

## RAPPORT D'ESSAI DE RÉSISTANCE AU FEU n° EFR-15-U-000041

Selon EN 1365-1 : 2012

Essai n°	EFR-15-U-000041
Effectué le	24 juin 2015
Concernant	<p>Un mur chargé constitué de blocs de coffrage isolants NUDURA® (Réf. 96-6) pour béton, 2440 x 457 x 286 mm (L x h x l) constitué de :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Deux parois en polystyrène reliée par entretoise en Polypropylène, épaisseur : 67 mm ;</li><li>○ Un noyau en béton C25/30 d'épaisseur 152 mm, armé au moyen de :<ul style="list-style-type: none"><li>• Une armature horizontale HA10 par bloc,</li><li>• Une armature verticale HA10 à entraxe de 400 mm.</li></ul></li></ul> <p>Le mur porteur était revêtu côté feu par un doublage composé d'une peau de plaques de plâtre d'épaisseur 13 mm de référence KS BA13 (KNAUF).</p>
Demandeur	<p>NEOBAT 180 Chemin des Figons F - 13090 AIX EN PROVENCE</p>

## 1. OBJET DU RAPPORT

Essai de résistance au feu d'un mur porteur conformément aux exigences générales de la norme EN 1363-1 : 2012 et aux exigences particulières de la norme EN 1365-1 : 2012 « Essais de résistance au feu des éléments porteurs - Partie 1 : Murs ».

## 2. LABORATOIRE D'ESSAI

EFFECTIS FRANCE  
Voie Romaine  
F - 57280 MAIZIERES-LES-METZ

## 3. REFERENCE ET PROVENANCE DE L'ELEMENT TESTE

Référence : NUDURA® (Réf. 96-6)  
Provenance : NUDURA  
27 HOOPER ROAD  
BARRIE, ONTARIO L4N9S3, CANADA

## 4. INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES POUR LE MARQUAGE CE

*(Chapitre non couvert par l'accréditation COFRAC).*

L'élément objet de l'essai n'a pas été prélevé par EFFECTIS France.

## 5. DESCRIPTION DE L'ELEMENT TESTE

### 5.1 REFERENCE DES CLASSEMENTS

Voir planche n° 1.

L'élément testé était un mur porteur réalisé en blocs coffrants isolants NUDURA® (Réf. 96-6), d'épaisseur 286 mm.

Il était linéairement chargé en tête.

Dimensions : 2920 x 3199 mm (l x h).

La hauteur exposée durant l'essai était de 3000 mm.

### 5.2 NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

Etablie selon les indications du demandeur de l'essai.

Désignation	Référence	Matériau	Caractéristiques	Fournisseur
Blocs coffrants isolants	96-6	Polystyrène	2440 x 457 x 286 mm (L x h x l) Epaisseur des parements : 67 mm	NUDURA
Plaque de plâtre	KS BA13	Plaque de plâtre standard	12,5 mm de plaque de plâtre	KNAUF
Colle pour doublage	Mak 3	Mortier Adhésif		KNAUF

*E = Epaisseur --- mv = Masse volumique --- ms = Masse surfacique --- d = Densité --- ml = Mètre linéaire*

### 5.3 DESCRIPTION DETAILLEE DE L'ELEMENT

Le plan figurant sur la planche n° 1 a été fourni par le demandeur, contrôlé par le laboratoire d'EFFECTIS France et est conforme à l'élément testé.

#### 5.3.1 Blocs coffrants isolants

Voir planche n° 1.

Les blocs isolants coffrants utilisés étaient de la série NUDURA® (Réf. 96-6). Ils étaient constitués de deux faces en panneaux de polystyrène expansé d'épaisseur 67 mm reliées entre elles par des entretoises en polypropylène réparties au pas de 203 mm permettant la création d'un espace de 152 mm.

Ils avaient pour dimensions complètes 2440 x 457 x 286 mm (L x h x l).

#### 5.3.2 Montage du mur porteur

Le montage du mur était obtenu par sept rangées de deux blocs. A chaque rang, le dernier bloc était recoupé afin d'ajuster le mur à la largeur de la baie. Les blocs d'un même rang étaient fixés entre eux par épingles métalliques de diamètre Ø 4 mm.



Le bloc recoupé était mis en œuvre alternativement côté bord libre de droite puis bord libre de gauche afin de croiser les joints verticaux.

Les rangs étaient montés à sec, des tenons oblongs, 36 x 25 x 12 mm (L x l x H), en tête des parois en polystyrène expansé et leurs décaissés correspondants en partie inférieure de parois en polystyrène créaient une succession d'emboîtements de type tenon/mortaise sur toute la longueur des blocs et assuraient l'alignement des blocs.

Le mur était monté avec les deux bords désolidarisés du cadre béton par une bande de laine de roche e = 40 mm.

Une fois les blocs mis en place, un échafaudage était installé puis le noyau était armé au moyen de :

- une armature horizontale HA10 par bloc,
- une armature verticale HA10 à entraxe de 400 mm,

avant la mise en œuvre du béton armé à la pompe :

- |  |                 |
|--|-----------------|
| • Classe du béton                        | : C25/30        |
| • Dmax granulats                         | : 16 mm         |
| • Consistance                            | : S3            |
| • Epaisseur du noyau en béton            | : 152 mm        |
| • Masse volumique du béton               | : 2310 kg/m³    |
| • Résistance à la compression à 90 jours | : 33,4 MPa      |
| • Date de mise en œuvre du béton         | : 20 mars 2015. |

Des rainures filées en forme de queue d'aronde sur les faces intérieures des parois en polystyrène expansé des blocs permettaient d'améliorer l'accroche avec le béton armé du noyau.

En tête du mur, une chape de ragréage d'environ 30 mm était coulée avec du mortier traditionnel sable/ciment par le personnel du Laboratoire.

Dimensions du mur : 2920 x 3199 mm (l x h).

Hauteur du mur exposée au feu : 3000 mm.

#### 5.3.3 Revêtement du mur porteur en face exposée

Sur sa face exposée, le mur porteur était revêtu par un doublage intérieur composé d'une peau en plaques de plâtre standard de référence KS BA13 (KNAUF) d'épaisseur 12,5 mm. Ce doublage était fixé sur la paroi en polystyrène du mur par plots de colle Mak 3 (PLACOPLATRE) à raison de 10 plots/m<sup>2</sup> environ.

Les joints entre plaques n'ont reçu aucun traitement.

#### 5.3.4 Revêtement du mur porteur en face non-exposée

Sur sa face non-exposée, la paroi en polystyrène expansé de 67 mm a été retirée après 7 jours par le personnel du Demandeur afin de permettre un séchage accéléré du cœur du béton.

Un doublage en matériau incombustible reproduisant une résistance thermique  $R = 2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ , équivalente à la résistance thermique d'une paroi en polystyrène de 67 mm d'épaisseur, a été mise en œuvre par le laboratoire un jour avant la réalisation de l'essai.

### 5.4 VERIFICATION

Des échantillons provenant des mêmes lots que ceux ayant servis à la réalisation de la construction support associée ont été soumis au laboratoire pour vérification des informations données dans le descriptif de l'élément.

## 6. MONTAGE D'ESSAI

---

### 6.1 DEFINITION DE L'ELEMENT TESTE

Le choix et la définition de l'élément testé ont été faits par le demandeur de l'essai.

### 6.2 MONTAGE DE L'ELEMENT TESTE

#### 6.2.1 Cadre d'essai

L'élément a été monté dans un cadre d'essai en béton armé fourni par le laboratoire d'EFFECTIS France.

- Durée de séchage : supérieure à 28 jours.
- Epaisseur du cadre : 400 mm.
- Dimensions de la baie : 3000 x 3700 mm (l x h).

#### 6.2.2 Intervenants

Le mur était monté avec les deux bords désolidarisés du cadre béton par une bande de laine de roche  $e = 40 \text{ mm}$ .

Une chape de ragréage au mortier sable + ciment,  $e = 30 \text{ mm}$  environ, était coulée en tête du mur sur toute sa longueur.

Le montage du mur puis le retrait du polystyrène en face non-exposée ont été réalisés par le personnel qualifié du demandeur.

## 7. MODALITES DE L'ESSAI

---

### 7.1 CONDITIONNEMENT PREALABLE

Le conditionnement de l'élément a été réalisé conformément aux exigences du paragraphe 8. de la norme EN 1363-1 et la stabilité hydrométrique était atteinte le jour de l'essai.

### 7.2 PROGRAMME THERMIQUE

L'élévation de température du four au-dessus de l'ambiante a été conduite suivant le **programme thermique** conventionnel représenté par la fonction :

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

où :  $t$  = Temps (min)

$T$  = Température du four à l'instant  $t$  (°C).

### 7.3 SENS DU FEU

L'essai était réalisé **feu côté doublage intérieur**.

### 7.4 CHARGE APPLIQUEE A L'ÉLÉMENT

Le mur porteur était soumis pendant toute la durée de l'essai à un chargement constant.

La charge était appliquée en tête du mur porteur à l'aide de deux vérins hydrauliques appuyant chacun sur une rotule. La charge était ensuite répartie uniformément à l'aide d'un unique palonnier.

- type de charge : centrée et uniformément répartie

- intensité de la charge : 200 kN/ml.

La charge était appliquée 15 minutes avant le démarrage de l'essai au feu.

L'intensité de la charge a été définie et communiquée au laboratoire d'essais par le Demandeur de l'essai.

## 8. MESURES EFFECTUEES PENDANT L'ESSAI ET RESULTATS

---

L'implantation des capteurs de mesure figure en Annexe.

Les résultats des mesures sont consignés sur les planches citées ci-après.

### 8.1 MESURES DE TEMPERATURES

#### 8.1.1 Température ambiante de la halle d'essai

Elle était mesurée conformément à la norme EN 1363-1:2012, par le thermocouple n° 41.

Les relevés correspondants sont donnés sur la planche n° 1.

#### 8.1.2 Température du four

Elle était mesurée conformément à la norme EN 1363-1:2012, par 6 pyromètres à plaques, face métallique orientée vers le four.

Les relevés correspondants sont donnés sur les planches n° 2 à 3.

### 8.1.3 Température de l'élément

Elle était mesurée par 9 thermocouples conformes aux exigences de la norme EN 1363-1 : 2012 et implantés selon les exigences de la norme EN 1365-1 : 2012 sur la face non-exposée du noyau en béton armé sous l'isolation complémentaire mise en œuvre en face non-exposée :

Implantation	Repères	Planches de résultats
Températures aux quarts et intersection des diagonales	Tc 26 à 30	4
Températures à 100 mm des bords libres	Tc 31 à 32	5
Températures à 20 mm de la limite haute exposée	Tc 33 à 34	5

### 8.1.4 Températures informatives dans le béton

Elle était mesurée par 25 thermocouples conformes aux exigences de la norme EN 1363-1 : 2012 et implantés comme suit :

Implantation	Repères	Planches de résultats
Section S1	1 à 5	6
Section S2	6 à 10	7
Section S3	11 à 15	8
Section S4	16 à 20	9
Section S5	21 à 25	10

## 8.2 MESURES DE PRESSION

Conformément aux exigences de la norme EN 1363-1 : 2012, la pression ambiante dans le four était régulée en continu pendant toute la durée de l'essai.

Compte tenu de la position du capteur, la valeur de consigne était fixée à 17 Pa.

