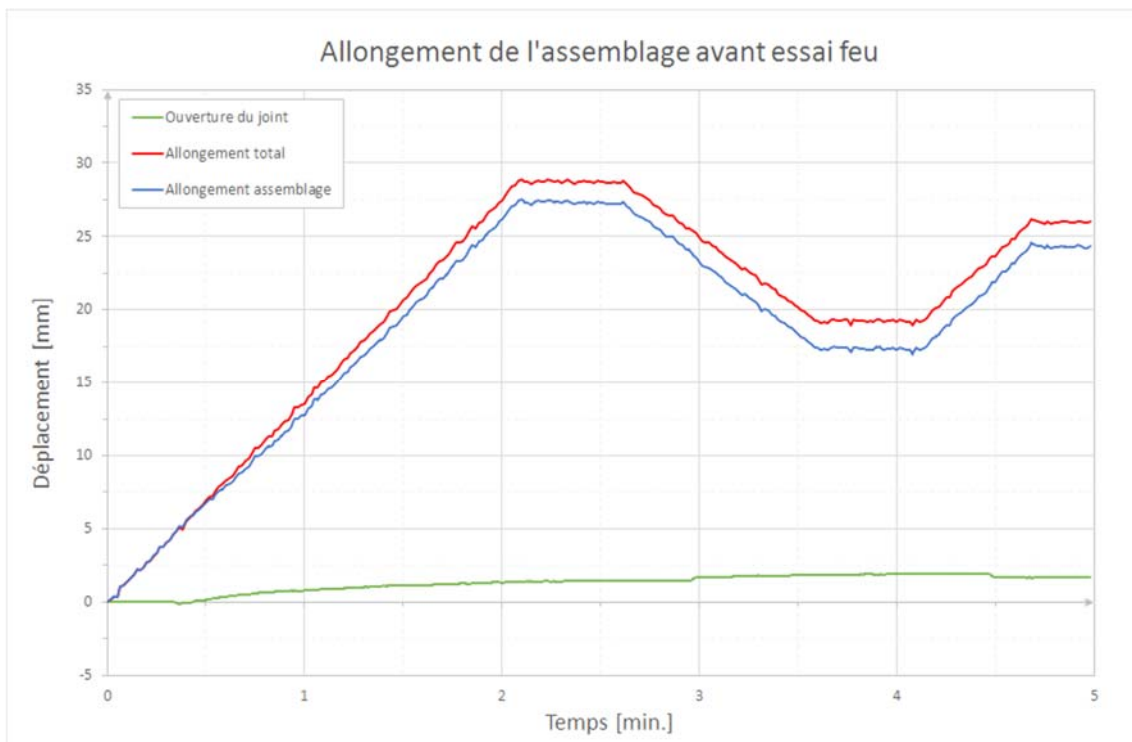


Figure A3.107 : Campagne 2 – Essai 06 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 2

Configuration 2 à 30% $R_{moy} = 270$ kN

Essai 06

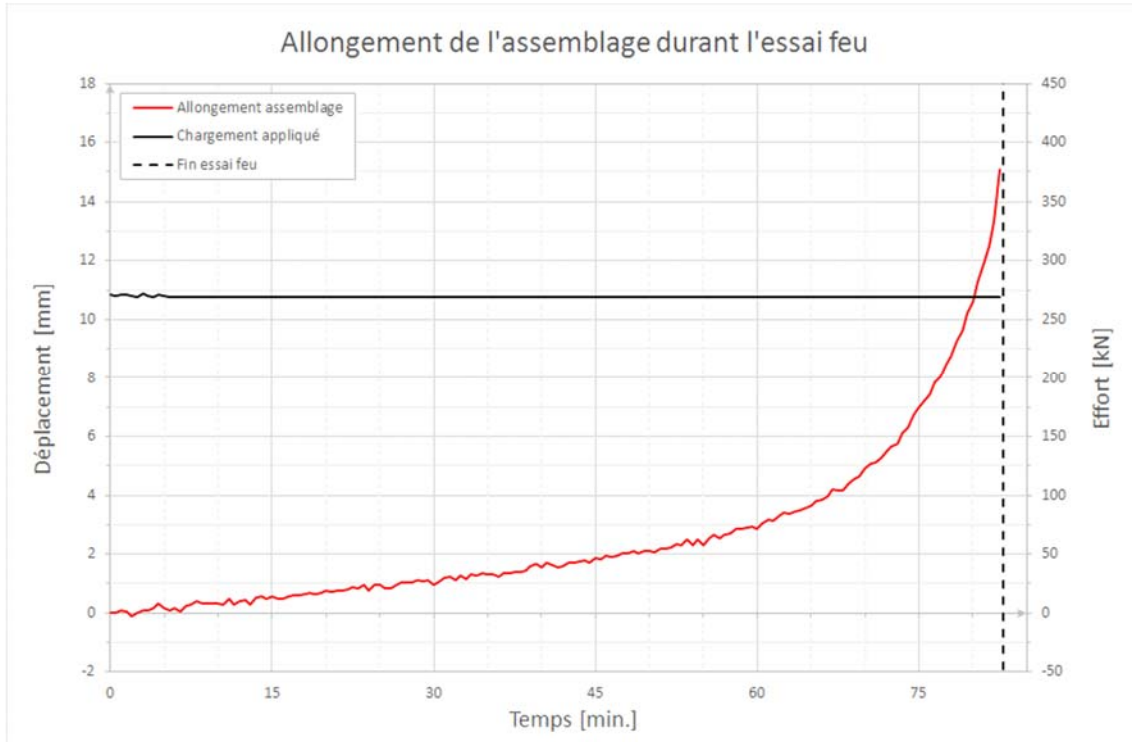


Figure A3.108 : Campagne 2 – Essai 06 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

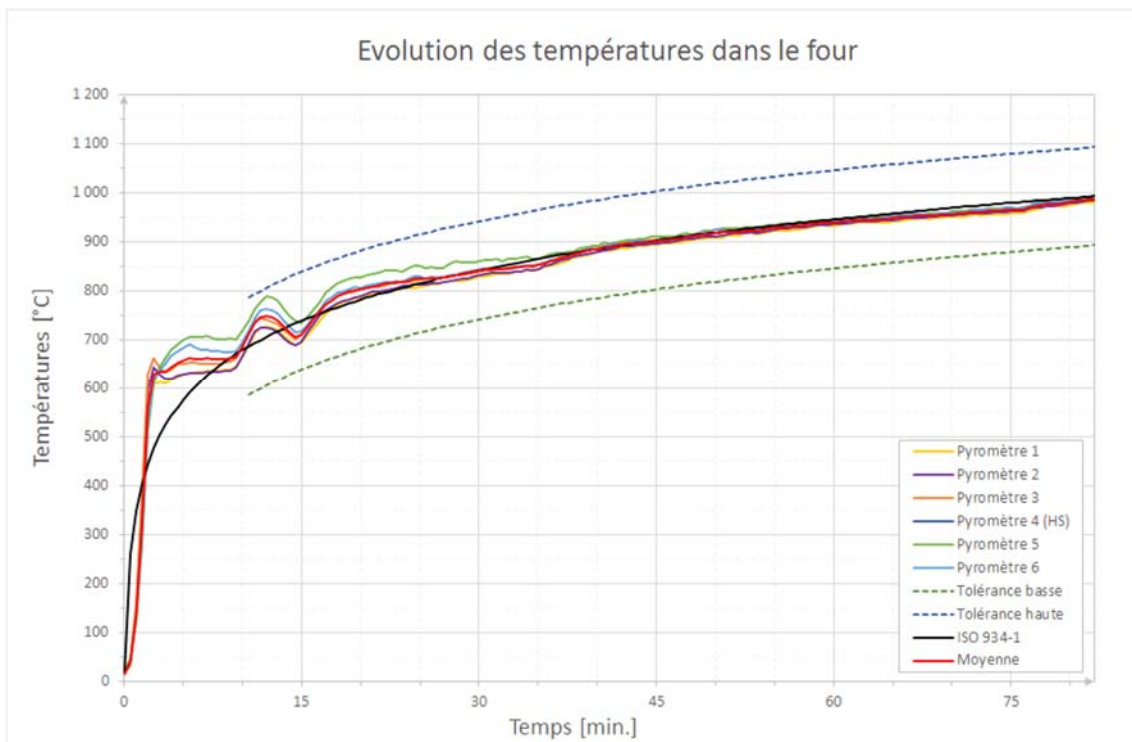


Figure A3.109 : Campagne 2 – Essai 06 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures de conduite de four

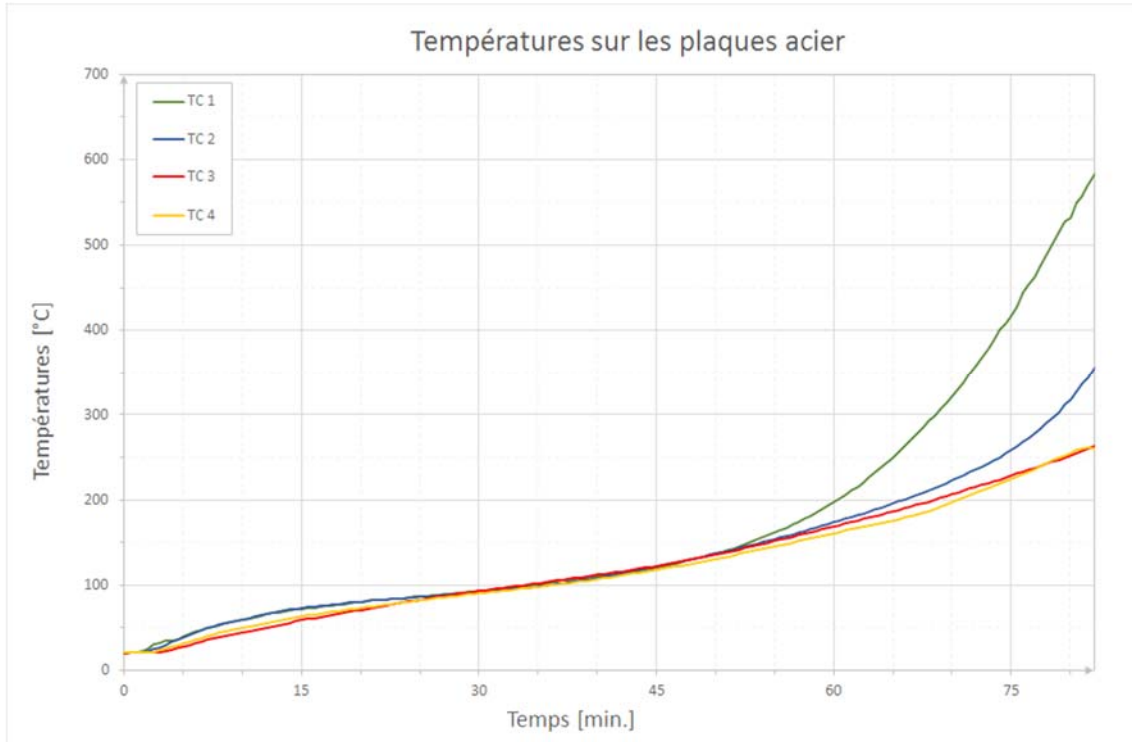


Figure A3.110 : Campagne 2 – Essai 06 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures sur les plaques acier

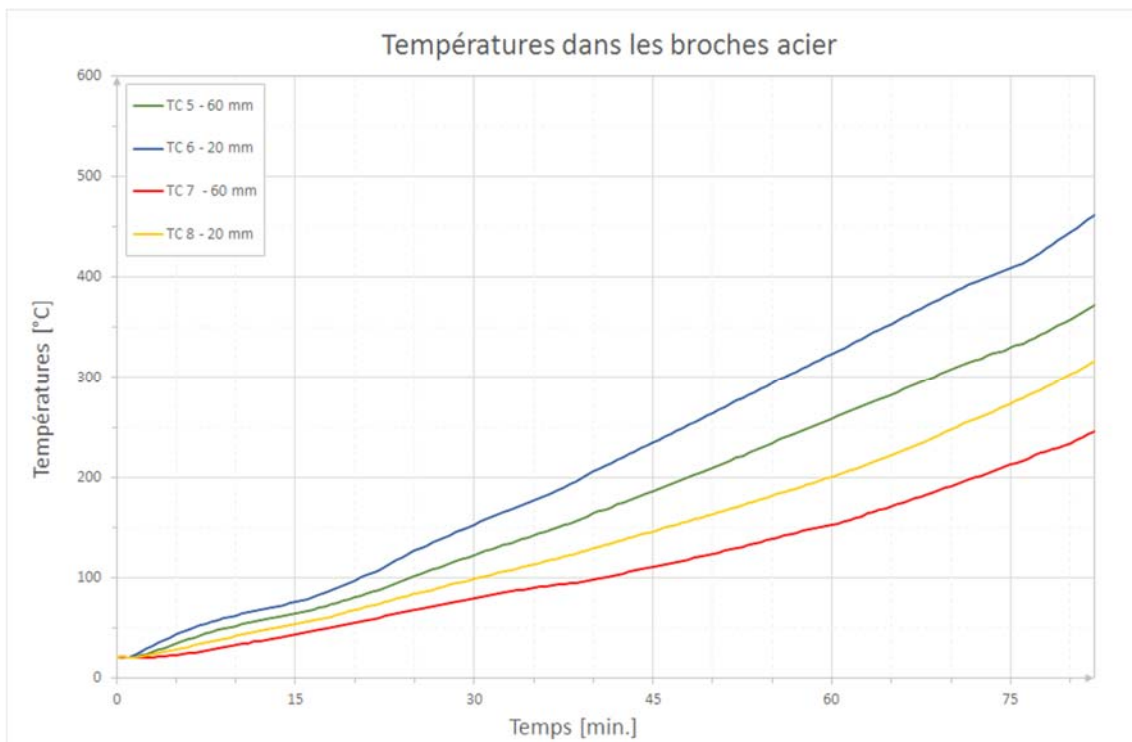


Figure A3.111 : Campagne 2 – Essai 06 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures dans les broches acier

