



Faculté des Sciences Appliquées
Génie Civil et Géologie
Mécanique des Matériaux et Structures
J.-M. Franssen, Professeur adjoint, Maître de Recherches F.N.R.S.

Liège, le 19 avril 2002

ETUDE SUR LE TASSEMENT DU BOIS
DANS LA CONSTRUCTION DE MAISON A OSSATURE EN BOIS MASSIF
(TECHNIQUE DES BOIS EMPILES)

Recherche effectuée à l'Université de Liège
dans le cadre d'une convention avec *BIOSPEEDHOME S.A.* et *VALBOIS-RN*
avec le soutien financier de
la Députation Permanente de la Province du Luxembourg

RAPPORT

Prof. Dr ir J.-M. Franssen

Annexes : 2
PV EP/PF/929 et 4/EM/65931

CONTENU

A AIDES AU DIMENSIONNEMENT

A.1 Outil de dimensionnement de solive 68 x 218

A.2 Détermination de caractéristiques de raideur et de résistance de sections de forme complexe

B ETUDES DE STABILITE

B.1 Etude de la transmission de charges concentrées sur cloison

B.2 Essai de flexion sur poutre

B.3 Essai d'un assemblage poutre-poutre avec console

C ESSAI AU FEU

ANNEXES

1) P.V. d'un essai de traction sur acier

2) P.V. d'un essai de résistance au feu sur cloison

A. AIDES AU DIMENSIONNEMENT

A.1 Outil de dimensionnement de solive 68 x 218

Un outil de dimensionnement pratique a été mis au point sous la forme d'un fichier EXCEL et sur la base des recommandations de l'Eurocode 5 (ENV 1995-1-1). Cet outil est applicable à une poutre simplement appuyée sur ses deux appuis d'extrémité et soumise à une charge répartie permanente et à une charge répartie non permanente.

Les valeurs à introduire comme données sont les suivantes:

- Largeur de la section
- Hauteur de la section
- Masse volumique du bois
- Masse surfacique du plancher
- Entre-axe des solives
- Charge répartie permanente
- Charge répartie variable
- Durée d'application de la charge variable, courte ou moyenne durée
- Portée de la poutre
- Classe de résistance du bois, S6 ou S8
- Longueur de l'appui

En fonction de ces données, le programme calcule automatiquement et affiche sous les données tous les indices de chargement qui sont calculés ainsi que l'indice de chargement suivant le critère le plus défavorable parmi tous ceux qui sont considérés, cfr infra. Cet indice de chargement ne peut pas être supérieur à 1.00. Le programme donne également le critère qui était le plus sévère et qui a donné cet indice de chargement maximum. La seule vue de cette première page permet donc de synthétiser l'ensemble des données ainsi que les résultats principaux.

Aux pages suivantes, on trouve des informations complémentaires qui permettent de suivre le cheminement des calculs. Ces pages peuvent servir de note de calcul et peuvent être fournies pour vérification à un organisme de contrôle par exemple. On trouve ainsi des renseignements sur

- les coefficients k_{mod} et k_{def} pris en compte,
- les propriétés de résistance et de raideurs du matériau prises en compte, avec valeurs caractéristiques et valeurs de calcul,
- les propriétés géométriques de la section,
- les valeurs des charges linéaires prises en compte, avec valeurs caractéristiques et valeurs de calcul,

- les indices de résistance en flexion, en cisaillement et en compression perpendiculaire sur appui pour la combinaison sous charge permanente plus charge variable, ainsi que pour la combinaison sous charge permanente uniquement,
- les indices de déformation, soit pour la charge variable instantanée qui est limitée à $L/300$, soit pour la flèche finale nette qui est limitée à $L/200$,
- les indices concernant les vibrations. Il n'est pas possible d'effectuer à ce propos une vérification complète permettant de couvrir tous les types de planchers qui pourraient intervenir car le nombre de variables serait trop grand et la complexité dépasserait celle d'un outil simple. On effectue la vérification de la première fréquence propre de vibration et on vérifie qu'elle est bien supérieure à 8 Hz (condition nécessaire) et on effectue la vérification simplifiée qui consiste à calculer la flèche sous une charge concentrée de 1 kN (on suppose une largeur collaborante de 1 mètre) et à vérifier qu'elle ne dépasse pas 1.5 mm.

Utilisé comme tel, le programme effectue en fait une vérification; on introduit les données et on vérifie si la solution est satisfaisante en vérifiant que l'indice de chargement maximum reste inférieur ou égal à 1.00. Il est également possible d'utiliser l'outil pour faire du dimensionnement à l'aide de l'une des 3 macros suivantes. Ayant introduit les données, on peut utiliser

- CTRL L et le programme calcule automatiquement la portée de la poutre qui conduit à un indice de chargement de 1.00, c'est-à-dire la portée maximale,
- CTRL Q et le programme calcule automatiquement la charge variable qui conduit à un indice de chargement de 1.00, c'est-à-dire la charge maximale,
- CTRL e et le programme calcule automatiquement l'entre axe des solives qui conduit à un indice de chargement de 1.00, c'est-à-dire l'entre axe maximal.

Bien entendu, il n'est possible que de déterminer l'une de ces 3 variables, un choix ayant été fait pour les 2 autres.

Les pages suivantes de ce rapport montrent un exemple de calcul avec les impressions qui sont fournies par le programme.

DONNEES

Largeur de la section	b	68	mm
Hauteur de la section	H	218	mm
Masse volumique du bois	γ	450	kg/m ³
Masse surfacique du plancher	pl	50	kg/m ²
Entre-axe des solives	e	300	mm
Charge répartie permanente	G	100	kg/m ²
Charge répartie variable	Q	200	kg/m ²
Portée de la poutre	L	5.273	m
Longueur de l'appui	a	40	mm
Classe de résistance		S6	
Charges variables de		moyenne	durée

RESULTAT

Contrainte de flexion sous G+Q	0.79
Contrainte de cisaillement sous G+Q	0.20
Contrainte perp. sur appui sous G+Q	0.42
Contrainte de flexion sous G	0.46
Contrainte de cisaillement sous G	0.11
Contrainte perp. sur appui sous G	0.25
Flèche variable instantannée	0.54
Flèche finale nette	1.00
Fréquence propre	0.82
Vibrations	0.97
Index maximum (doit être < ou = à 1.00)	1.00
Critère déterminant	Flèche finale nette

PROPRIETES DU MATERIAU

coefficients de dimensionnement

	Sous G+Q	k, mod, 1	0.80	Dépend de la durée des charges
	Sous G	k, mod, 2	0.60	
	Sous Q	k, def, 1	0.25	Dépend de la durée des charges
	Sous G	k, def, 2	0.80	
	effet système	k, ls	1.10	
Raideur	Module d'élasticité moyen	E, m	11.000	N/mm ²
	Module de cisaillement moyen	G, m	690	N/mm ²
Résistance en flexion	valeur caractéristique	f, mk	19.0	N/mm ²
	valeur de calcul sous G+Q	f, md, 1	12.9	N/mm ²
	valeur de calcul sous G	f, md, 2	9.6	N/mm ²
Résistance en cisaillement	valeur caractéristique	f, vk	2.1	N/mm ²
	valeur de calcul sous G+Q	f, vd, 1	1.4	N/mm ²
	valeur de calcul sous G	f, vd, 2	1.1	N/mm ²
Résistance à la compression perpendiculaire	valeur caractéristique	f, c90k	5.3	N/mm ²
	valeur de calcul sous G+Q	f, c90d, 1	3.6	N/mm ²
	valeur de calcul sous G	f, c90d, 2	2.6	N/mm ²

CALCULS

Calculs préliminaires

Section droite	A	14.824	mm ²	A = b H
		0.0148	m ²	
Inertie	I	58.707.981	mm ⁴	I = b H ³ / 12
Module de flexion élastique	We	538.605	mm ³	We = b H ² / 6
Masse de la solive	m,sk	6.7	kg/m	m,sk = γ A
Masse du plancher	m,plk	15.0	kg/m	m,plk = pl e
Charge de service permanente	m,Gk	30.0	kg/m	m,Gk = G e

Charges caractéristiques

Charge permanente totale	Gk	507	N/m	Gk = 9.81 (msk+mplk+mGk)
Charge variable	Qk	589	N/m	Qk = 9.81 Q e

Charges de calcul

Charge permanente totale	Gd	684	N/m	Gd = 1.35 Gk
Charge variable	Qd	883	N/m	Qd = 1.5 Qk

Résistance sous G+Q

Moment de calcul	Md	5.447	Nm	$Md = (Gd+Qd) L^2 / 8$
Contrainte de flexion	σ, m	10.1	N/mm ²	$\sigma, m = Md / We$
Indice	I,m	0.79	-	$I, m = \sigma, m / f, md, 1$
Effort tranchant de calcul	Vd	4.132	N	$Vd = (Gd+Qd) L / 2$
Contrainte de cisaillement	τ	0.3	N/mm ²	$\tau = Vd / A$
Indice	I,v	0.20	-	$I, v = \sigma, m / f, vd, 1$
Contrainte de compression perpendiculaire	$\sigma, c90$	1.5	N/mm ²	$\sigma, c90 = V, d / (a * b)$
Indice	I,c90	0.42	-	$I, c90 = \sigma, c90 / f, c90d, 1$

Résistance sous G

Moment de calcul	Md	2.378	Nm	$Md = Gd L^2 / 8$
Contrainte de flexion	σ, m	4.4	N/mm ²	$\sigma m = Md / We$
Indice	I,m	0.46	-	$I, m = \sigma, m / f, md, 2$
Effort tranchant de calcul	Vd	1.804	N	$Vd = Gd L / 2$
Contrainte de cisaillement	τ	0.1	N/mm ²	$\tau = Vd / A$
Indice	I,v	0.11	-	$I, v = \sigma, m / f, vd, 2$
Contrainte de compression perpendiculaire	$\sigma, c90$	0.7	N/mm ²	$\sigma, c90 = V, d / (a * b)$
Indice	I,c90	0.25	-	$I, c90 = \sigma, c90 / f, c90d, 2$

Flèche sous G					
Terme de flexion	f, M	7.9	mm		$f, M = 5 Gk L^4 / 384 E, m I$
Terme d'effort tranchant	f, V	0.2	mm		$f, V = f, M \cdot 24 / 25 E, m / G, m (H/L)^2$
Flèche à court terme	f, G, o	8.1	mm		$f, G, o = f, M + f, V$
Flèche de fluage	f, G, fl	6.5	mm		$f, G, fl = k, def, 2 * f, G, o$
Flèche sous Q					
Flèche à court terme	f, M	9.2	mm		$f, M = 5 Qk L^4 / 384 E, m I$
Terme d'effort tranchant	f, V	0.2	mm		$f, V = f, M \cdot 24 / 25 E, m / G, m (H/L)^2$
Flèche à court terme	f, Q, o	9.4	mm		$f, Q, o = f, M + f, V$
Flèche de fluage	f, Q, fl	2.4	mm		$f, Q, fl = k, def, 1 * f, Q, o$
Critères					
Valeur admissible pour la flèche à court terme	f, Q, o, adm	17.6	mm		$f, Q, o, adm = L / 300$
Indice	I, var	0.54	-		$I, var = f, Q, o / f, Q, o, adm$
Flèche finale nette	f, tot	26.4	mm		$f, tot = f, G, o + f, G, fl + f, Q, o + f, Q, fl$
Valeur admissible pour la flèche finale nette	f, tot, adm	26.4	mm		$f, tot, adm = L / 200$
Indice	I, tot	1.00	-		$I, tot = f, tot / f, tot, adm$

Vibrations

masse du plancher	m	21.7	kg/m	$m = m_{sk} + m_{plk}$
Première fréquence propre de vibration	f1	9.8	-	$f1 = \pi / (2 L^2) * \text{racine}(E, m I / m)$
valeur minimale	f1,min	8	-	Valeur fixe
Indice	I,f1	0.82	-	$I, f1 = f1, \text{min} / f1$
Flèche sous 1 kN	f,M	4.7	mm	$f, M = 1000 L^3 / 48 E, m I$
	f,V	0.1	mm	$f, V = f, M \cdot 6/5 \cdot E, m / G, m (H/L)^2$
	f,1kN	1.5	mm	$f, 1 \text{ kN} = (f, M + f, V) / e$
valeur admissible	f,adm	1.5	mm	Valeur fixe
Indice	I,1kN	0.97	-	$I, 1 \text{ kN} = f, 1 \text{ kN} / f_{adm}$

Indice maximum

Flèche finale nette

1.00

A.2 Détermination de caractéristiques de raideur et de résistance de sections de forme complexe

Exposé du problème

On pratique des entailles dans des poutres en lamellé collé posées de manière isostatique sur deux appuis d'extrémités. Ces entailles sont destinées à recevoir des solives de plancher. Quel est l'effet de ces entailles sur la résistance et la déformabilité de la poutre?

Poutre

Largeur 140 mm

Hauteur 350 mm

Entailles

Largeur 68 mm

Hauteur 218 mm

Profondeur 23 mm

Ecartement 550 mm

Les entailles sont localisées en partie haute de la poutre et il y en a 2 en vis à vis, une de chaque côté de la poutre.

Préalable

Les entailles reçoivent des solives transversales, mais on ne tiendra pas compte de la présence des solives dans la reprise des efforts appliqués à la poutre, à cause du retrait transversal de ces solives qui ne va pas maintenir un contact parfait entre les solives et la poutre et à cause de la faible valeur du module d'élasticité transversal des solives par rapport au module d'élasticité longitudinal de la poutre. On va donc effectuer les calculs comme si les entailles étaient vides.

Résistance à la flexion.

L'écart entre les entailles est de 550 mm. Comme, d'une part, cet écartement entre les entailles est assez faible par rapport aux longueurs habituelles des poutres et que, d'autre part, on veut obtenir une solution valable pour toutes les configurations, on se placera dans l'hypothèse la plus sécuritaire consistant à supposer que le moment de flexion maximum dans la poutre se situe au droit d'une entaille. Cette hypothèse est assez réaliste car, de toute façon, les charges de

plancher sont le plus souvent réparties et le diagramme des moments est parabolique, avec une large plage dans laquelle la valeur est proche du maximum.

Le tableau suivant donne les caractéristiques de la section à considérer, aussi bien dans une poutre sans entaille que dans une poutre avec entailles.

$$\sigma = \frac{M}{I/v}$$

<u>Poutre sans entaille</u>	<u>Poutre avec 2 entailles</u>
Section droite	
A = 140 x 350	$A_i = 49\,000 - 2 \times 23 \times 218 = 39\,972 \text{ mm}^2$
A = 49 000 mm ²	$A_i = 80\% A$
Position de l'axe neutre par rapport au haut de la section	
v = 350 / 2 = 175 mm	$39\,972 v_i = 49\,000 \times 175 - 2 \times 23 \times 218^2 / 2$
	$v_i = 187.2 \text{ mm}$
	$v_{i,\text{inf}} = 350 - 187.2 = 162.8 \text{ mm}$
Inertie de la section	
$I = 140 \times 350^3 / 12$	$I_i = 140 \times 350^3 / 12 + 140 \times 350 \times 12.2^2$
$I = 500.2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$- 2 \times 23 \times 218^3 / 12 - 2 \times 23 \times 218 \times 78.2^2$
	$I_i = 406.5 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$I_i = 81\% I$
Module de flexion élastique	
$I/v = 500.2 \cdot 10^6 / 175$	$I/v_{i,\text{sup}} = 406.5 \cdot 10^6 / 182.5$
$I/v = 2.858 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$	$I/v_{i,\text{sup}} = 2.172 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$ pour la fibre supérieure
	$I/v_{i,\text{sup}} = 76\% I/v$
	$I/v_{i,\text{inf}} = 406.5 \cdot 10^6 / 162.8$
	$I/v_{i,\text{inf}} = 2.497 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$ pour la fibre inférieure
	$I/v_{i,\text{inf}} = 87\% I/v$

Dans des cas limites où la contrainte maximale calculée de cette façon dépasse la contrainte admissible, on pourra éventuellement faire la vérification plus détaillée en tenant compte de la valeur exacte du moment de flexion et de la résistance en chaque point. On ne pourra cependant en tirer un réel bénéfice que si la contrainte maximale se produit sous une charge concentrée. En effet, sous un chargement réparti, la forme du diagramme de moment est parabolique et il existe toute une plage, proche de la mi portée, où le moment garde pratiquement sa valeur maximale.

