



DIRECTION SECURITE, STRUCTURES, FEU

Division Essais Résistance au feu

RAPPORT D'ESSAIS N° RS12-099

RESISTANCE AU FEU DES PAROIS A OSSATURE BOIS

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

Ce rapport d'essais atteste uniquement des caractéristiques de l'objet soumis aux essais et ne préjuge pas des caractéristiques de produits similaires. Il ne constitue pas une certification de produits au sens des articles L 115-27 à L 115-33 et R115-1 à R115-3 du code de la consommation.

L'élément, objet du présent rapport, a été choisi en collaboration avec le demandeur.

En cas d'émission du présent rapport par voie électronique et/ou sur support physique électronique, seul le rapport sous forme de support papier signé par le CSTB fait foi en cas de litige. Ce rapport sous forme de support papier est conservé au CSTB pendant une durée minimale de 10 ans.

La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Il comporte **9** pages et **27** pages d'annexes.

A LA DEMANDE DE :

DHUP

Tour PASCAL A

92055 LA DEFENSE Cedex

CODIFAB

28, Bis Avenue Daumesnil

75012 PARIS

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT

SIÈGE SOCIAL > 84 AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2

TÉL. (33) 01 64 68 83 26 | FAX. (33) 01 64 68 83 35 | www.cstb.fr

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

OBJET

Essai de comportement au feu d'un plancher/toiture bois protégé (Configuration n° 2)

TEXTES DE REFERENCE

- Arrêté du 22 mars 2004 modifié
- NF EN 1363-1 (mars 2013)

NOTA : Les essais ont été réalisés selon le programme thermique de la norme NF EN 1363-1 (mars 2013)

NATURE DE L'ESSAI

Evaluation d'un système de protection rapporté en sous face d'une paroi horizontale à ossature bois

DATE DE RECEPTION DE L'OBJET SOUMIS A L'ESSAI

01/10/2012

DATE DE L'ESSAI

06/11/2012

PROVENANCE ET CARACTERISTIQUES DES ECHANTILLONS

Les échantillons ont été conçus par le Comité Technique de l'Action 33, Sous-Action 1 de l'avenant à la convention CSTB-DHUP n° 0000494 notifiée le 29/12/2009.

Il a été convenu que ces échantillons soient fournis et fabriqués par le CSTB et d'éventuels sous-traitants.

OPERATEURS

	Opérateurs	Tuteur(s) / Tutrice(s)
Responsable des essais	José PESTANA	-
Assistant(s) (es) du responsable d'essai	-	-
Pilotes de conduite du four	Jean François MOLLER	Paulo PANGIA N'GANI
Assistants du pilote de conduite du four	Anthony GARCIA	Stéphane CHARUEL

Fait à Marne-la-Vallée, le 20 août 2013

Responsable du Pôle

« Division Essais Résistance au feu »



Romuald AVENEL

1 DESCRIPTION DE L'ÉLÉMENT

NOTA : Les dimensions sont données en [mm].

Les plans de l'élément de construction, objet de ce rapport d'essais, sont ceux fournis par le CSTB sur la base du Comité Technique de l'Action 33, Sous-Action 1 de l'avenant à la convention CSTB-DHUP n° 0000494 notifiée le 29/12/2009.

1.1 Principe de l'ensemble

Il s'agit d'un plancher, de dimensions 4600 x 2970 (h x l), constitué d'une ossature, réalisée par des solives en bois, recouvert d'un revêtement en panneau OSB et protégé en sous face par un écran horizontal réalisé par un plafond suspendu isolé.

1.2 Nomenclature des composants

1.2.1 NOMENCLATURE DES COMPOSANTS (PLANCHER SUPPORT DE REFERENCE)

DESIGNATION	REFERENCE	MATERIAUX	CARACTERISTIQUES	FOURNISSEUR
Solives	EPICEA Repère [01a]	Bois résineux	Section : 175 x 63 M.V théorique : 450 kg/m ³	DIVERS
Entretoises	EPICEA Repère [01b]	Bois résineux	Section : 175 x 63 M.V théorique : 450 kg/m ³	DIVERS
Fixations		Acier bichromaté	Ø 6 x 120	DIVERS
Revêtement de sol	OSB/3 Repère [02]	Panneau à copeaux orientés	Epaisseur : 15 M.V théorique : 600 à 700 kg/m ³	DIVERS

Plan du plancher support de référence

⇒ Voir annexe n° 1

1.2.2 DESCRIPTION DU PLANCHER SUPPORT DE REFERENCE

Il est constitué d'une ossature vissée en bois résineux supportant des panneaux de sol en OSB.

Sept solives, de section 175 x 63, de longueur 4474 et espacées de 600 en partie courante, sont maintenues, à chaque extrémité, par une solive identique de longueur 2940. Ces appuis transversaux sont renforcés par des entretoises réalisées par des tronçons de solives identiques.

Les solives, disposées parallèlement au grand axe du four, reposent ainsi sur les rives transversales de celui-ci.

L'ossature reçoit en surface un sol en panneaux OSB. Ceux-ci sont mis en œuvre assemblés à bord droit et maintenus vissés sur les éléments de l'ossature du plancher.

Verticalement, sur chaque longueur et largeur du plancher, une plaque de panneau inerte, formant les jupes du plancher, simule un départ de mur.

1.2.3 NOMENCLATURE DES COMPOSANTS DE L'ECRAN HORIZONTAL (PLAFOND SUSPENDU)

DESIGNATION	REFERENCE	MATERIAUX	CARACTERISTIQUES	FOURNISSEUR
Coulisse(s)	STIL® F530	Acier galvanisé	Epaisseur : 0,6 L de 30 x 20	PLACOPLATRE
Fixation coulisses		Acier nickelé	Vis Ø 4,5 x 25 2 vis par suspentes	DIVERS
Parements double peau	BA13 Type A	A base plâtre	Dim HT : 2500 x 1200 (h x l) Epaisseur : 12,5	PLACOPLATRE
Fixation 1 ^{ère} peau	STILVIS TTPC	Acier phosphaté	Vis Ø 4,5 x 25 Pas moyen : 600	PLACOPLATRE
Fixation 2 ^{ème} peau	STILVIS TTPC	Acier phosphaté	Vis Ø 4,5 x 35 Pas moyen : 250	PLACOPLATRE
Enduit	PREGYLIS™ 35PR	A base plâtre	Mise en œuvre à la spatule Sac de 25 kg	DIVERS
Bande à joint		Papier	Largeur : 50 Epaisseur : 0,2	DIVERS

1.2.4 DESCRIPTION DE L'ECRAN HORIZONTAL

Des fourrures sont disposées perpendiculairement aux solives du plancher support au pas maxi de 600. Un jeu de 10 est ménagé à leurs extrémités.

Ces fourrures sont maintenues aux solives du plancher support par des suspentes vissées sur une même face d'une solive à une autre au pas de 600. Un plénum de 300 est ainsi maintenu entre le talon des solives et le plan d'appui de l'écran sur les fourrures. La première suspente est positionnée à 63 de chaque rive longitudinale du plancher.

Un matelas isolant, réalisé par des lés d'un seul tenant juxtaposés à bord franc et sans jeu ou mis en vrac, repose perpendiculairement sur les fourrures sans liaison ou maintien mécanique.

Un écran, réalisé par une double peau en BA13, prend place à l'intérieur de chaque travée du plancher. Il est ainsi tendu entre les coulisses avec lesquelles il est maintenu mécaniquement par des vis disposées au pas de 600 pour la première peau et 250 pour la deuxième peau.

Les joints d'assemblage entre plaques de plâtre sont traités à l'enduit plâtre de finition dans lequel est marouflée une bande à joint.

1.2.5 NOMENCLATURE DES COMPOSANTS (ISOLANT THERMIQUE)

DESIGNATION	REFERENCE	MATERIAUX	CARACTERISTIQUES	FOURNISSEUR
Isolant	JET ROCK	Laine de roche soufflée	Epaisseur ≈ 300 M.V théorique : 20 kg/m ³	ROCKWOOL France

Plans de l'élément de construction

⇒ Voir annexes n° 2 à 3

2 MONTAGE D'ESSAIS

Le montage de la paroi horizontale et de l'écran horizontal (ossature et plafond suspendu) ont été sous-traités au CSTB à la demande et en suivant les recommandations du demandeur.

L'élément d'essais a été conservé dans les conditions ambiantes de la halle du laboratoire.

Photos prises pendant le montage

⇒ Voir annexes n° 4 à 5

3 MODALITES DE L'ESSAI

3.1 Sens du feu

Feu en sous face de l'écran horizontal (faux-plafond).

3.2 Programme thermique

Le programme thermique suivi est représenté par la fonction :

$$(ISO) : T = 20 + 345 \cdot \log_{10}(8t + 1)$$

Cette fonction donne l'élévation de température du four au-dessus de l'ambiante en degrés [°C], en fonction du temps en minutes.

4 MESURES EFFECTUEES PENDANT L'ESSAI DE RESISTANCE AU FEU

4.1 Températures du four

Les positions et les repères des prises de température sont indiqués à l'annexe n° 6.

Les températures sont mesurées à l'aide de six pyromètres à plaque et enregistrées durant l'essai, conformément au paragraphe 9.1.1 de la norme NF EN 1363-1 (mars 2013).

⇒ Voir les enregistrements et les calculs :

Élévation moyenne : TC n°. F01 à F06

⇒ Voir l'annexe n° 7

Tolérances de pilotage

⇒ Voir l'annexe n° 8

4.2 Pression dans le four

L'élément d'essais est soumis sur toute sa surface y compris sa périphérie, à une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du four de 20 [Pa] maintenue en sous face de l'élément de construction, conformément au paragraphe 5.2 de la norme NF EN 1363-1 (mars 2013) et au paragraphe 9.2.2 de la norme NF EN 1363-1 (mars 2013).

⇒ Voir les enregistrements

Evolution de la mesure de pression :

⇒ Voir l'annexe n° 9

4.3 Températures de l'élément

Les positions et les repères des prises de température sont indiqués à l'annexe n° 10.

Les températures sont mesurées à l'aide de thermocouples de type K et enregistrées durant l'essai, conformément au paragraphe 9.1.2 de la norme NF EN 1363-1 (mars 2013).

⇒ Voir les enregistrements

⇒ Voir annexes n° 11 à 18

5 OBSERVATIONS

5.1 Observations pendant essais

Temps	Face exposée	Face non exposée
0 h 00 min 00 s	Début de l'essai Température ambiante : 12 °C.	
0 h 01 min 20 s	Inflammation des solives et noircissement du parement cartonné des plaques de plâtre.	
0 h 01 min 30 s	Inflammation et destruction du parement cartonné des plaques de plâtre. Celles-ci sont noircies et couvertes de copeaux incandescents.	
0 h 02 min 00 s	Amoindrissement des inflammations au niveau des plaques de plâtre. Début de la chute de l'enduit de finition avec destruction des bandes à joints.	
0 h 02 min 30 s	Inflammation au niveau des solives entrecoupées d'éclatements intempestifs avec projection de particules incandescentes.	
0 h 04 min 30	Intensification des inflammations au niveau des solives. Poursuite de la chute de l'enduit de finition. Les joints d'assemblage sont rendus visibles avec une présence de résidus incandescents de bandes à joint le long de leur arête. Les joints d'assemblage semblent jointifs et affleurants.	
0 h 06 min 00 s	Les éclatements comme repérés à 2 minutes et 30 secondes d'essai se produisent à des fréquences plus rapprochées. Carbonisation avancée des solives.	Aucune évolution notable.
0 h 09 min 00 s	Chute complète de l'enduit au niveau de tous les joints d'assemblage entre plaques de plâtre. Les joints d'assemblage sont jointifs et affleurants. Début du blanchiment des plaques de plâtre depuis le centre de chaque travée du plancher.	

Temps	Face exposée	Face non exposée
0 h 10 min 00 s	Chutes éparses de morceaux carbonisés en provenance des solives, formant des irrégularités de surface au niveau de leur semelle.	
0 h 11 min 00 s	Accentuation notable des inflammations au niveau des solives et de la fréquence des projections de particules incandescentes qui emplissent le volume du four.	Dégagements ponctuels de fumée au niveau de tous les joints d'assemblage entre panneaux de sol du plancher, notamment côté bords longitudinaux.
0 h 15 min 00 s	Au niveau de chaque travée, les plaques de plâtre sont cintrées vers le feu et perpendiculairement aux solives. Ouverture des joints d'assemblage entre plaques de plâtre de 10 environ avec un léger désaffleurement.	
0 h 16 min 00 s	Très vive inflammation des solives dont des morceaux carbonisés chutent au rythme des projections de plus en plus soutenues.	
0 h 19 min 00 s	Chute des plaques de plâtre de la 2 ^{ème} peau dans la moitié SUD de la travée centrale du plancher. Vive et brève inflammation du parement cartonné des plaques de plâtre de la 1 ^{ère} peau mises à nu. Elles sont recouvertes de copeaux incandescents qui chutent rapidement. Au niveau des autres travées, les plaques de plâtre de la 2 ^{ème} peau sont fracturées sur toute leur largeur avec des ouvertures de 15 à 20 environ. Ces dernières semblent en équilibre précaire.	
0 h 21 min	Au niveau de la travée centrale, poursuite de la chute des plaques de plâtre de la 2 ^{ème} peau vers le NORD du plancher. Vive et brève inflammation du parement cartonné des plaques de plâtre de la 1 ^{ère} peau mises à nu. Elles sont recouvertes de copeaux incandescents qui chutent rapidement. Les joints d'assemblage entre plaques de plâtre de la 1 ^{ère} peau sont ouverts de 15 environ. Très importante carbonisation des solives.	Accentuation des dégagements de fumée au niveau des joints d'assemblage longitudinal et transversal entre panneaux situés au centre du plancher.