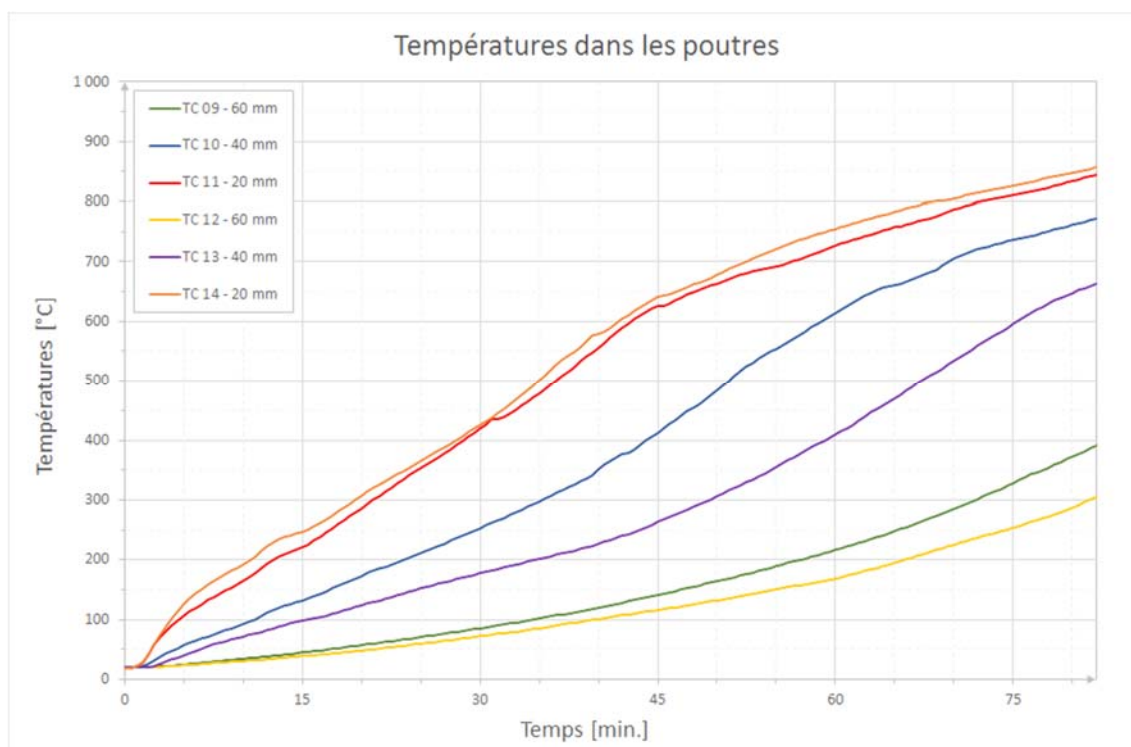


Figure A3.112 : Campagne 2 – Essai 06 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures dans les poutres

Campagne 2

Configuration 2 à 30% $R_{moy} = 270$ kN

Essai 07

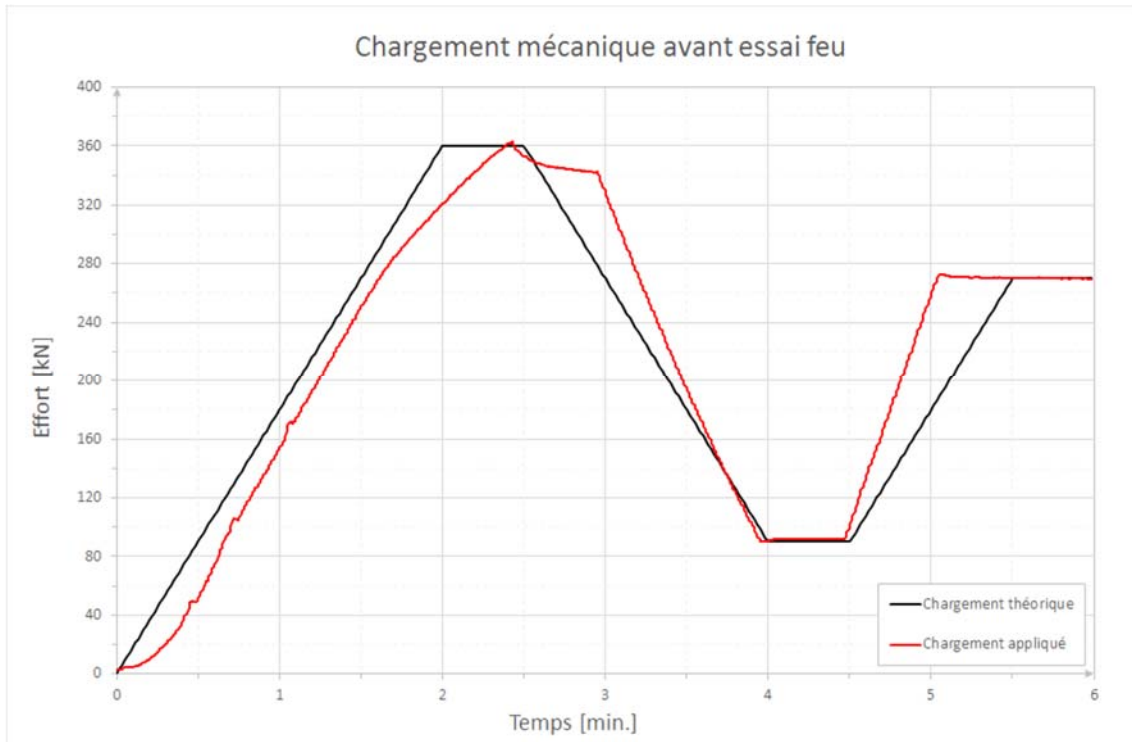


Figure A3.113 : Campagne 2 – Essai 07 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

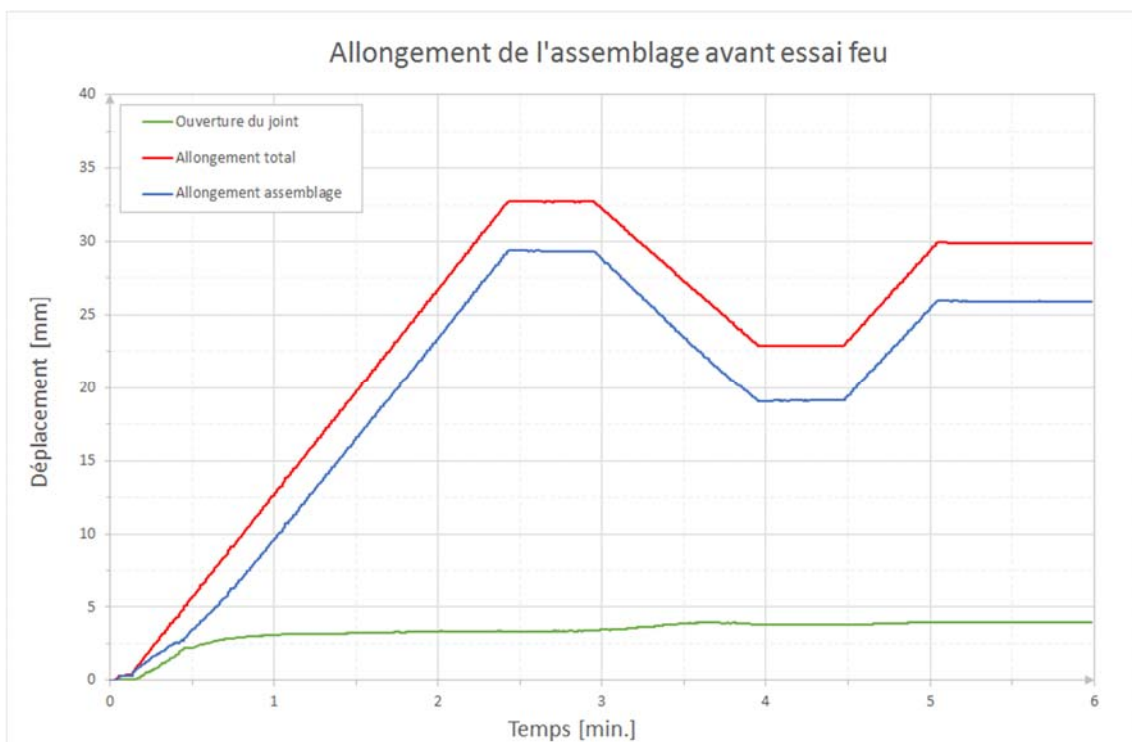


Figure A3.114 : Campagne 2 – Essai 07 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 2

Configuration 2 à 30% $R_{moy} = 270$ kN

Essai 07

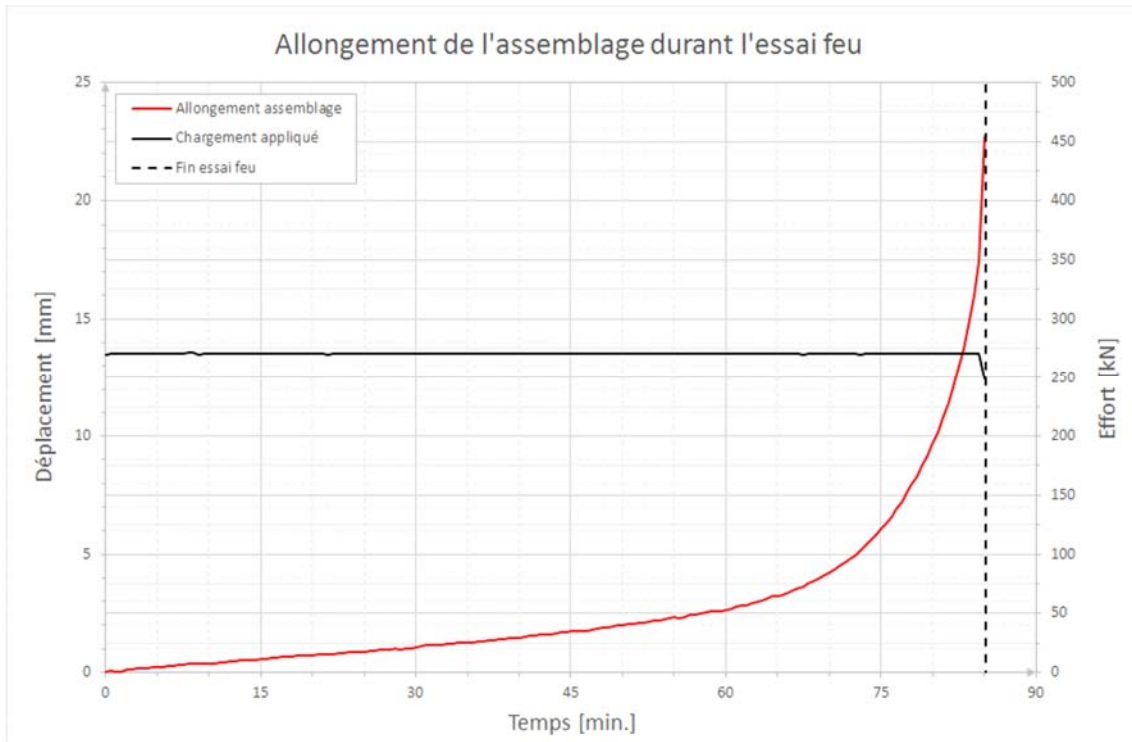


Figure A3.115 : Campagne 2 – Essai 07 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

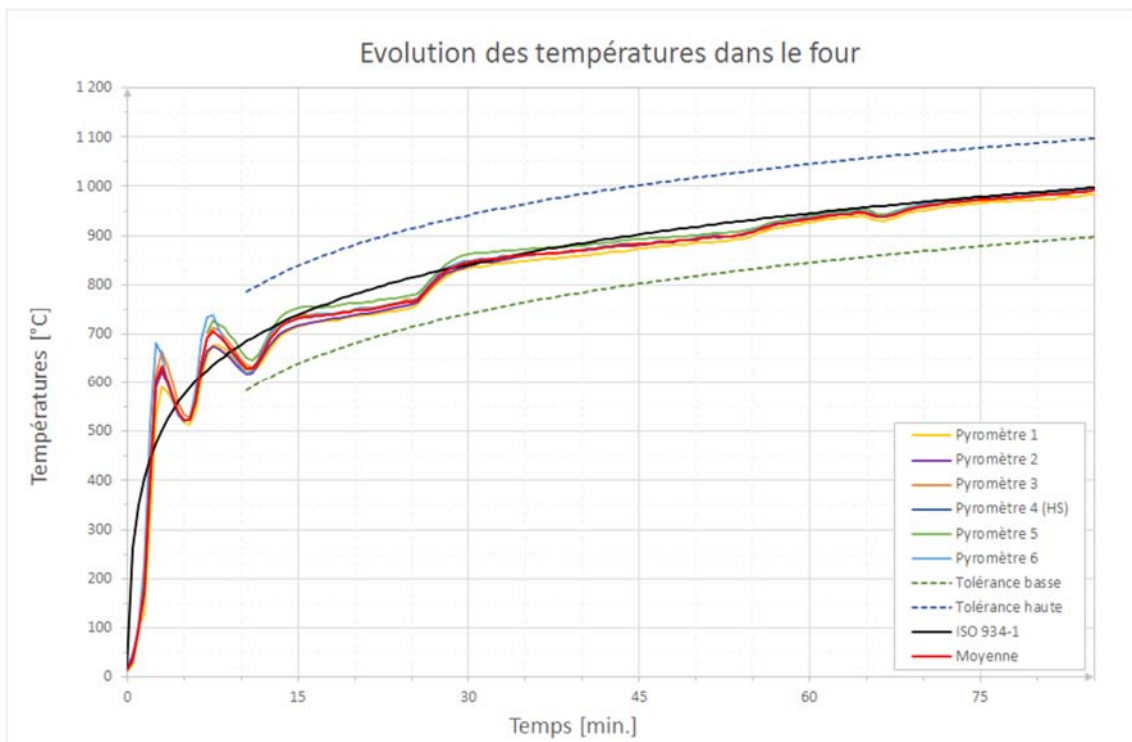


Figure A3.116 : Campagne 2 – Essai 07 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures de conduite de four

Campagne 2

Configuration 2 à 30% $R_{moy} = 270$ kN

Essai 07

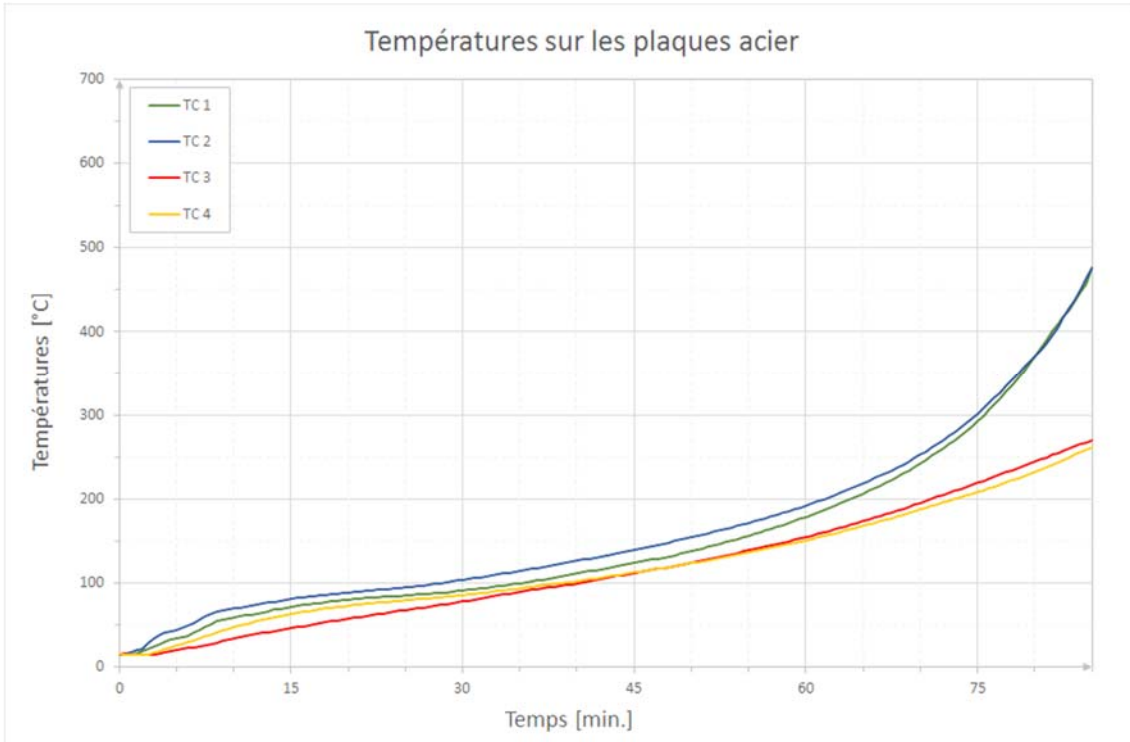


Figure A3.117 : Campagne 2 – Essai 07 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures sur les plaques acier