Si on effectue une vérification détaillée tenant compte de la position exacte des charges, il conviendra de prendre en compte la valeur de la résistance réduite sur une distance égale à la profondeur de l'entaille de part et d'autre de l'entaille. En effet, les contraintes ne peuvent diffuser directement vers toute la section lorsqu'on passe brutalement de la section entaillée à la section pleine. Si on se base sur un angle de diffusion des contraintes de 45°, la zone à résistance réduite aura alors une longueur de $68 + 2 \times 23 = 114$ mm ou, en arrondissant, de 60 mm de part et d'autre de l'axe de l'entaille.

Note : comme l'entaille est dans la zone comprimée, il n'y a pas d'effet de concentration de contrainte (ou effet d'entaille) là où la section varie brutalement. Il n'en serait pas de même si l'entaille se situait dans la zone tendue, ce qui pourrait se produire au droit d'un appui intermédiaire d'une poutre continue.

Résistance à l'effort tranchant.

On peut soit vérifier la résistance à l'effort tranchant avec les propriétés de la section réduite, sans avoir à vérifier la position exacte de la première entaille, ou, si la contrainte dépasse tout juste la valeur admissible, effectuer une vérification détaillée en prenant en compte la position exacte de la première entaille. Dans ce cas, on attribuera aussi les propriétés de la section entaillée sur une distance de 60 mm de part et d'autre de l'axe de l'entaille.

$$\tau = \frac{T}{A^*}$$

Poutre sans entaille

Poutre avec entaille

Section droite réduite

$$A^* = I b / S = 2/3 A$$

$$A_i^* = 406.5 \cdot 10^6 \times 94 / (94 \times 187.2^2 / 2)$$

$$A^* = 32\,667 \text{ mm}^2$$

$$A_i^* = 23\,204 \text{ mm}^2$$

$$A_i^* = 71\% A^*$$

Déformabilité.

On va également chercher une solution qui ne dépend pas de la position exacte des entailles, basée sur le fait que l'écartement entre les entailles est faible par rapport à la portée de la poutre.

La déformée d'une poutre s'obtient par intégration double de l'équation suivante :

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{M(x)}{EI}$$

Si on pose l'hypothèse que le moment ne varie pas fortement sur une distance correspondant à l'entre axe des entailles, et si on attribue de nouveau les propriétés de la section réduite à une distance de 120 mm (cfr supra), la raideur équivalente I_{eq} s'obtient par la résolution de l'équation suivante :

$$\int_0^{550} \frac{1}{I_{eq}} dx = \int_0^{120} \frac{1}{I_i} dx + \int_{120}^{550} \frac{1}{I} dx$$

La résolution est immédiate.

$$\frac{550}{I_{eq}} = \frac{120}{406.5 \times 10^6} + \frac{430}{500.2 \times 10^6}$$

qui donne $I_{eq} = 476.3 \times 10^6 \text{ mm}^4 = 95\% I$

On constate donc que, par rapport à la poutre de départ, l'effet des entailles est théoriquement de ramener

- à 76 % la résistance à la flexion,
- à 71 % la résistance à l'effort tranchant,
- à 95 % la raideur en flexion.

Analyse de l'essai décrit en B.2 et recommandations finales

L'essai a montré une raideur après entaille de 90 %, contre une valeur calculée de 95 %. La dégradation est de toute façon assez faible et on propose, par sécurité, de retenir la valeur la plus basse, celle tirée de l'essai.

Il n'est pas possible de savoir ce qu'aurait été la charge de rupture de la poutre sans entaille. On a toutefois observé que la rupture s'est produite en traction. On propose donc de retenir la valeur du module élastique calculée en traction, même si la valeur calculée en compression est plus faible.

L'essai ne permet pas de conclure sur la résistance à l'effort tranchant. On retiendra la valeur calculée.

Les valeurs recommandées pour le dimensionnement sont donc celles du tableau suivant:

	Sans entaille	Avec entaille dans la zone comprimée de la poutre
Inertie flexionnelle	$I = 500 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$I = 450 \times 10^6 \text{ mm}^4$
Module de flexion élastique	$I/v = 2.86 \times 10^6 \text{ mm}^3$	$I/v = 2.50 \times 10^6 \text{ mm}^3$
Section réduite (effort tranchant)	$A^* = 32\,700 \text{ mm}^2$	$A^* = 23\,200 \text{ mm}^2$

B. ETUDES DE STABILITE

B.1 Etude de la transmission de charges concentrées sur cloison

Exposé du problème

Une cloison en bois formée de poutres empilées (système Biospeedhome) a été montée sur une poutre en lamellé collé qui est posée sur ses deux appuis d'extrémité. Les extrémités de la cloison sont pourvues de deux retours pour empêcher une ruine prématurée par instabilité latérale de la cloison. Une charge concentrée est appliquée en partie centrale et en tête de la cloison et on étudie la manière dont cette charge concentrée est transmise vers la poutre.

La Figure 1 montre un plan du montage tandis que la **Figure 2** montre une vue d'ensemble du montage d'essai. La charge en tête de cloison est appliquée par l'intermédiaire d'une plaque d'appui métallique de 300 mm de long.

La Figure 3 montre les capteurs de déplacement qui sont placés sur un rail métallique de manière à relever la forme de la déformée de la poutre à différents stades de chargement. La Figure 4 montre les 2 capteurs de déplacement transversal placés de l'autre côté de la poutre pour vérifier son éventuel déversement ainsi que les points qui serviront à des mesures extensométriques en vue de déterminer le diagramme des moments à différents stades du chargement.

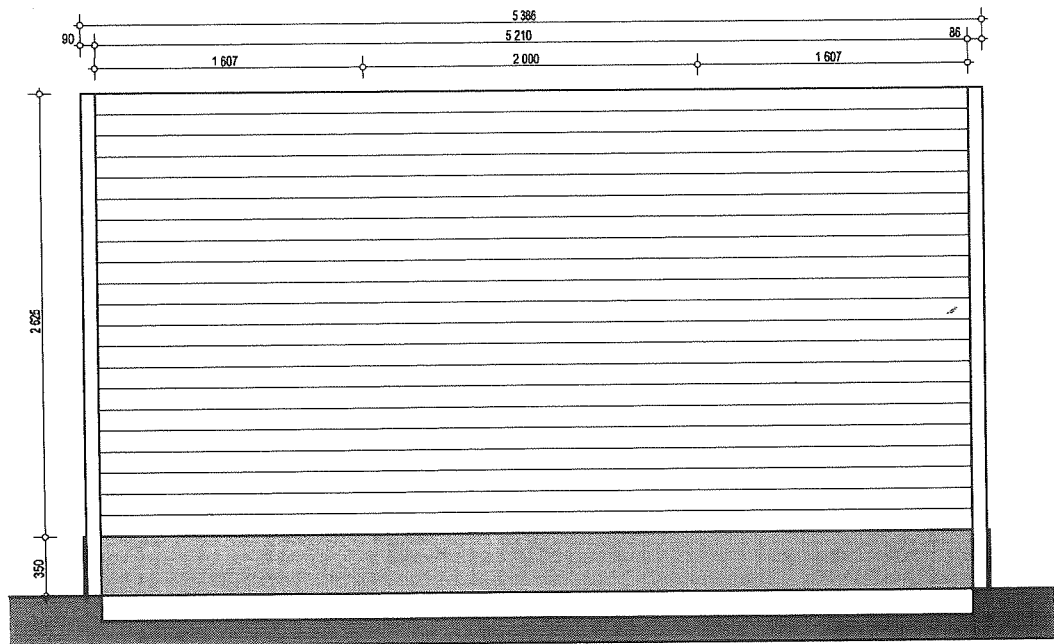
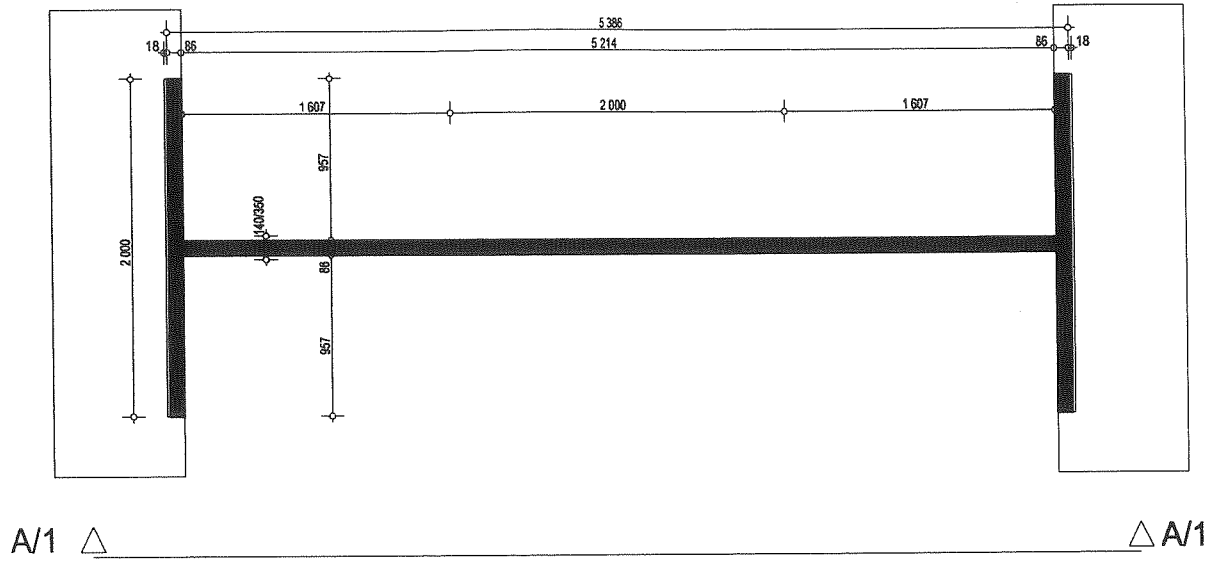