Temps	Face exposée	Face non exposée
0 h 22 min	<p>Les chutes de plaques de plâtre de la 2^{ème} peau concernent désormais toutes les travées du plancher.</p> <p>Ces chutes se caractérisent par des plaques de plâtre qui se déchirent transversalement en s'affaissant.</p> <p>Vive et brève inflammation du parement cartonné des plaques de plâtre de la 1^{ère} peau mises à nu. Elles sont recouvertes de copeaux incandescents qui chutent rapidement.</p> <p>Les plaques de plâtre de la 1^{ère} peau rendues visibles ne présentent pas de déformation notable malgré une ouverture de leurs joints d'assemblage de 15 environ.</p>	
0 h 26 min 00 s	<p>Chute complète des plaques de plâtre de la 2^{ème} peau. Il reste des résidus épars en lisière des solives qui semblent en équilibre précaire. Ils semblent précairement solidaires des coulisses.</p>	
0 h 29 min 00 s	<p>Chutes de plaques de plâtre de la 1^{ère} peau à mi-longueur de la travée centrale du plancher qui se propagent rapidement aux autres travées situées côté rives OUEST. Les chutes se propagent vers le NORD du plancher.</p> <p>Destruction rapide du matelas isolant aux endroits découverts avec une très importante inflammation.</p>	
0 h 31 min 00 s	<p>Poursuite des chutes de plaques de plâtre de la 1^{ère} peau sur toute la surface du plancher.</p> <p>Très importante inflammation au niveau des travées du plancher dont les panaches emplissent rapidement le volume du four.</p>	
0 h 32 min 00 s	<p>Les éléments d'ossature du plafond sont rendus visibles au niveau de toutes les travées et semblent ne pas présenter de déformations notables.</p>	<p>Intensification des dégagements de fumée entre panneaux de sol du plancher au niveau des joints d'assemblage longitudinal et transversal centraux, avec brunissement de leurs arêtes.</p>
0 h 39 min 00 s	<p>Inflammation généralisée. Observations rendues impossibles.</p>	<p>Côté SUD du plancher, Noircissement avec ouverture à mi-longueur du joint d'assemblage transversal entre panneaux de sol.</p> <p>Test du coton : inflammation.</p> <p>FIN DES CRITERES D'ETANCHEITE AU FEU ET DE L'ISOLATION THERMIQUE.</p>

Temps	Face exposée	Face non exposée
0 h 40 min 00 s	Arrêt de l'essai pour la sécurité du personnel et du matériel.	
0 h 42 min 30 s	Arrosage (extinction de l'inflammation observée en face exposée à 47 minutes.).	

Photos prises avant, durant et à la fin de l'essai

⇒ Voir annexes n° 19 à 27

6 CONCLUSIONS

6.1 ETANCHEITE AU FEU

Inflammation soutenue à	40 minutes (sans échec)
Inflammation du tampon de coton à	39 minutes
Pénétration ou déplacement d'un calibre d'ouverture à	40 minutes (sans échec)

6.2 ISOLATION THERMIQUE

Durée	39 minutes
-------	------------

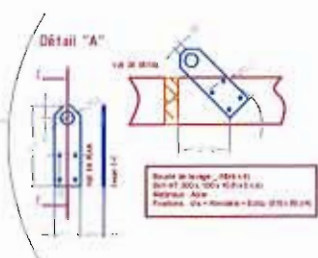
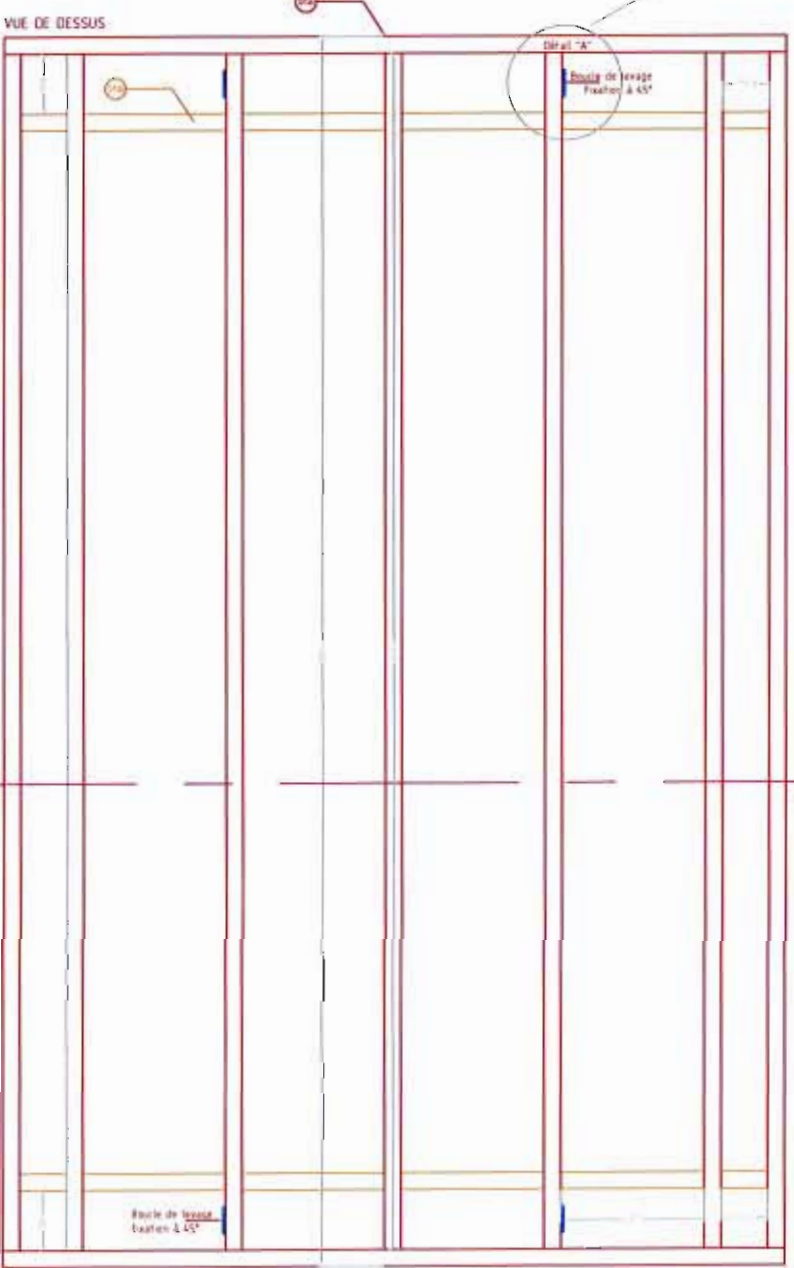
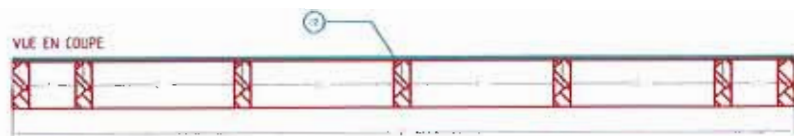
Cause de limitation : fin des critères d'étanchéité au feu

Avertissement

« Le présent rapport donne des détails sur la méthode de construction, les conditions d'essais et les résultats obtenus lorsque l'élément de construction spécifique décrit ici a été soumis aux essais suivant le mode opératoire indiqué dans la NF EN 1363-1 (juin 2000) et éventuellement, dans la NF EN 1363-2 (juin 2000). En ce qui concerne les dimensions, les détails de construction, les chargements, les contraintes et les conditions aux limites ou d'extrémité, tout écart important, autre que ceux autorisés dans le cadre du domaine d'application directe de la méthode d'essai appropriée, n'est pas couvert par le présent rapport ».

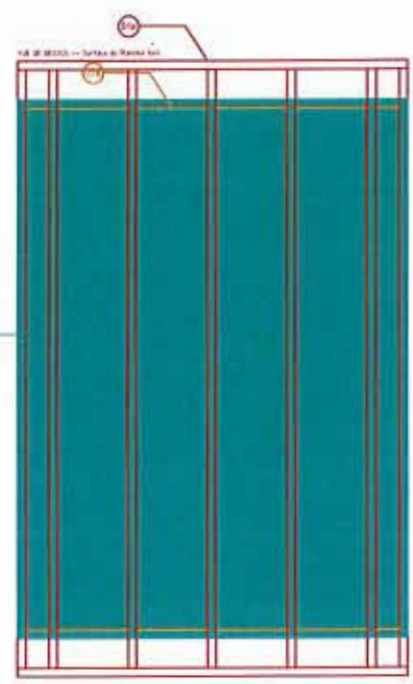
« A cause de la nature des essais de résistance au feu et de la difficulté en résultant à quantifier l'incertitude de mesurage de la résistance au feu, il n'est pas possible de fixer un degré de précision des résultats ».

FIN DU RAPPORT D'ESSAIS



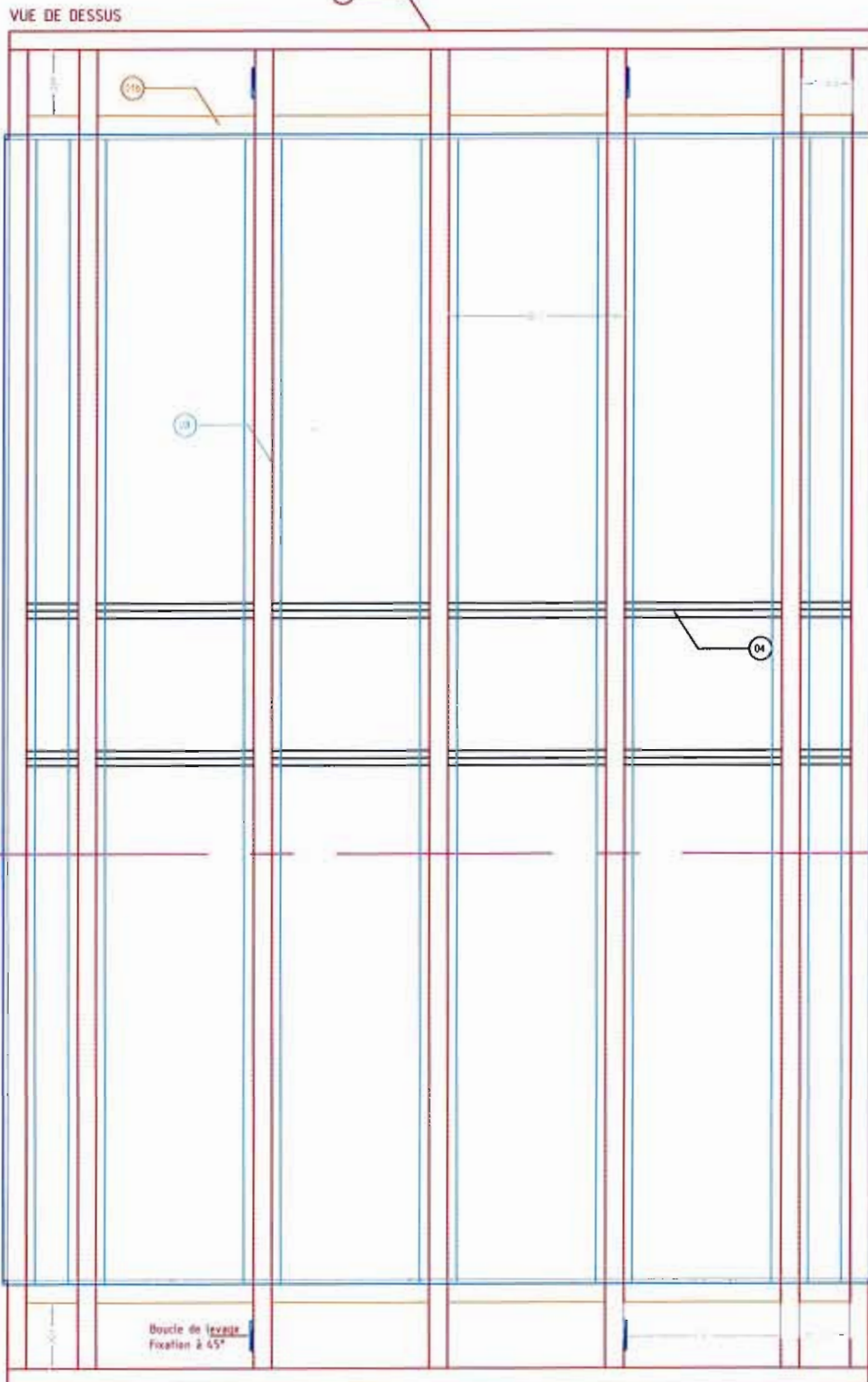
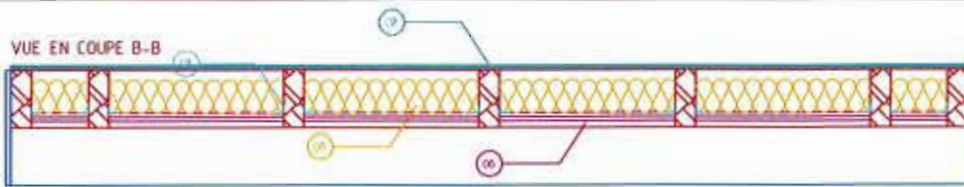
Désignation des repères ci-contre :

01a	Solive(s)	Section 63 x 175 (b x h) [mm]
01b	Entretoise(s)	Section 63 x 175 (b x h) [mm]
02	Plancher OSB/3	Epaisseur 15 [mm]