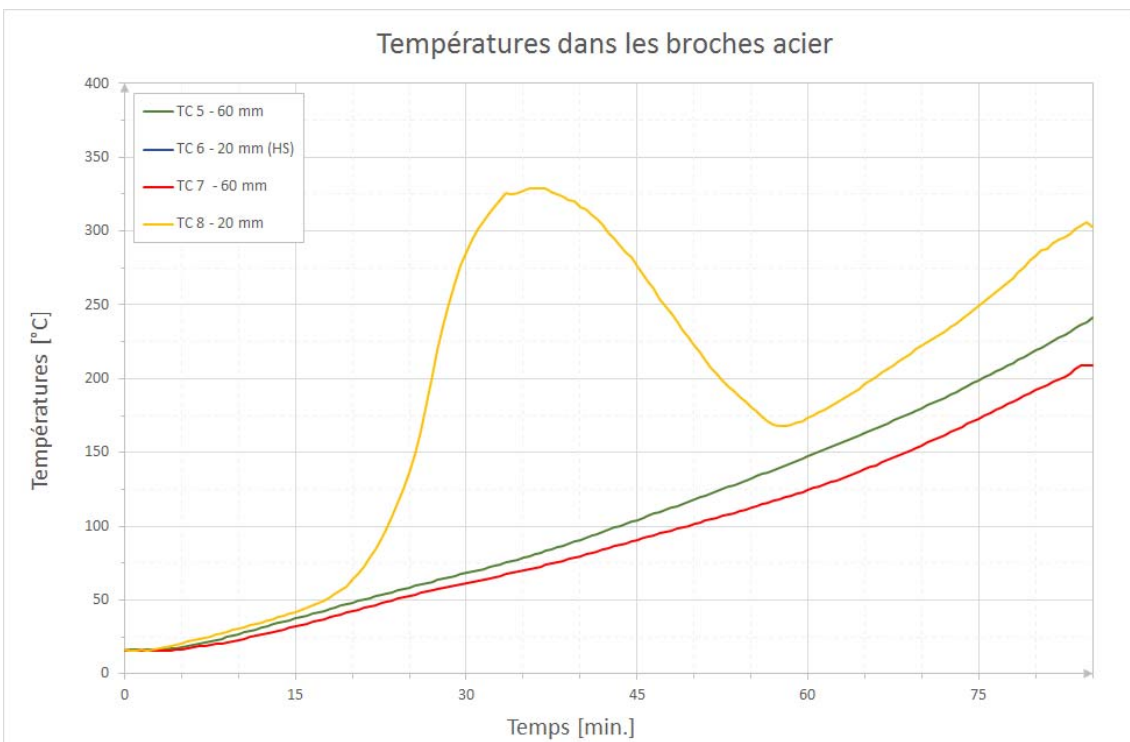


Figure A3.118 : Campagne 2 – Essai 07 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures dans les broches acier

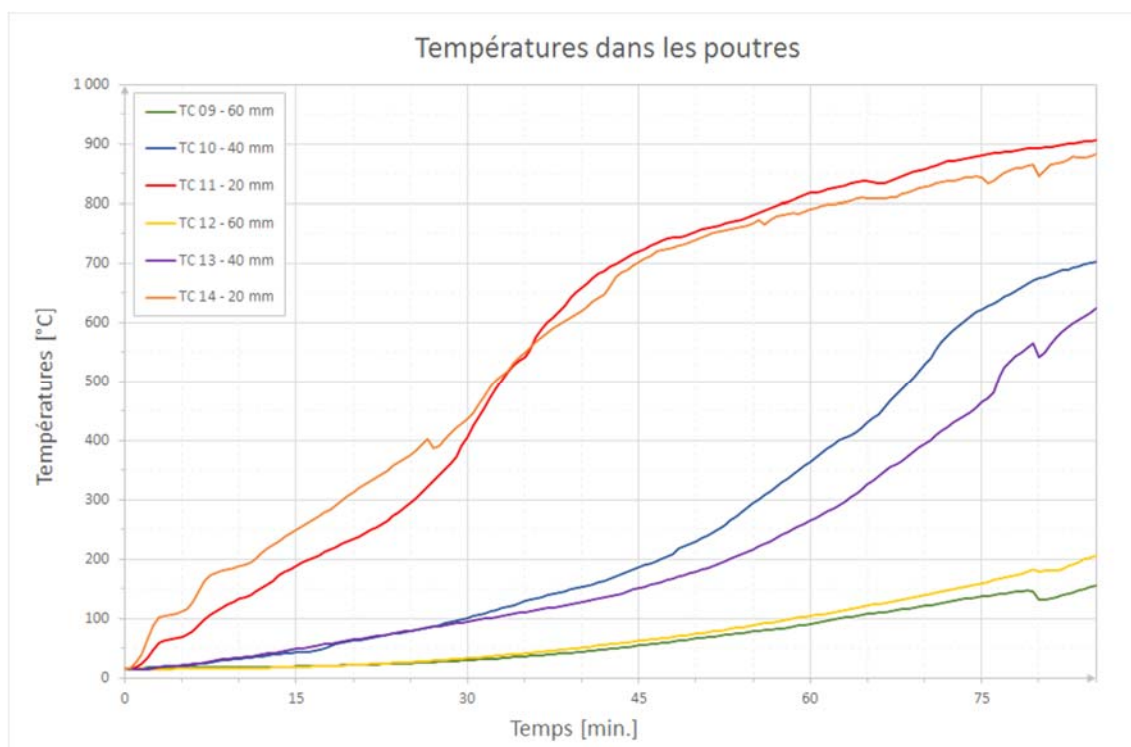


Figure A3.119 : Campagne 2 – Essai 07 – Configuration 2 à 30% R_{moy} – Températures dans les poutres

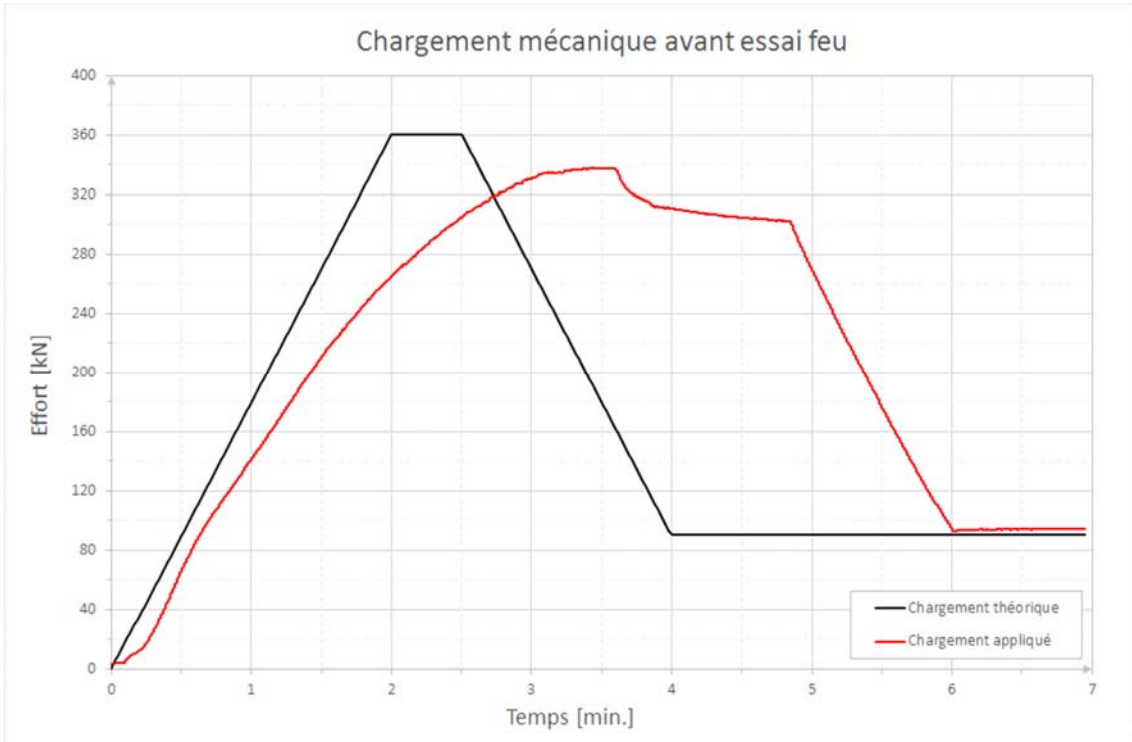


Figure A3.120 : Campagne 2 – Essai 08 – Configuration 3 à 10% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

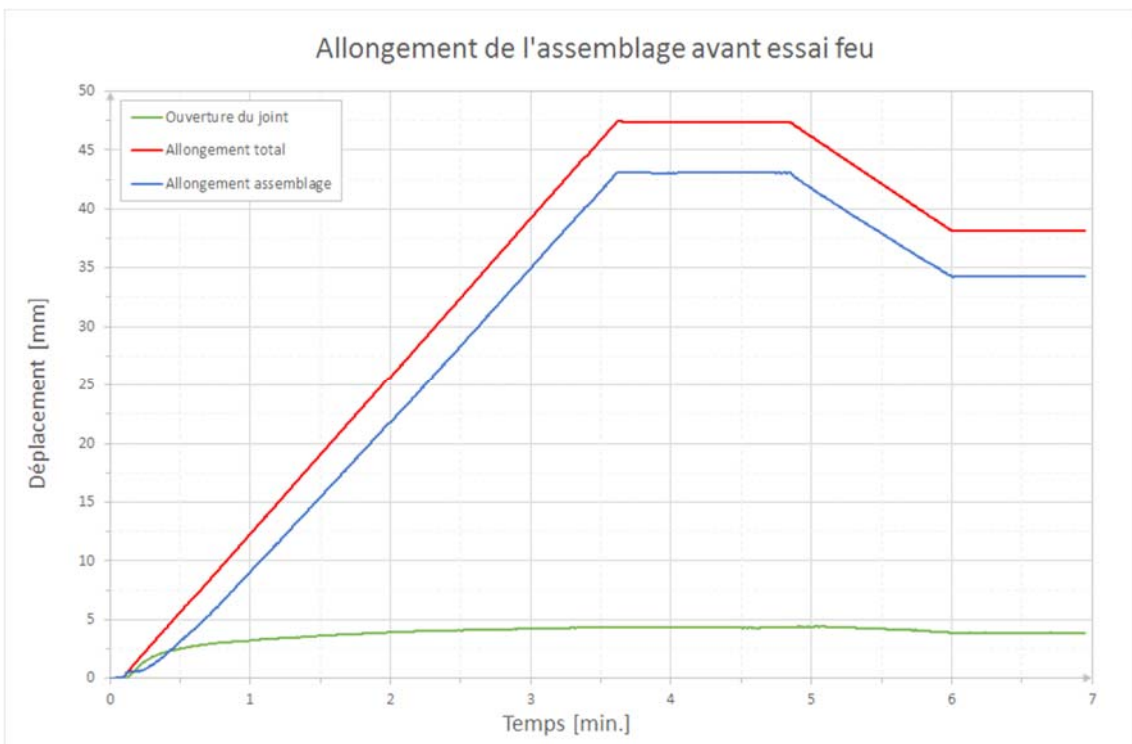


Figure A3.121 : Campagne 2 – Essai 08 – Configuration 3 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 2

Configuration 3 à 10% $R_{moy} = 90$ kN

Essai 08

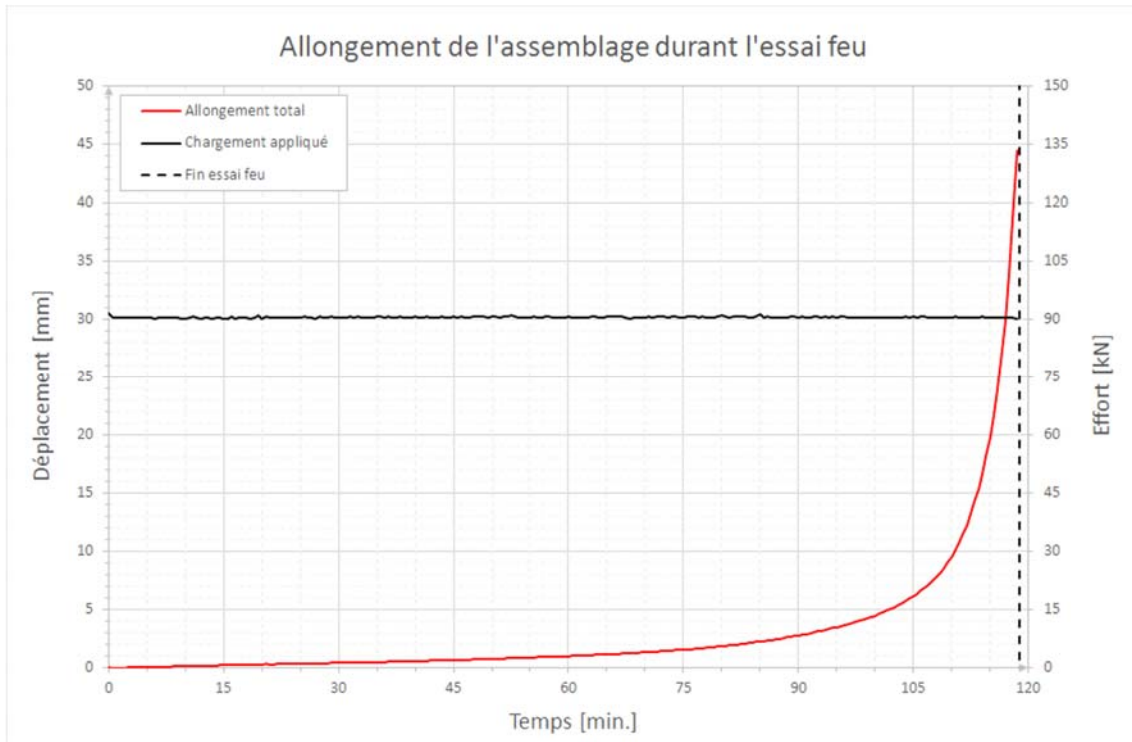


Figure A3.122 : Campagne 2 – Essai 08 – Configuration 3 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