**NOTA :** Compte tenu de l'inflammation de la paroi en polystyrène de la face exposée du mur puis de l'écaillage du noyau en béton de celui-ci, la pression mesurée lors de l'essai était en dehors des limites de tolérance autorisées par la norme. De plus, à partir de la 17<sup>ième</sup> minute les éclats de béton ont obstrué le capteur de pression ne permettant plus de mesurer la pression ambiante dans le four.  
Toutefois, compte-tenu de la nature du produit, ces écarts ne remettent pas en cause les résultats de l'essai.

Les résultats sont donnés sur la planche n° 10.

## 8.3 MESURES DE DEFORMATIONS

### 8.3.1 Cintrages horizontaux

Conformément aux exigences de la norme EN 1365-1 : 2012, les cintrages horizontaux du mur porteur étaient mesurés et implantés comme suit :

Implantation	Repères	Planches de résultats
Cintrage horizontal au centre du mur	D43	11
Cintrage horizontal à mi-hauteur, à 50 mm des bords libres	D42 et D44	11

### 8.3.2 Affaissement verticaux et vitesse d'affaissement vertical

Conformément aux exigences de la norme EN 1365-1 : 2012, l'affaissement vertical du mur porteur était mesuré en tête du mur porteur, à 100 mm de ses deux bords libres.

Implantation	Repères	Planches de résultats
Affaissements verticaux en tête du mur porteur et à 100 mm des deux bords libres	D 45 et D 46	12
Vitesse moyenne d'affaissement vertical en tête de mur (mm/min)	V	13

#### 8.4 MESURE DE LA CHARGE

La charge était appliquée à l'aide de deux vérins hydrauliques.

Elle était contrôlée et mesurée en ses deux points d'application, en continu pendant toute la durée de l'essai.

Implantation	Repères	Planches de résultats
Efforts appliqués en tête du mur porteur	For 47 et For 48	14

### 9. OBSERVATIONS

#### 9.1 AVANT ESSAI

- Température ambiante dans la halle avant essai : 22 °C.
- Température initiale de l'élément avant essai : 18 °C.

#### 9.2 PENDANT ESSAI

Temps (min)	Observations
00	Démarrage de l'essai.
03	Début de carbonisation du carton des plaques de plâtre du parement exposé.
08	Chute de la plaque de plâtre du parement exposée, plus de polystyrène visible noyau en béton directement exposé.
10	Continuité de la chute du parement en plaques de plâtre. Plus de présence de polystyrène et exposition directe du noyau en béton mais flammes courantes sur toute la surface du mur.
13	Début de l'écaillage du mur.
De 13 à 50 minutes	Ecaillage constant du mur dans le four.
15	Pas d'observation particulière.
30	Pas d'observation particulière.
45	Pas d'observation particulière.
50	Rupture du mur. Fin de l'essai.

#### 9.3 APRES ESSAI ET REFROIDISSEMENT

Surface exposée présentant un écaillage pouvant aller jusqu'à une profondeur de l'ordre de 125 mm au centre du mur. Les armatures du noyau de béton armé ont été mises à nu.

Quelques points du mur ne présentent aucune trace d'écaillage du béton en pied et en tête de la surface exposée du mur.

Fissure horizontale toute largeur du mur au 2/3 de sa hauteur.

## 10. CRITERES DE PERFORMANCES

---

Conformément aux documents cités au chapitre 1 du présent rapport d'essai, les durées de satisfaction aux critères de performances sont les suivantes :

### 10.1 CAPACITE PORTANTE

#### 10.1.1 Déformation

Durée : CINQUANTE MINUTES (50 min)  
Cause de limitation : Ruine de l'élément.

#### 10.1.2 Vitesse de déformation

Durée : CINQUANTE MINUTES (50 min)  
Cause de limitation : Ruine de l'élément.

### 10.2 ETANCHEITE AU FEU

#### 10.2.1 Tampon de coton

Durée : CINQUANTE MINUTES (50 min)  
Cause de limitation : Perte de satisfaction du critère de capacité portante.

#### 10.2.2 Calibre d'ouverture

Durée : CINQUANTE MINUTES (50 min)  
Cause de limitation : Ruine de l'élément.

#### 10.2.3 Inflammation soutenue

Durée : CINQUANTE MINUTES (50 min)  
Cause de limitation : Perte de satisfaction du critère de capacité portante.

### 10.3 ISOLATION THERMIQUE

Durée : CINQUANTE MINUTES (50 min)  
Cause de limitation : Perte de satisfaction du critère de capacité portante.



## 11. DOMAINE D'APPLICATION DIRECTE DES RESULTATS

---

Conformément au paragraphe 13. de la norme EN 1365-1 : 2012, les résultats de l'essai au feu sont applicables aux constructions similaires lorsque l'une ou plusieurs des modifications ci-dessous ont été apportées et que la construction continue à être conforme au code de conception correspondant du point de vue de sa rigidité et de sa stabilité :

- a) diminution de la hauteur ;
- b) augmentation de l'épaisseur du noyau en béton du mur ;
- c) augmentation de l'épaisseur des matériaux constitutifs ;
- d) diminution des dimensions linéaires des blocs mais pas de leur épaisseur de noyau en béton ;
- e) diminution de la charge appliquée ;
- f) augmentation de la largeur sous réserve que l'élément d'essai ait été soumis à l'essai en pleine largeur ou avec une largeur de 3 m suivant la plus grande des deux valeurs.

## 12. AVERTISSEMENT

---

"Le présent rapport donne les détails sur la méthode de construction, les conditions d'essai et les résultats obtenus lorsque l'élément de construction spécifique décrit ici a été soumis aux essais suivant le mode opératoire indiqué dans la norme EN 1363-1:2012 et, éventuellement, dans la norme EN 1363-2:1999.

En ce qui concerne les dimensions, les détails de construction, les changements, les contraintes et les conditions aux limites ou d'extrémité, tout écart important, autre que celui qui n'est pas exclu 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 mesure de la résistance au feu, il n'est pas possible de fixer un degré de précision des résultats."

Fait à Maizières-lès-Metz, le 23 septembre 2015

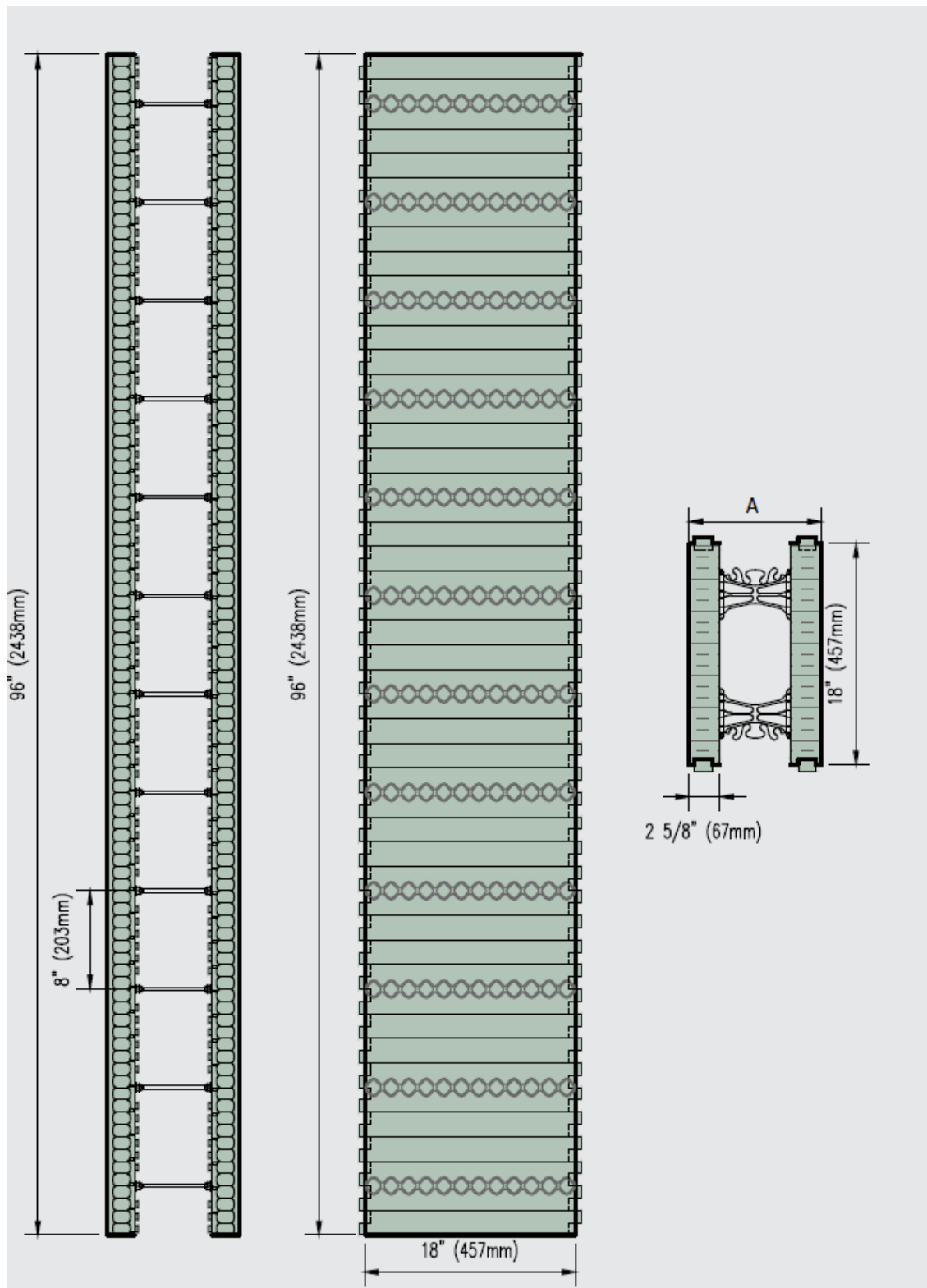


**Alain DORKEL**  
Ingénieur Chargé d'Affaires

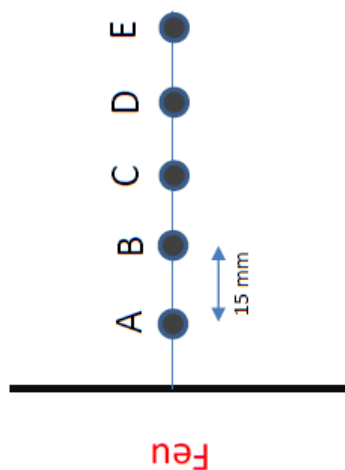
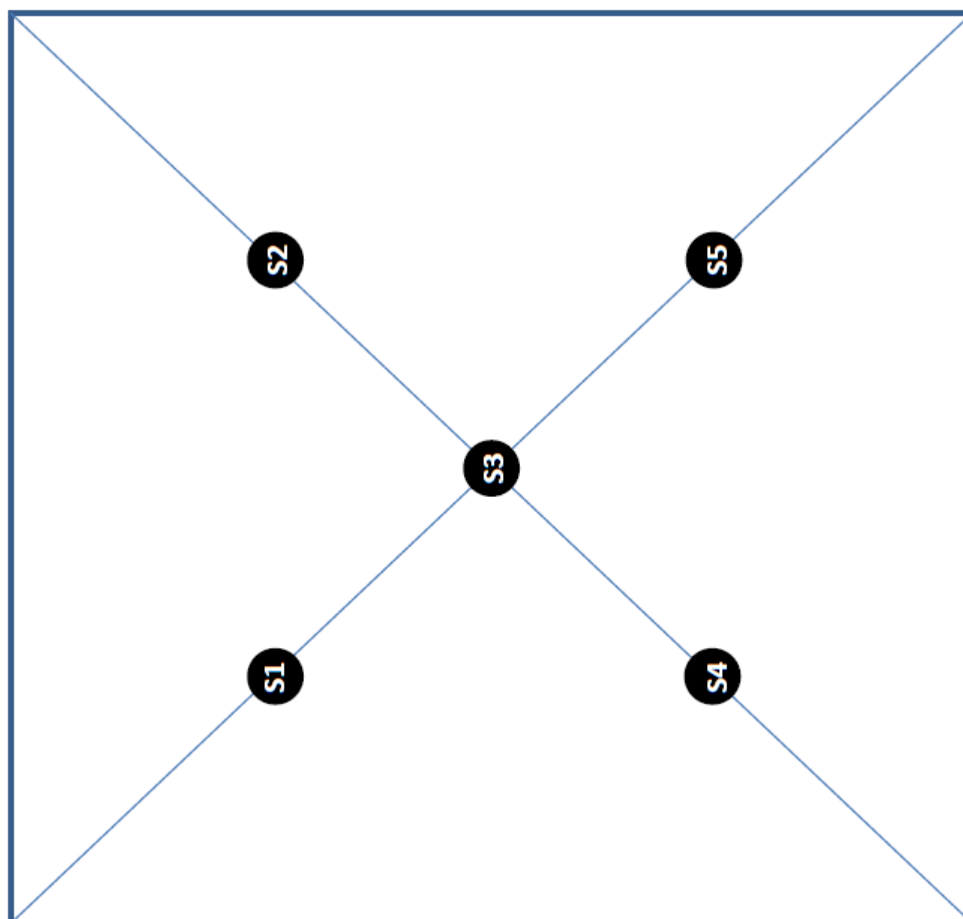