CE DOCUMENT EST LA PROPRIETE DU CSTB

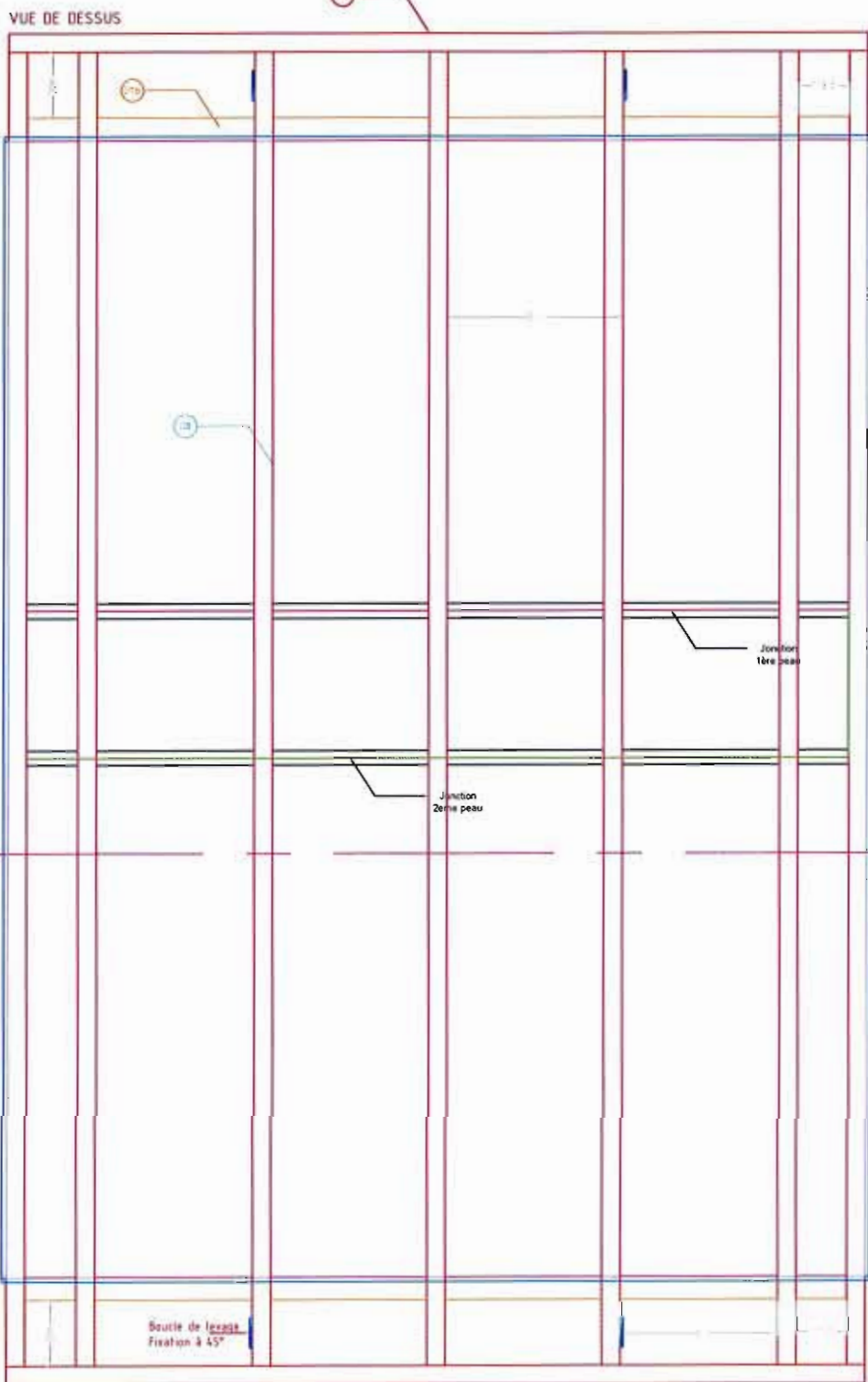
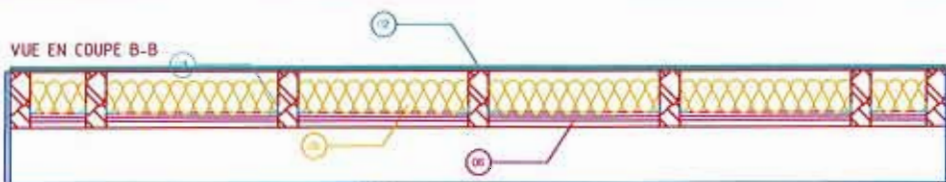
01	05/06/2012	RA	REFERENCEMENT DU DOCUMENT	DESSINE PAR R. AVENEL	VERIFIE PAR C. LEMERLE
00	13/01/2012	RA	CREATION DU DOCUMENT		
Indice	DATE	Par	Designation des modifications		
			Echelle : / Gamme : Config. 02 _ DHUP		
Plan du plancher support				INSTRUMENTE PAR	EXECUTION VERIFIE PAR R. AVENEL



- Désignation des repères ci-contre :**
- 01a Solive(s) Section 63 x 175 (b x h) [mm]
 - 01b Entretoise(s) Section 63 x 175 (b x h) [mm]
 - 02 Plancher OSB/3 Epaisseur 15 [mm]
 - 03 Coulis(es) de rive Type SII Ø F530
 - 04 Fourrure(s) Type SII Ø F530/530
 - 05 Isolant thermique LV - Ep. 100 [mm]
 - 06 Parement(s) Cf. Nomenclature des composants

CE DOCUMENT EST LA PROPRIETE DU CSTB

01	05/06/2012	RA	REFERENCEMENT DU DOCUMENT	DESSINE PAR R. AVENEL	VERIFIE PAR C. LEMERLE
00	13/01/2012	RA	CREATION DU DOCUMENT		
Indice	DATE	Par	Designation des modifications	INSTRUMENTE PAR	EXECUTION VERIFIE PAR R. AVENEL
	Echelle : /	Gamme : Config. 02 _ DHUP			
<h1>Schéma de principe</h1>					



- Désignation des repères ci-contre :
- 01a Solive(s) Section 63 x 175 (b x h) [mm]
 - 01b Entretoise(s) Section 63 x 175 (b x h) [mm]
 - 02 Plancher OSB/3 Epaisseur 15 [mm]
 - 03 Coulisées de rive Type S8I @ F530
 - 04 Fourrure(s) Type S8I @ F530/530
 - 05 Isolant thermique LV - Ep. 100 [mm]
 - 06 Parement(s) Cf. Nomenclature des composants

CE DOCUMENT EST LA PROPRIÉTÉ DU CSTB

01	05/06/2012	RA	REFERENCEMENT DU DOCUMENT	DESSINE PAR R. AVENEL	VERIFIE PAR C. LEMERLE
00	13/01/2012	RA	CREATION DU DOCUMENT		
Indice	DATE	Par	Designation des modifications:	INSTRUMENTE PAR	EXECUTION VERIFIE PAR R. AVENEL
			Echelle : / Gamme : Config. 02 _ DHUP		
Schéma de principe					



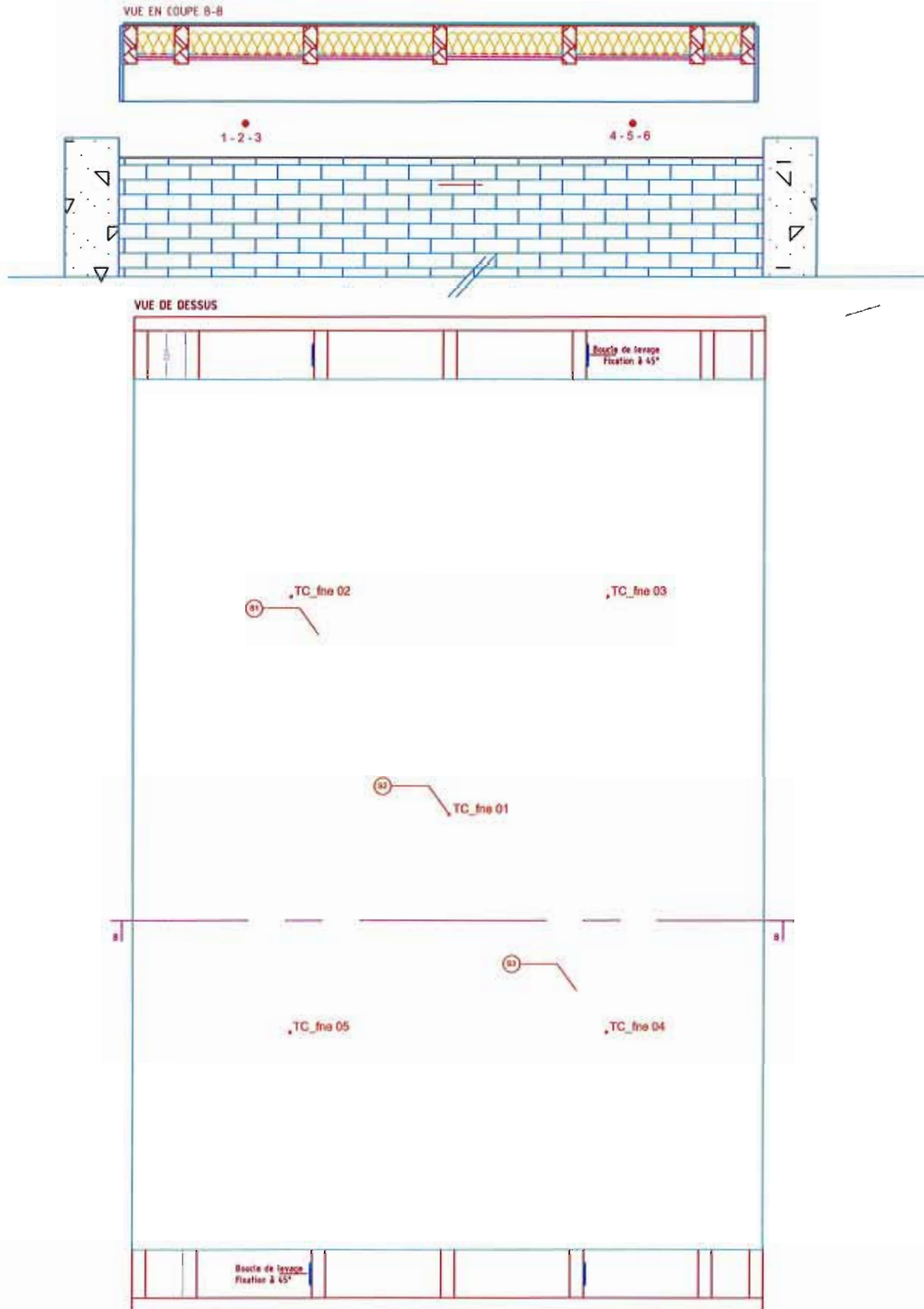
Vues de détails de la mise en œuvre de l'ossature entre les solives





Vues de détail de la mise en œuvre des plaques (1^{er} peau montée)