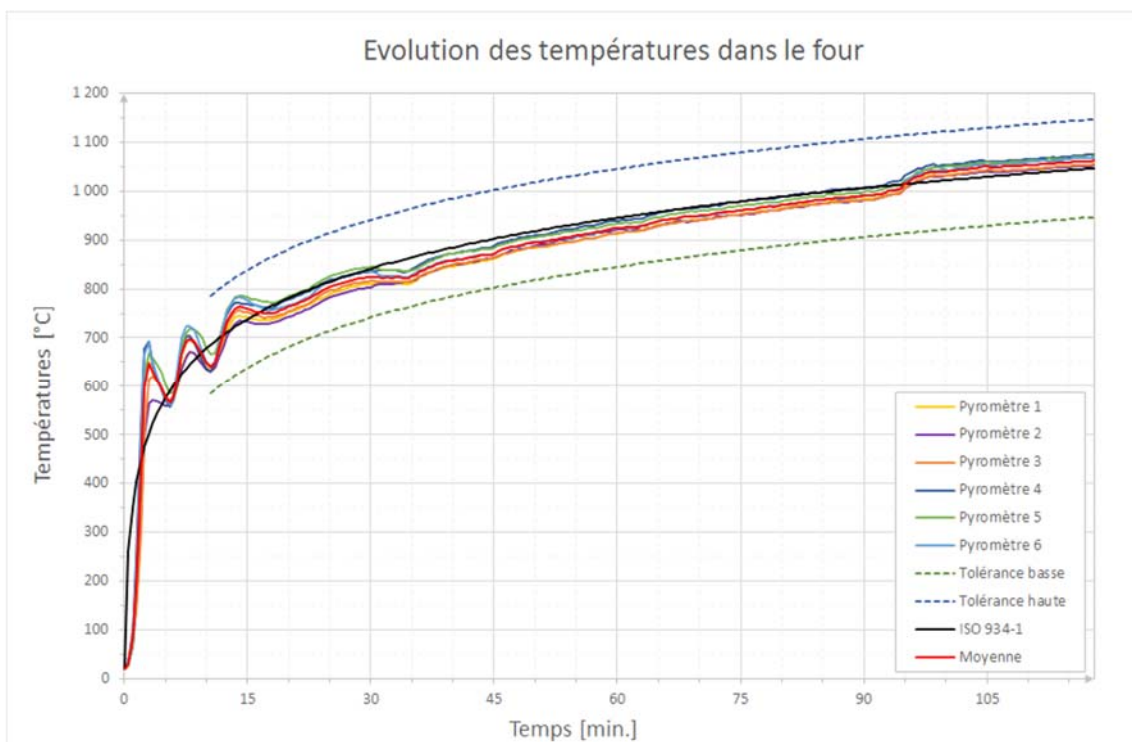


Figure A3.123 : Campagne 2 – Essai 08 – Configuration 3 à 10% R_{moy} – Températures de conduite de four

Campagne 2

Configuration 3 à 10% $R_{moy} = 90$ kN

Essai 08

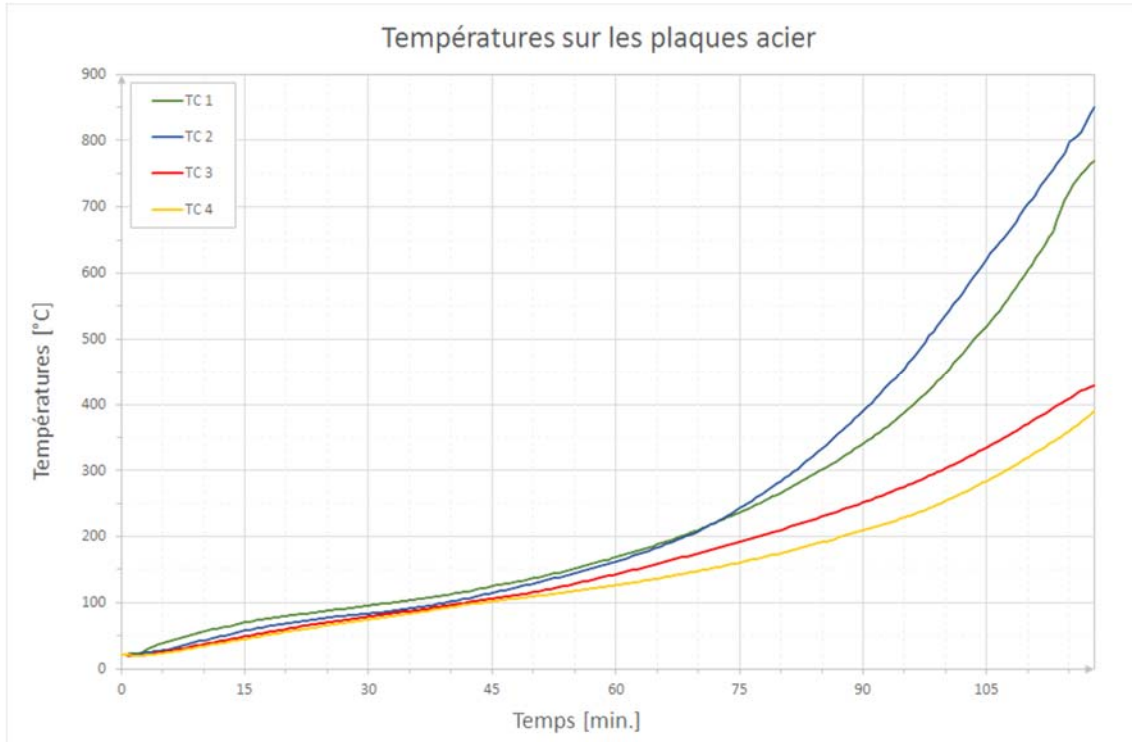


Figure A3.124 : Campagne 2 – Essai 08 – Configuration 3 à 10% R_{moy} – Températures sur les plaques acier

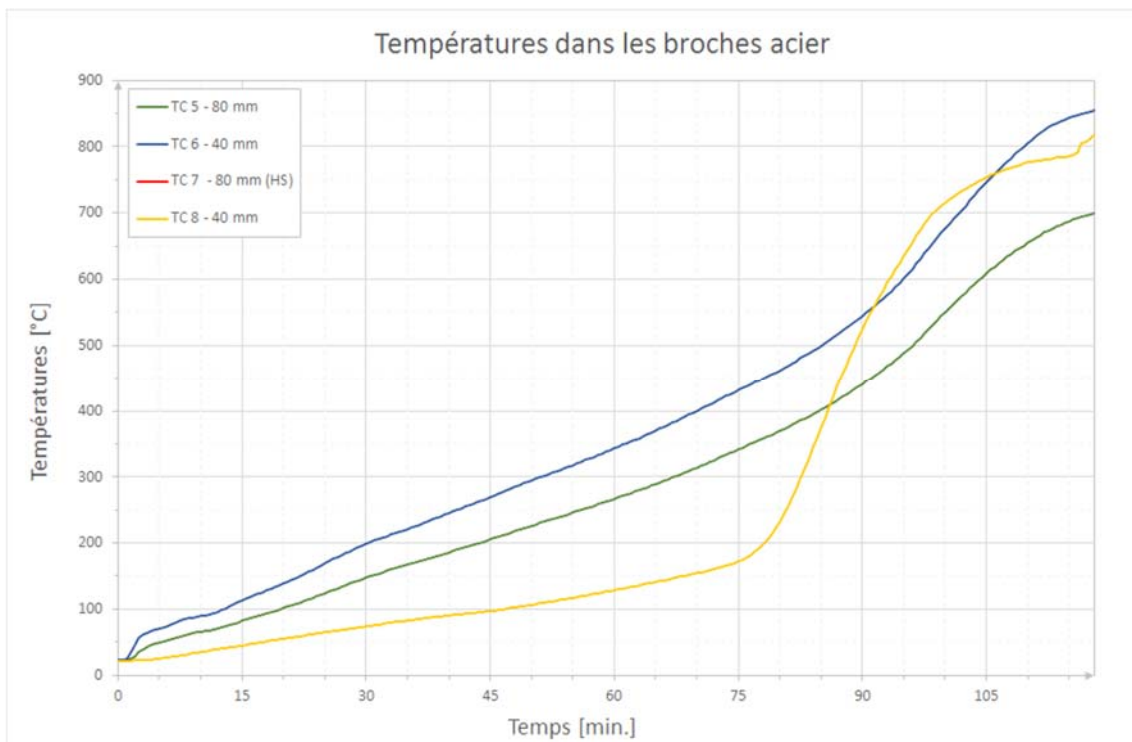


Figure A3.125 : Campagne 2 – Essai 08 – Configuration 3 à 10% R_{moy} – Températures dans les broches acier

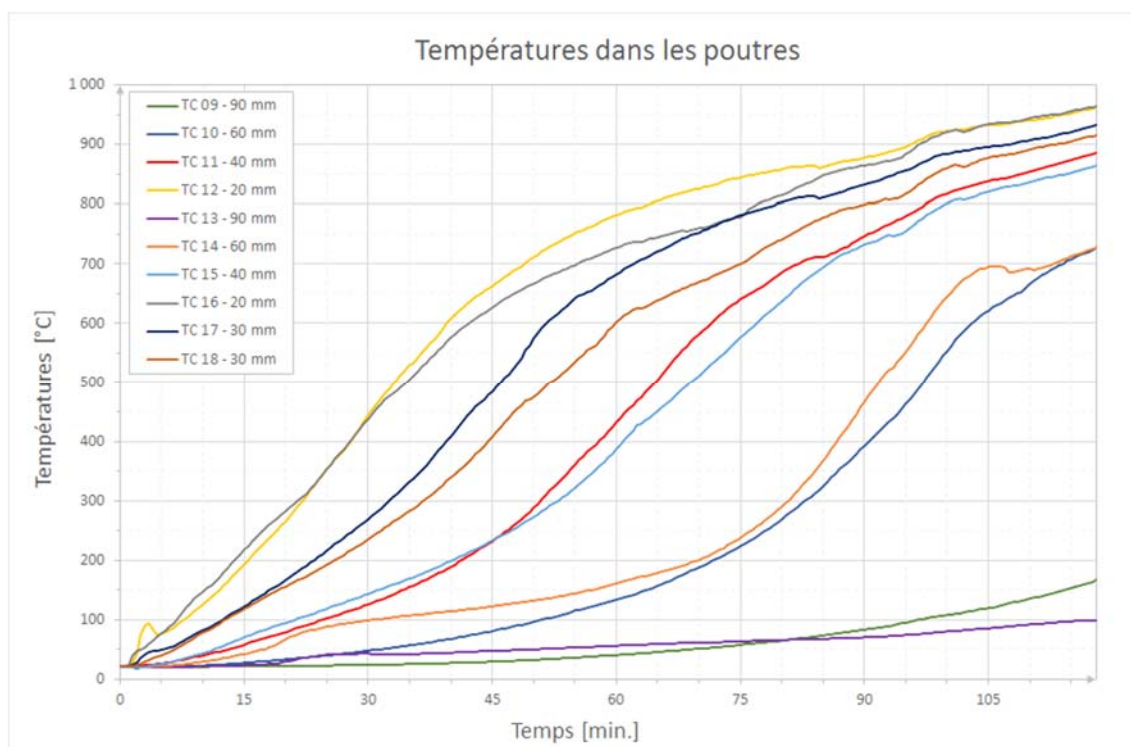


Figure A3.126 : Campagne 2 – Essai 08 – Configuration 3 à 10% R_{moy} – Températures dans les poutres

Campagne 2

Configuration 3 à 30% $R_{moy} = 270$ kN

Essai 09

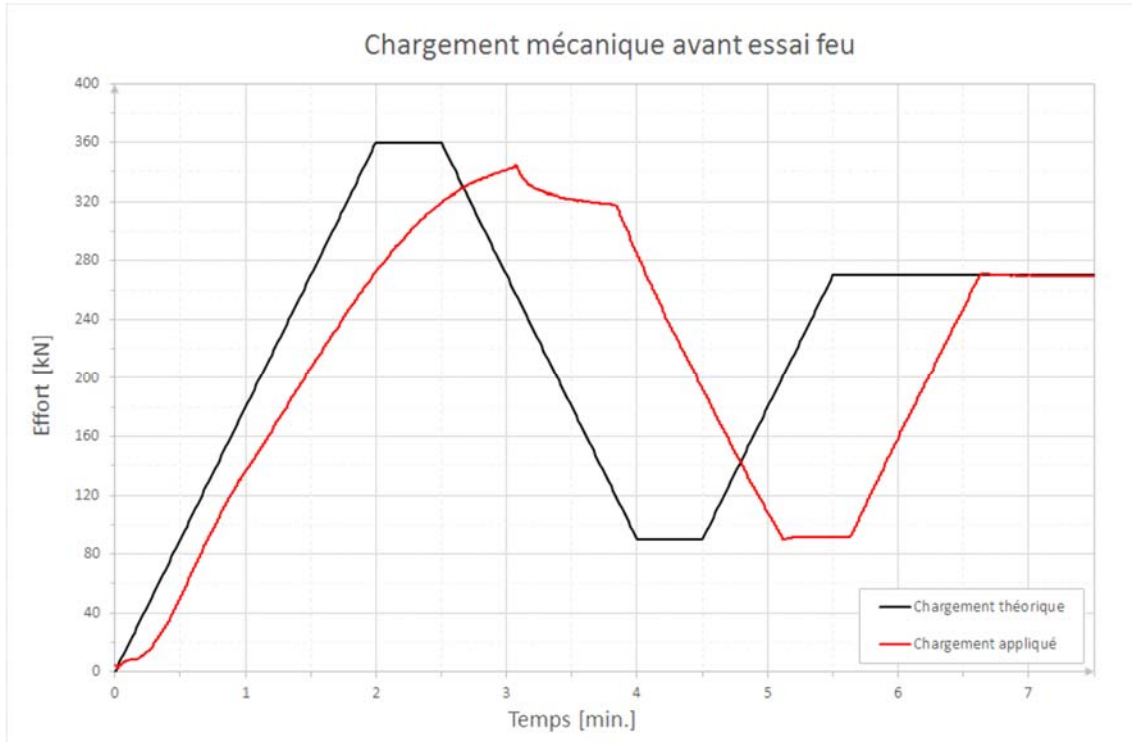


Figure A3.127 : Campagne 2 – Essai 09 – Configuration 3 à 30% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