Figure 1 : plan du montage

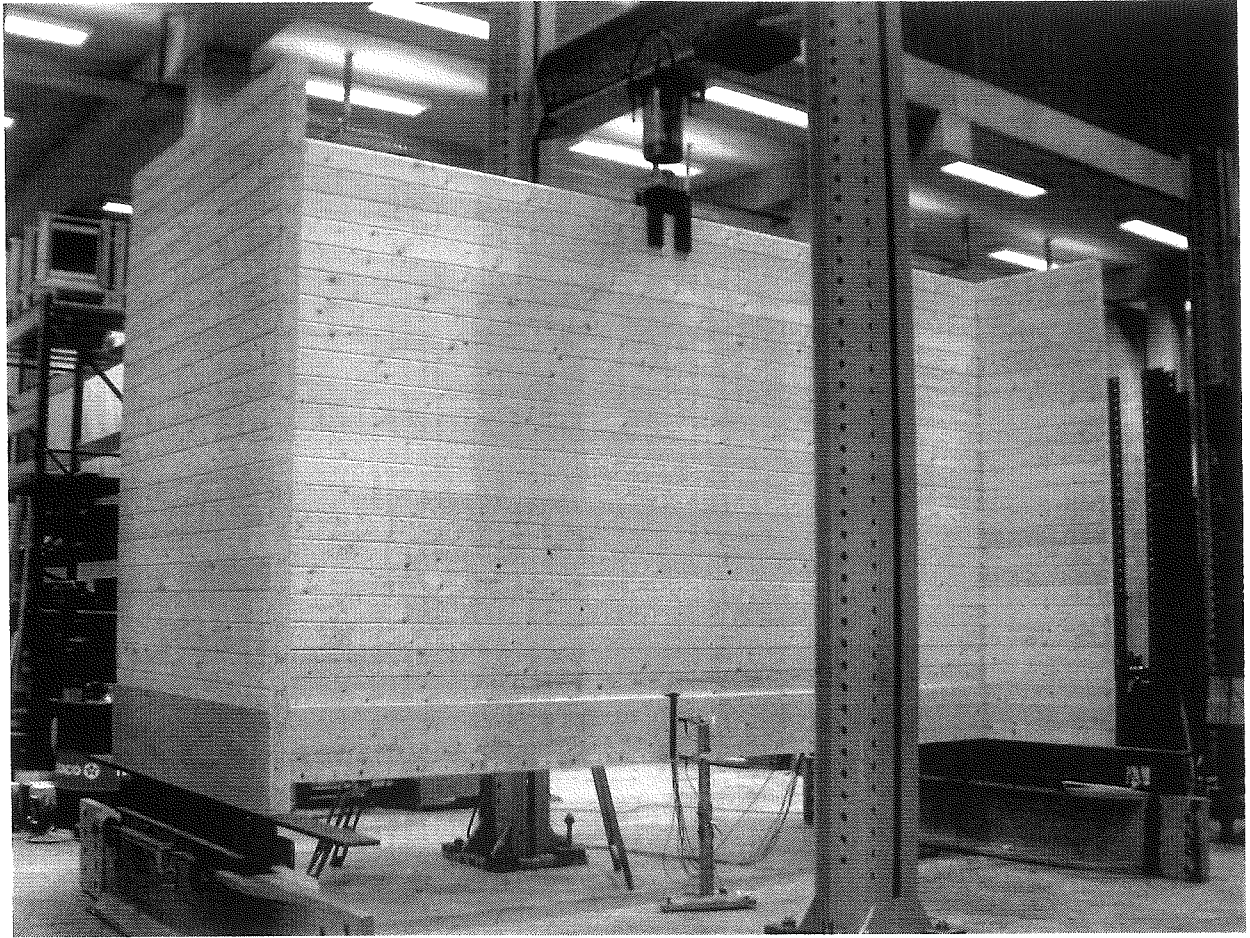


Figure 2 : vue d'ensemble du montage

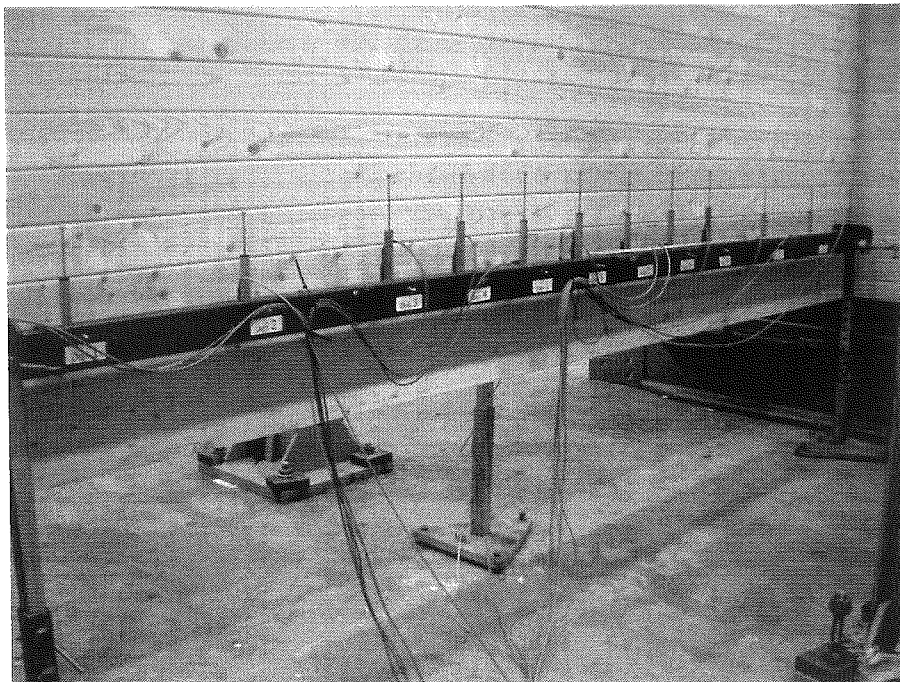


Figure 3 : vue des capteurs de déplacement

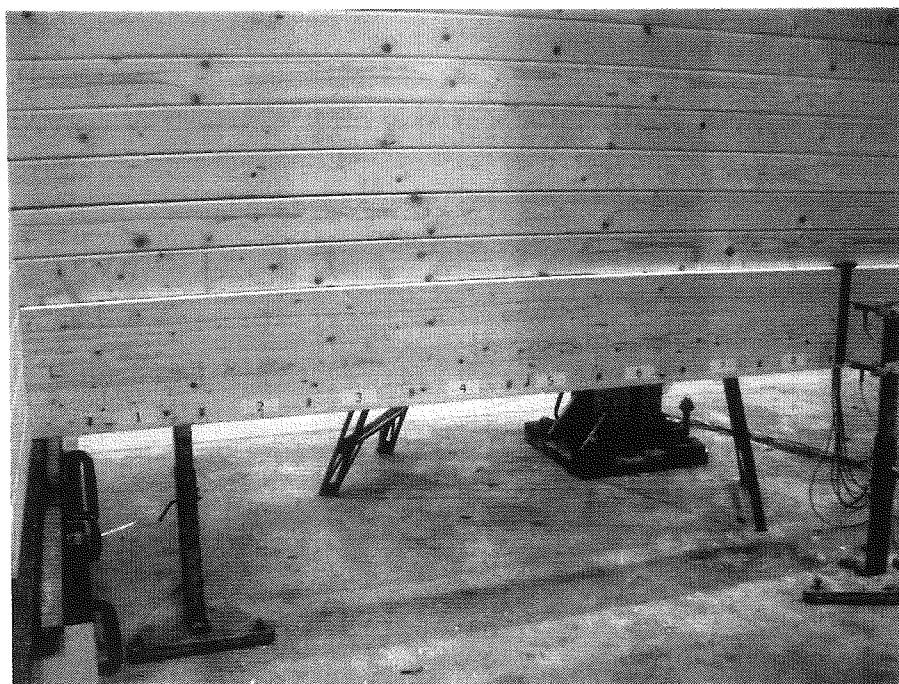


Figure 4 : vue des points pour mesures extensométriques

Résultats

Le taux d'humidité relevé en 5 endroits dans la poutre en lamellé collé à l'aide d'un appareil résistif est de 10.9, 10.1, 8.5, 10.0 et 10.5%; moyenne = 10.0%

La Figure 5 montre l'évolution de la charge appliquée au vérin au cours du temps. La charge a été appliquée progressivement, avec quelques paliers permettant les mesures extensométriques. On a limité la charge à 140 kN à cause des désordres locaux qui commençaient à apparaître dans la cloison juste sous le vérin par suite d'écrasement perpendiculaire au fil du bois.

La Figure 6 montre la relation entre la charge appliquée au vérin et la flèche au centre de la poutre. Il apparaît que cette relation a conservé son caractère linéaire tout au long de la phase de chargement.

La Figure 7 montre l'allure de la déformée aux différents paliers de chargement d'après les mesures de déplacement effectuées à des distances de $\pm 2\ 400$, $\pm 1\ 900$, $\pm 1\ 400$, ± 900 , ± 600 , ± 300 mm du centre ainsi qu'au centre de la portée.

La Figure 8 montre l'allure de l'évolution des déformations calculées au moyen des mesures extensométriques prises à la partie inférieure de la poutre. Ces déformations moyennes sur la base de 300 mm sont données en 10^{-6} .

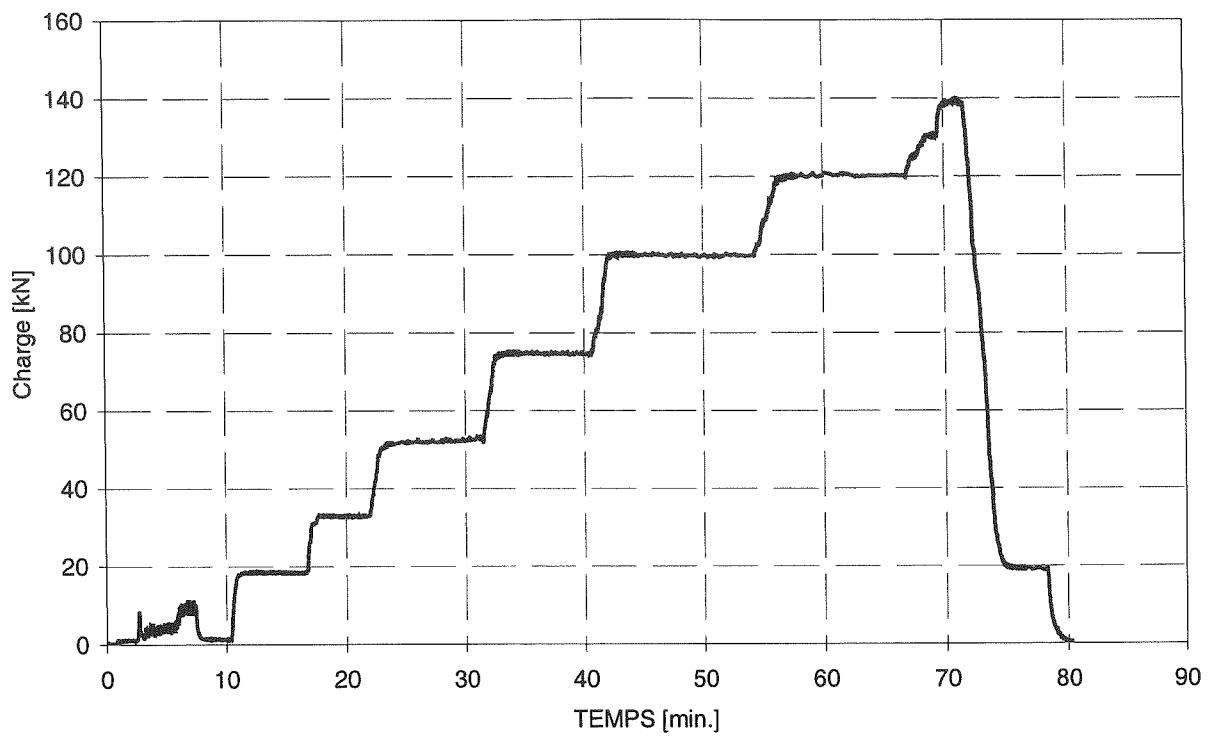


Figure 5 : évolution de la charge au cours du temps

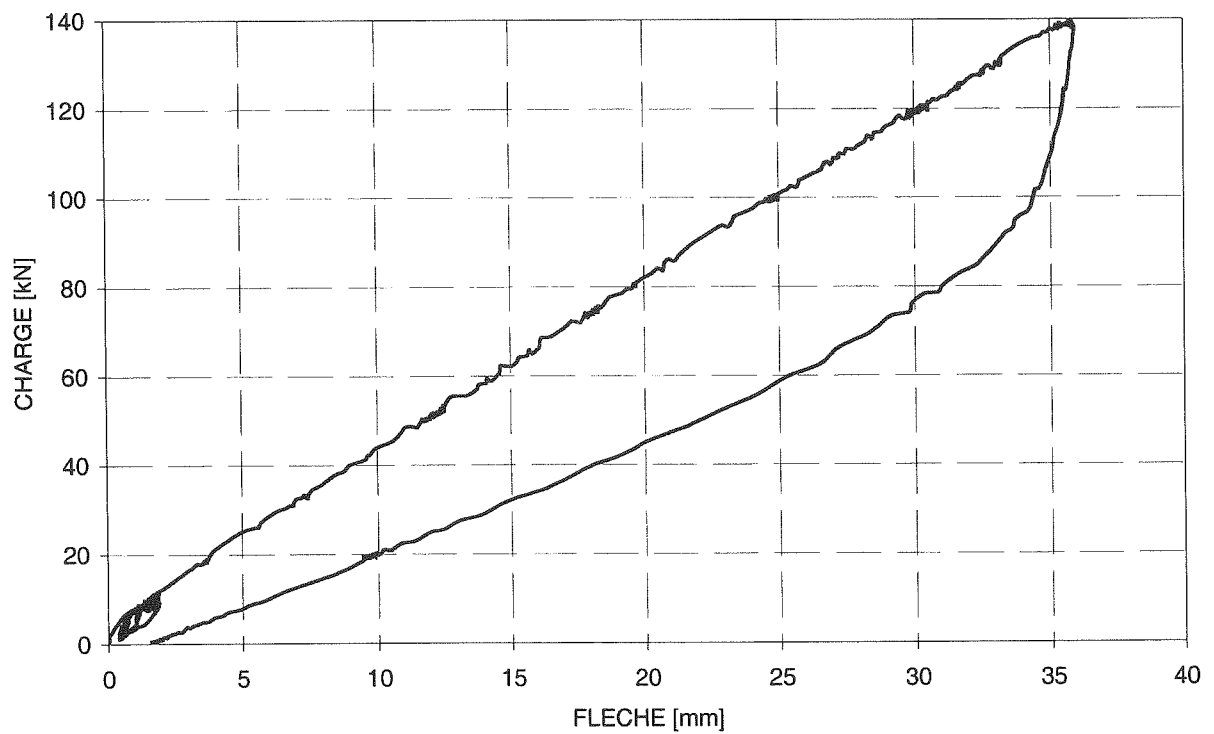


Figure 6 : diagramme flèche-charge

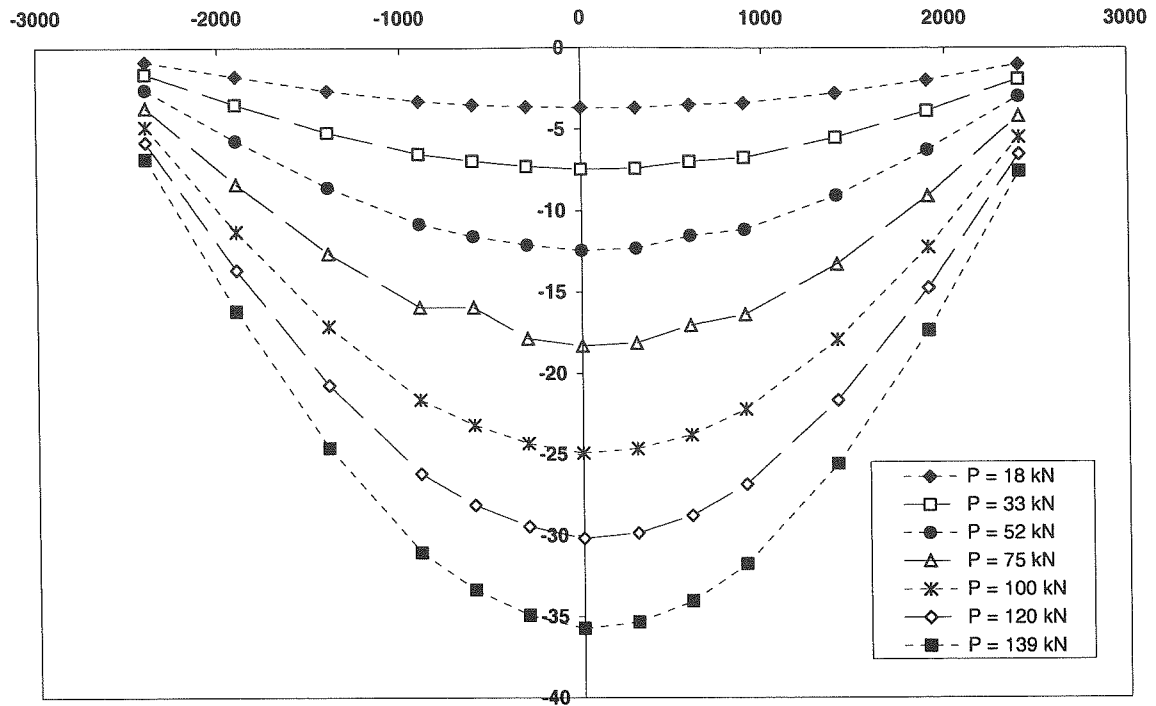


Figure 7 : allures de la déformée

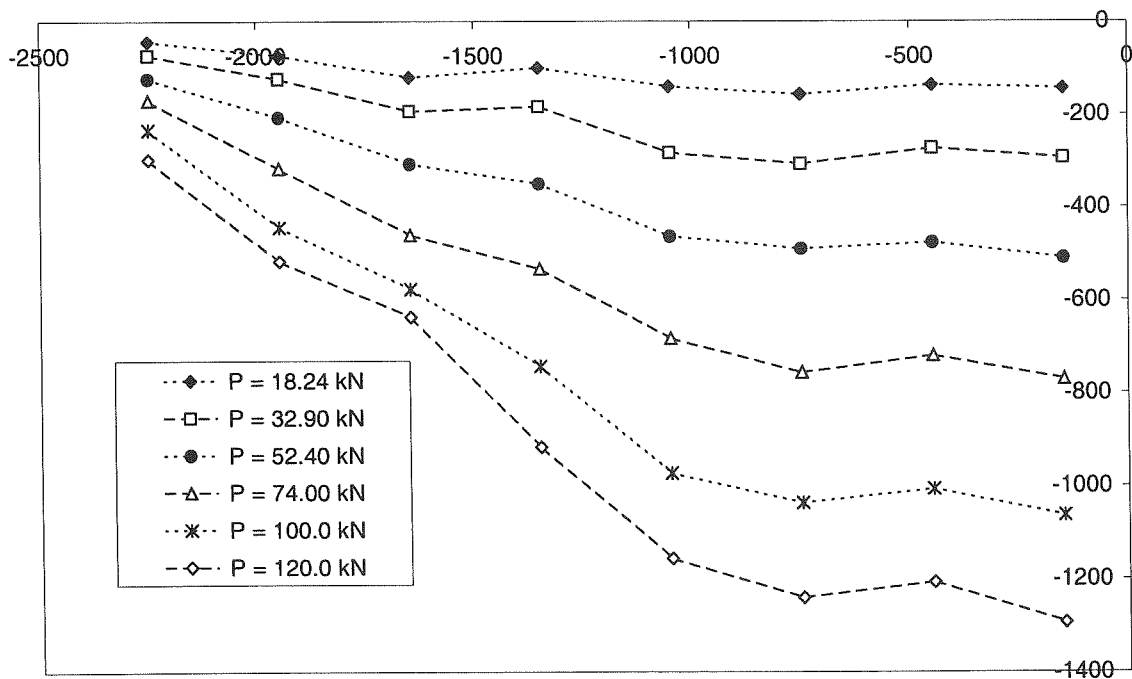


Figure 8 : allures des déformations

Analyse des résultats

Sur base d'une inertie flexionnelle de la poutre en lamellé collé de $500 \times 10^6 \text{ mm}^4$, voir § A.2., et sur base d'un module d'élasticité de $11\,336 \text{ N/mm}^2$, voir § B.2., une charge concentrée de 139 kN donnerait une flèche de $139000 \times 5300^3 / 48 \times 500 \times 10^6 \times 11336 = 76 \text{ mm}$ alors que la flèche maximum relevée lors de l'essai n'est que de 35.7 mm (47%). Il est donc certain que la charge concentrée diffuse en largeur avant son application sur la poutre.

Si on répartit uniformément cette charge de 139 kN sur toute la longueur de la poutre, ce qui équivaut à peu près à une diffusion de la charge à 45° , on obtient une flèche calculée de $5 \times 139000 \times 5300^3 / 384 \times 500 \times 10^6 \times 11336 = 47.5 \text{ mm}$, ce qui est encore plus que la flèche mesurée.