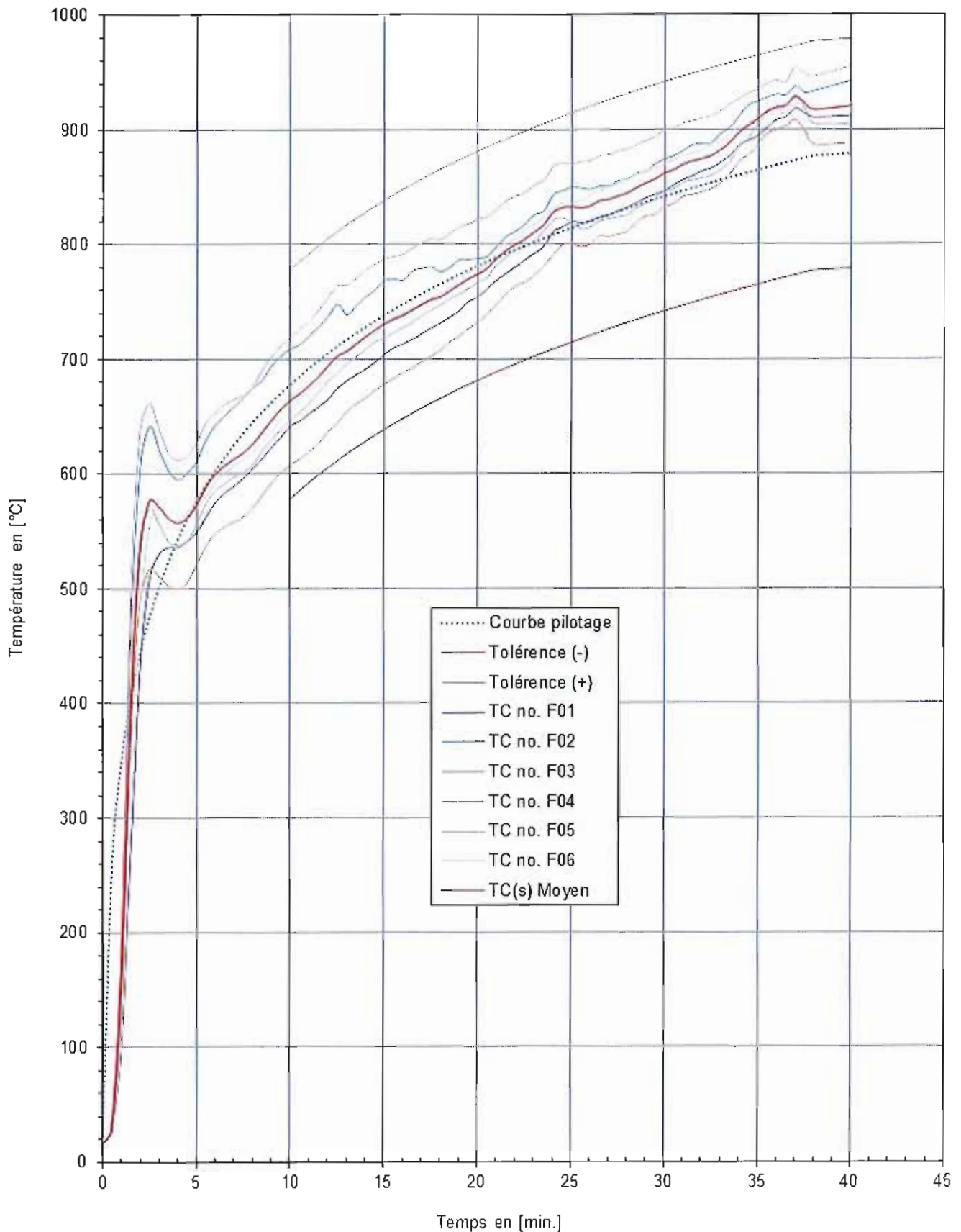




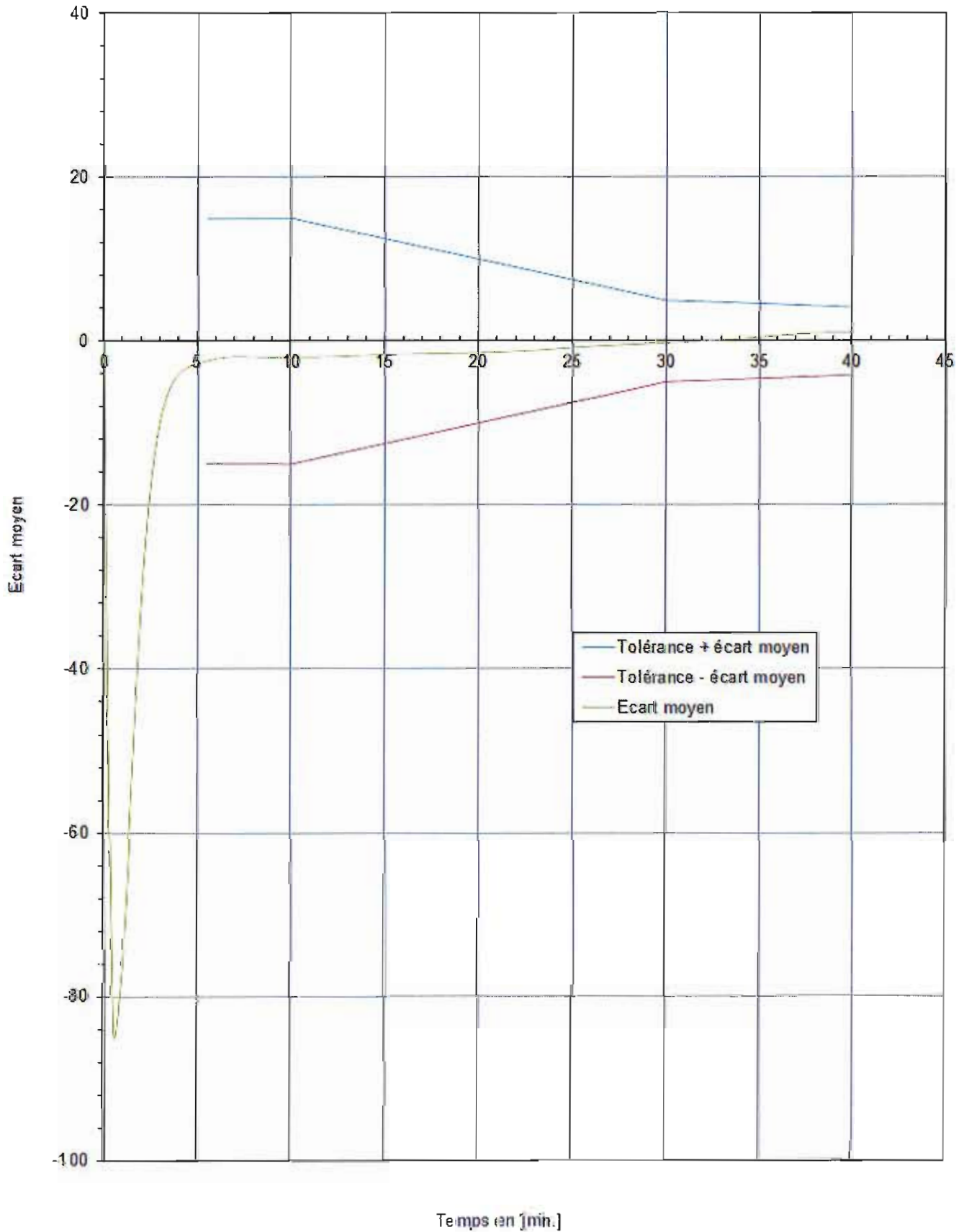
CE DOCUMENT EST LA PROPRIETE DU CSTB

01	05/06/2012	RA	REFERENCEMENT DU DOCUMENT	DESSINE PAR R. AVENEL	VERIFIE PAR C. LEMERLE
00	13/01/2012	RA	CREATION DU DOCUMENT		
Indice	DATE	Par	Designation des modifications	INSTRUMENTE PAR	EXECUTION VERIFIE PAR R. AVENEL
Echelle : /			Gamme : Config. 02 _ DHUP		
<h1>INSTRUMENTATION DU FOUR</h1>					

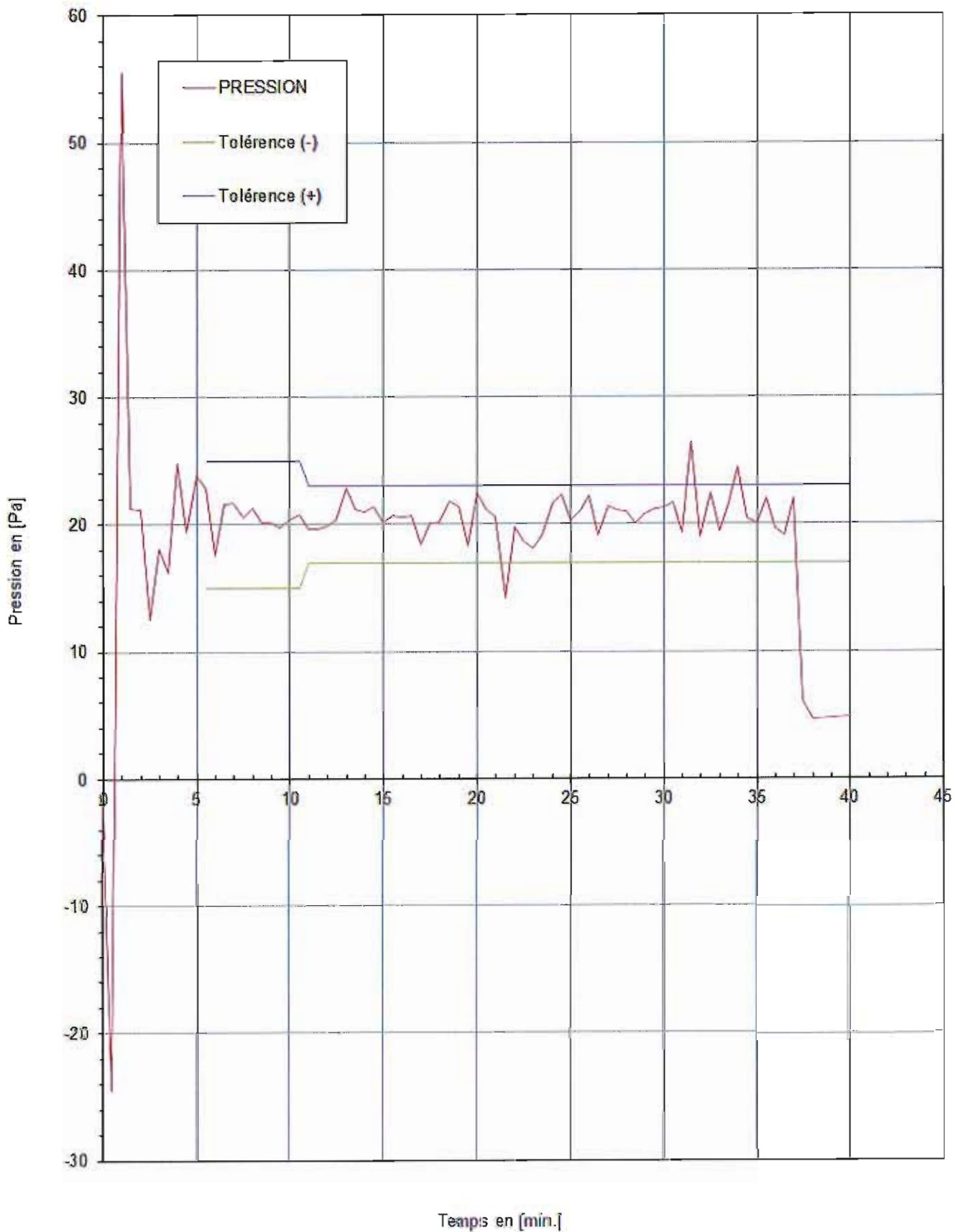
CONDUITE DU FOUR

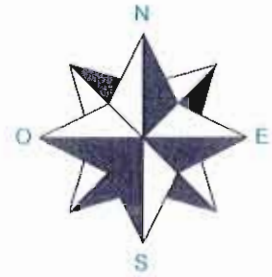
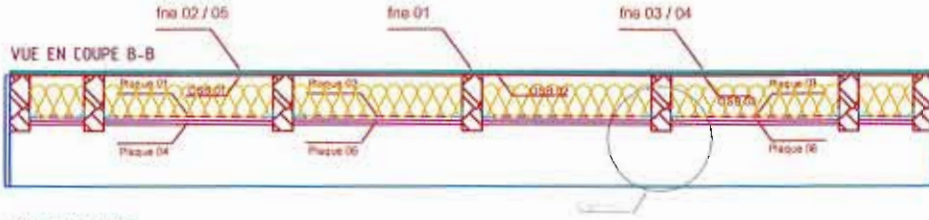