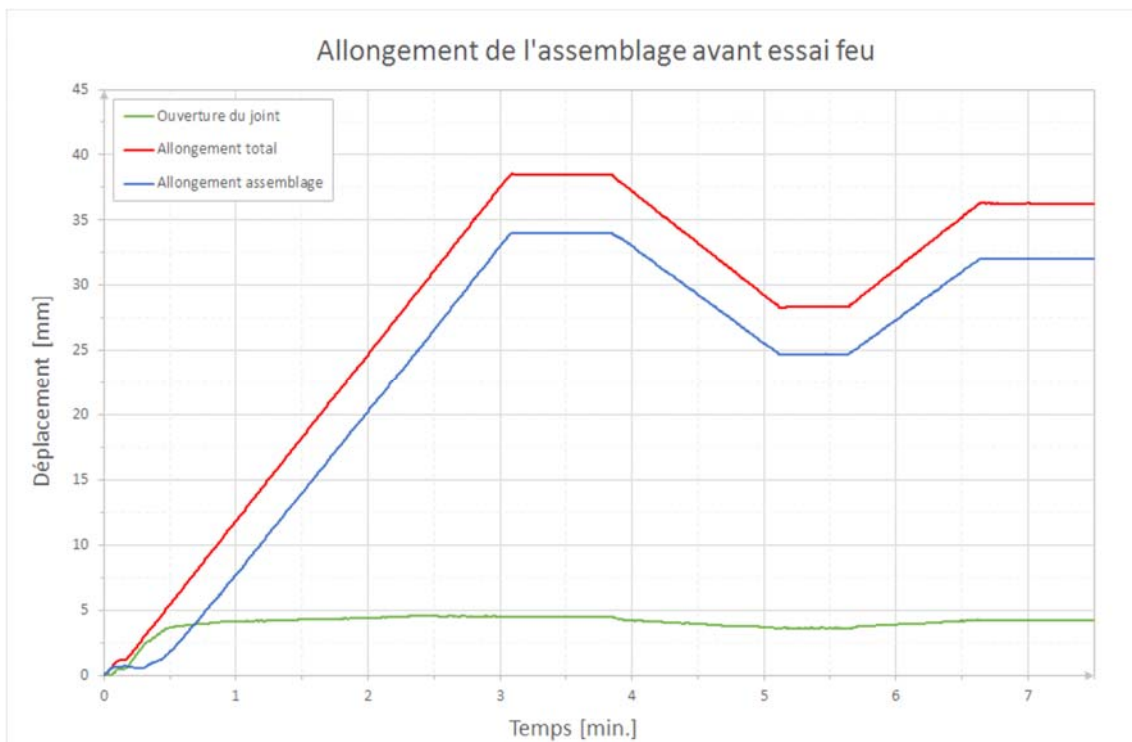


Figure A3.128 : Campagne 2 – Essai 09 – Configuration 3 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

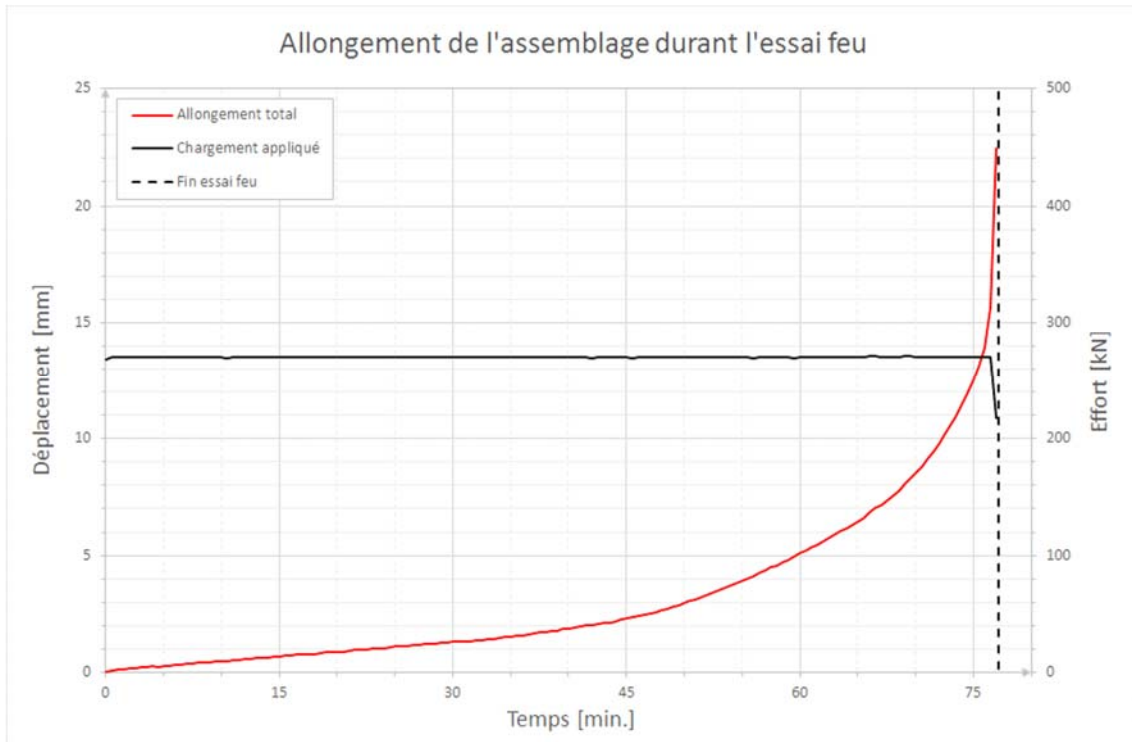


Figure A3.129 : Campagne 2 – Essai 09 – Configuration 3 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

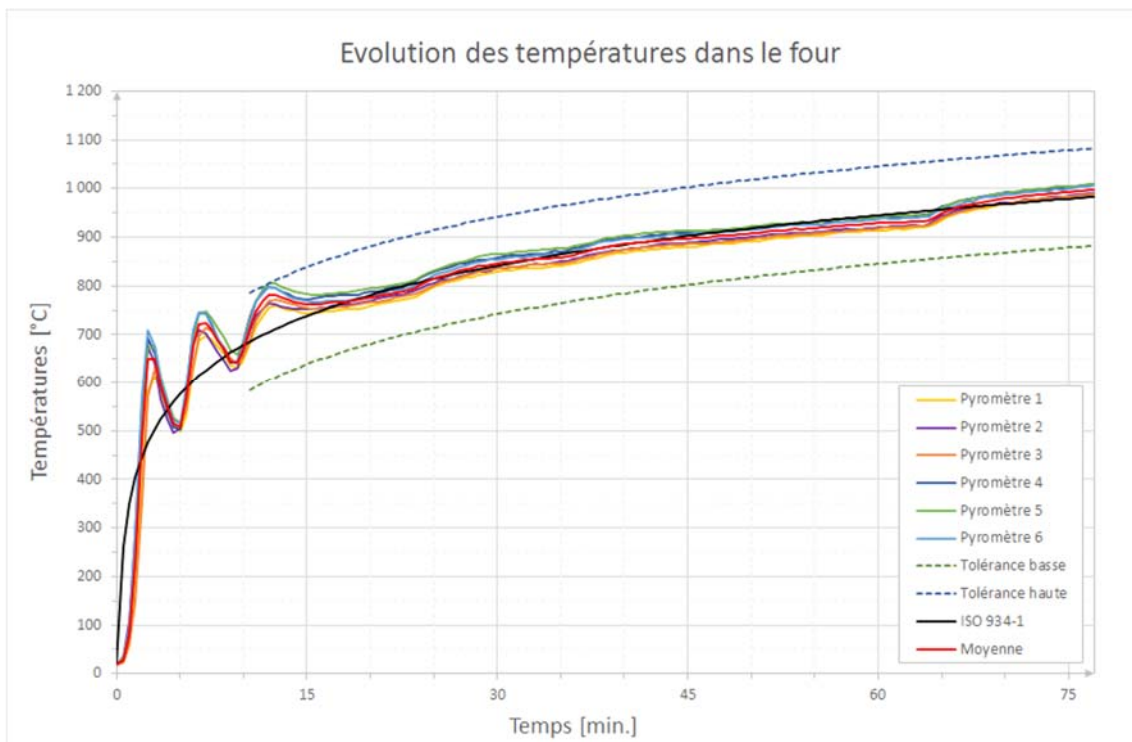


Figure A3.130 : Campagne 2 – Essai 09 – Configuration 3 à 30% R_{moy} – Températures de conduite de four

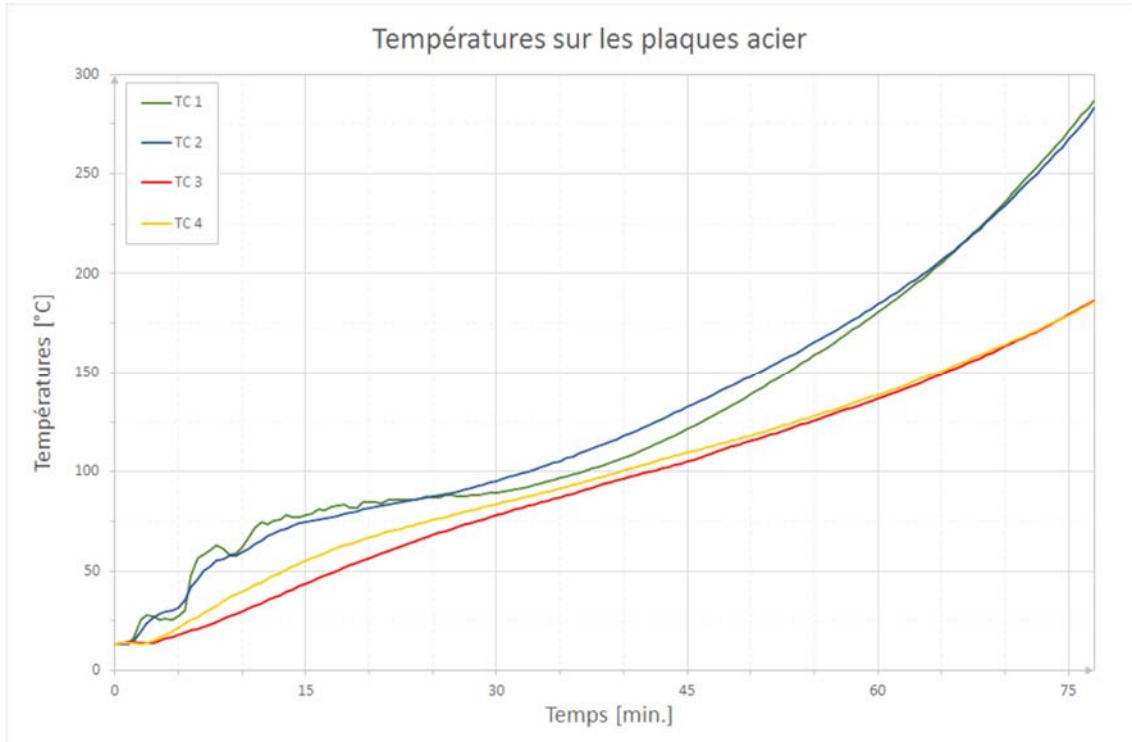


Figure A3.131 : Campagne 2 – Essai 09 – Configuration 3 à 30% R_{moy} – Températures sur les plaques acier

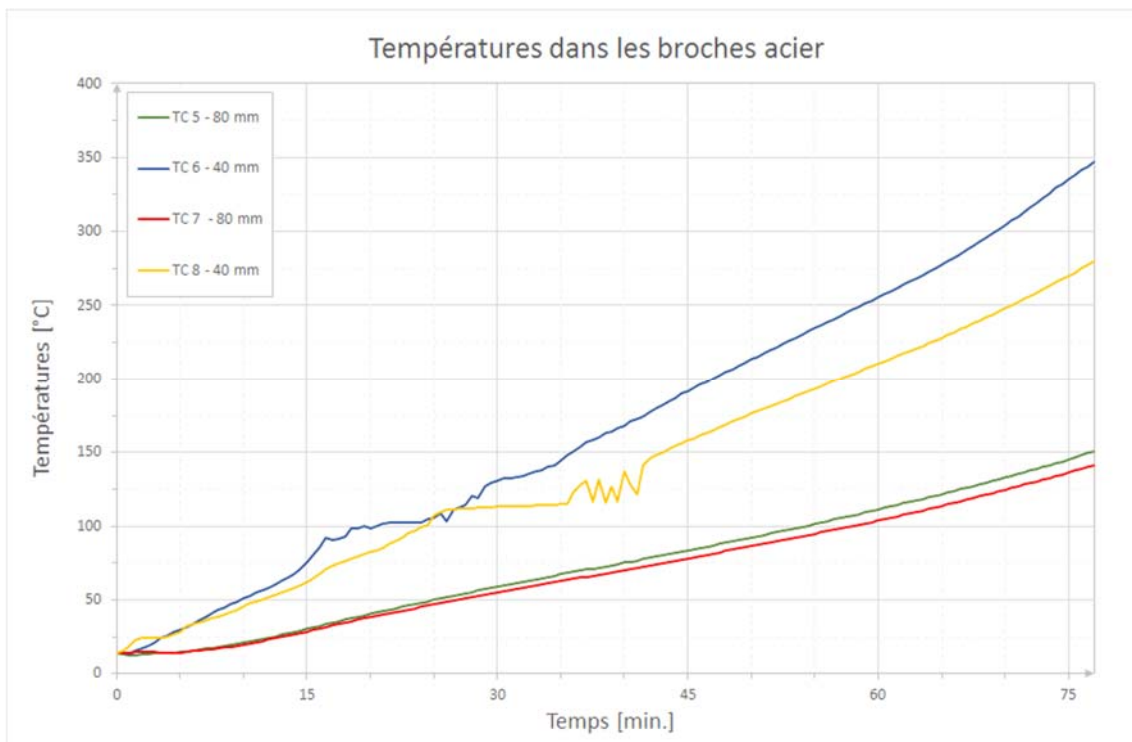


Figure A3.132 : Campagne 2 – Essai 09 – Configuration 3 à 30% R_{moy} – Températures dans les broches acier

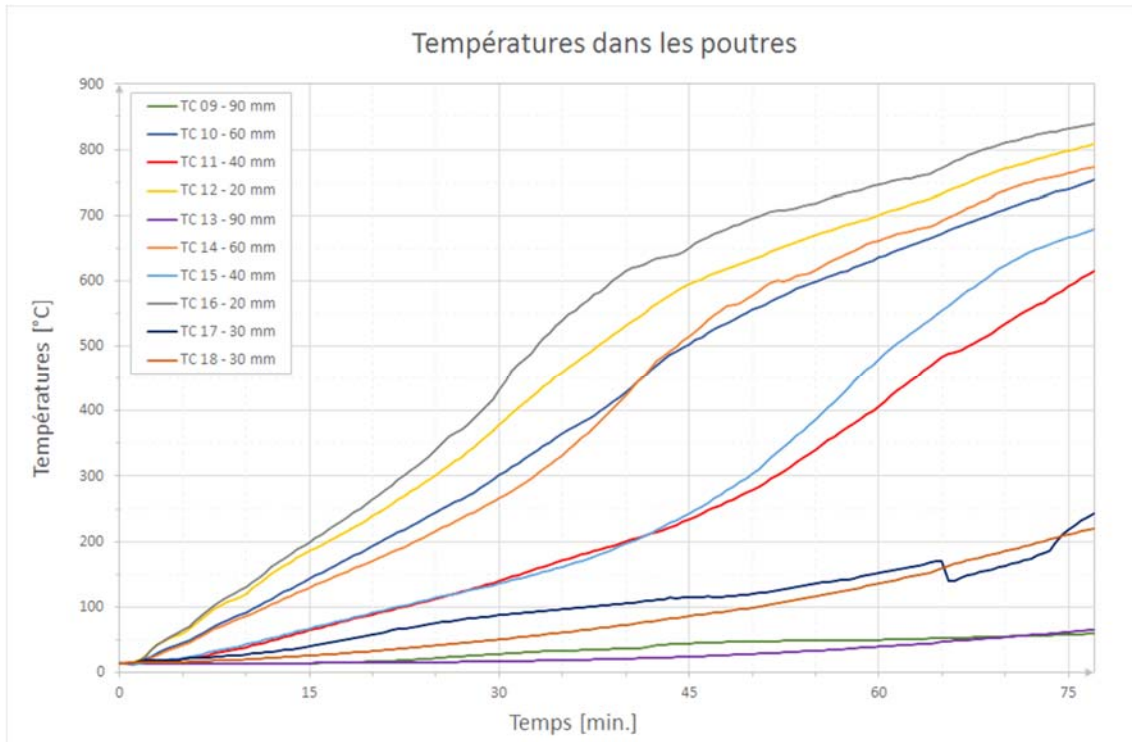


Figure A3.133 Campagne 2 – Essai 09 – Configuration 3 à 30% R_{moy} – Températures dans les poutres