La flèche mesurée de 35.7 mm peut s'obtenir sur base d'une charge uniformément répartie sur la poutre de $139 \text{ kN} \times 35.7 / 47.5 = 104 \text{ kN}$, c'est-à-dire avec une diffusion de l'effort suivant un angle α calculé par l'équation suivante

$$(5\,300 \text{ mm} / 2) \times (47.5 / 35.7) = 2\,625 \text{ mm} \times \text{tg}(\alpha)$$

qui donne $\text{tg}(\alpha) = 1.34$, où $\alpha = 53^\circ$.

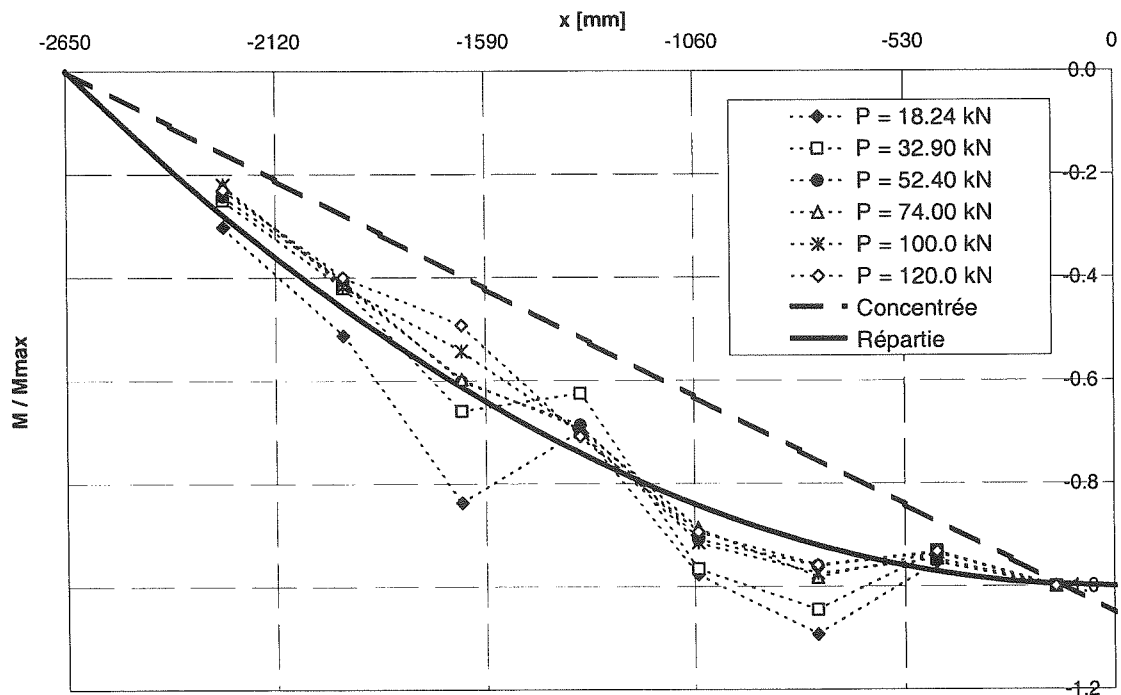


Figure 9 : allure du diagramme des moments

La Figure 9 est tirée de la Figure 8. On a simplement divisé toutes les mesures par la valeur mesurée au plus près du centre de la poutre. Le fait que tous les points expérimentaux restent à peu près à la même position pour tous les niveaux de chargement montre que la manière dont la charge concentrée diffuse en largeur est la même pour tous les niveaux de chargement, c'est-à-dire que la diffusion se fait probablement dans le domaine élastique du comportement du matériau.

En trait pointillé gras sur la figure, on a dessiné l'allure linéaire que prendrait le diagramme des moments (proportionnels aux déformations) si la charge était appliquée de manière concentrée sur la poutre et on constate que les mesures expérimentales ne suivent pas du tout cette allure. Cela confirme bien que la charge diffuse.

En trait continu gras, on a dessiné l'allure parabolique que prendrait le diagramme des moments (proportionnels aux déformations) si la charge était appliquée de manière uniformément répartie sur la poutre et on constate que les mesures expérimentales se rapprochent assez bien de cette allure. Cela confirme l'hypothèse de charge uniformément répartie.

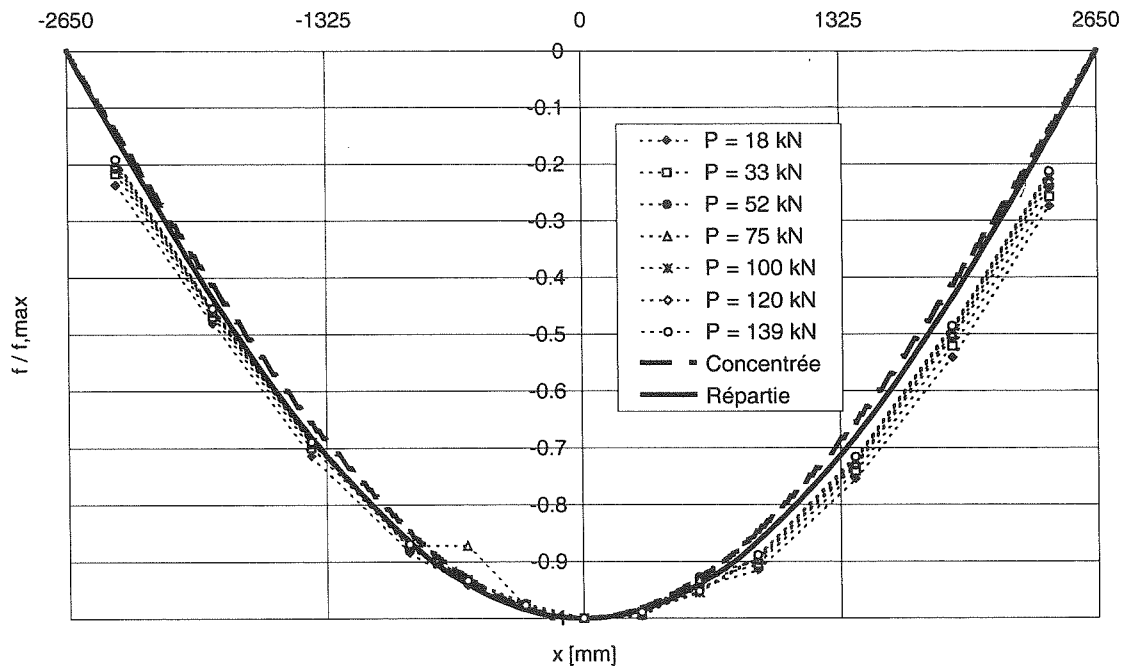


Figure 10 : allure de la déformée normée

La Figure 10 est déduite de la Figure 7. On a simplement divisé pour chaque stade de chargement les déplacements mesurés par la valeur du déplacement à mi-portée.

On constate ici aussi la constance de ces résultats, ce qui confirme le comportement élastique. L'allure de la déformée expérimentale est légèrement plus proche de l'allure théorique de la déformée d'une poutre soumise à charge uniformément répartie que de celle d'une poutre soumise à une charge concentrée, mais ce n'est pas aussi net sur cette figure que ce ne l'était sur la Figure 9.

Conclusions de cet essai

Bien que des calculs simples semblent montrer une diffusion de la charge plus importante, on proposera de baser le dimensionnement des poutres soumises à charge concentrée appliquée en tête de cloison sur base de l'hypothèse de diffusion à 45°.

Cette prudence se base sur le fait qu'on ne dispose ici que des résultats d'un seul essai et sur le fait que le modèle de comportement est assez simple. Pour tenir compte de manière fiable d'une diffusion plus importante de la charge, il faudrait construire un modèle plus élaboré, à valider par un plus grand nombre d'essais réalisés dans des configurations topologiques variées (hauteur de la cloison, portée de la poutre, etc).

B.2 Essai de flexion sur poutre

Un essai de laboratoire a été réalisé dans le but de vérifier l'outil de dimensionnement mis au point pour les poutres entaillées et décrit au paragraphe A.2 ci dessus.

Une poutre sans entaille de 5.140 mètres de portée et de 140 x 350 mm² de section a d'abord été soumise à un chargement de 40 kN, réparti en 2 charges espacées de 1 mètre. La charge à été appliquée et enlevée à 3 reprises.

La Figure 11 montre la poutre dans le montage d'essai.

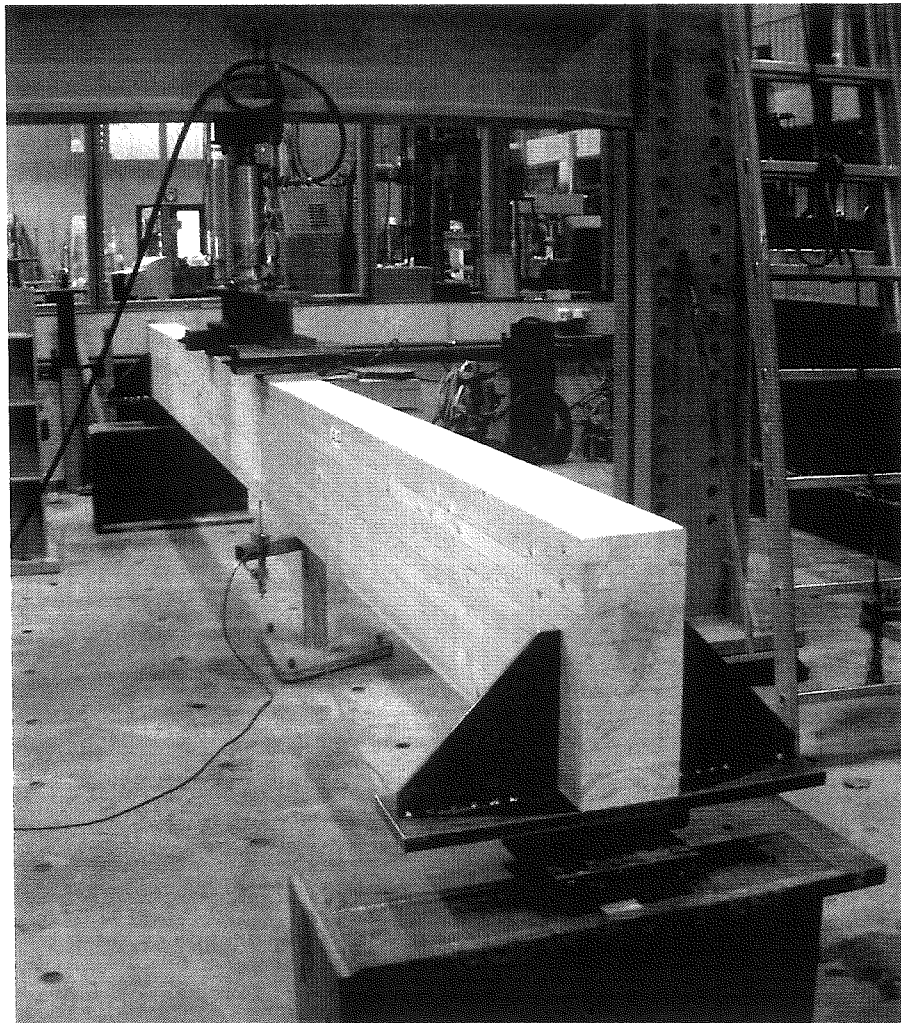


Figure 11 : Poutre dans le montage d'essai

La Figure 12 montre l'évolution de la charge au cours du temps, tandis que la Figure 13 montre les 3 cycles flèche-charge.

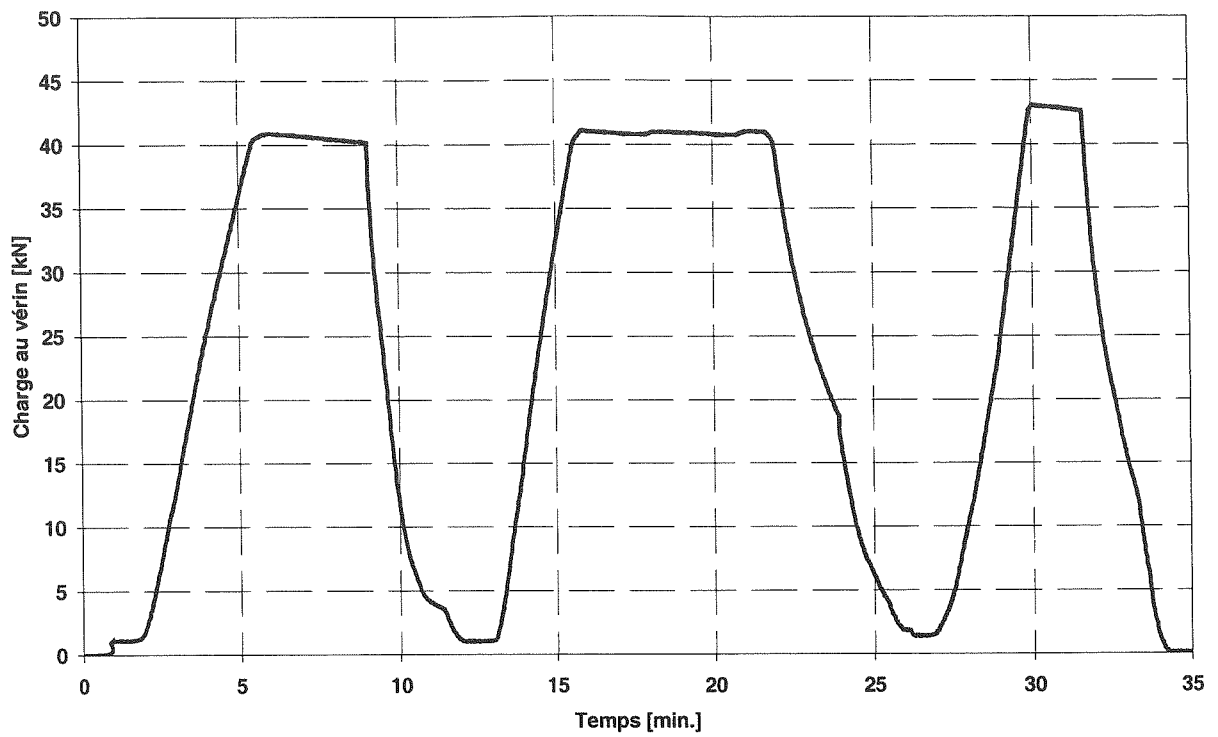


Figure 12 : Evolution de la charge au cours du temps (sans entaille)

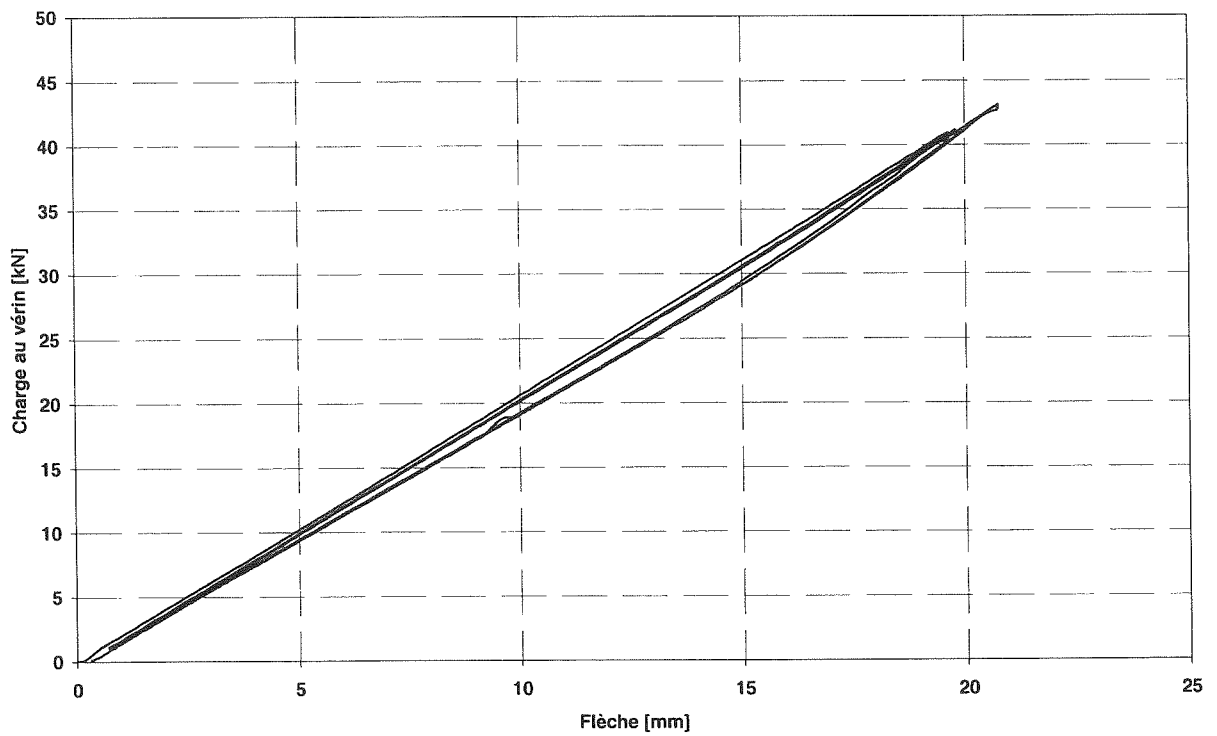


Figure 13 : Courbes flèche-charge (sans entaille)

Sous l'effet de cette charge et du poids propre (460 kg/m^3), la contrainte maximale de flexion était de 14.75 N/mm^2 , ce qui garantit de rester dans le domaine élastique pour une qualité de bois qui a visuellement été estimée à du GL28 (28 N/mm^2 de résistance caractéristique). Le diagramme flèche - déformation montre bien qu'on est resté dans le domaine élastique linéaire sous ce niveau de chargement, voir Figure 13.