TOLERANCE DE CONDUITE DU FOUR
SUIVANT LA NORME NF EN 1363-1 : 2000

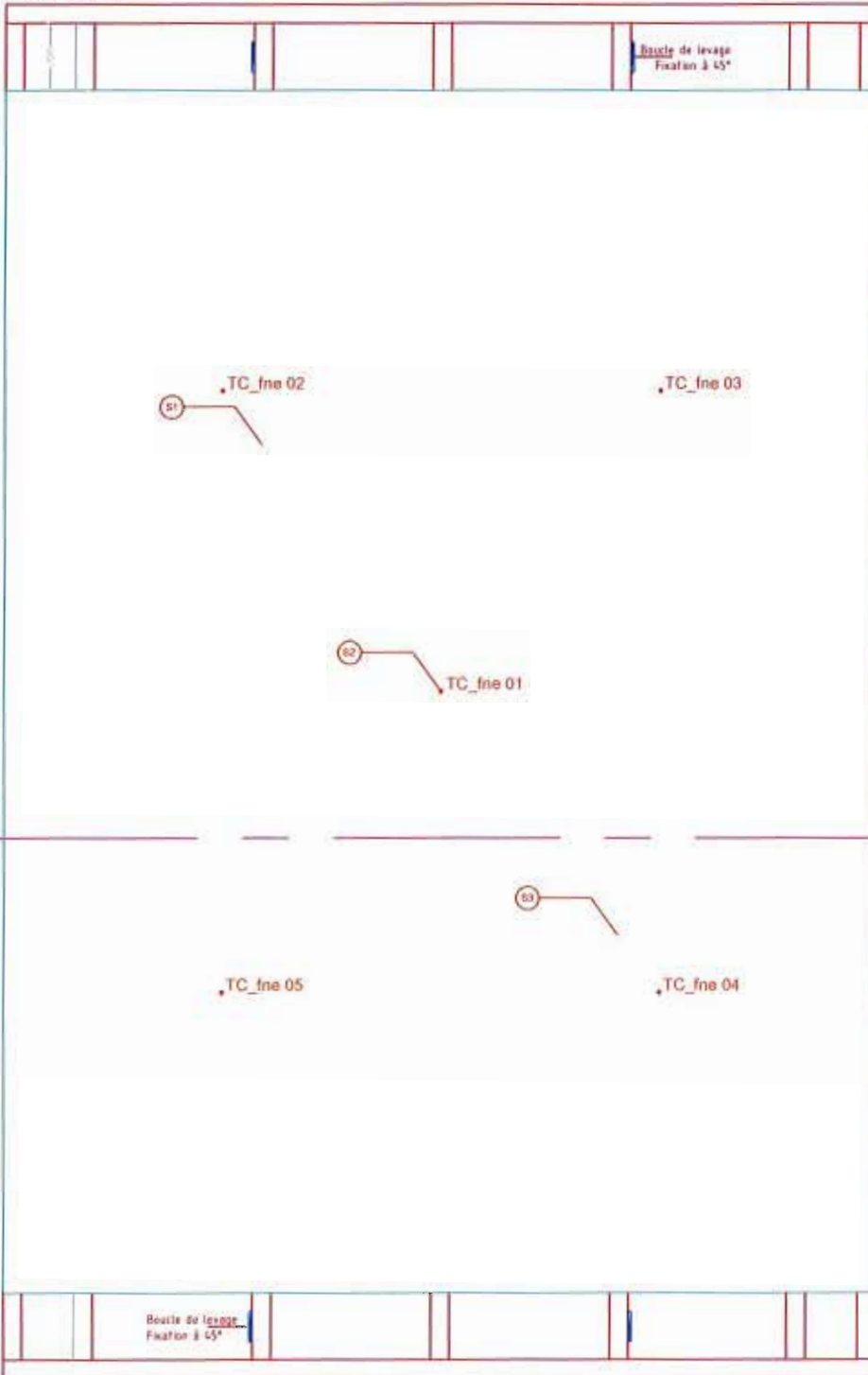


EVOLUTION DE LA MESURE DE PRESSION
A 100 [MM] DE LA FACE EXPOSEE





VUE DE DESSUS



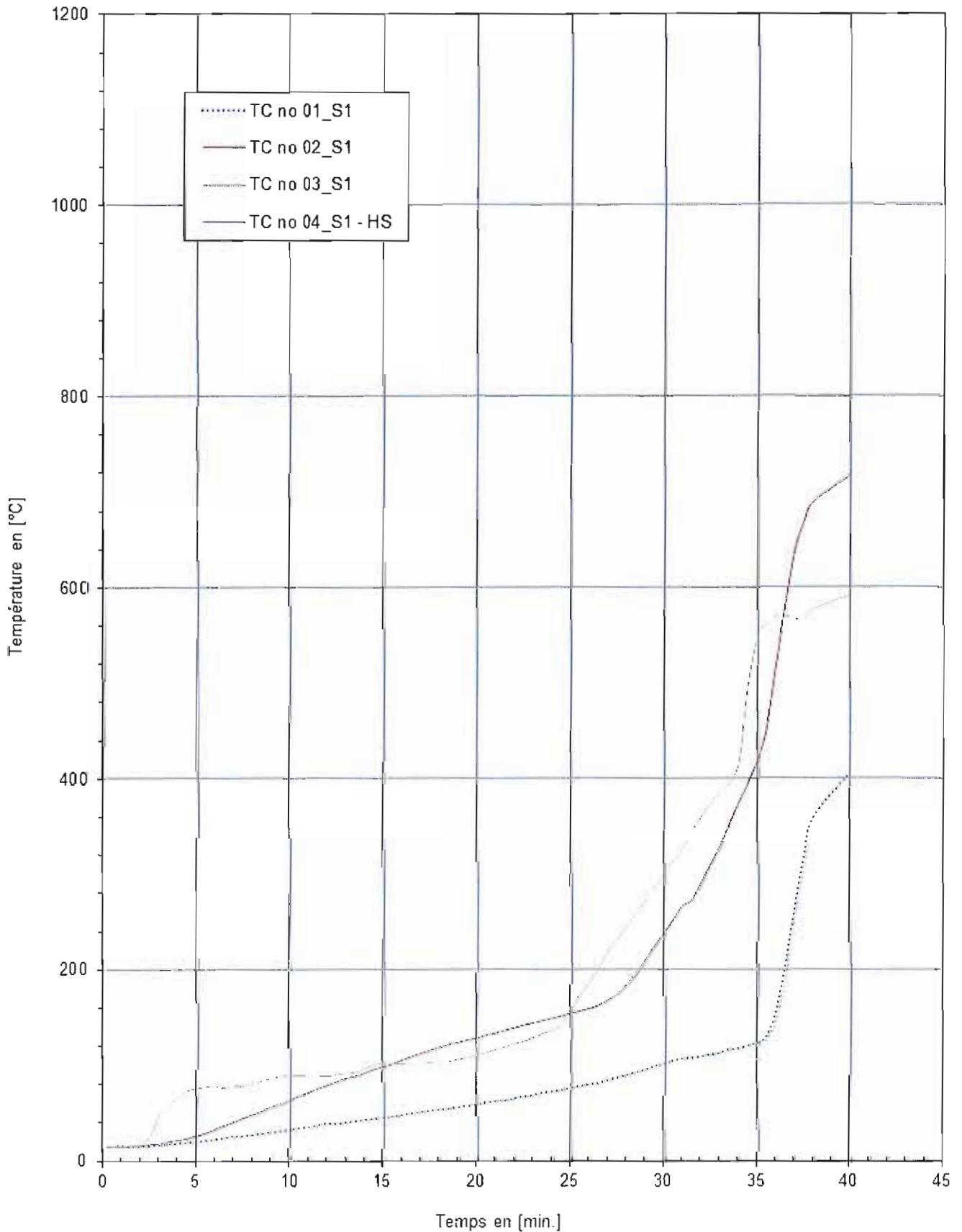
DETAL TC no 01 à 04

NOTA : le X correspond au numéro de la section

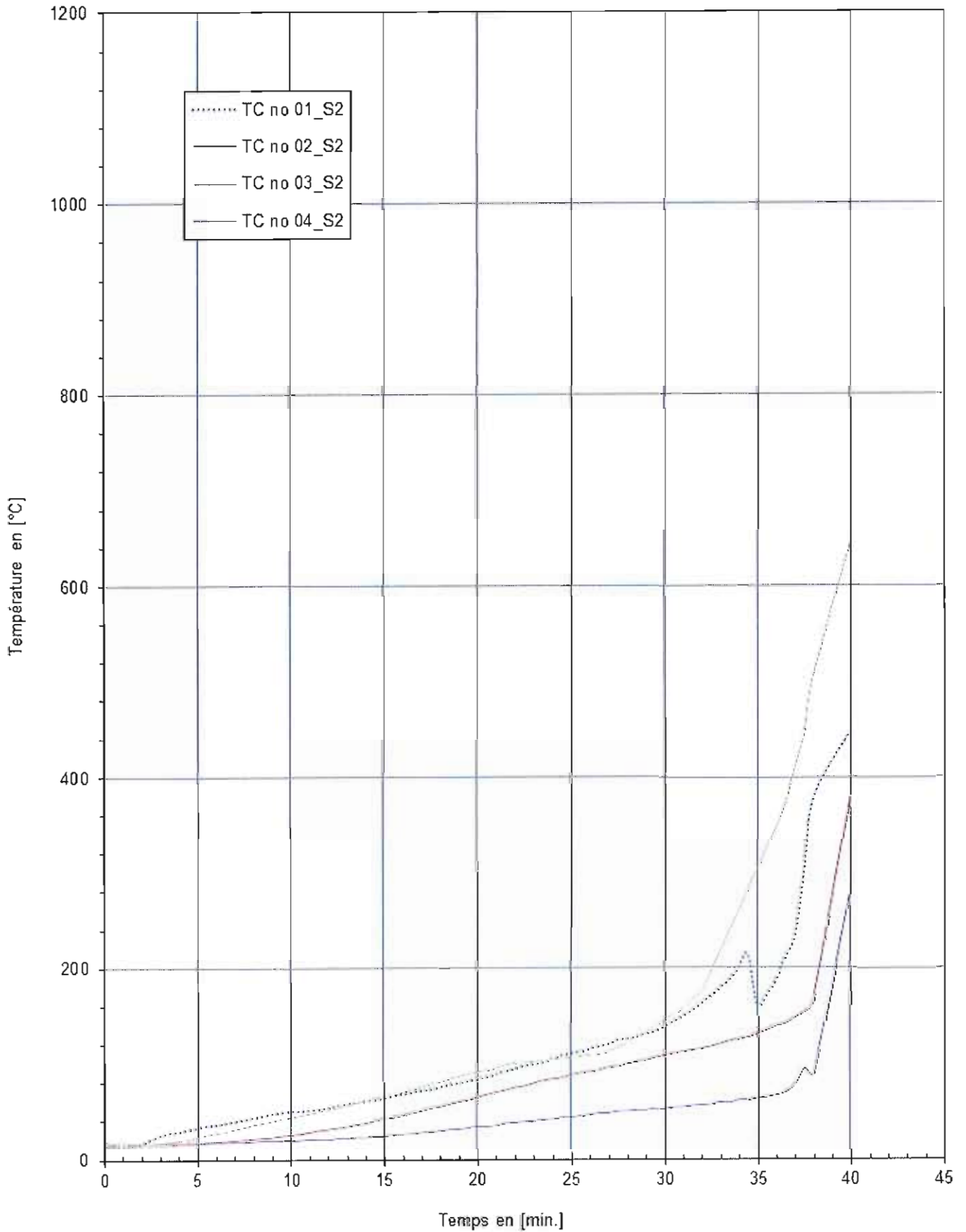
CE DOCUMENT EST LA PROPRIETE DU CSTB

01	05/06/2012	RA	REFERENCEMENT DU DOCUMENT	DESSINE PAR R. AVENEL	VERIFIE PAR C. LEMERLE
00	13/01/2012	RA	CREATION DU DOCUMENT		
Indice	DATE	Par	Designation des modifications	INSTRUMENTE PAR	EXECUTION VERIFIE PAR R. AVENEL
			Echelle : / Gamme : Config. 02 _ DHUP		
Instrumentation de la paroi					