**Renaud SCHILLINGER**  
Chef de Service Essais

## ANNEXE PLANS

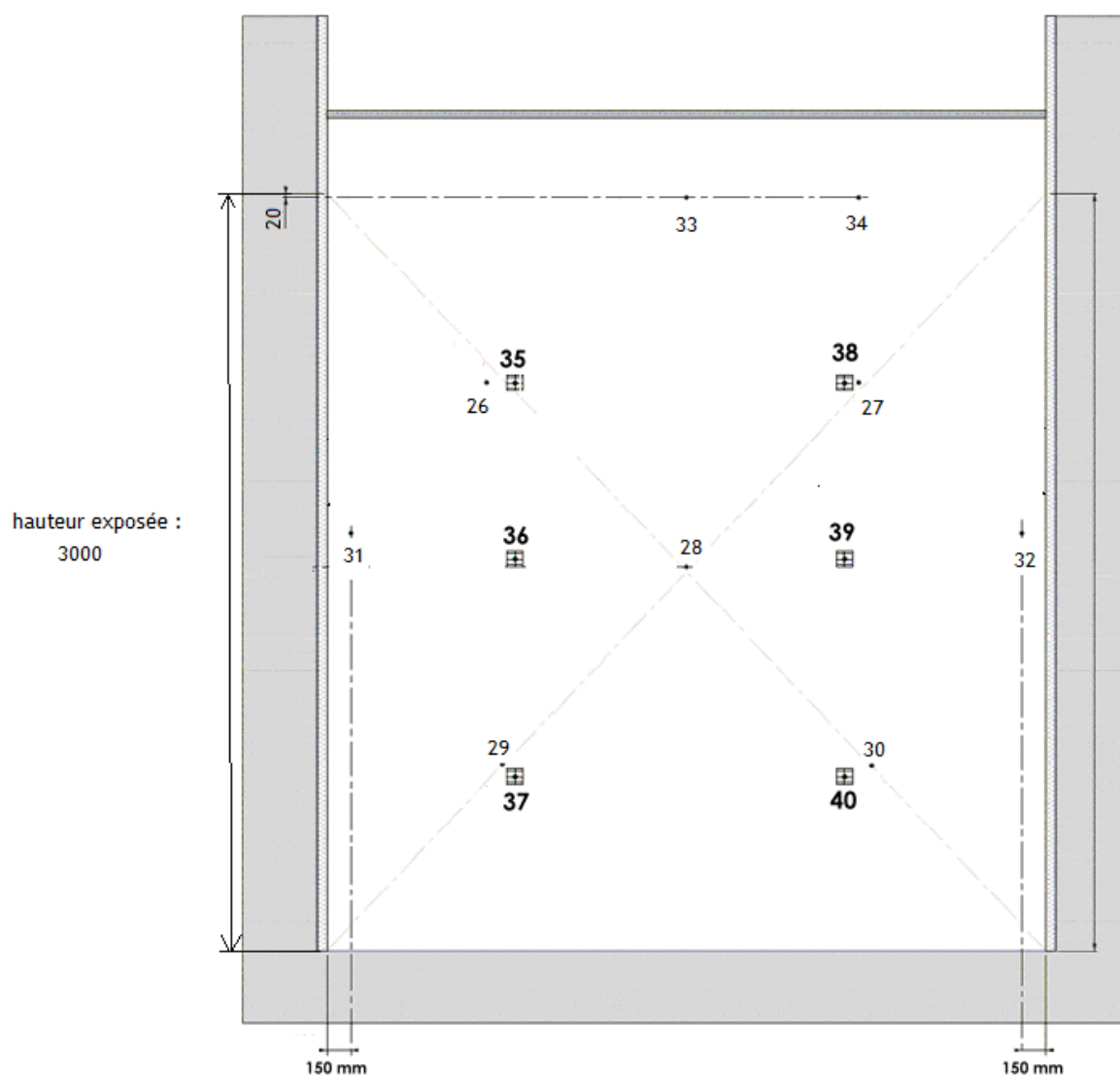


## ANNEXE INSTRUMENTATION



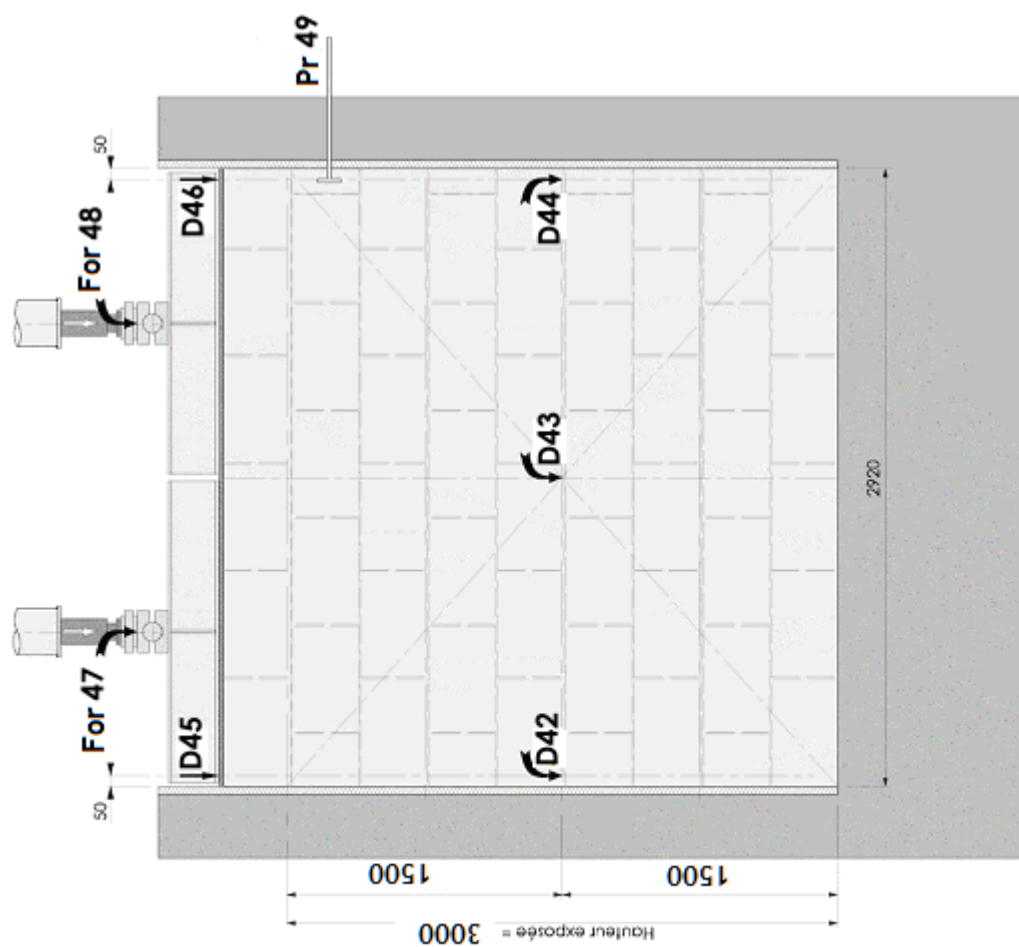
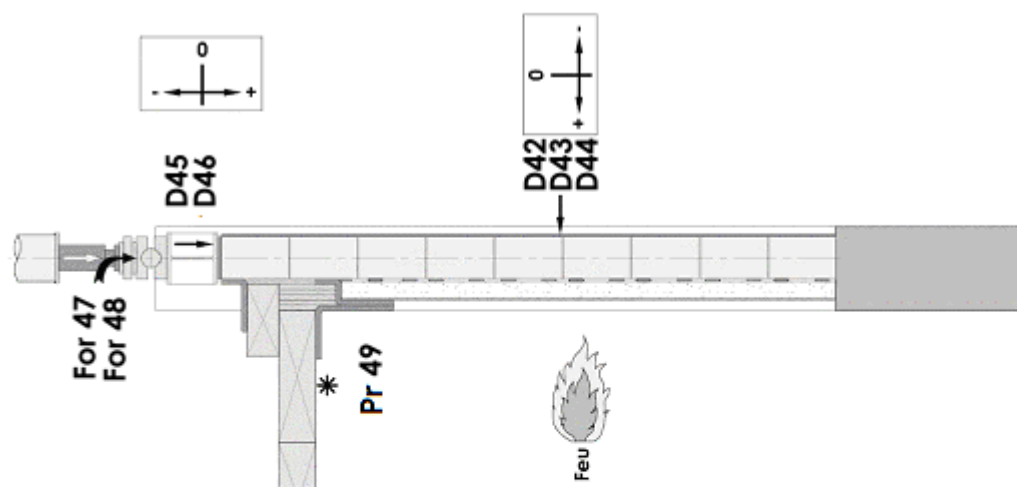
	A	B	C	D	E
S1	1	2	3	4	5
S2	6	7	8	9	10
S3	11	12	13	14	15
S4	16	17	18	19	20
S5	21	22	23	24	25