Sous une charge maximale de $40\,871 \text{ N}$ au vérin, on observe une flèche de 19.63 mm . En tenant compte du poids propre de la poutre et de celui du système répartiteur de la charge (1000 N), on peut calculer un module d'élasticité du matériau égal à $11\,336 \text{ N/mm}^2$.

Par la suite, on enlève la poutre du système de mise en charge et on pratique à la découpe des entailles. La poutre est ensuite remise en charge.

Dans un premier temps, on monte la charge jusqu'à 97 kN . On entend des craquements mais, avant d'atteindre la rupture, on observe une tendance de la poutre au déversement.

Comme il s'agit d'un mode de ruine qui ne pourrait pas se produire en réalité, à cause de la présence du plancher, on décharge la poutre et procède à un réalignement plus précis du vérin, on supprime une rotule en tête du vérin et on recale un des appuis qui avait tendance à permettre une légère rotation.

Cela étant fait, on remet en charge jusqu'à la ruine.

La Figure 14 montre la poutre sous une charge de 40 kN et la Figure 15 montre la poutre sous une charge de 100 kN .

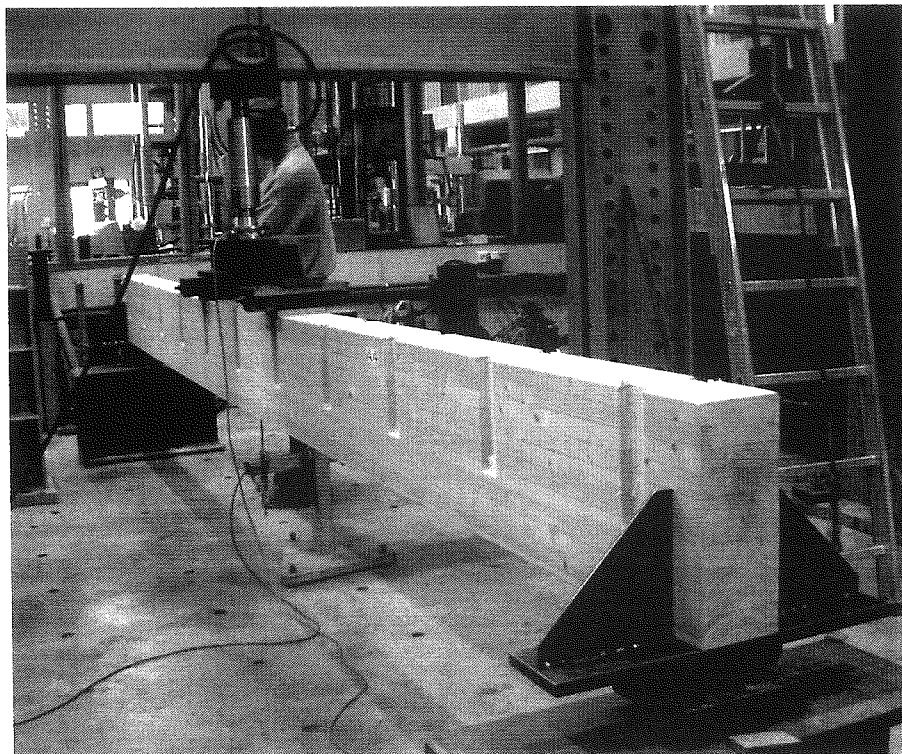


Figure 14 : poutre sous charge de 40 kN

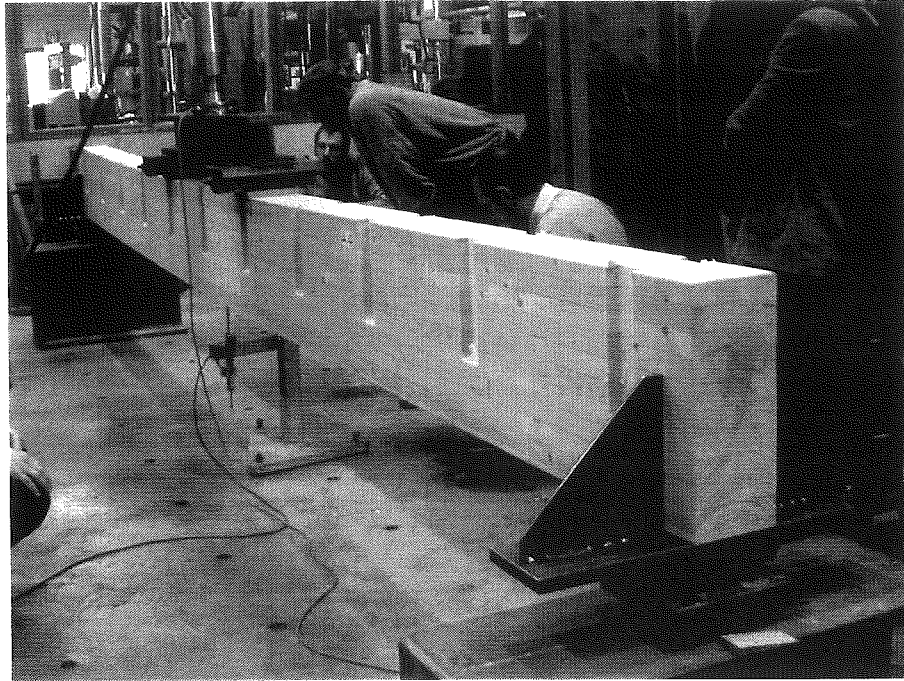


Figure 15 : Poutre sous charge de 100 kN

La Figure 16 montre l'évolution de la charge au cours du temps pour la poutre entaillée, tandis que la Figure 17 montre les 2 montées en charge dans un diagramme flèche-charge.

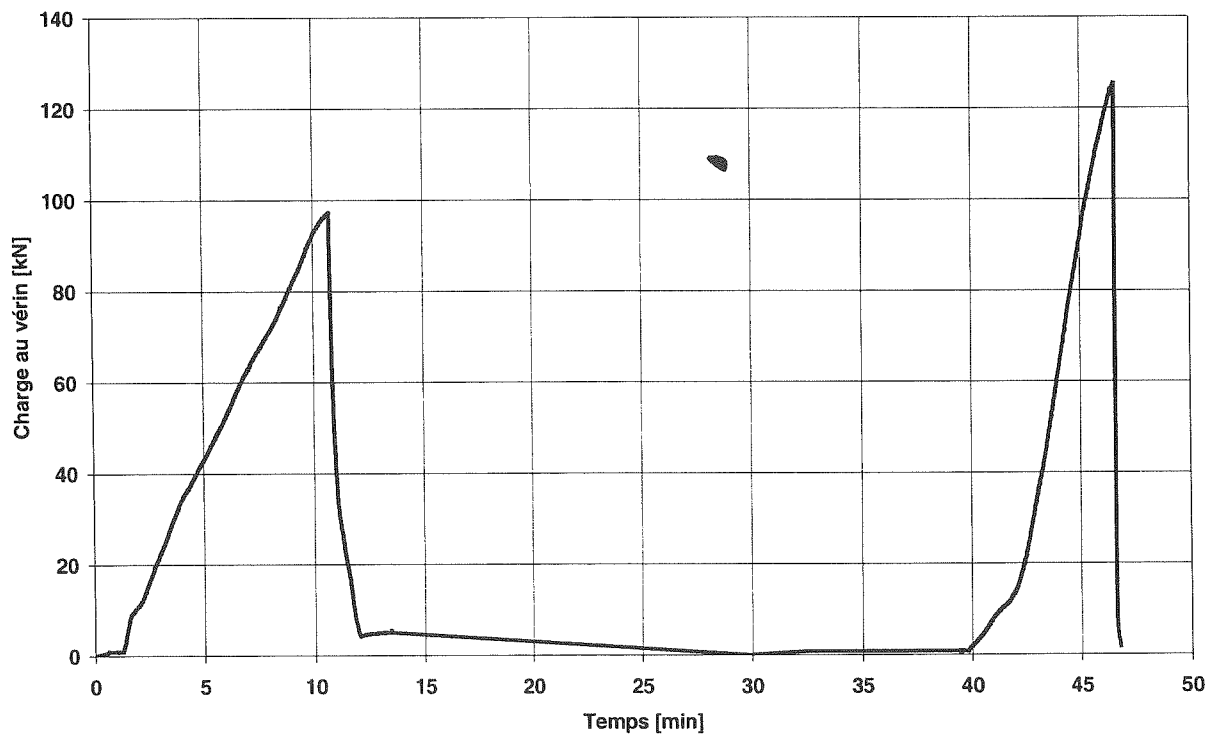


Figure 16 : Evolution de la charge au cours du temps (avec entaille)

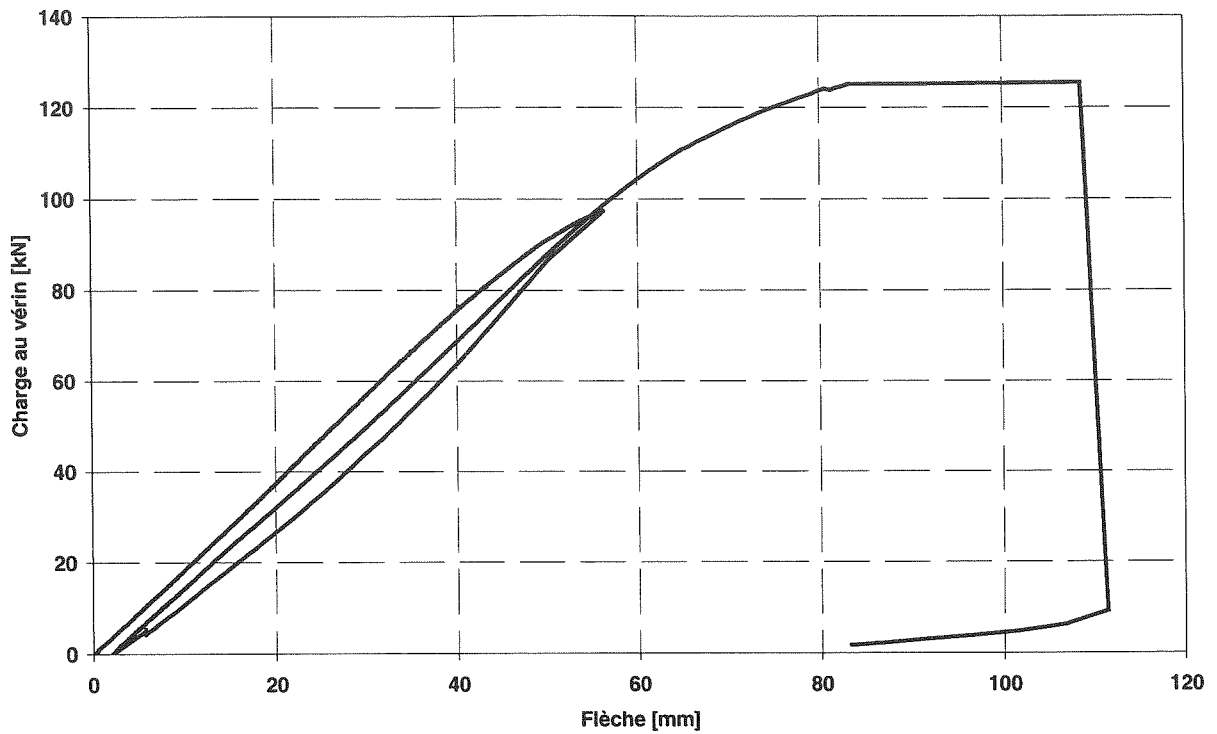


Figure 17 : Courbes flèche-charge (avec entaille)

Sous la même charge de 40 871 N que lors du chargement sur la poutre vierge, on relève cette fois une flèche de 21.75 mm, soit une dégradation de la raideur à $19.63 / 21.75 = 90 \%$ de la valeur initiale.

La rupture survient pour une charge maximale de 125.05 kN et une flèche de 83.2 mm, soit $L/62$. Sous cette charge maximale et en tenant compte du poids propre de la poutre et du poids du système de mise en charge, les contraintes de flexion maximales étaient de 55.0 N/mm² en traction et de 63.3 N/mm² en compression.

La rupture s'est produite en traction et semble s'être amorcée au niveau de l'enture d'une des lamelles inférieures, voir photo B.4, un peu en dehors de la zone de moment maximum.