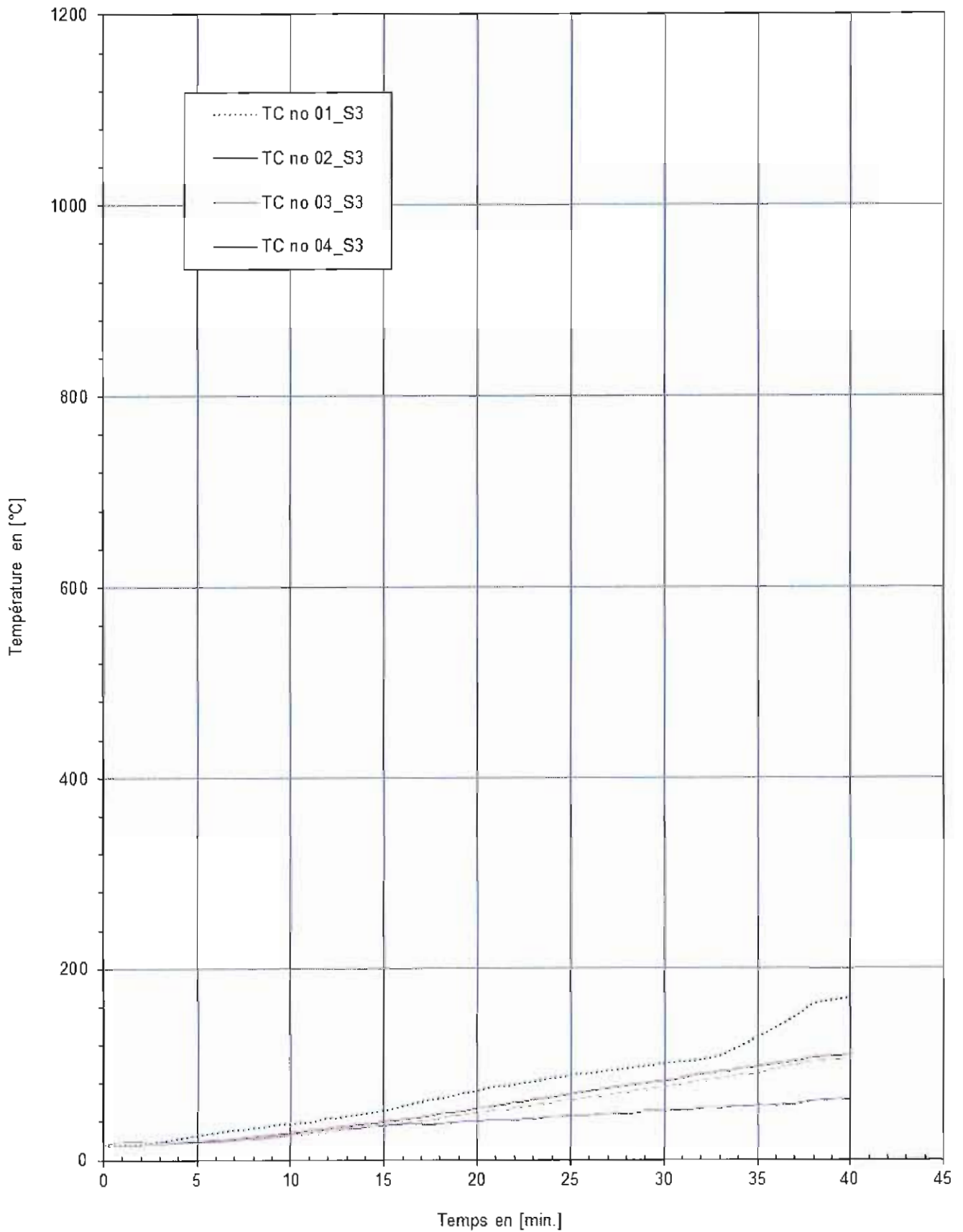
ECHAUFFEMENT DES SOLIVES



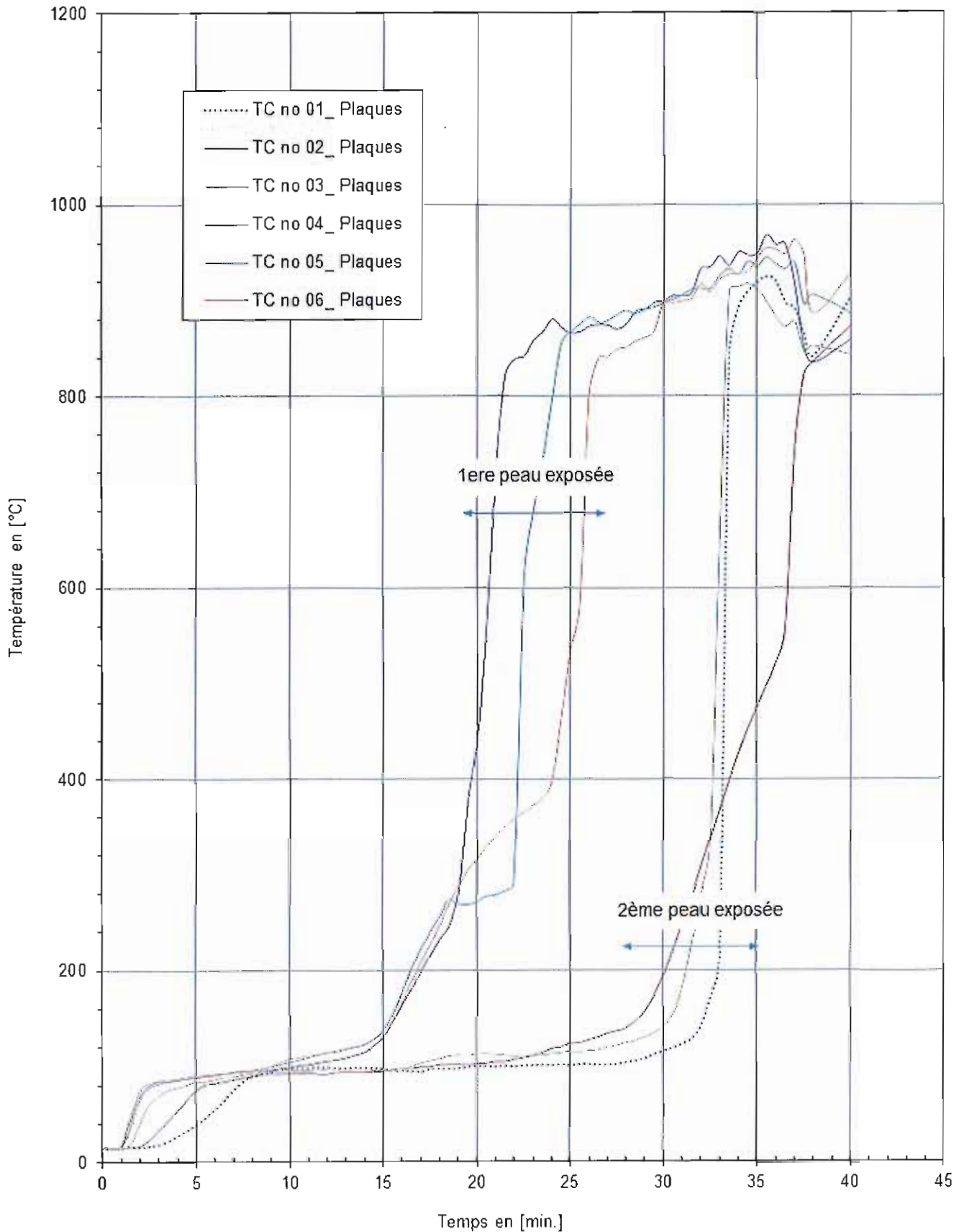
ECHAUFFEMENT DES SOLIVES



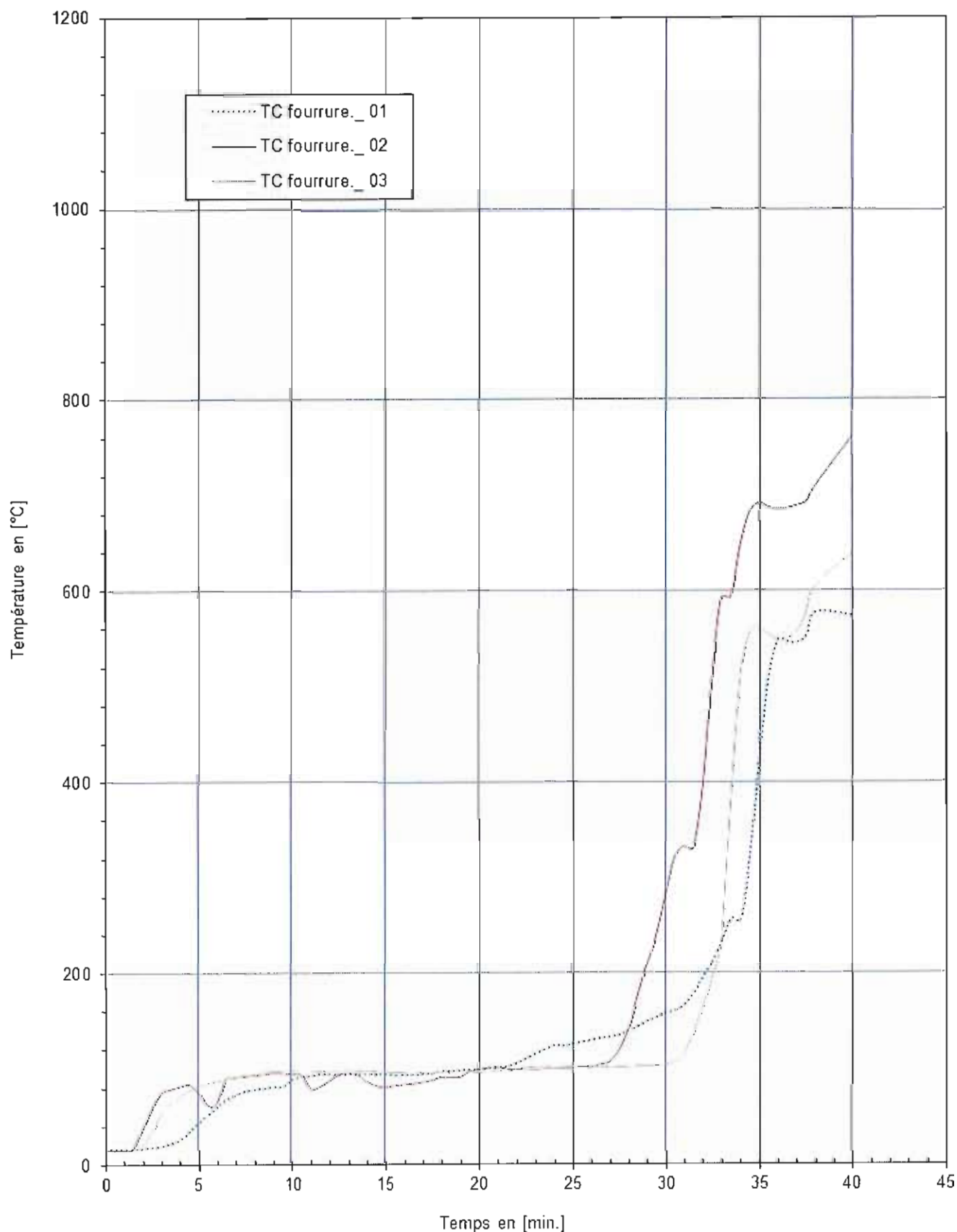
ECHAUFFEMENT DES SOLIVES



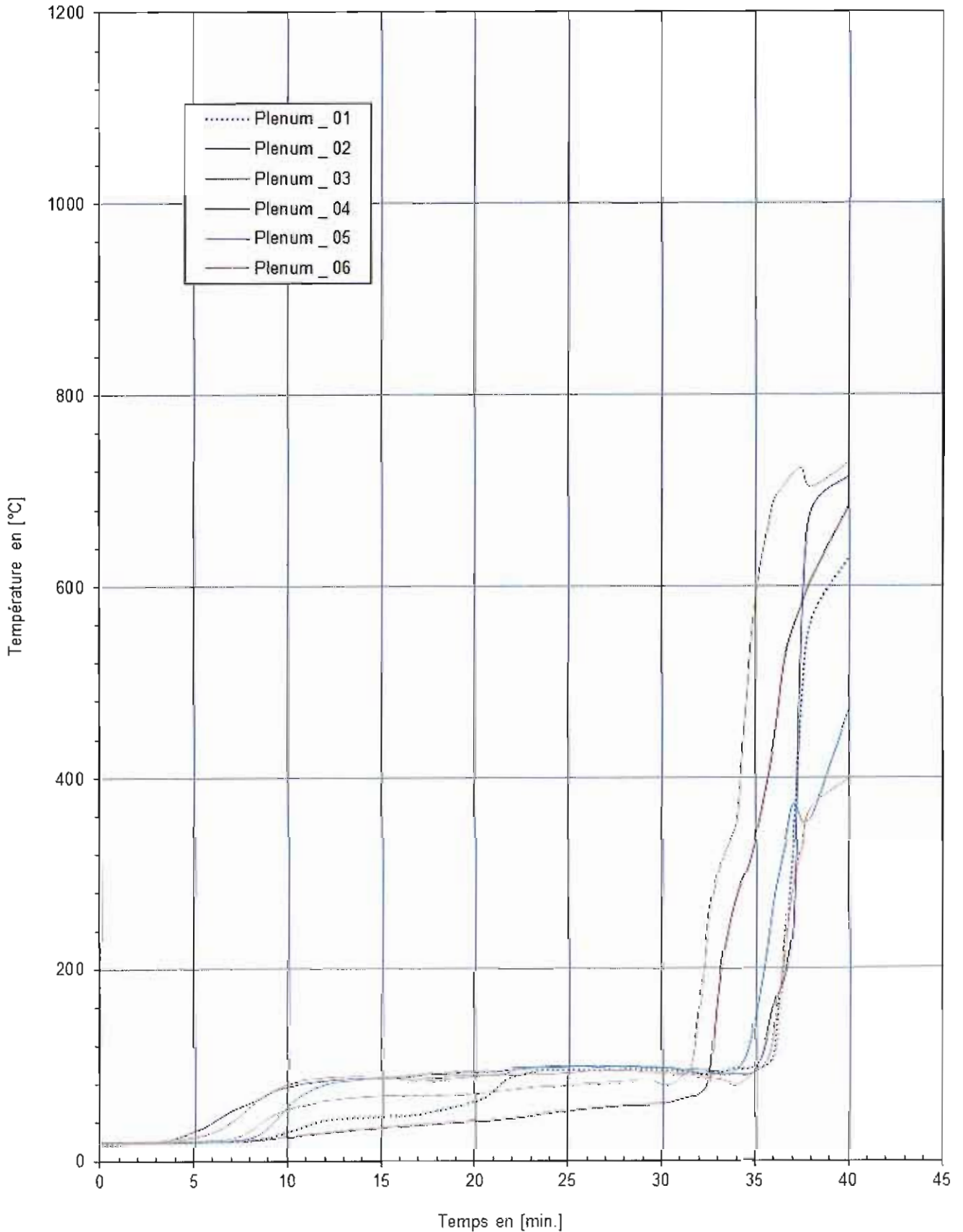
ECHAUFFEMENT AU DOS DES PLAQUES DE PLATRE