Implantation des thermocouples internes



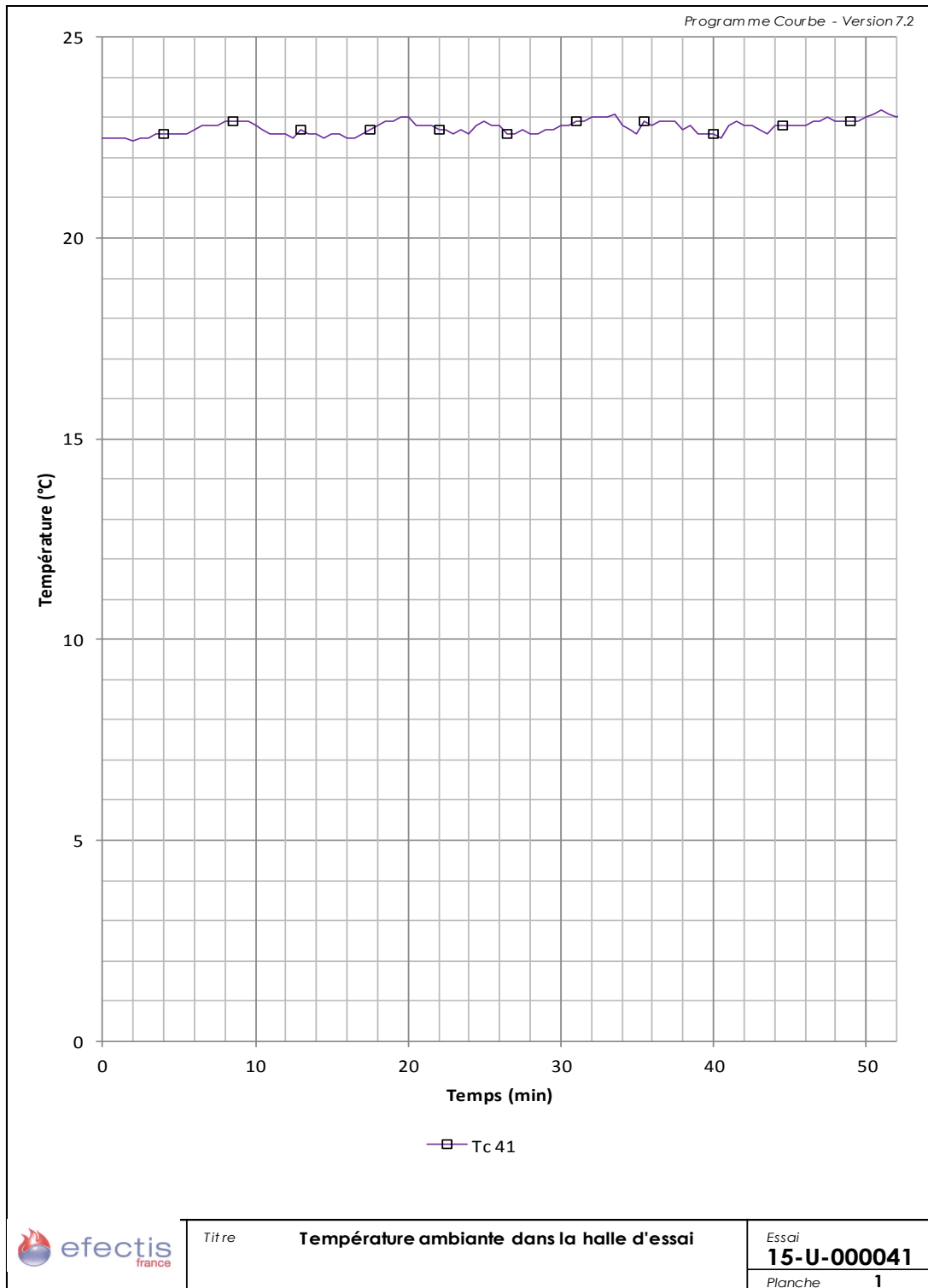
Repères	Implantation des points de mesure
Tc 26 à 30	Températures aux quarts et intersection des diagonales
Tc 31 à 32	Températures à 100 mm des bords libres
Tc 33 à 34	Températures à 20 mm de la limite haute exposée
Tc 35 à 40	Températures ambiantes dans le four

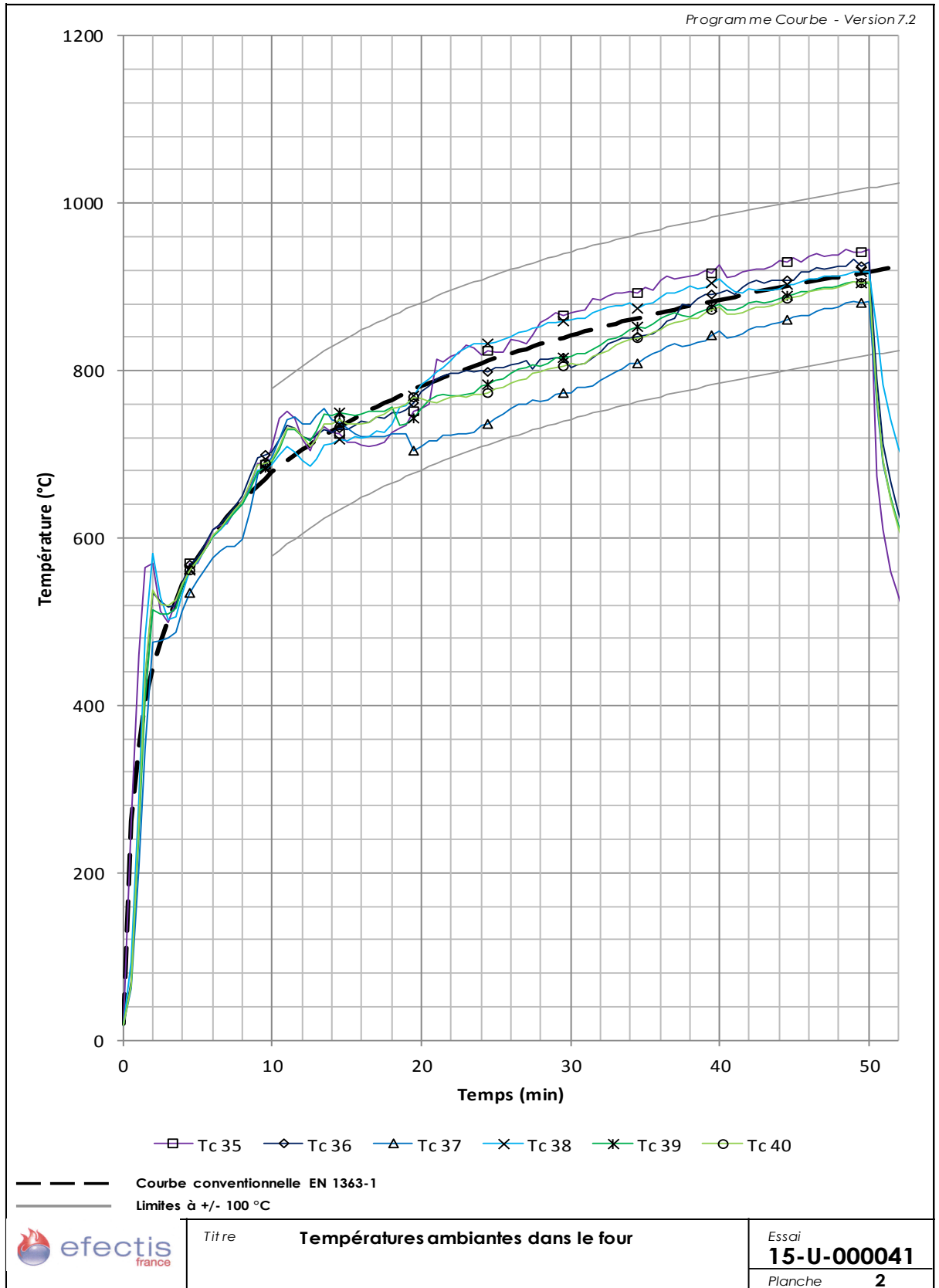
Implantation des thermocouples en face non exposée du noyau béton - avant mise en place de l'isolant