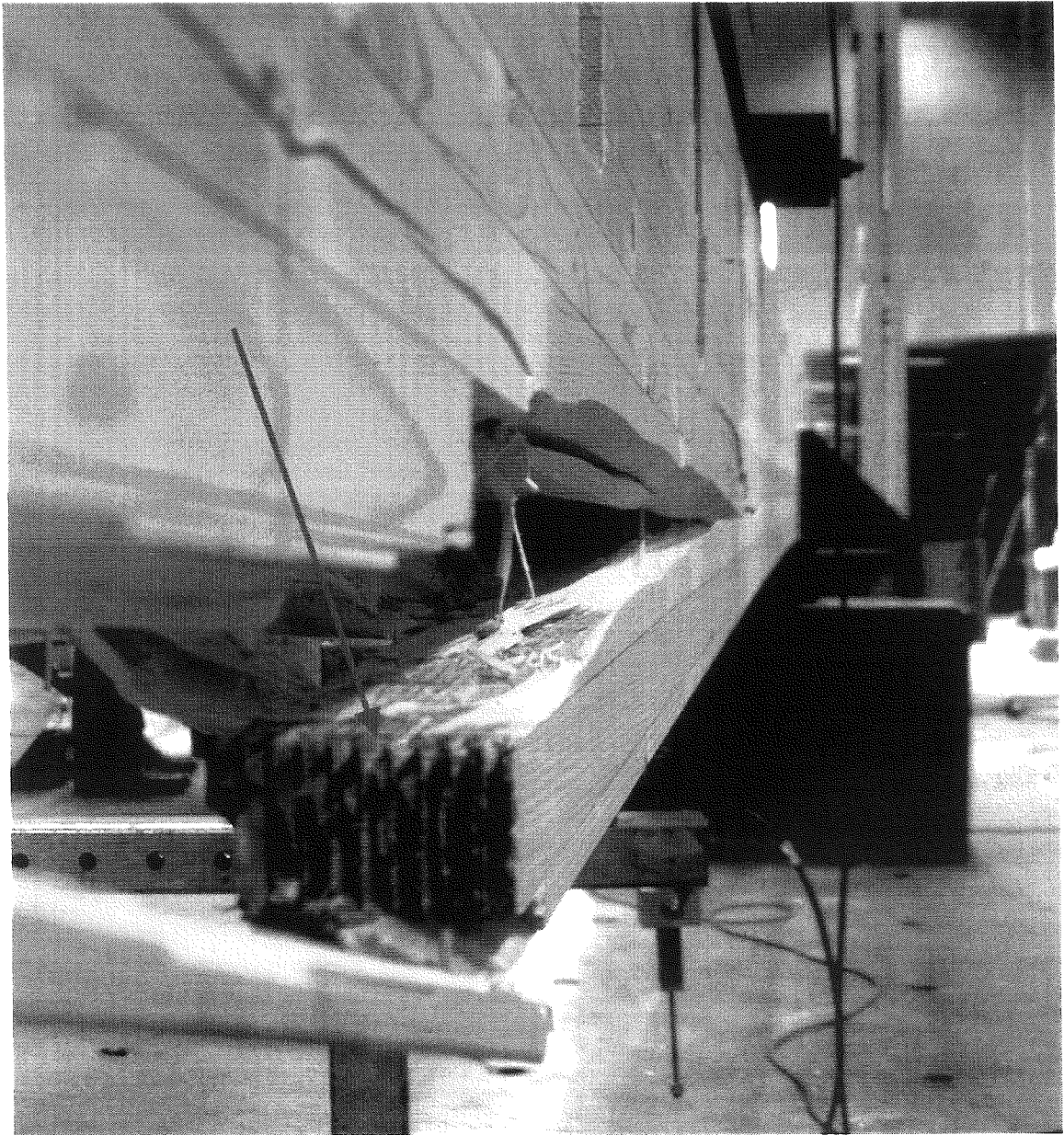


PHOTO B.4 : amorce de rupture

Comme le montrent les photos B.5 et B.6, la rupture a essentiellement entraîné des désordres dans la zone tendue de la poutre. On ne remarque pas de désordre notable dans la zone comprimée.

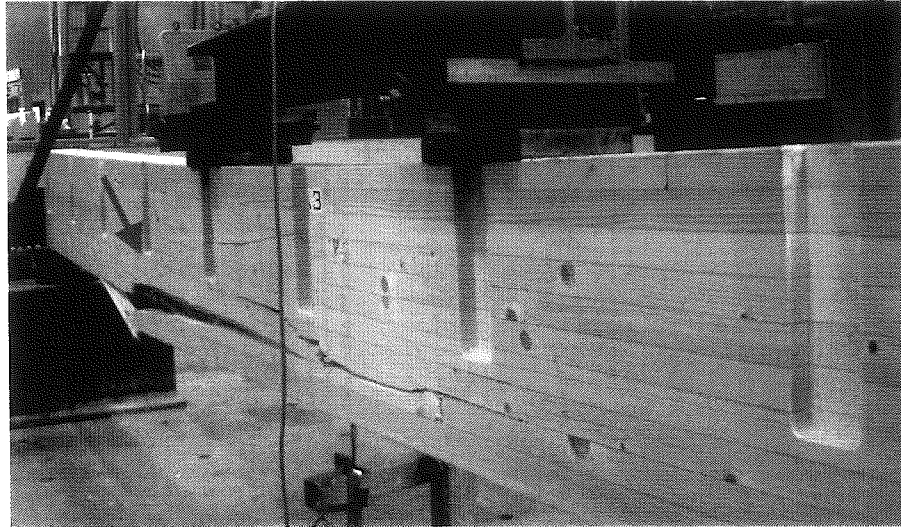


PHOTO B.5 : Poutre après rupture (face A)

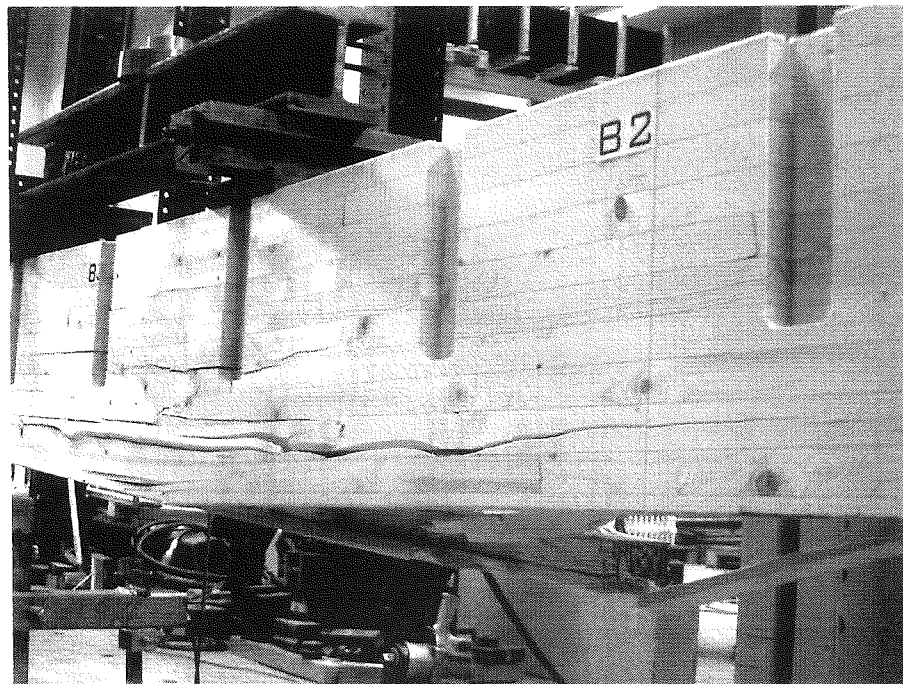


PHOTO B.6 : Poutre après rupture (face B)

Les photos B.7 et B.8 montrent l'état de la poutre à l'endroit de l'amorce de rupture avant chargement.

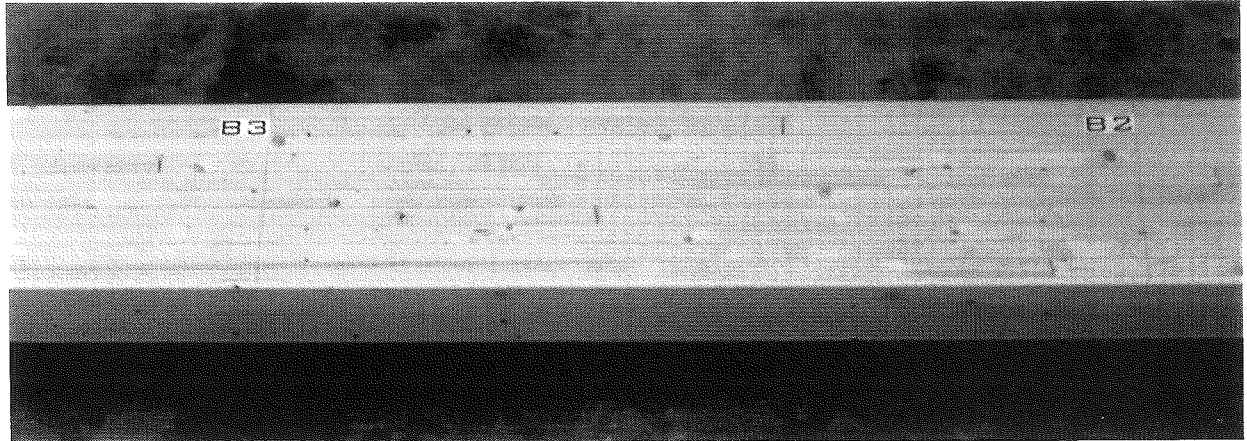


PHOTO B.7 : Etat de la poutre avant chargement

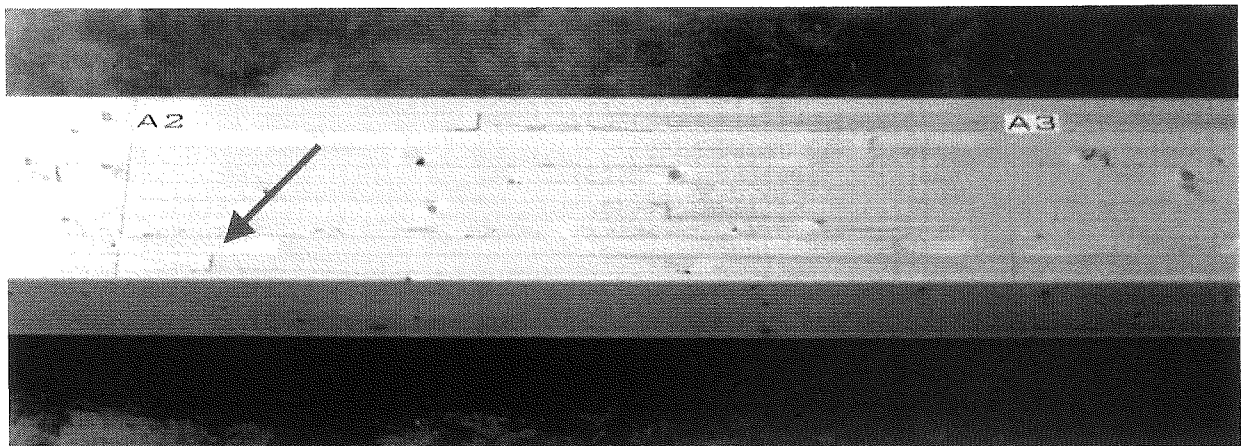


PHOTO B.8 : Etat de la poutre avant chargement

L'humidité de la poutre mesurée en différents endroits à l'aide d'un appareil résistif est de:
Echantillon 1 : 12.4, 12.9 et 16.6%, moyenne = 14.0%

Echantillon 2 : 13.0, 16.0 et 12.6%, moyenne = 13.9%

Echantillon 3 : 13.2, 13.2, 13.9 et 17.6%, moyenne = 14.5%

Par la suite, sur ces mêmes échantillons, on a mesuré la masse à l'état courant, puis la masse après séchage à l'étuve à 105°C ce qui, par différence, permet d'obtenir la valeur exacte de l'humidité de l'échantillon. Les résultats obtenus sont les suivants:

Echantillon	Masse initiale g	Dimensions mm ³	Masse volumique Kg/m ³	Masse sèche g	Humidité %
1	1131	50x139.5x350.5	463	1011	11.9
2	2240	99.5x139.5x350.5	460	1999	12.1
3	6619	288.5x139.5x350.5	469	5917	11.9
Moyenne	-	-	464		11.9

On observe donc que l'humidité relevée par mesures résistives est un peu supérieure à la valeur supposée servir de référence et obtenue par pesage après séchage à l'étuve.

B.3 Essai d'un assemblage poutre-poutre avec console

Un essai de laboratoire a été réalisé dans le but de mesurer la capacité portante d'un assemblage métallique entre deux poutres en lamellé collé. La Figure 18 montre un schéma de principe du montage d'essai, avec les cotes nominales. On complète ce schéma par les cotes relevées sur le montage mis en place, à savoir:

Distance entre les lignes d'appuis parallèlement à la poutre LC 2 : 2 010 mm

Distance entre les lignes d'appuis parallèlement à la poutre LC 1 : 860 mm

Distance entre ligne d'appui sous la poutre LC 1 et le point d'application de la charge : 770 mm.

La charge est donc appliquée plus vers le centre de la poutre LC 2 que ce qui est suggéré par la Figure 18.

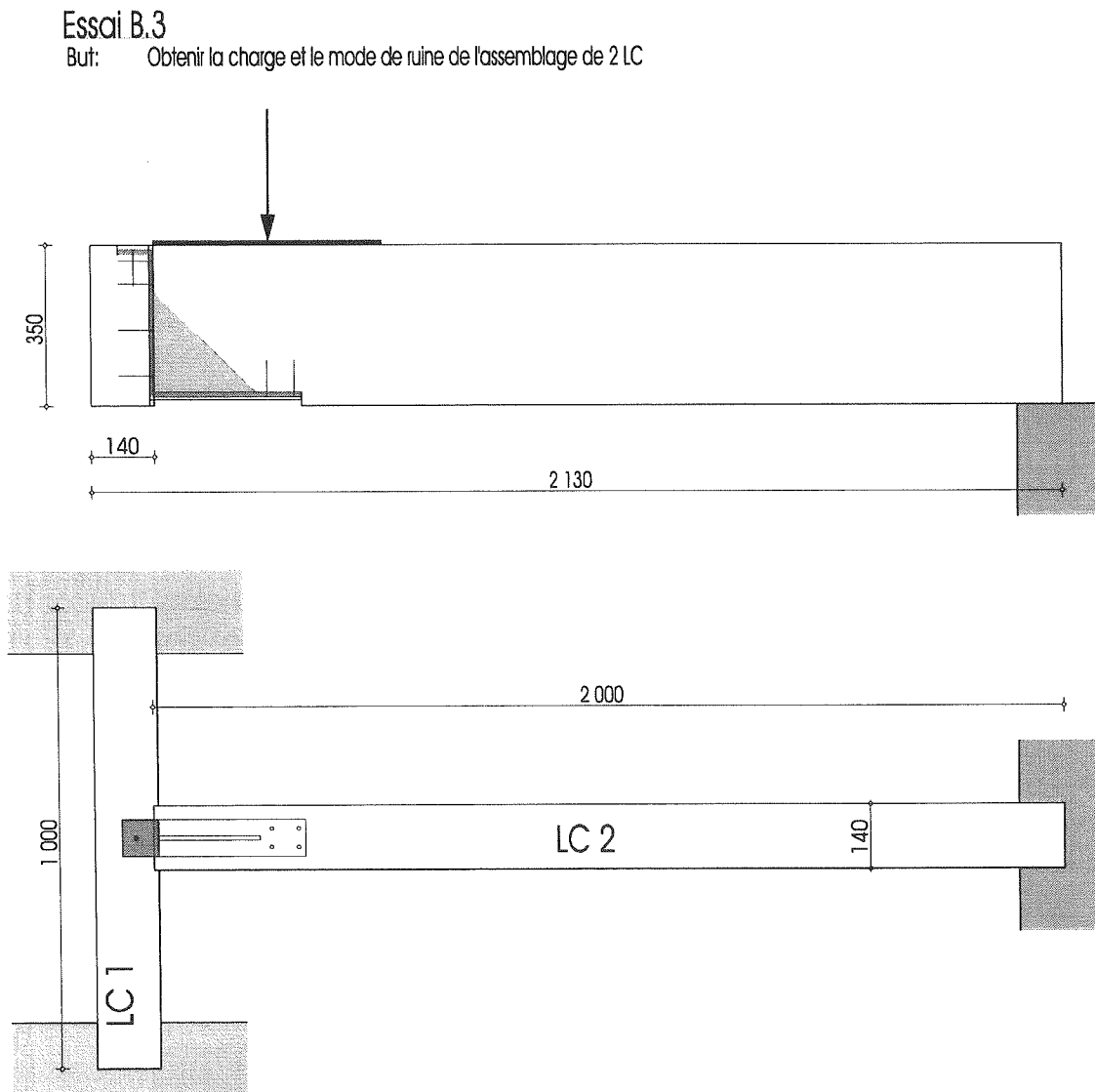
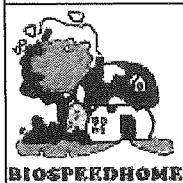
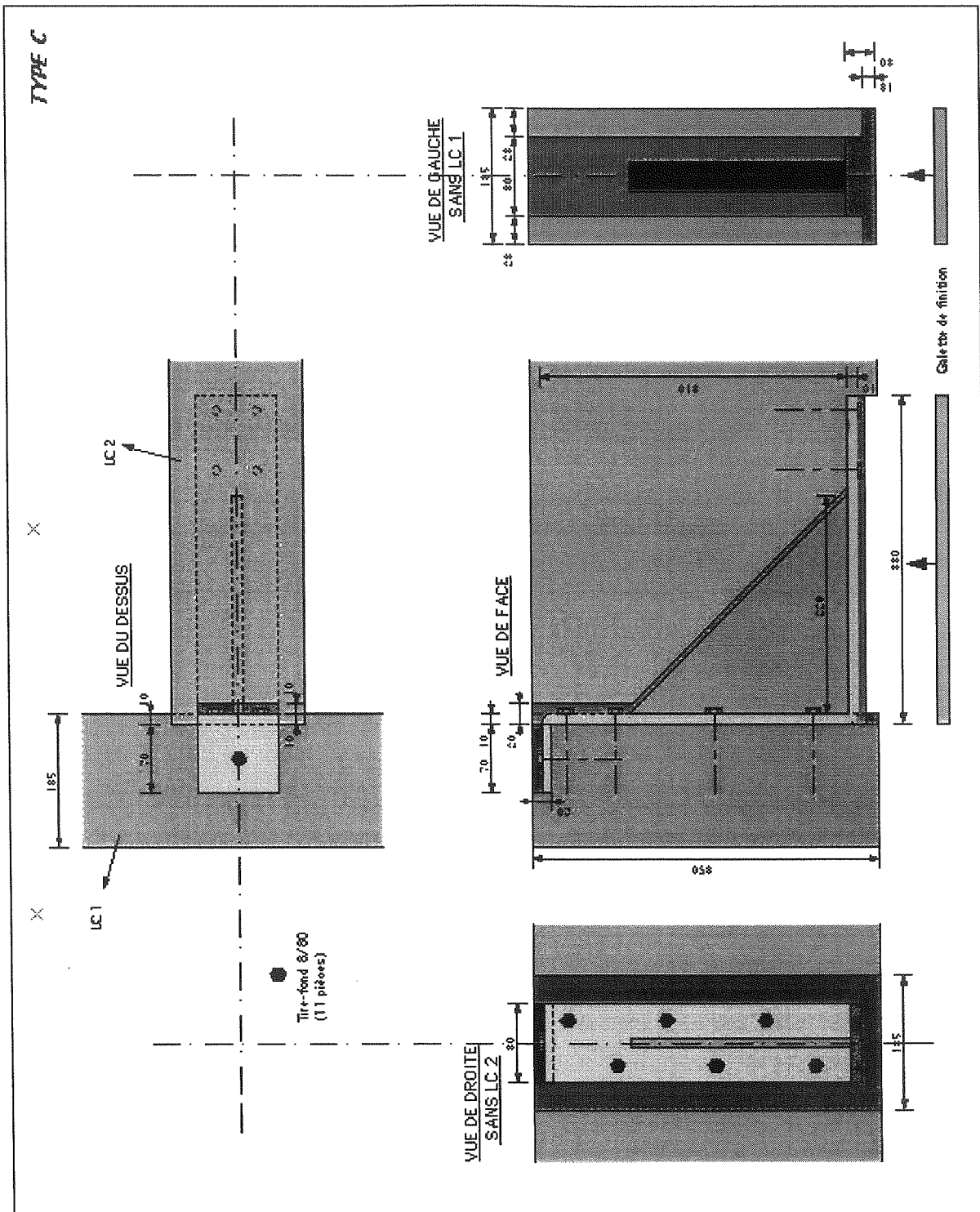