Campagne 2

Configuration 4 à 10% $R_{moy} = 90$ kN

Essai 10

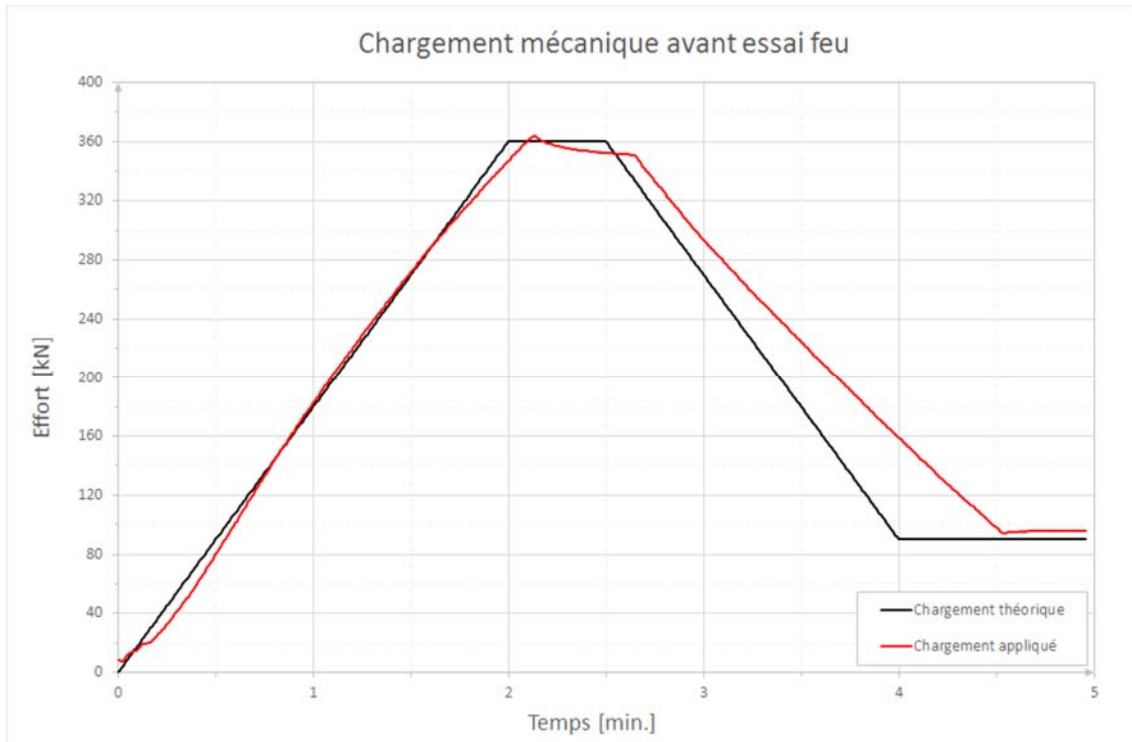


Figure A3.134 : Campagne 2 – Essai 10 – Configuration 4 à 10% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

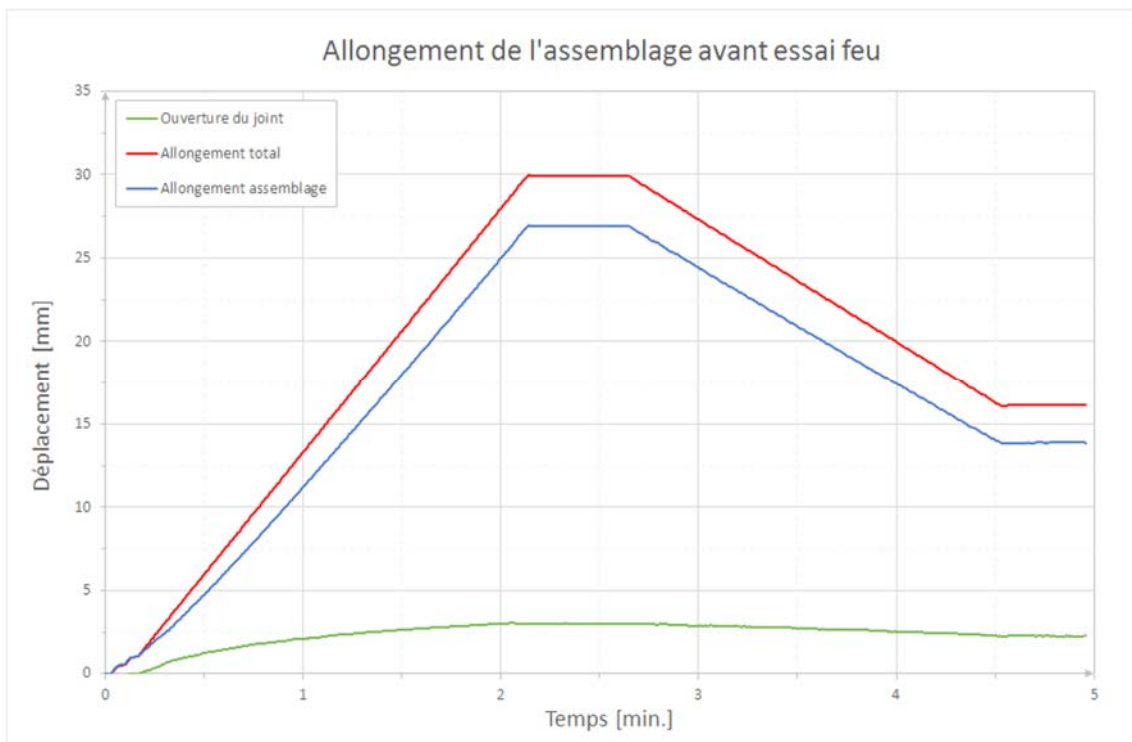


Figure A3.135 : Campagne 2 – Essai 10 – Configuration 4 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 2

Configuration 4 à 10% $R_{moy} = 90$ kN

Essai 10

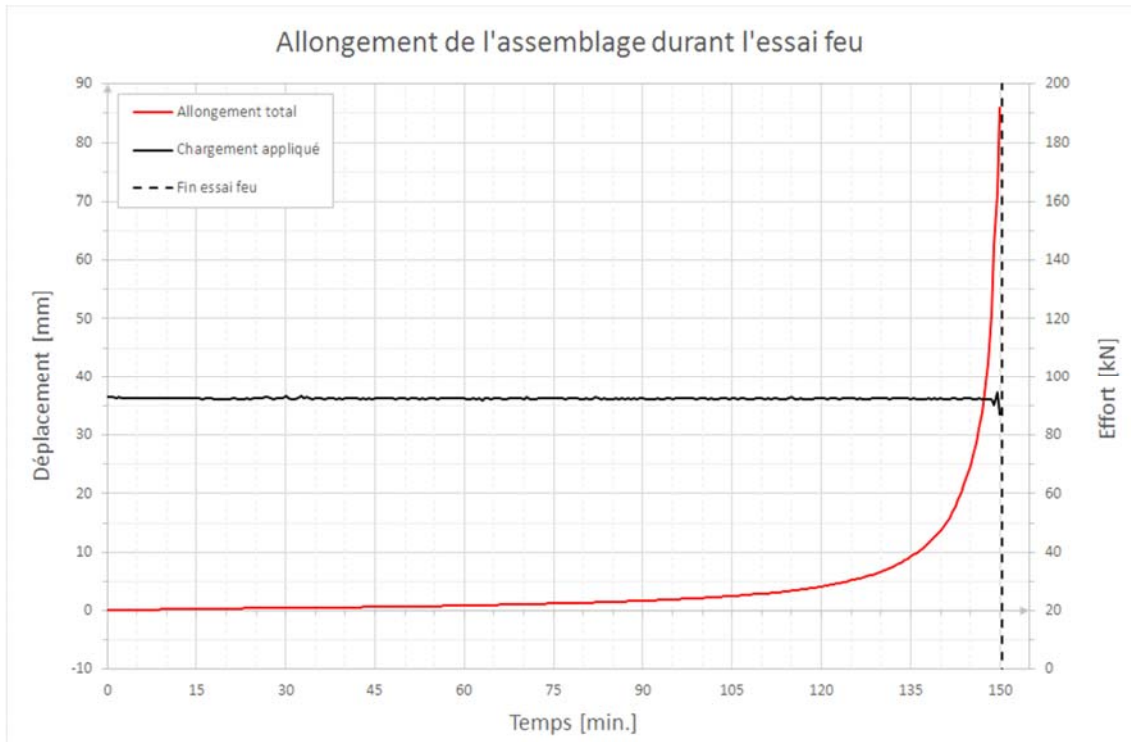


Figure A3.136 : Campagne 2 – Essai 10 – Configuration 4 à 10% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

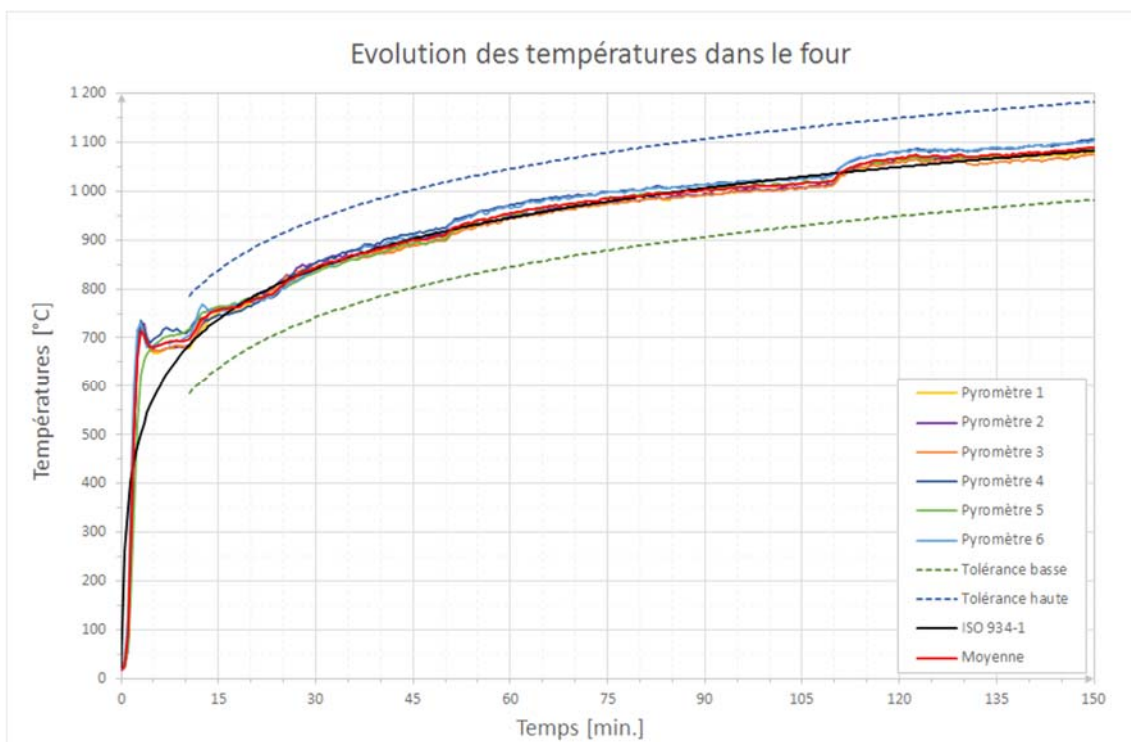


Figure A3.137 : Campagne 2 – Essai 10 – Configuration 4 à 10% R_{moy} – Températures de conduite de four

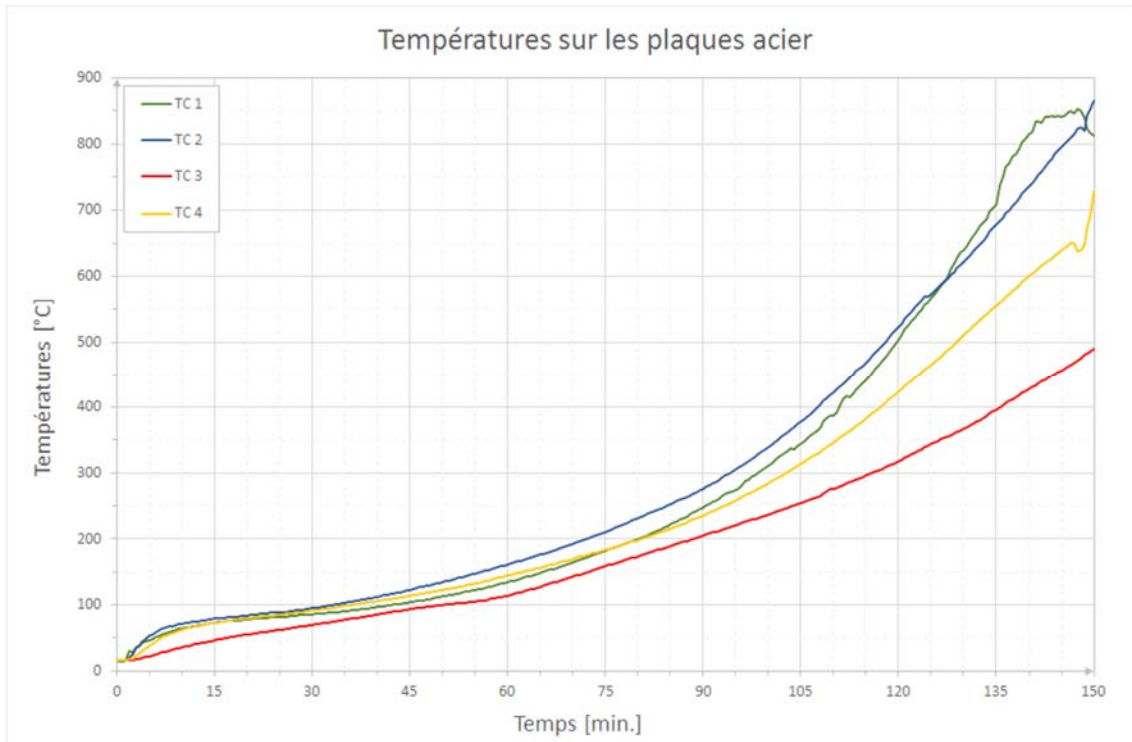


Figure A3.138 : Campagne 2 – Essai 10 – Configuration 4 à 10% R_{moy} – Températures sur les plaques acier