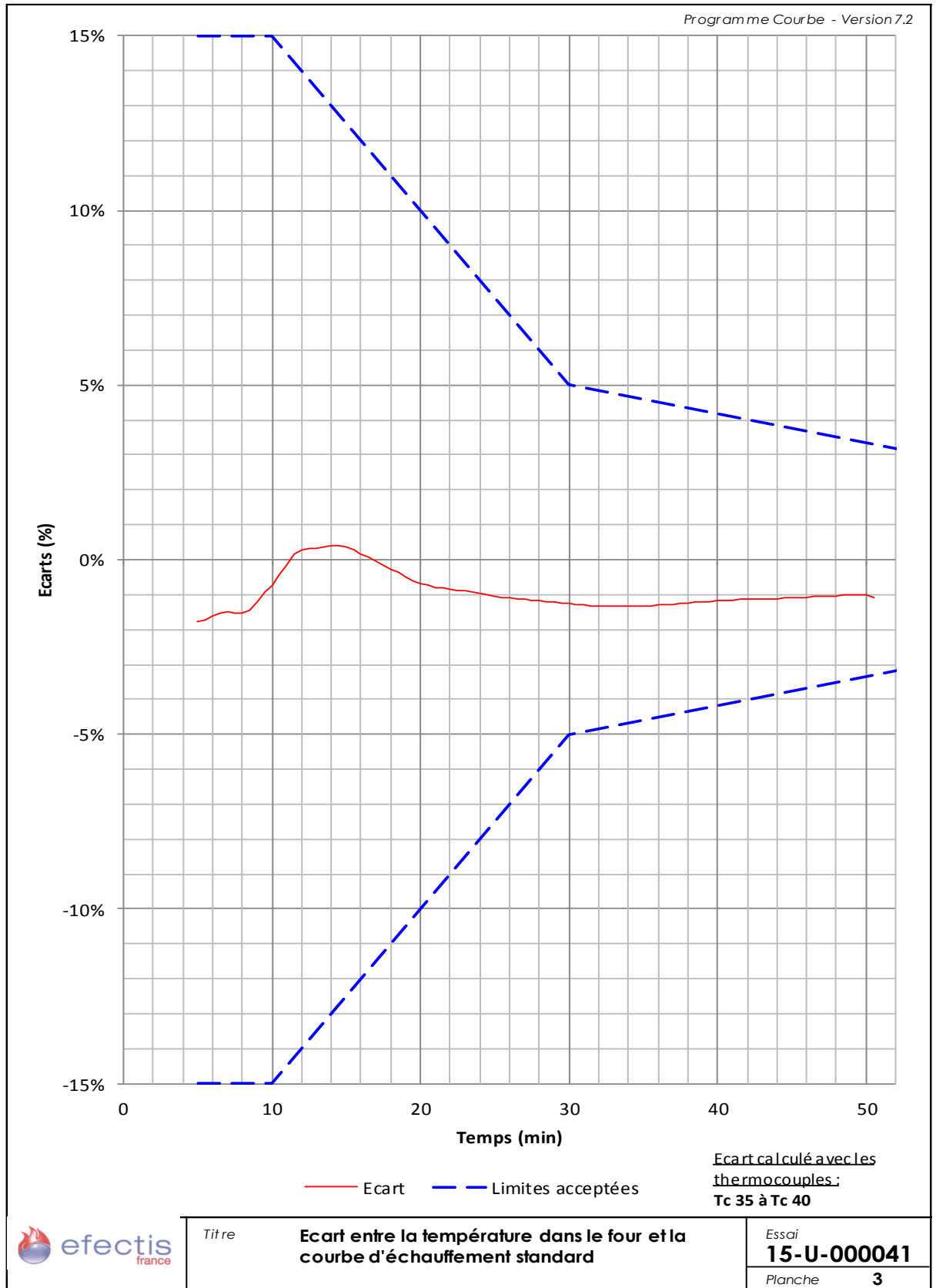


### Implantation autres capteurs

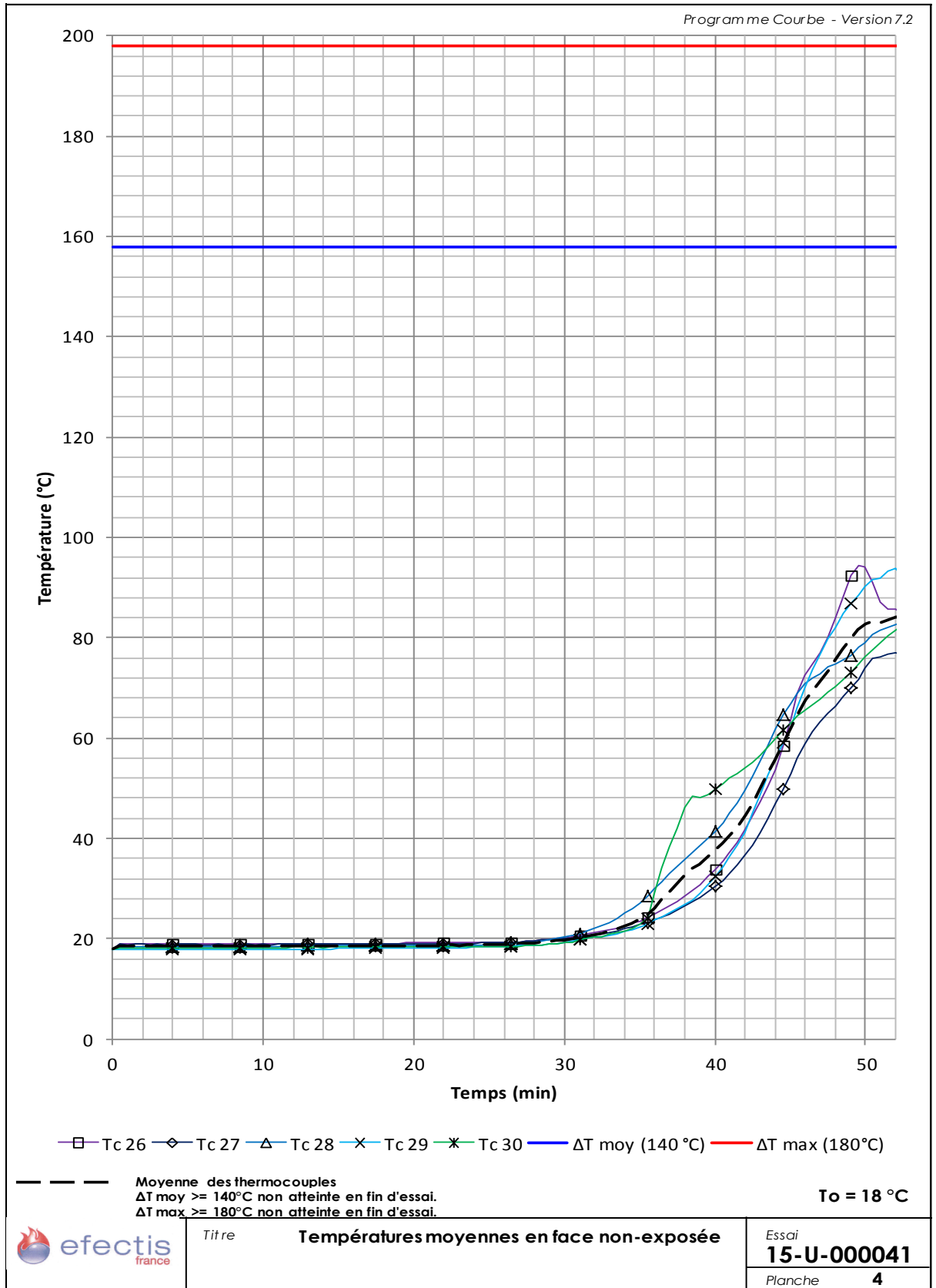
## ANNEXE COURBES

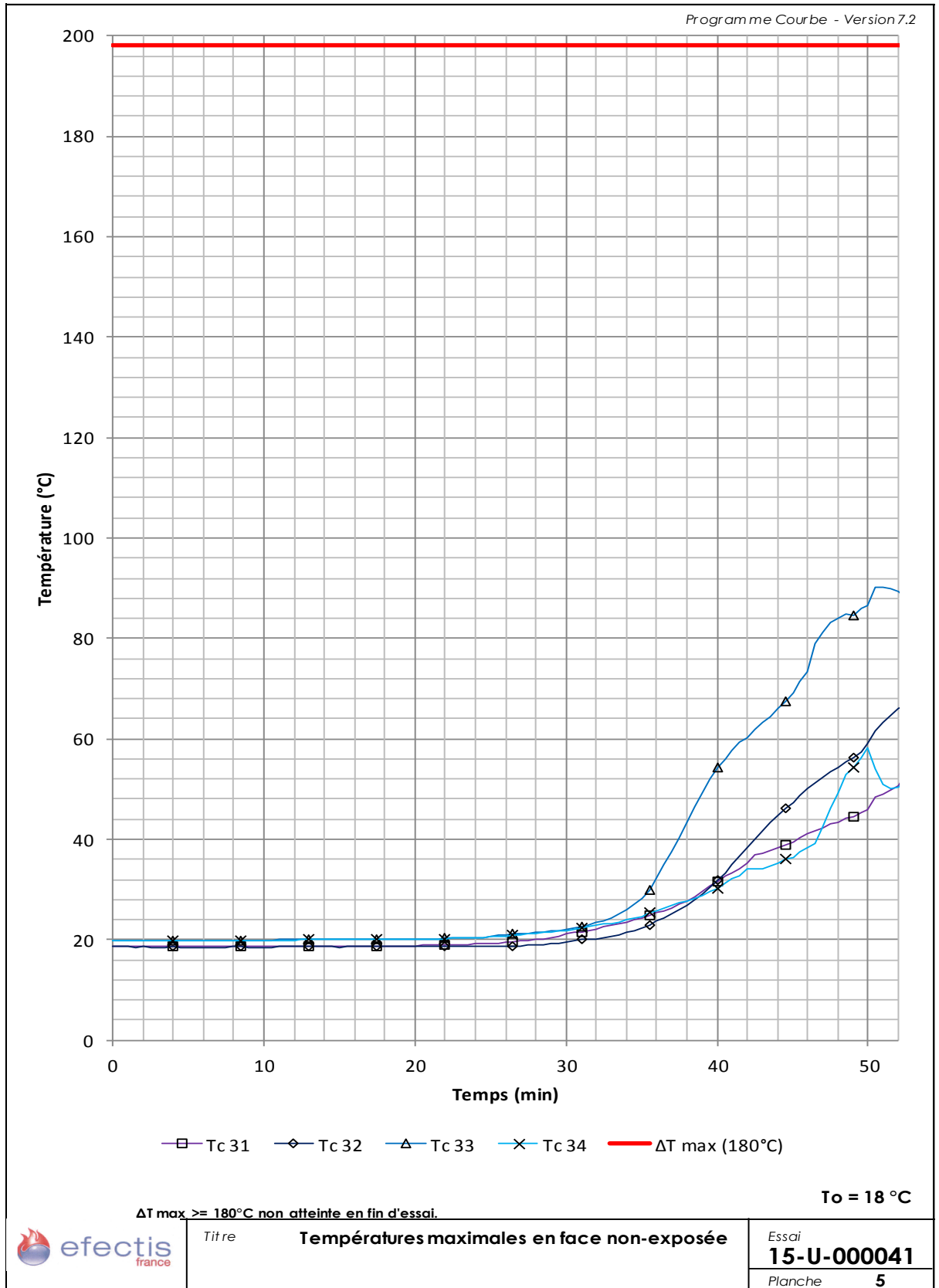


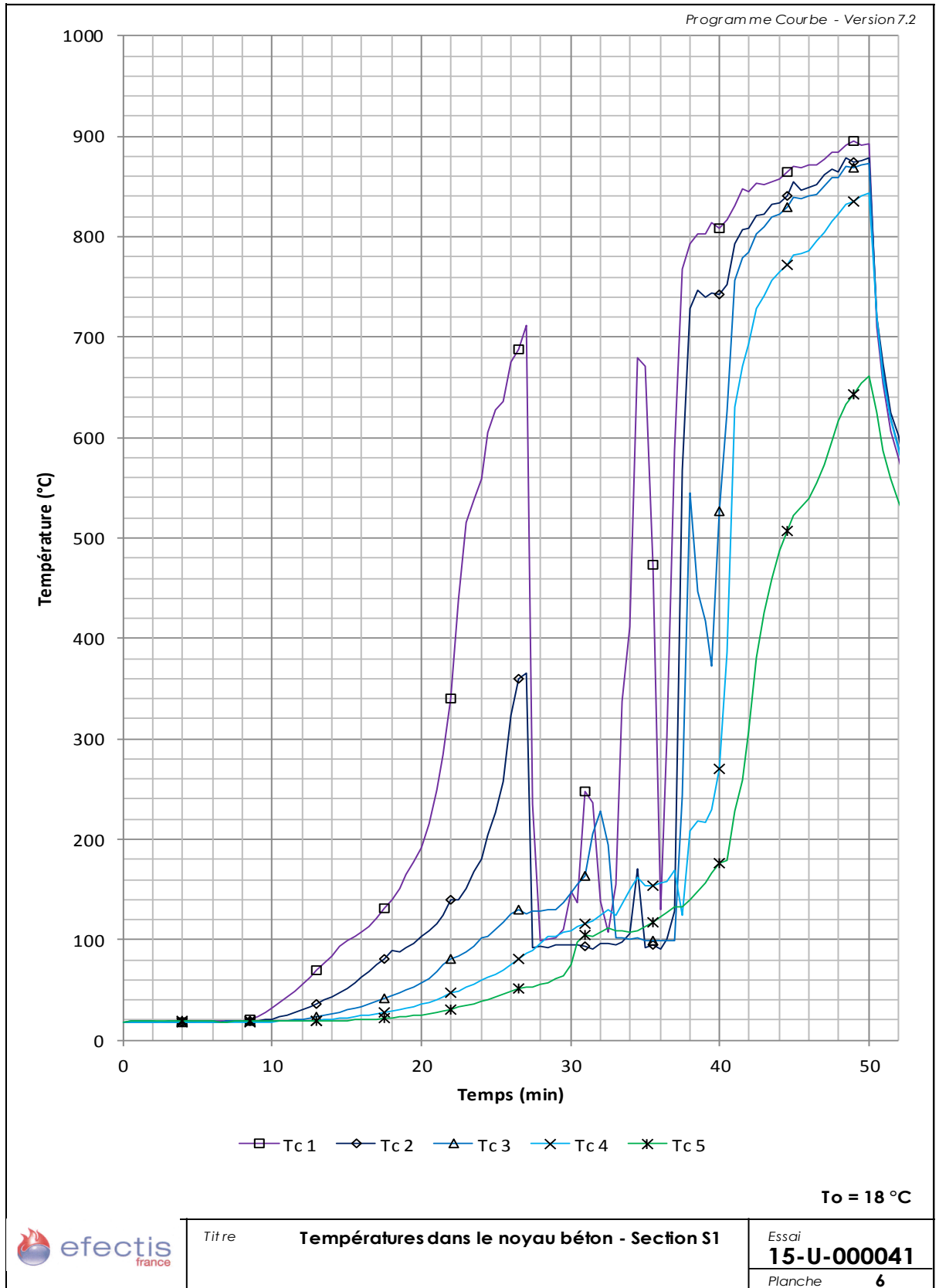