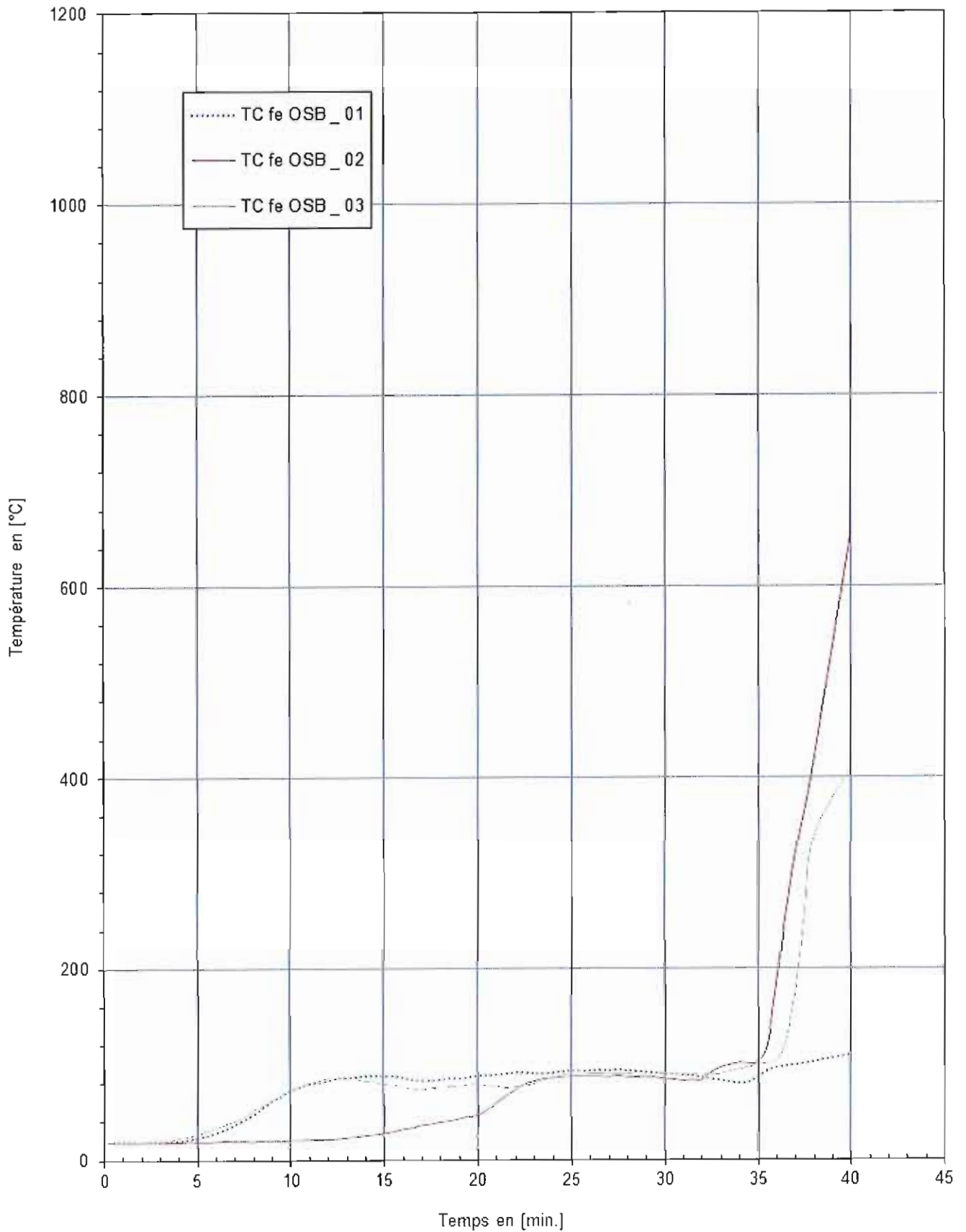
ECHAUFFEMENT DES FOURRURES



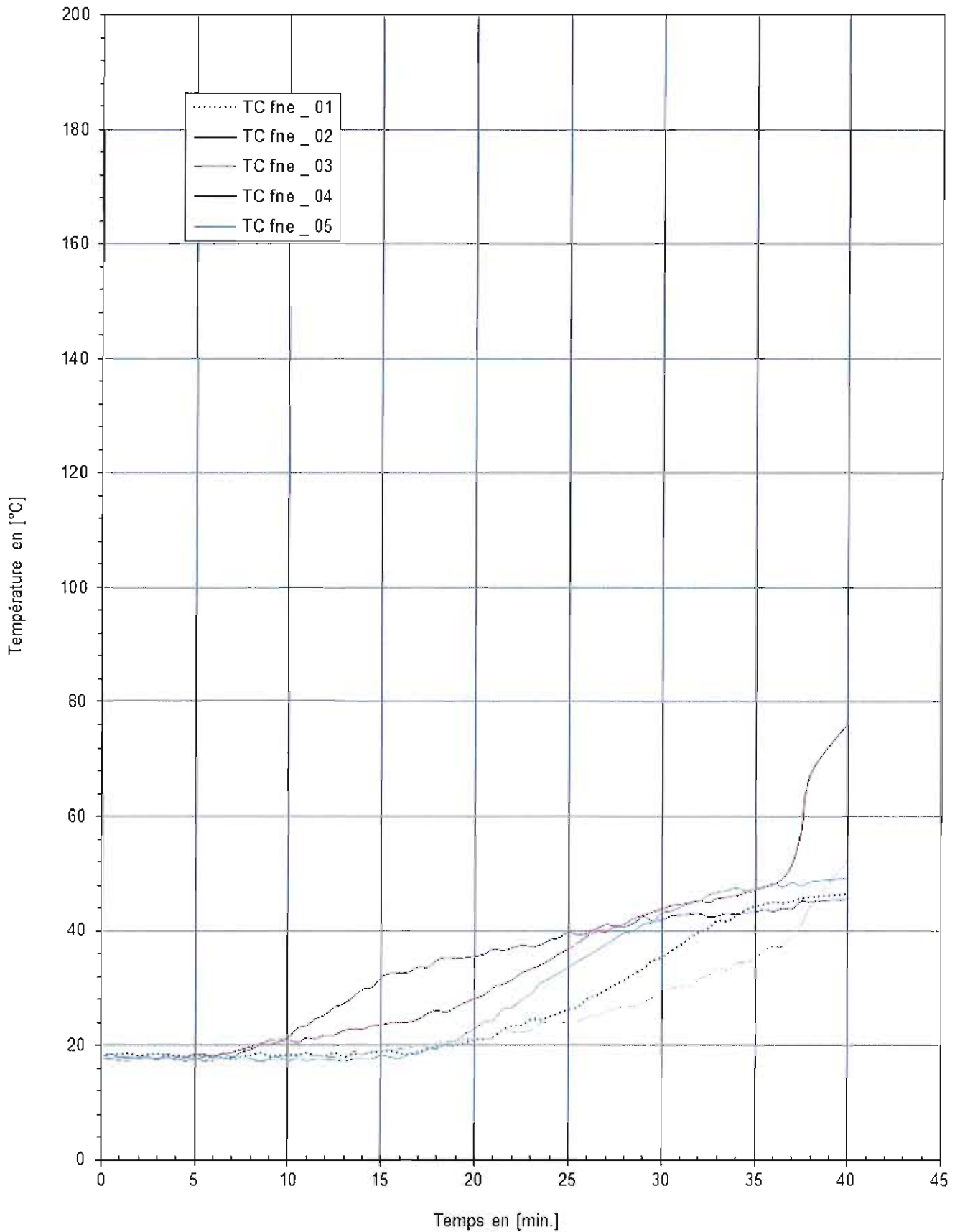
ECHAUFFEMENT A MI HAUTEUR DU PLENUM



ECHAUFFEMENT DE LA FACE EXPOSEE DE L'OSB



ECHAUFFEMENT EN FACE NON EXPOSEE

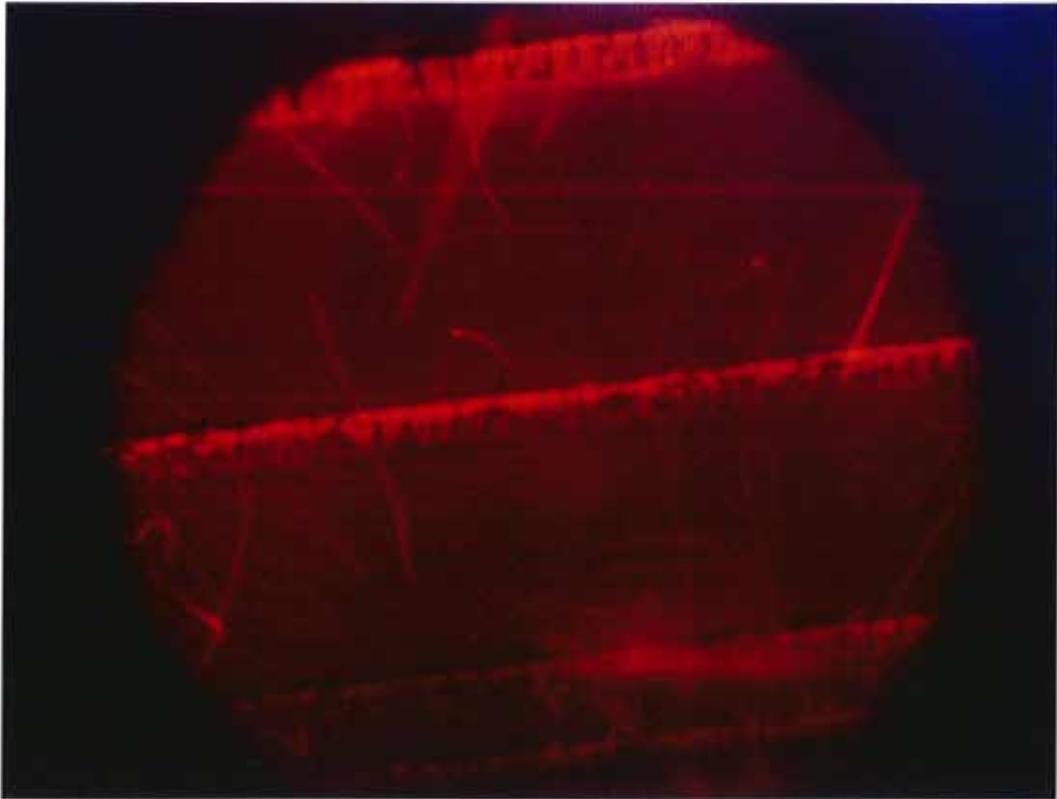




Vue de la face exposée avant la réalisation de l'essai



Vue de la face non exposée avant la réalisation de l'essai



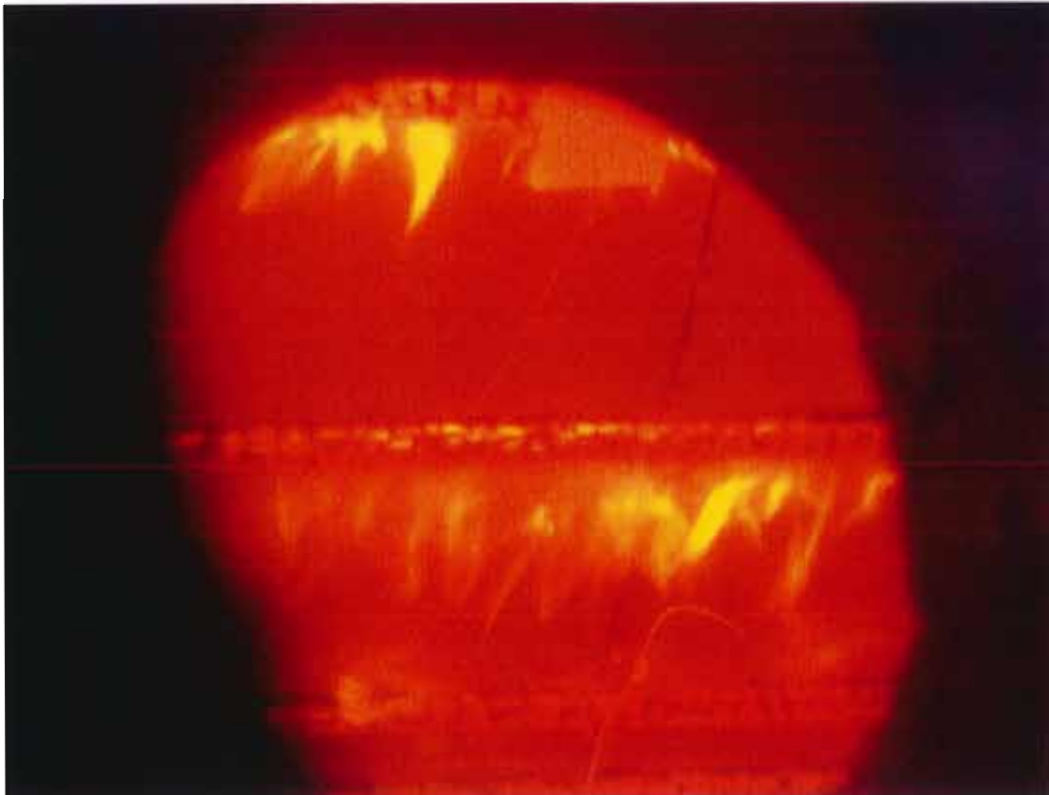
Vue de détail de la face exposée observé à $t = 10$ [min.]



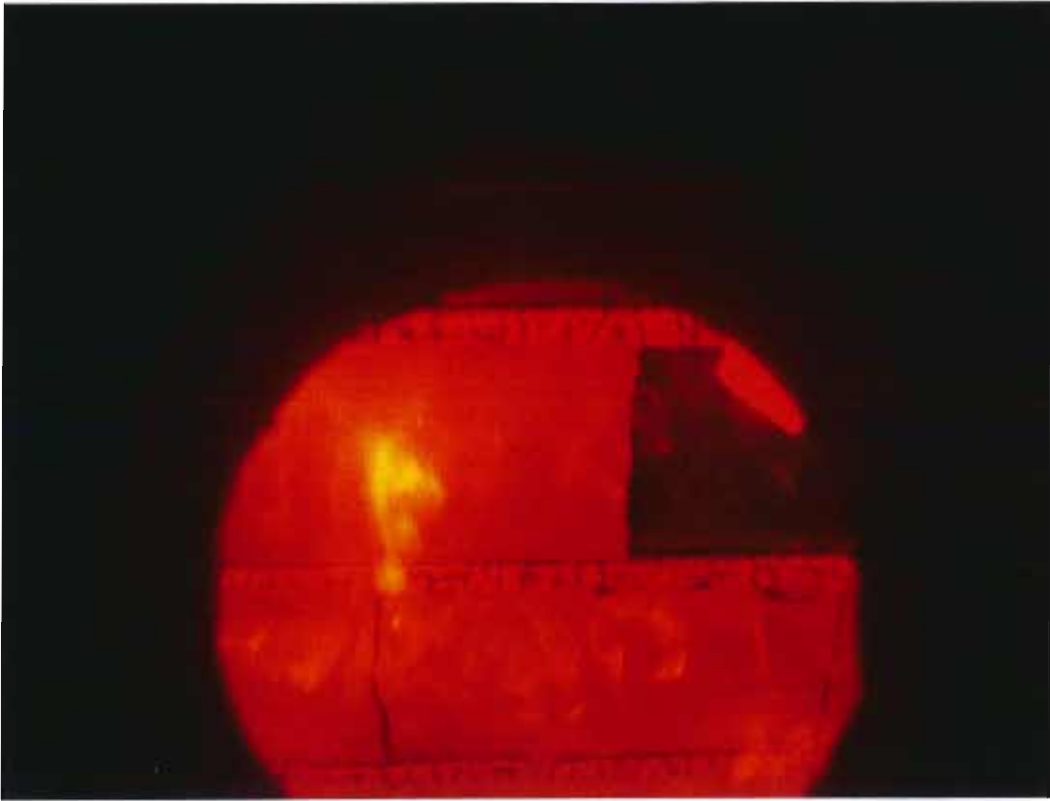
Vue de détail du phénomène observé à $t = 11$ [min.]



Vue de la face non exposée à $t = 15$ [min.]