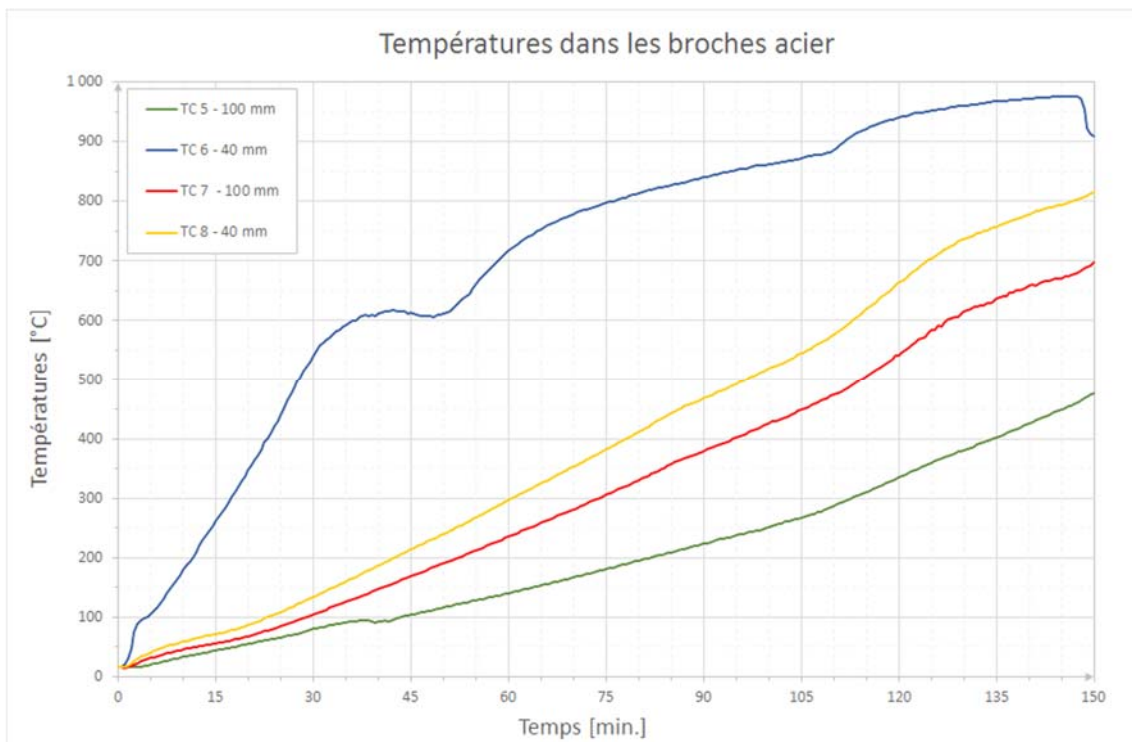


Figure A3.139 : Campagne 2 – Essai 10 – Configuration 4 à 10% R_{moy} – Températures dans les broches acier

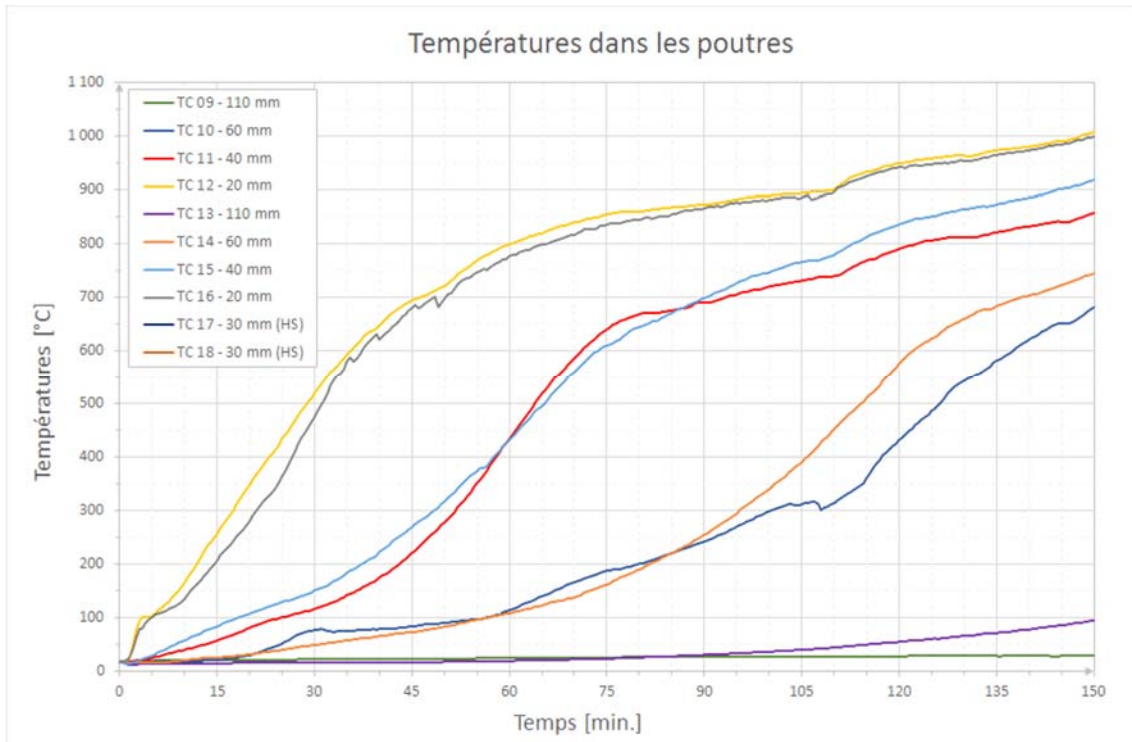


Figure A3.140 : Campagne 2 – Essai 10 – Configuration 4 à 10% R_{moy} – Températures dans les poutres

Campagne 2

Configuration 4 à 30% $R_{moy} = 270$ kN

Essai 11

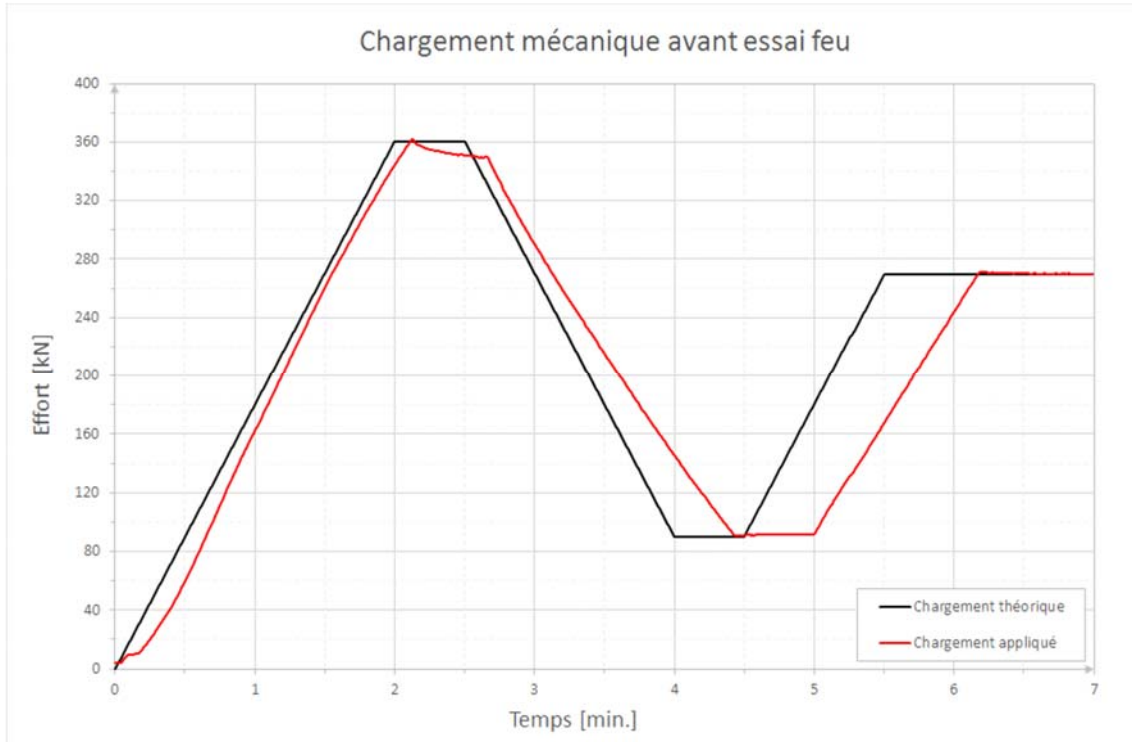


Figure A3.141 : Campagne 2 – Essai 11 – Configuration 4 à 30% R_{moy} – Chargement mécanique avant essai feu

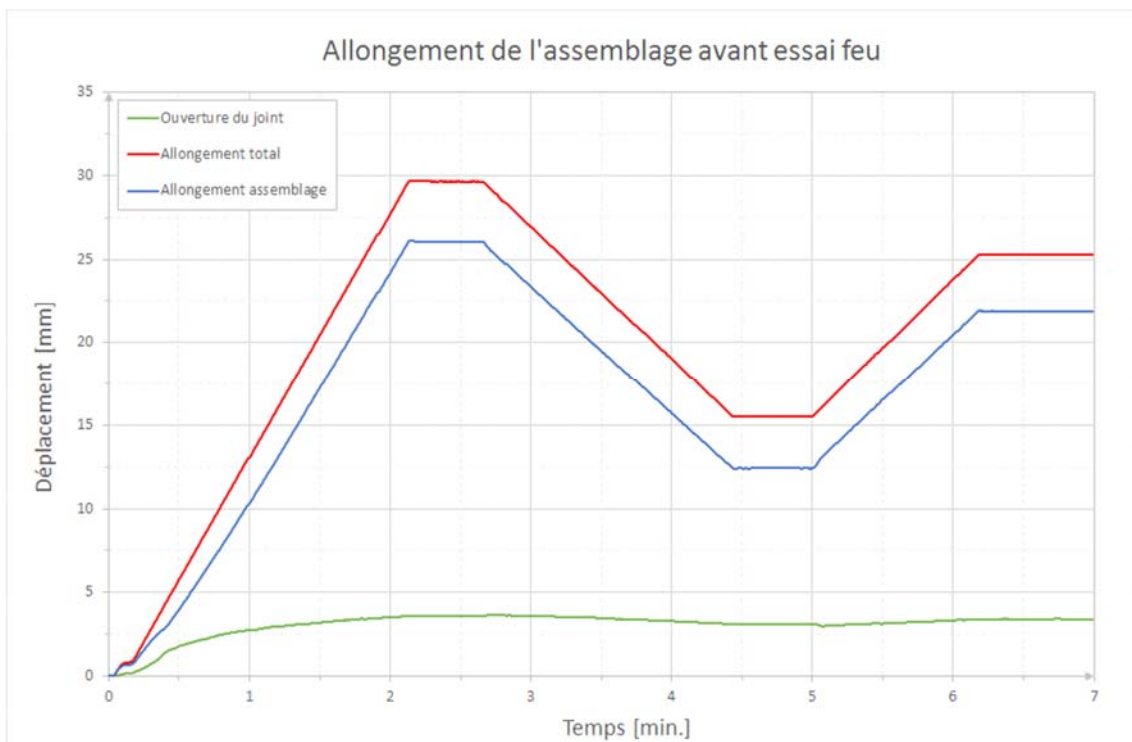


Figure A3.142 : Campagne 2 – Essai 11 – Configuration 4 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage avant essai feu

Campagne 2

Configuration 4 à 30% $R_{moy} = 270$ kN

Essai 11

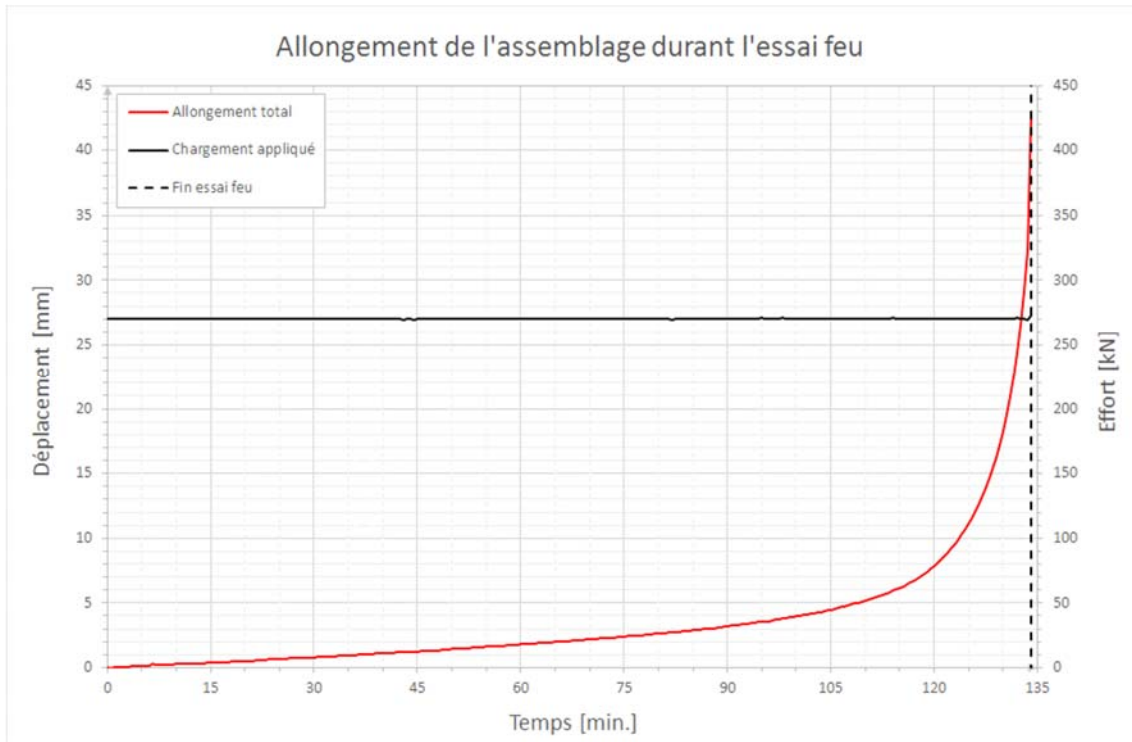


Figure A3.143 : Campagne 2 – Essai 11 – Configuration 4 à 30% R_{moy} – Allongement de l'assemblage durant l'essai feu