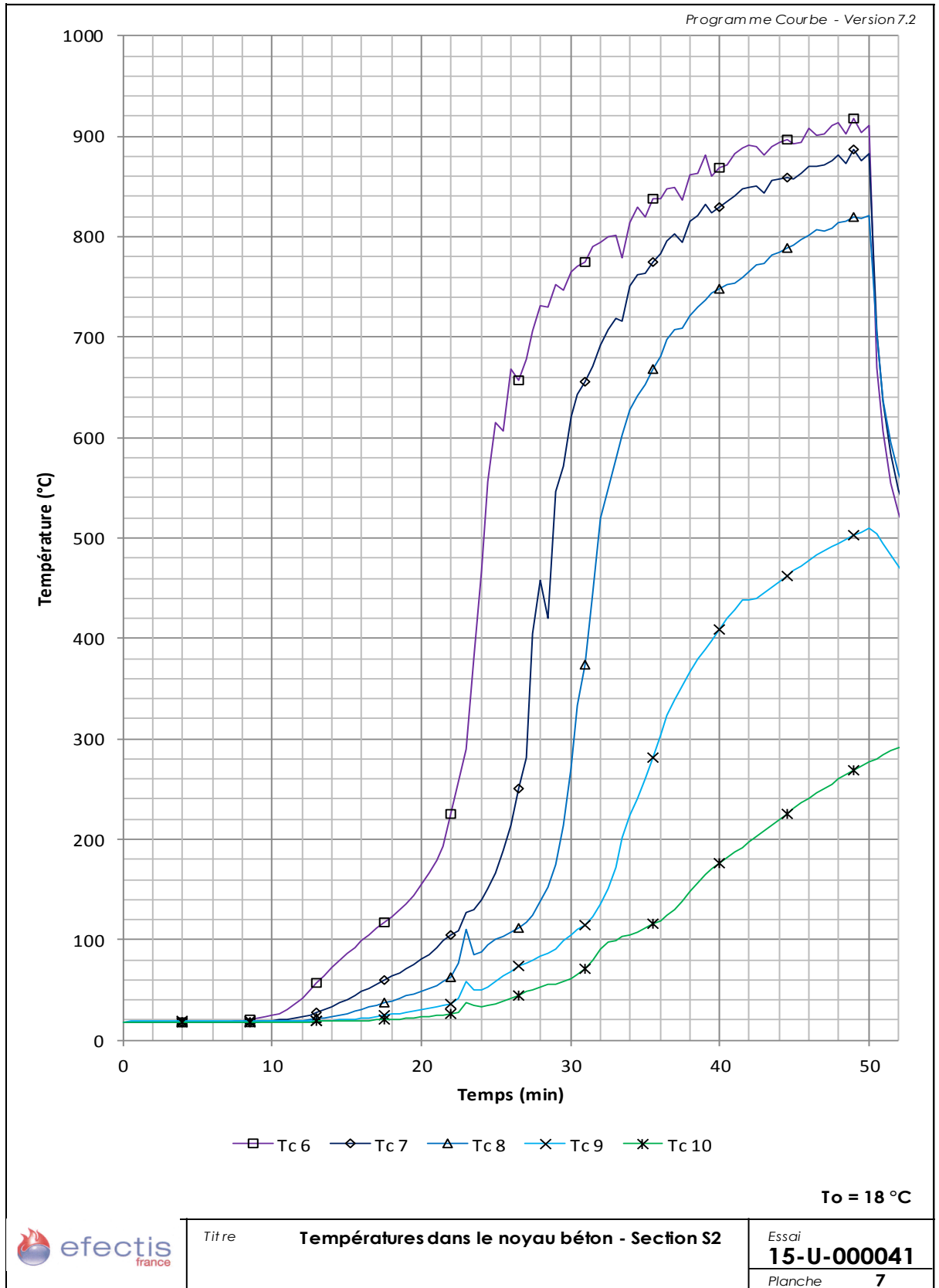


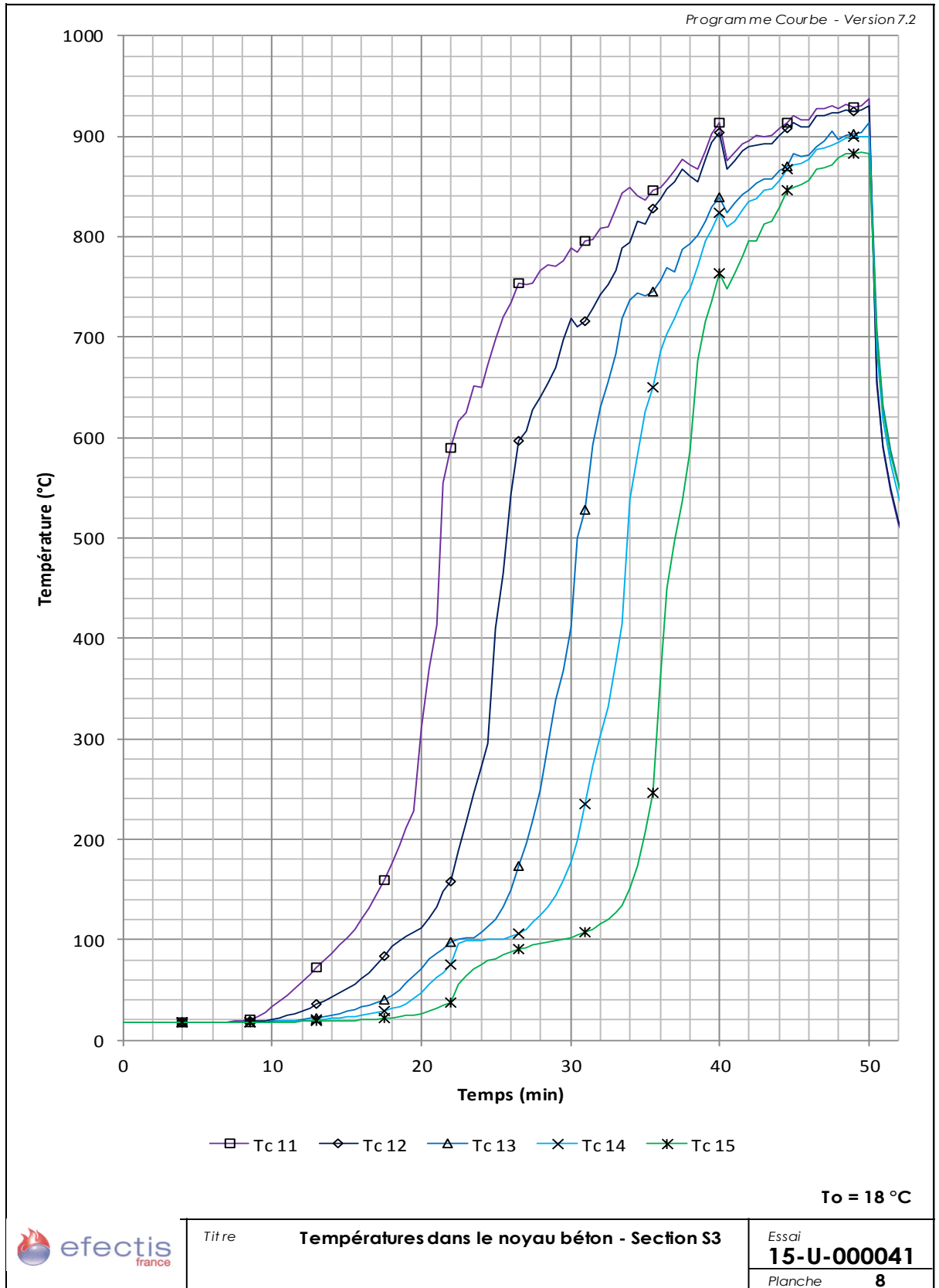


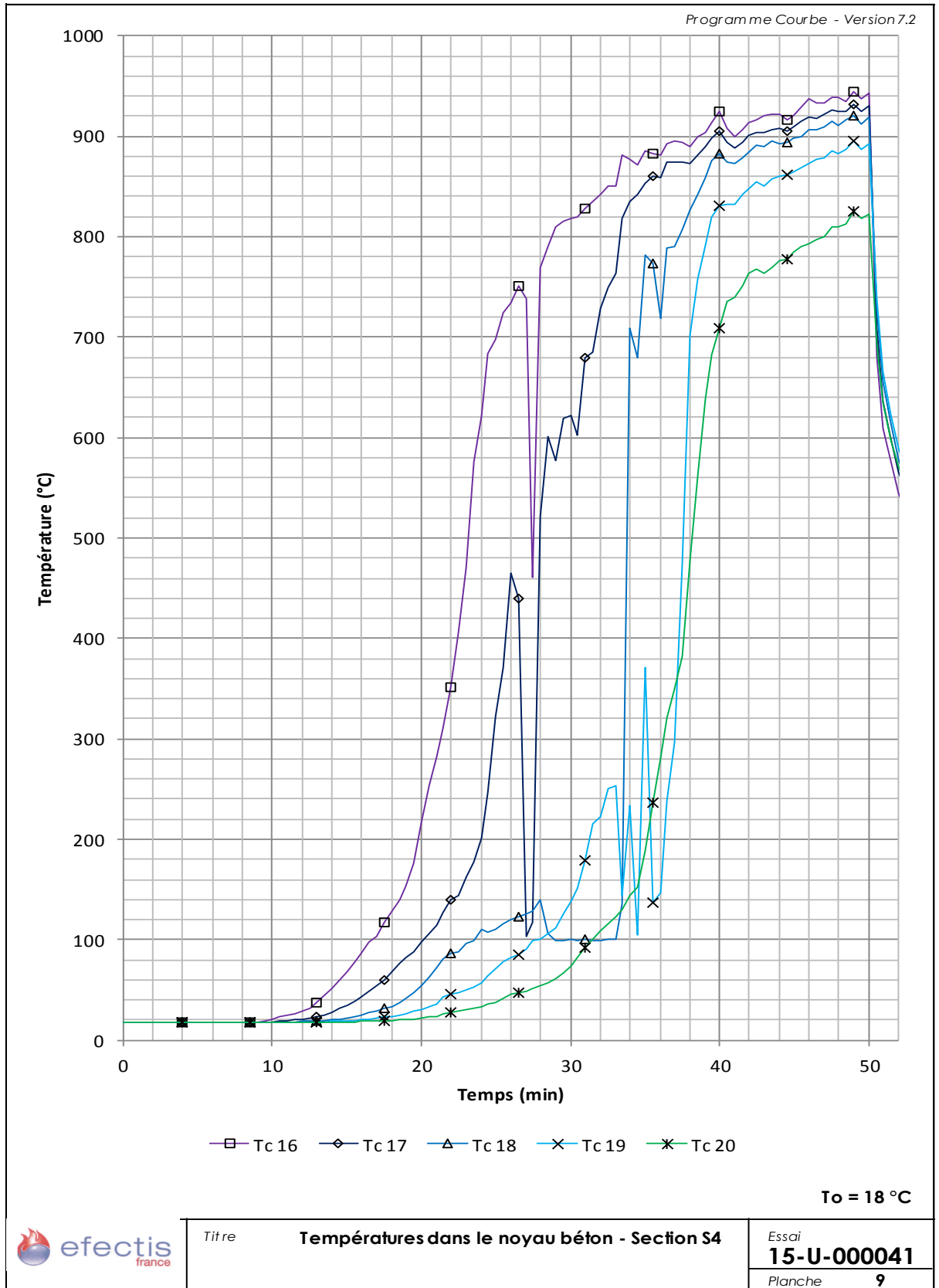


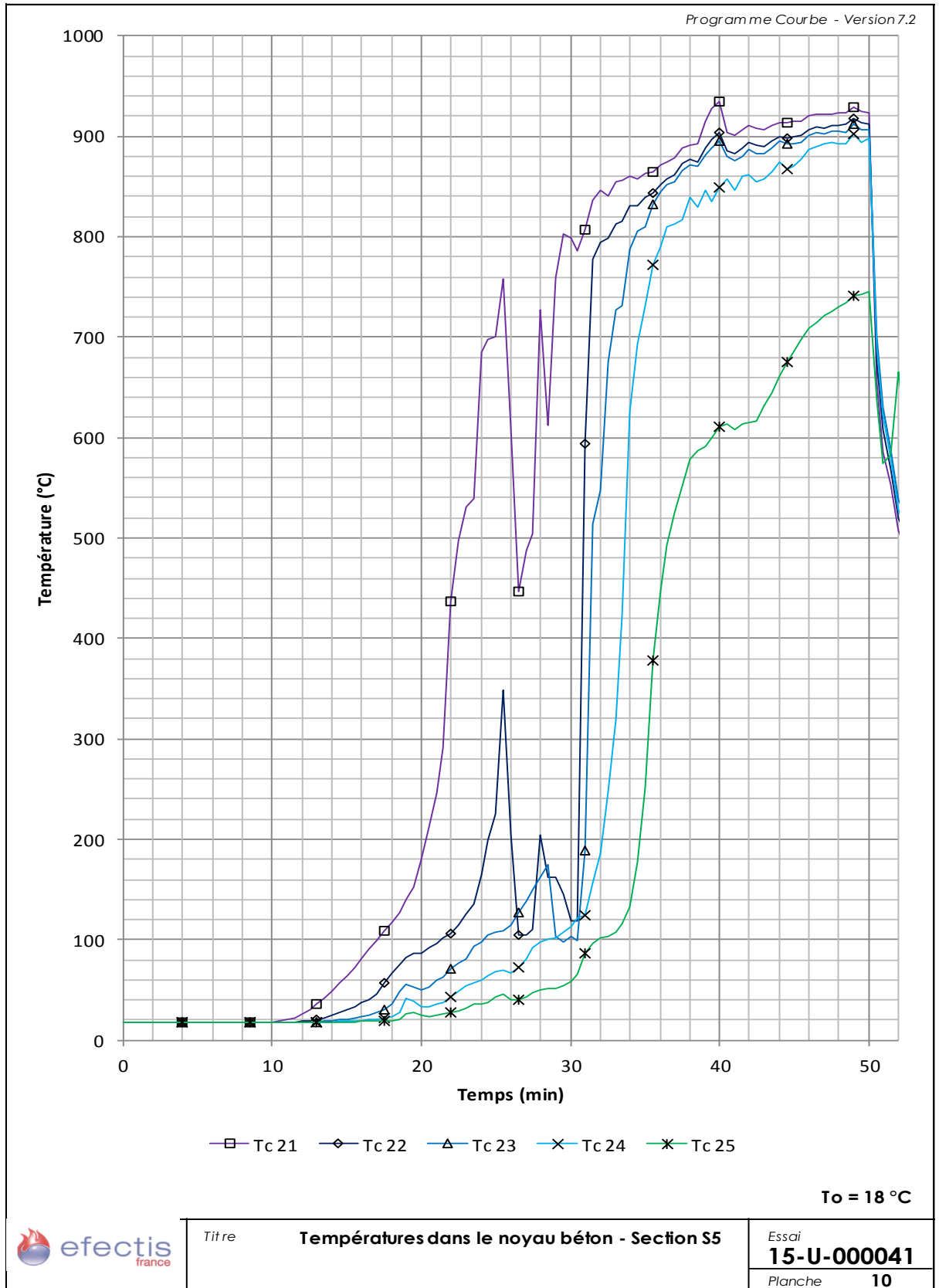


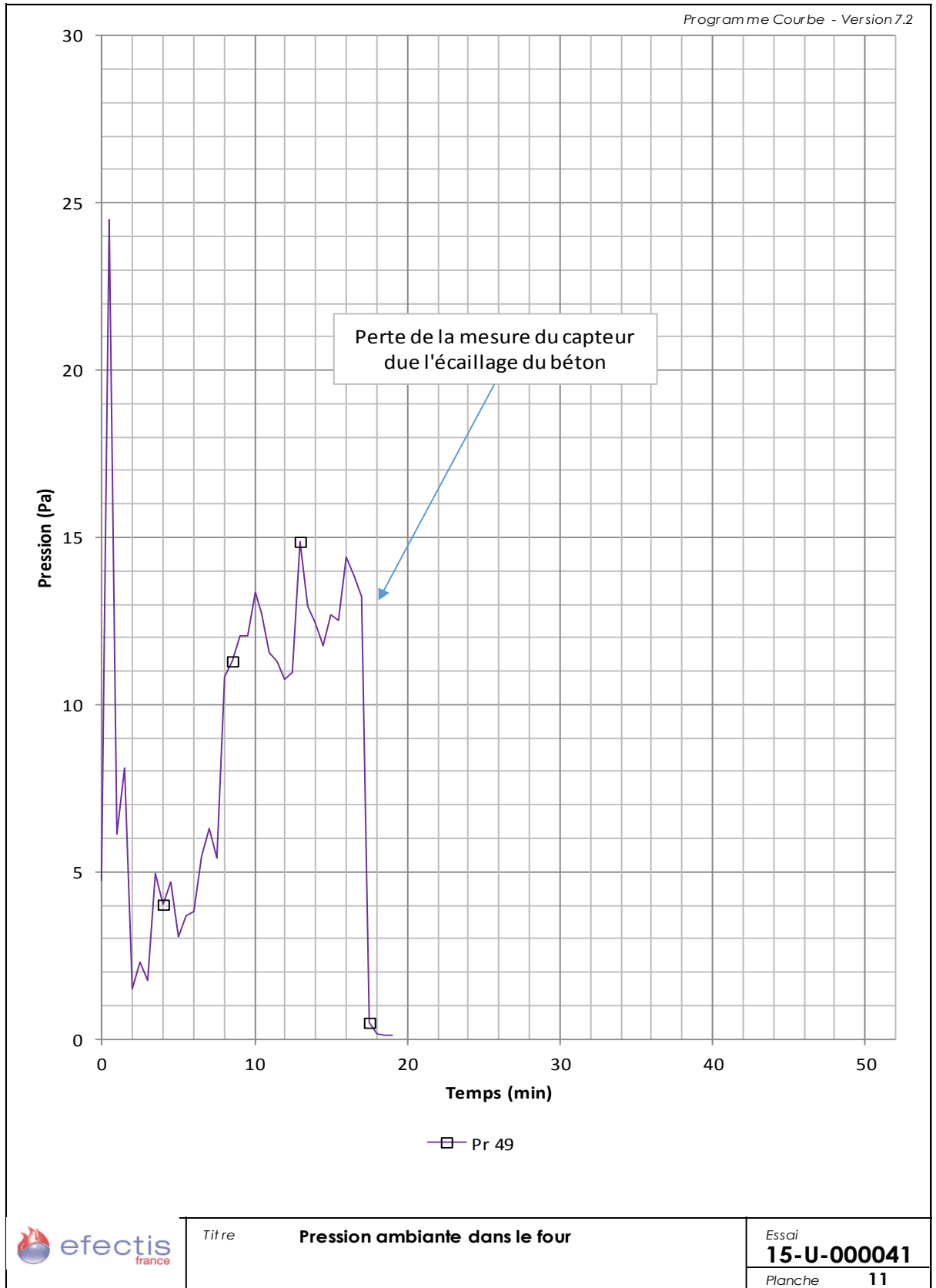