Figure 18 : schéma du montage



PRINCIPE D'ASSEMBLAGE DE 2 LC DE 350

Description :

Principe d'assemblage de 2 LC de 350 mm de hauteur avec une console de type C

A 32

éch: 1/5

Date de création
- 07/10/88

Modifié le:

...
...
...

Figure 19 : pièce métallique d'assemblage

La Figure 19 montre la pièce métallique d'assemblage avec ses cotes nominales. Les dimensions principales sont de 10 mm pour l'épaisseur, de 80 mm pour la largeur, et de 70, 300 et 300 pour les longueurs des 3 parties droites.

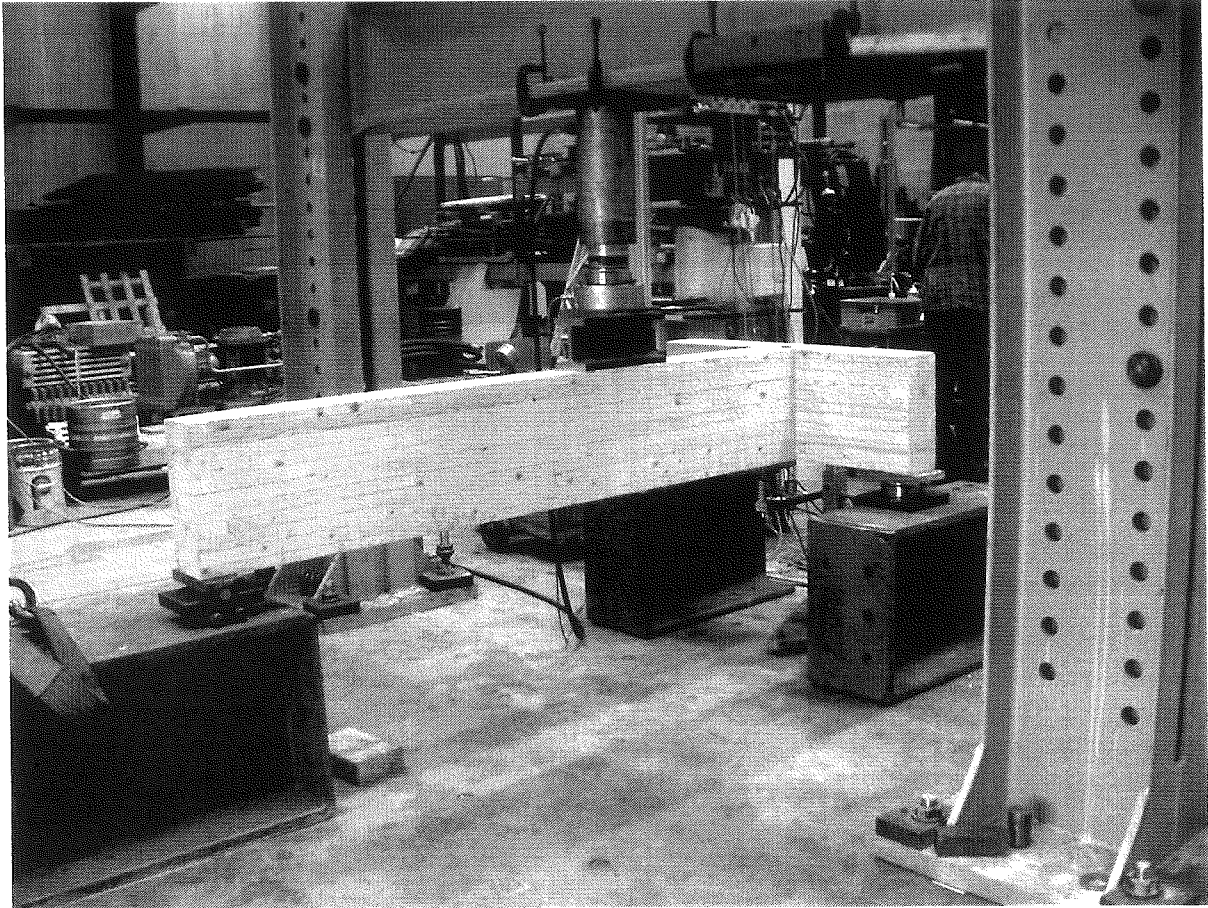


Figure 20 : vue d'ensemble du montage

La Figure 20 montre une vue d'ensemble du montage tandis que la Figure 21 montre la manière dont la charge a été progressivement appliquée au cours du temps.

En fonction de la position du vérin dans le montage, l'assemblage mécanique entre les 2 poutres en lamellé collé était soumis à un effort tranchant valant $(2010 - 770) / 2010 = 0.617$ fois l'effort appliqué par le vérin.

La Figure 22 montre la relation entre le déplacement relatif entre les deux poutres LC 1 et LC 2 au niveau de l'assemblage et l'effort tranchant supporté par cet assemblage. Vers la fin de l'essai, les capteurs de déplacements ont dû être retirés afin de ne pas les endommager. On ne dispose donc pas de cette courbe pour les valeurs de l'effort tranchant comprises entre 80 et 87 kN.

Les Figure 23 à Figure 30 montrent différentes photos prises pendant et après l'essai.

Un essai de traction effectué sur le métal de l'assemblage après l'essai décrit ci-dessus donne une limite d'élasticité apparente du métal de 305.6 N/mm², voir P.V. N° 4/EM/65931 du 22 avril 2002 joint en annexe 2.