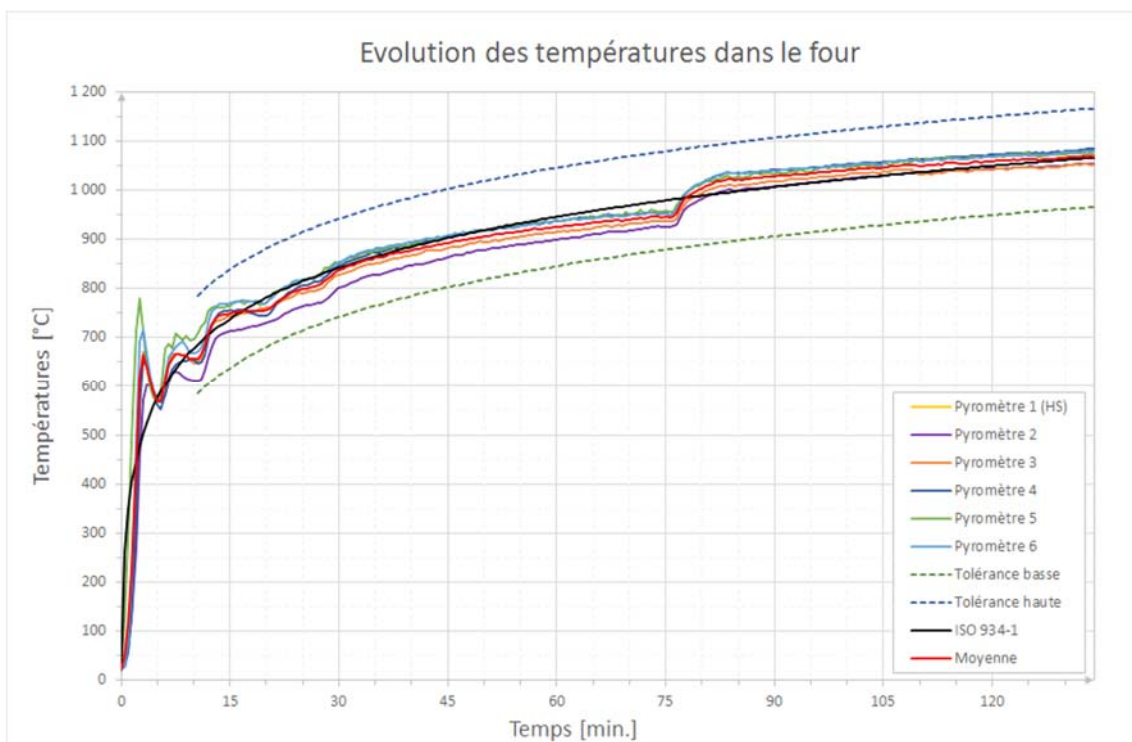


Figure A3.144 : Campagne 2 – Essai 11 – Configuration 4 à 30% R_{moy} – Températures de conduite de four

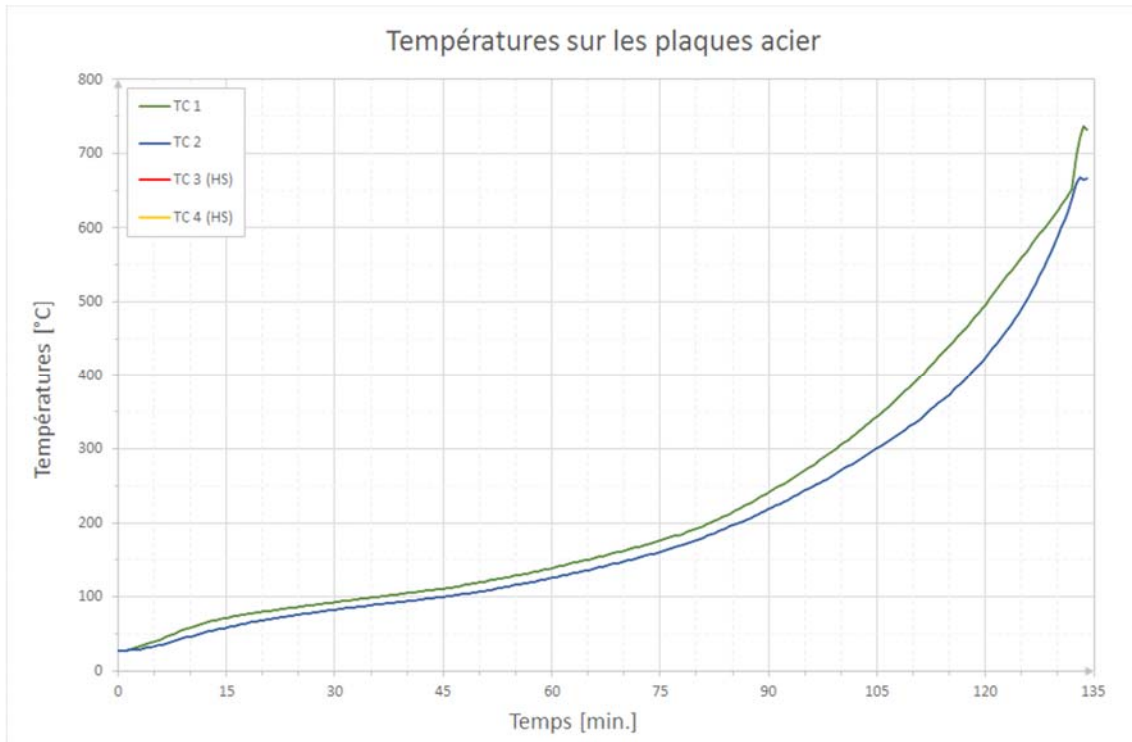


Figure A3.145 : Campagne 2 – Essai 11 – Configuration 4 à 30% R_{moy} – Températures sur les plaques acier

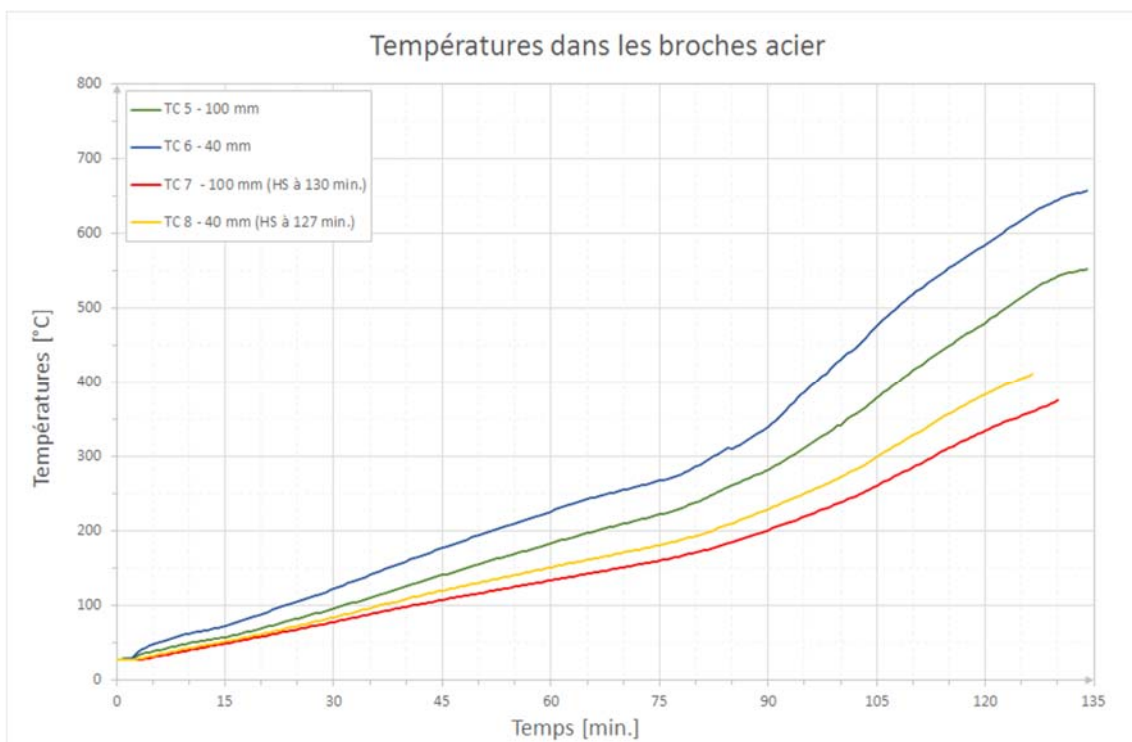


Figure A3.146 : Campagne 2 – Essai 11 – Configuration 4 à 30% R_{moy} – Températures dans les broches acier

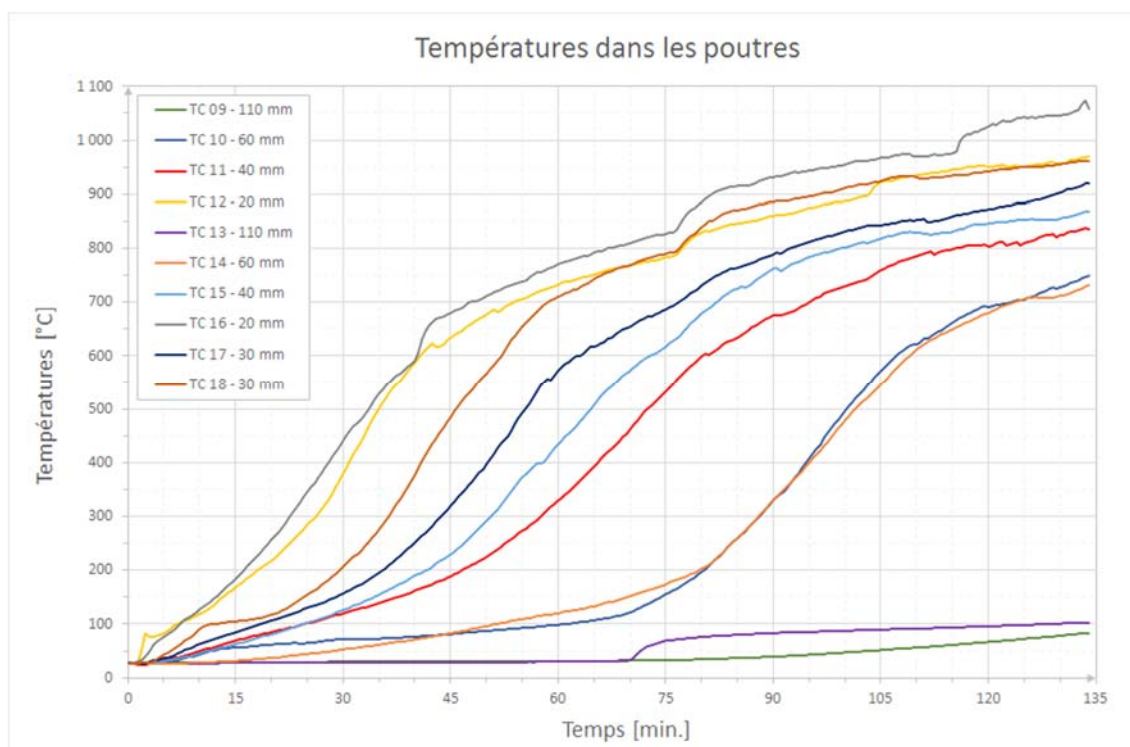


Figure A3.147 : Campagne 2 – Essai 11 – Configuration 4 à 30% R_{moy} – Températures dans les poutres

Annexe 4 : Photos de différentes configurations testées

Campagne 1 – Configuration 1



Figure A5.1 : Campagne 1 – Configuration 1 – Assemblage avant essai



Figure A5.2 : Campagne 1 – Configuration 1 – Assemblage après essai



Figure A5.3 Campagne 1 – Configuration 1 – Assemblage après essai

Campagne 1 – Configuration 2



Figure A5.4 : Campagne 1 – Configuration 2 – Assemblage avant essai



Figure A5.5 : Campagne 1 – Configuration 2 – Assemblage après essai



Figure A5.6 : Campagne 1 – Configuration 2 – Assemblage après essai

Campagne 1 – Configuration 1'



Figure A5.7 : Campagne 1 – Configuration 1' – Assemblage avant essai



Figure A5.8 : Campagne 1 – Configuration 1' – Assemblage après essai



Figure A5.9 : Campagne 1 – Configuration 1' – Assemblage après essai

Campagne 2 – Configuration 1



Figure A5.10 : Campagne 2 – Configuration 1 – Assemblage avant essai



Figure A5.11 : Campagne 2 – Configuration 1 – Assemblage après essai



Figure A5.12 : Campagne 2 – Configuration 1 – Assemblage après essai

Campagne 2 – Configuration 2

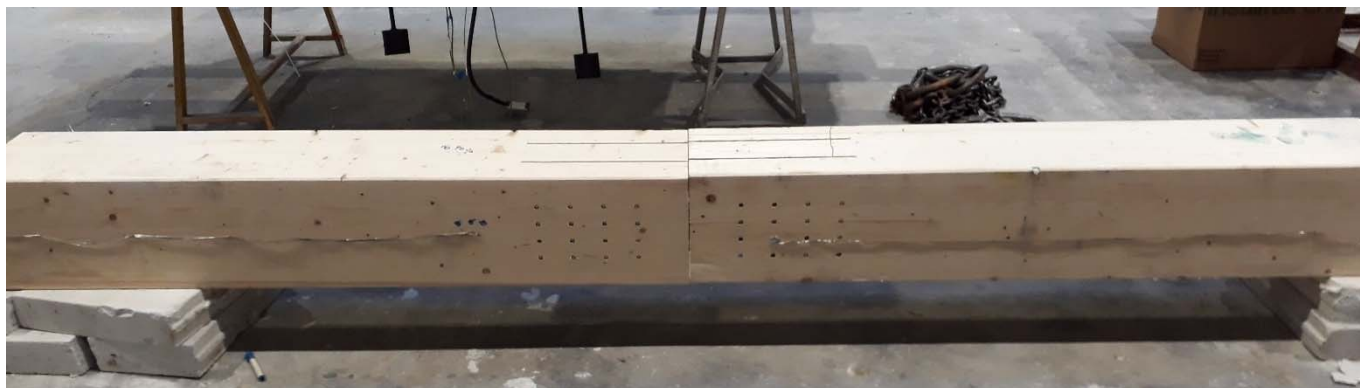


Figure A5.13 : Campagne 2 – Configuration 2 – Assemblage après essai



Figure A5.14 : Campagne 2 – Configuration 2 – Assemblage après essai



Figure A5.15 : Campagne 2 – Configuration 2 – Assemblage après essai

Campagne 2 – Configuration 3



Figure A5.16 : Campagne 2 – Configuration 3 – Assemblage après essai



Figure A5.17 : Campagne 2 – Configuration 3 – Assemblage après essai

Campagne 2 – Configuration 4



Figure A5.18 : Campagne 2 – Configuration 4 – Assemblage après essai



Figure A5.19 : Campagne 2 – Configuration 4 – Assemblage après essai

Fin des annexes



A D I V B O I S
www.ativbois.org