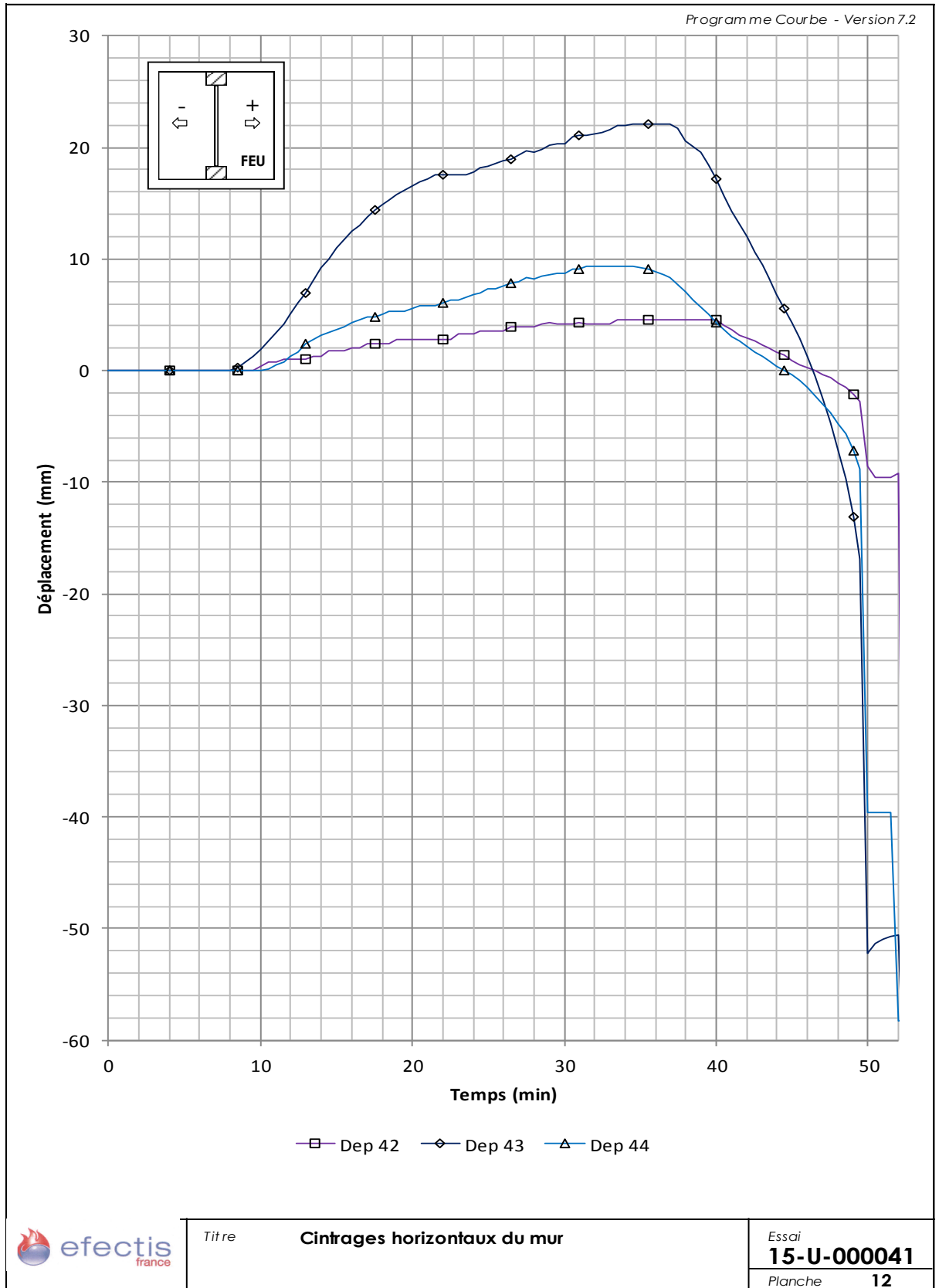


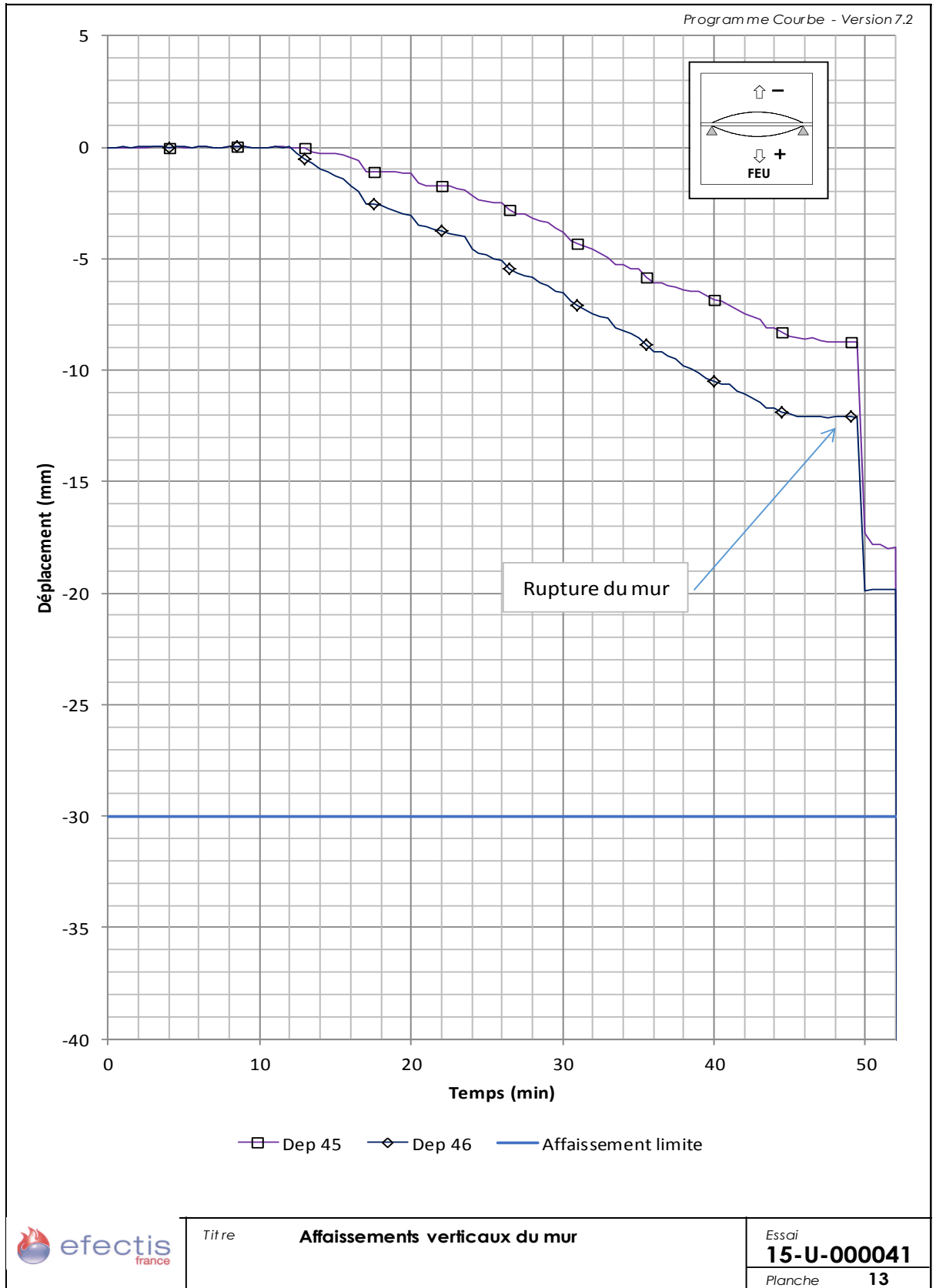


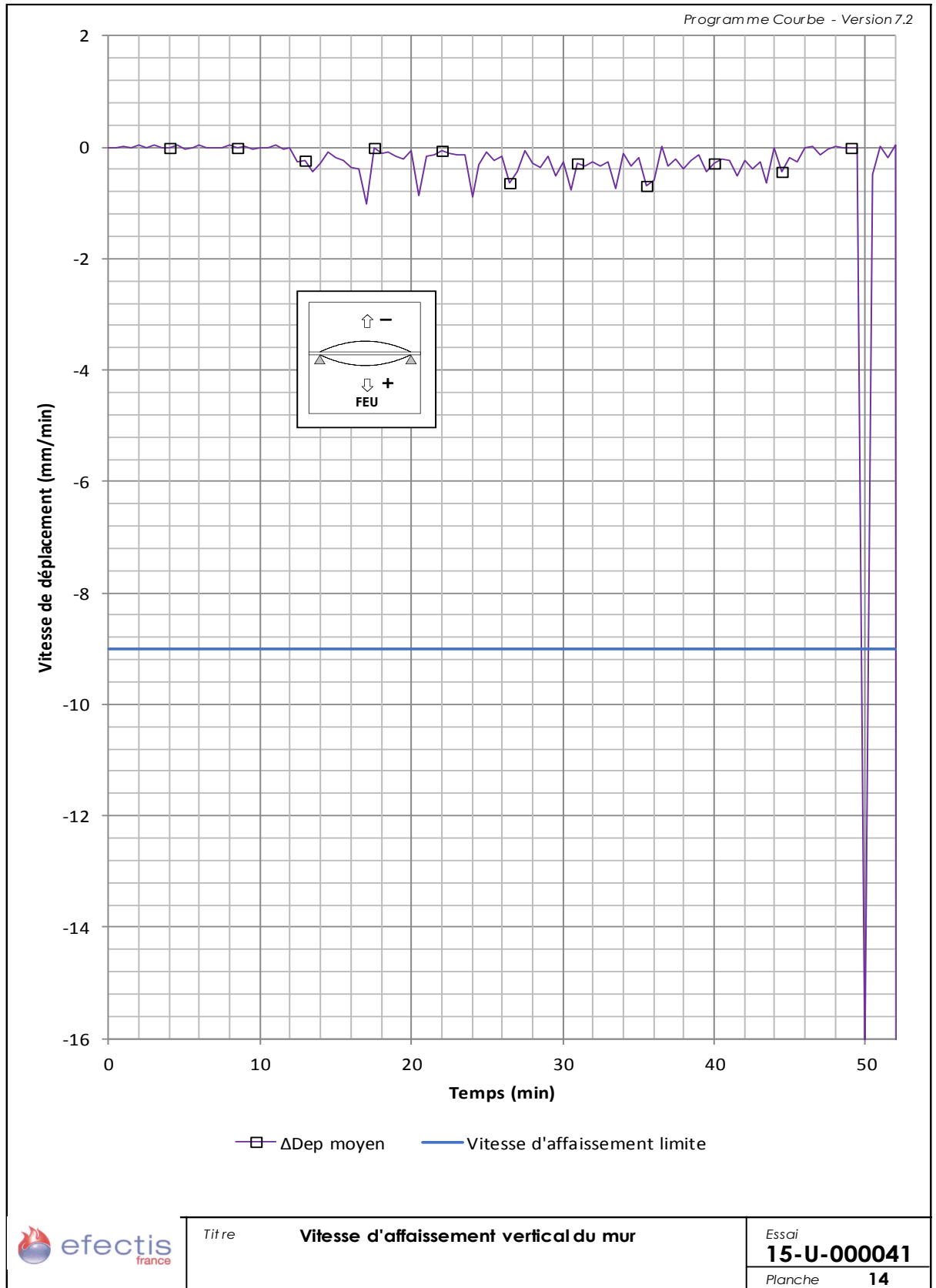


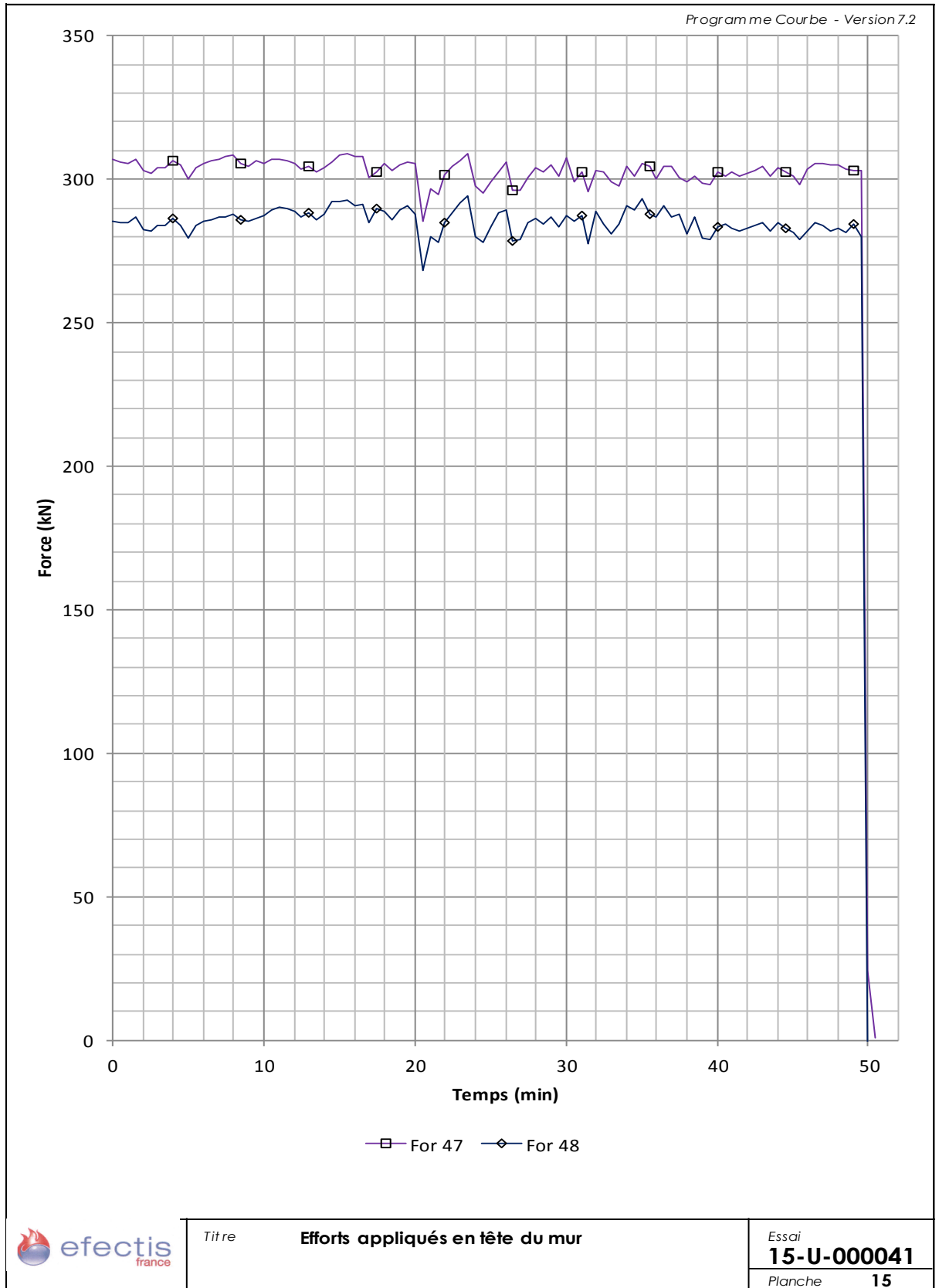












## ANNEXE PHOTOS



<b>Photo A (gauche)</b>	Face exposée avant essai.
<b>Photo B (droite)</b>	Face non-exposée après essai.



<b>Photo C (gauche)</b>	Face exposée après essai.
<b>Photo D (droite)</b>	Ecaillage du béton.