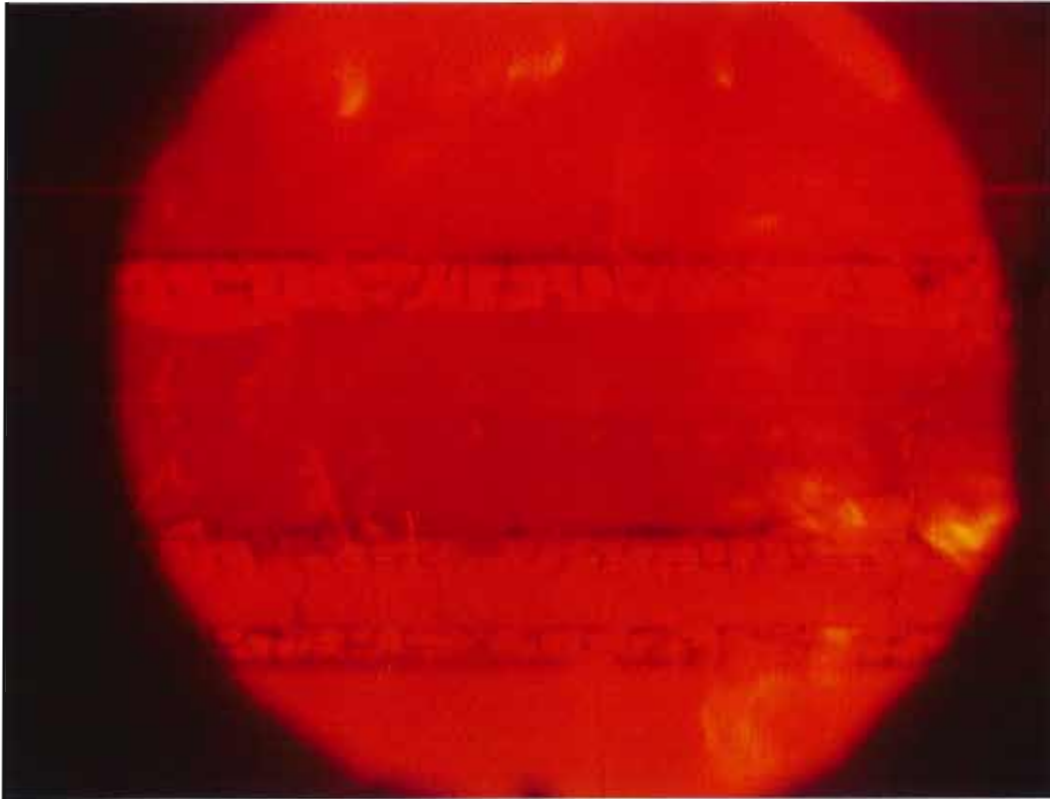
Vue de détail de la face exposée à $t = 15$ [min.]



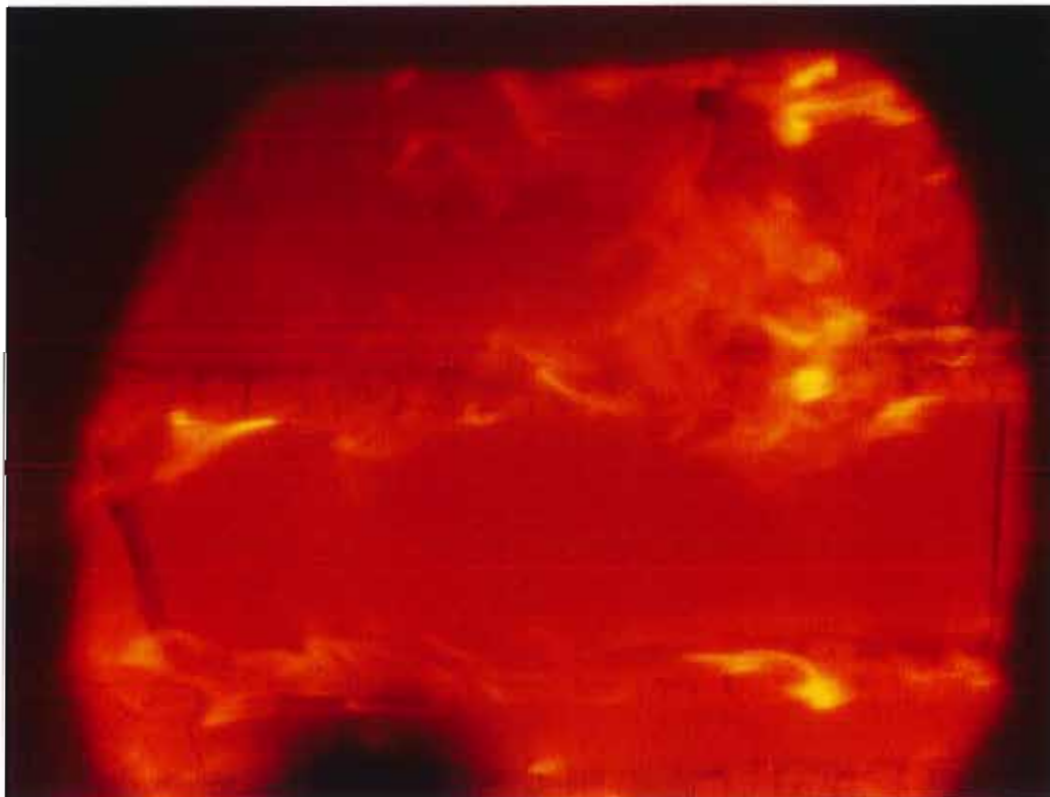
Vue de détail de la face exposée à $t = 19$ [min.]



Vue de la face non exposée à $t = 20$ [min.]



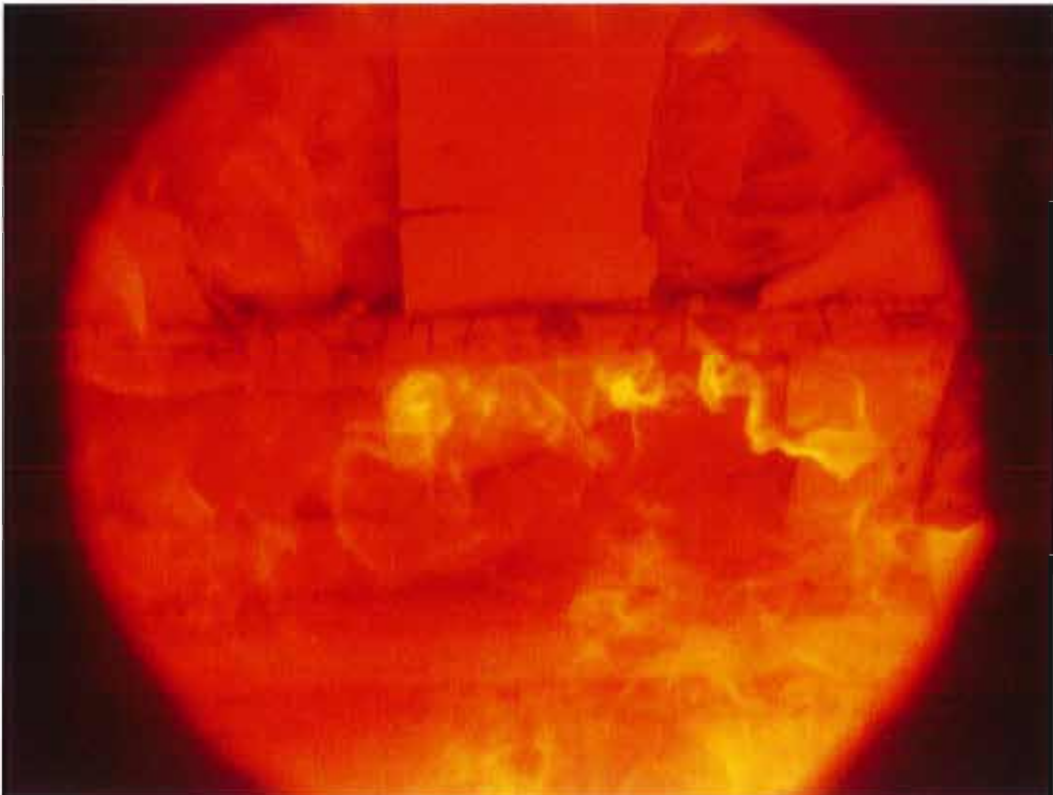
Vue de détail de la face exposée à t = 26 [min.]



Vue de détail de la face exposée à t = 29 [min.]



Vue de la face non exposée à $t = 30$ [min.]



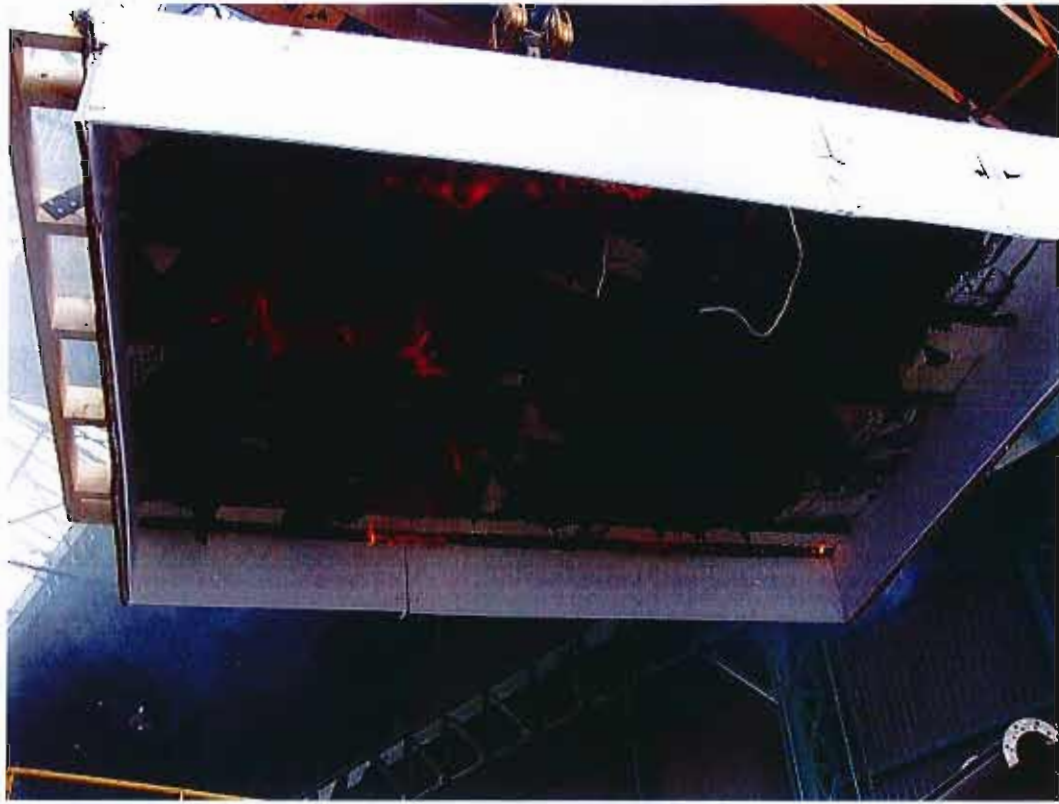
Vue de détail de la face exposée à $t = 31$ [min.]



Vue de détail de la face non exposée au niveau du joint transversal SUD à 39 [min.]



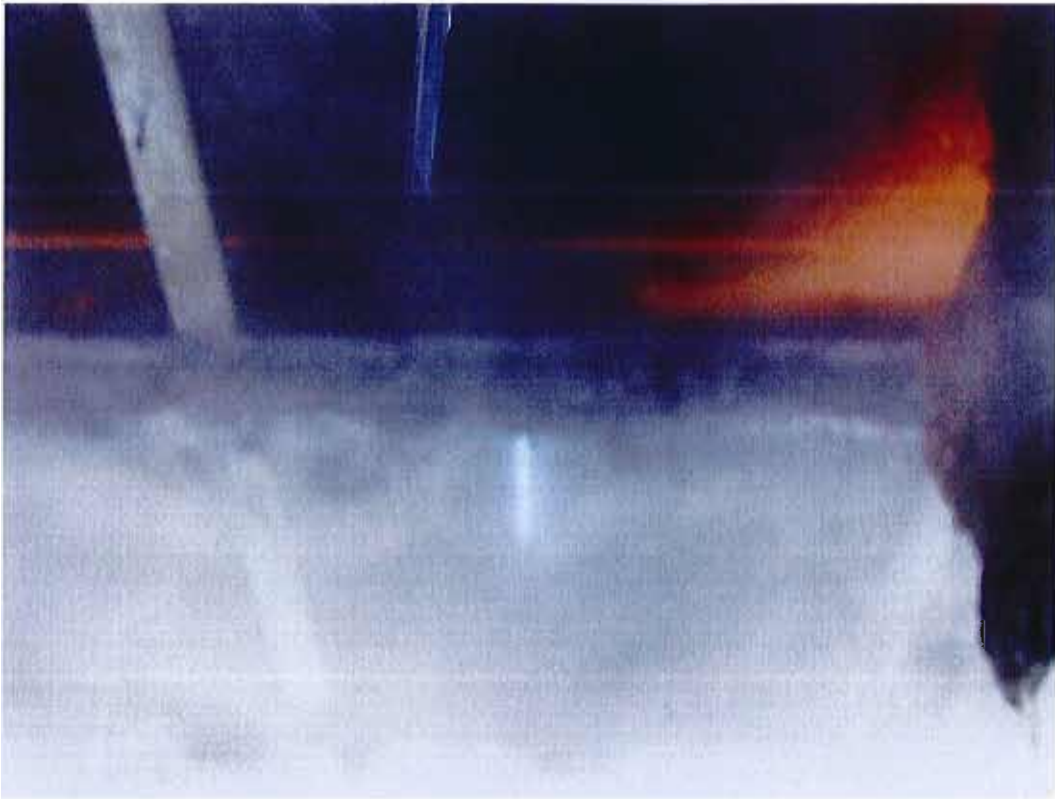
Vue de la face exposée à l'arrêt de l'essai et retrait de l'éprouvette du four



Vue de la Face exposée au retrait de la maquette du four



Vue de détail de la phase d'extinction



Vue de détail de l'ouverture au centre du plancher depuis la face exposée