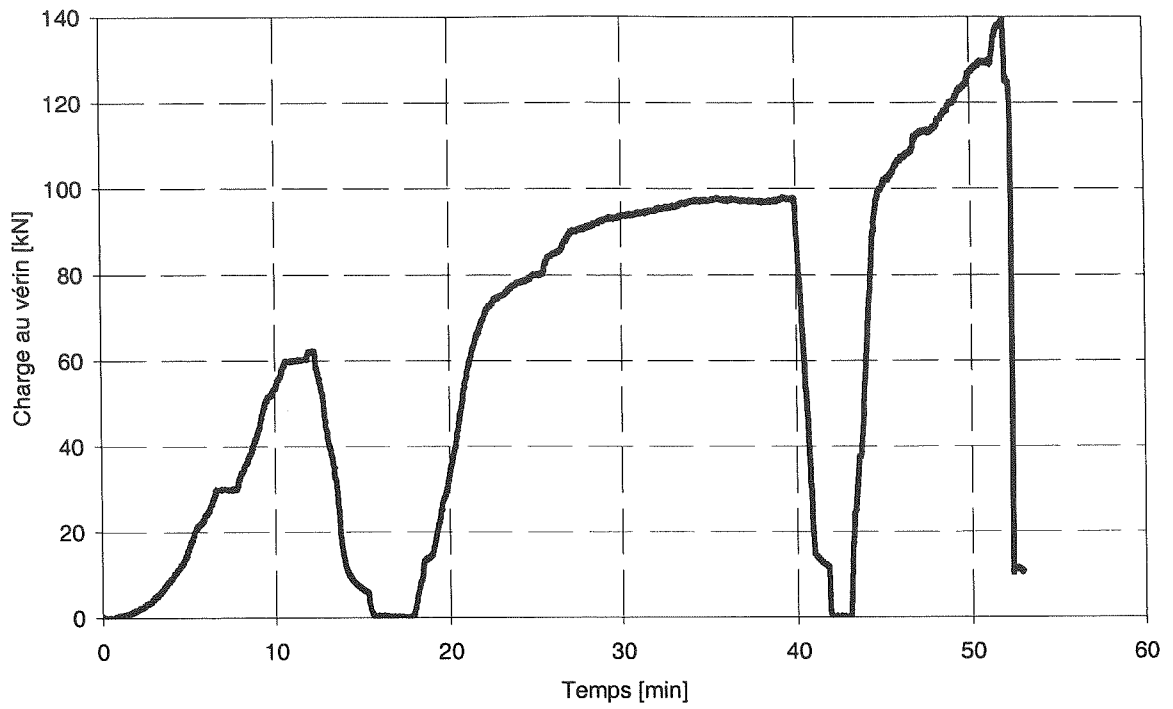


Figure 21 : évolution de la charge au cours du temps

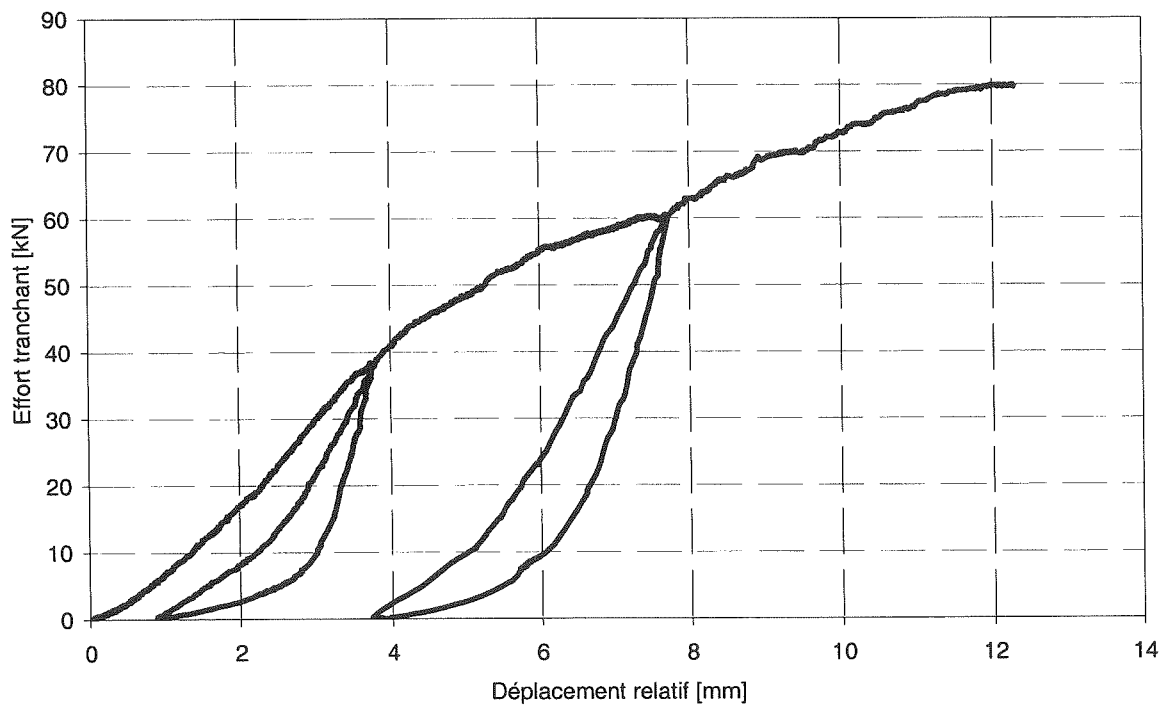


Figure 22 : courbe charge - déplacement

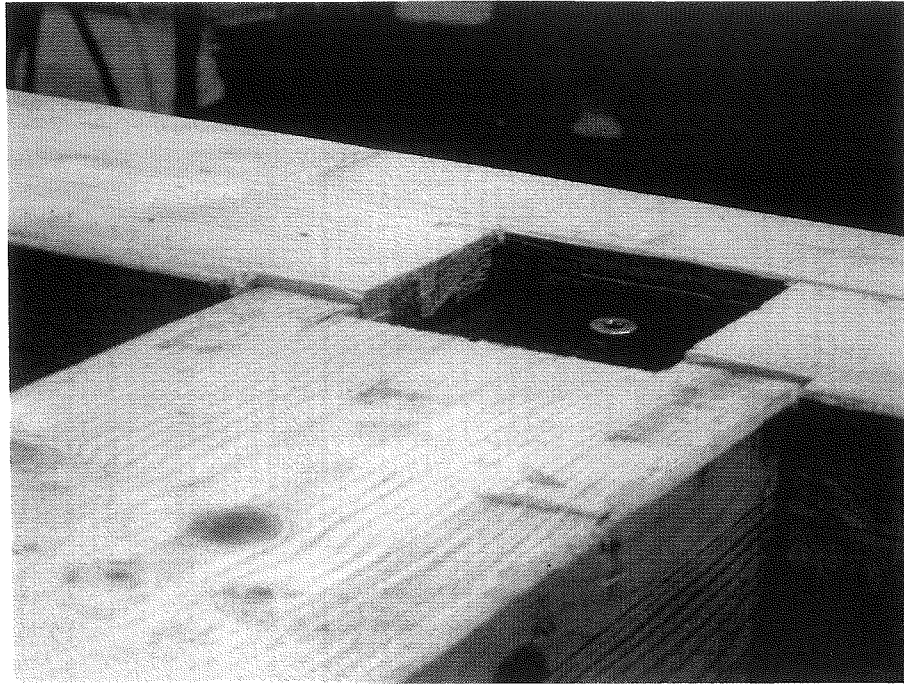


Figure 23 : 30 kN au vérin

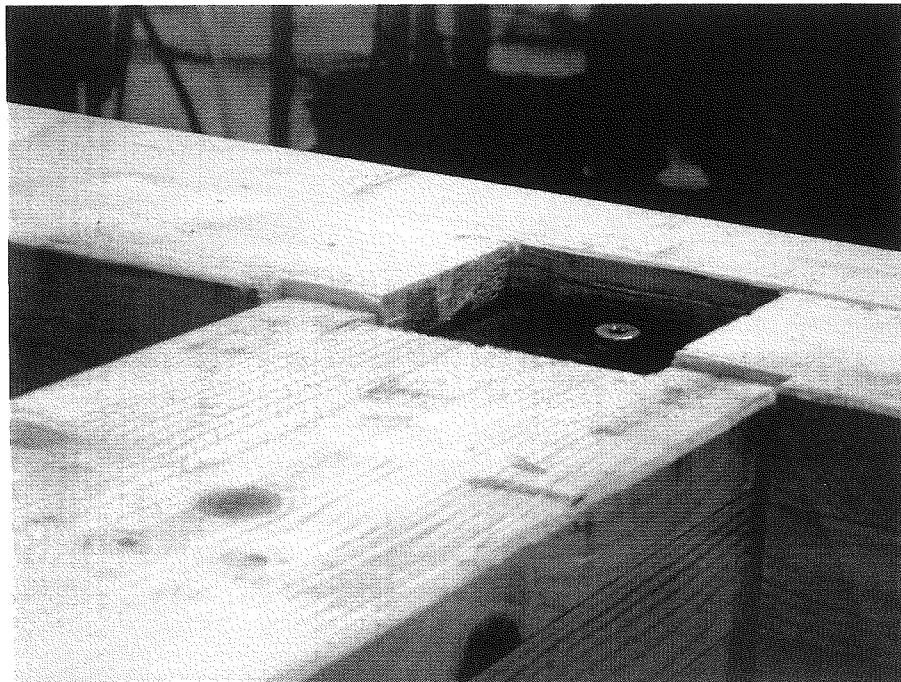


Figure 24 : 60 kN au vérin

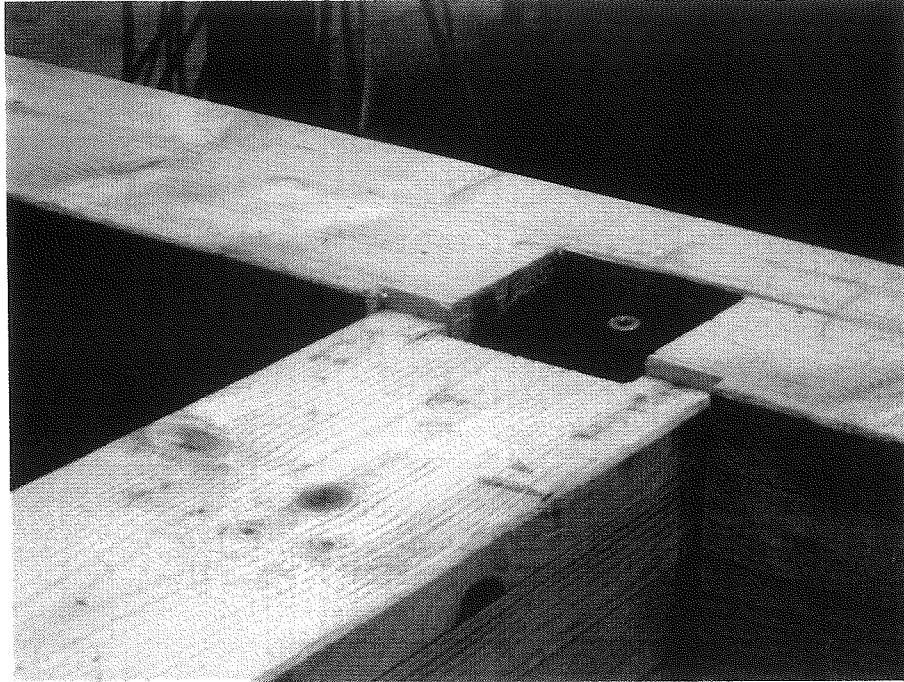


Figure 25 : 90 kN au vérin

Figure 26 : 114 kN au vérin

Figure 27 : après la ruine

Figure 28 : après la ruine (détail des vis)

Figure 29 : après la ruine (vue supérieure)

Figure 30 : après la ruine (poutre LC 2 enlevée)

C. ESSAI AU FEU

Un essai au feu a été réalisé sur une cloison en bois empilés de 2.17 m de largeur, 1.64 m de hauteur et de 86 mm d'épaisseur. Les conditions de cet essai et ses résultats sont repris au procès verbal N° EF/PF/929 du 17 octobre 2001 repris en annexe 1.

Les résultats principaux de l'essai sont:

- Dégagements de fumée et de vapeur d'eau par les joints horizontaux entre bois empilés lors des premières minutes de l'essai. Après 10 minutes, ces dégagements ont pratiquement disparu. Il faut noter que la cloison ne supportait pas de charge verticale dans cet essai.
- Passage de flamme par un joint horizontal situé en zone inférieure de la paroi après 48 minutes d'essai, ce qui entraîne la fin de l'étanchéité aux flammes et de l'isolation thermique.
- Poursuite de l'essai jusqu'à 75 minutes. Pendant ces 27 minutes supplémentaires, le joint en question s'ouvre progressivement et on finit par observer un passage de flamme, mais la paroi reste en place; le critère de stabilité est donc respecté.
- Après arrêt de l'essai, décidé de commun accord avec les responsables de la société Biospeedhome, et arrêt de la carbonisation par arrosage léger, l'épaisseur restante de la paroi est de 38 mm, ce qui correspond à une vitesse de carbonisation moyenne de 0.64 mm/min.



UNIVERSITE DE LIEGE – DEPARTEMENT DES
STRUCTURES
**SERVICE PONTS &
CHARPENTES**

Quai Banning,6
B -4000 LIEGE

Tél. : 32 - (0)4 - 366.91.38.
Fax : 32 - (0)4 - 366.91.37.

Liège, le 17 octobre 2001

Nombre de pages du rapport : 7
Nombre de pages en annexes : 15

N/réf. : AB/EW/43

PROCES-VERBAL DE L'ESSAI EF/PF/929

Demandé par : Biospeedhome S.A.
Rue des Boussines 46
B – 6960 Manhay

Pour compte de : Biospeedhome S.A.
Rue des Boussines 46
B – 6960 Manhay

Nature de l'élément d'épreuve : L'élément d'essai est constitué par une paroi en bois lamellé collé.

Essai demandé : Essai d'orientation concernant la résistance au feu de l'élément d'épreuve.

Dans les locaux du laboratoire et sous son contrôle, la Société Biospeedhome a monté le 16 août 2001, l'élément d'épreuve, dans une baie en béton réfractaire. L'épaisseur de la baie est de 150 mm.

La pièce d'épreuve a été préparée suivant les prescriptions de la norme citée ci-après.

Ce procès-verbal ne peut être utilisé à des fins publicitaires que tel quel et dans son entièreté. Les textes, destinés à la publicité et dans lesquels il est fait mention dans ce procès-verbal, doivent être soumis préalablement à notre approbation. Toute modification ou surcharge du présent procès-verbal est strictement interdite.

1. DESCRIPTION DES ELEMENTS DE CONSTRUCTION.

1.1. NOM ET ADRESSE DU CONSTRUCTEUR AYANT CONFECTIONNÉ LES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION

Fabricant de la paroi : Biospeedhome S.A.
Rue des Boussines 46
B - 6960 Manhay

1.2. DESCRIPTION DE L'ÉLÉMENT DE CONSTRUCTION.

1.2.1. Dimensions de la baie :
largeur : 2200 mm
hauteur : 1670 mm
épaisseur : 150 mm

1.2.2. Dimensions de la paroi :
largeur : 2170 mm
hauteur : 1640 mm
épaisseur : 86 mm

1.2.3. Identification des éléments :

Nr.	Eléments	Dimensions nominales
1	Module de base en bois constitué de trois lamelles d'épicéa collées	Section hors tout 142 x 86 mm
2	Montants en bois constitué de trois lamelles d'épicéa collées	Section 115 x 80 mm
3	Vis de fixation entre modules	Vis acier Ø 4 x 180 mm
4	Vis de fixation entre modules et montants	Vis acier Ø 9 x 110 mm
5	Vis de fixation entre montants et baie	Vis acier Ø 7 x 150 mm

1.2.4. Description de la paroi :

La paroi est constitué par l'empilement de modules constitués de trois lamelles d'épicéa collées. Les modules sont conçus de telle façon qu'il y aie un double emboîtement tenon mortaise entre eux lorsqu'ils sont empilés. La section hors tout d'un module est de 142 x 86 mm (voir annexe 2.1).

Au milieu de leur épaisseur, les modules sont prépercés sur leur hauteur pour permettre l'assemblage par vissage (vis Ø 4 x 180 mm) avec un entraxe minimale de 625 mm.

Le premier et le dernier modules sont coupés dans le sens longitudinale de façon à présenter un champ plat en contact avec le cadre en béton réfractaire.

La paroi est fixée en huit points sur deux montants constitué de trois lamelles de bois (épicéa) collées. Les montants ont une hauteur de 1554 mm et une section de 115 x 80 mm. L'entraxe des montants est de 2055 mm. Les fixations utilisées sont vis de $\varnothing 9$ x 110 mm passant au travers d'une boutonnière de 12 x 90 mm (voir annexe 1).

Les montants sont fixés au cadre en béton réfractaire en 4 points. La fixation est réalisée par vis et cheville de $\varnothing 7$ x 150 mm , dont l'entraxe est de 915 mm.

L'étanchéité périmétrique entre la paroi et le cadre en béton réfractaire est assurée par un matelas de fibre céramique.

1.2.5. Mesures d'humidité

L'humidité de trois modules situé à trois hauteur différentes a été relevé après le montage de la paroi et avant la réalisation de l'essai. Les points de mesure sont situés dans la même zone que les points de mesure des températures au sein de la paroi (voir annexe 2). Les résultats obtenus sont les suivants :

	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3
Après montage (16/08/2001)	15,2 %	16,2 %	14,4 %
Avant essai (31/08/2001)	14,1 %	14,5 %	13,2 %

1.3. DESSINS.

Annexe 1 : Vue générale de la cloison, côte face non exposée au feu avec repérage des zones d'observation + coupe au droit d'un montant.

Annexe 2 : Vue de la face non exposée au feu avec position des thermocouples.

Annexe 2.1 : Vue de la face exposée au feu + coupe transversale dans un module

1.4. DÉNOMINATION COMMERCIALE DES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION.

L'élément de construction est appelé paroi Biospeedhome.

1.5. NOMBRE DE PIÈCES D'ÉPREUVE REÇUES PAR LE LABORATOIRE.

une (1).

2. CONDUITE DE L'ESSAI.

2.1. DATE DE CONFECTION DE LA PIÈCE D'ÉPREUVE :

Les dates de confection de l'élément d'épreuve est le 16 août 2001.

2.2. CONDITIONS D'ASSUJETTISSEMENT DE LA PIÈCE D'ÉPREUVE.

L'élément d'épreuve monté dans un cadre en béton réfractaire a été placé devant le four de manière à constituer l'une de ses parois extérieures.

2.3. DATE DE L'ESSAI:

Le 31 août 2001.

2.4. MÉTHODOLOGIE DE L'ESSAI.

L'essai d'orientation concernant la résistance au feu a été effectué conformément à la norme NBN 713.020 (édition 1968).

2.5. SURPRESSION DANS L'ENCEINTE CHAUDE :

20 Pa +/- 5 Pa.

3. OBSERVATIONS AU COURS DE L'ESSAI.

Les zones d'observation sont visible à l'annexe 1

Temps en minutes	Zone	Observations
0	/	Début de l'essai
4	/	Dégagement de fumées et vapeur d'eau par les joints horizontaux.
10	/	Diminution du volume des fumées et vapeur d'eau dégagées par les joints horizontaux.
47	A	On aperçoit la lueur du four par le joint entre deux modules.
48	A	Passage de flammes par le joint en zone A (voir annexe photographique 4.3) FIN DE L'ETANCHEITE AUX FLAMMES FIN DE L'ISOLATION THERMIQUE
51	B	On aperçoit la lueur du four au droit du joint
53	B	Passage de flammes au droit du joint (voir annexe photographique 4.4)
67	C	Ouverture du joint
67	D	Ouverture du joint
71	E	Ouverture du joint avec passage de flammes
75	/	Fin de l'essai

Rem : Après ouverture du four il a été constaté l'existence d'un dépôt de charbon de bois incandescent sur la sole du four. Les zones A et B étaient directement exposées à cette zone de dépôt.

La section de bois restante après arrêt de l'essai et refroidissement de l'échantillon testé par arrossage est de 38 mm. La vitesse de carbonisation peut donc être estimée à $\pm 0,6$ mm/min.

Annexe 3 :

- L'annexe 3.1 donne l'évolution des températures mesurées par les thermocouples servant à l'établissement de la température moyenne de la cloison ($T_{\text{prim}1} \rightarrow T_{\text{prim}5}$).
- L'annexe 3.2 donne l'évolution des températures mesurées par les thermocouples placés au sein de la paroi à 20 mm de la face exposée au feu au droit d'un joint entre 2 éléments (Th1, Th7 et Th13).
- L'annexe 3.3 donne l'évolution des températures mesurées par les thermocouples placés au sein de la paroi à 20 mm de la face exposée au feu au centre d'un élément (Th4, Th10 et Th16).
- L'annexe 3.4 donne l'évolution des températures mesurées par les thermocouples placés au sein de la paroi à 43 mm de la face exposée au feu au droit d'un joint entre 2 éléments (Th2, Th8 et Th14).
- L'annexe 3.5 donne l'évolution des températures mesurées par les thermocouples placés au sein de la paroi à 20 mm de la face exposée au feu au centre d'un élément (Th5, Th11 et Th17).
- L'annexe 3.6 donne l'évolution des températures mesurées par les thermocouples placés au sein de la paroi à 64 mm de la face exposée au feu au droit d'un joint entre 2 éléments (Th3, Th9 et Th15).
- L'annexe 3.7 donne l'évolution des températures mesurées par les thermocouples placés au sein de la paroi à 64 mm de la face exposée au feu au centre d'un élément (Th6, Th12 et Th18).

4. PHOTOS DE LA PIECE D'EPREUVE AVANT, AU COURS DE ET APRES L'ESSAI.

- Annexe 4.1 : Face exposée au feu avant essai + face non exposée au feu au temps 0 minute.
- Annexe 4.2 : Face non exposée au feu au temps 15 et 30 minutes.
- Annexe 4.3 : Face non exposée au feu au temps 45 + passage de flamme au temps 48 minutes.
- Annexe 4.4 : Passage de flamme au temps 53 minutes + Face non exposée au feu au temps 60 minutes.
- Annexe 4.5 : Face non exposée au feu au temps 75 minutes + face exposée au feu après essai.

5. RESULTATS.

CRITÈRES	DURÉE EN MINUTES
Stabilité	> 75 ⁽¹⁾
Étanchéité aux flammes	48
Isolation thermique	48

- (1) Le critère était encore satisfait au moment où l'on a arrêté l'essai en commun accord avec la société Biospeedhome.

6. CONCLUSION.

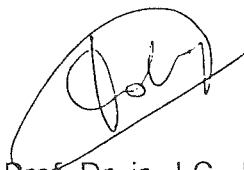
- 6.1 Le temps pendant lequel, pour la pièce d'épreuve décrite au §.1, les trois critères ont été satisfaits simultanément pendant cet essai d'orientation est de 48 minutes.
- 6.2 Le résultat n'est valable que pour l'ensemble décrit sous le §.1. du présent rapport. Il n'est pas valable séparément pour une seule des parties mentionnées.



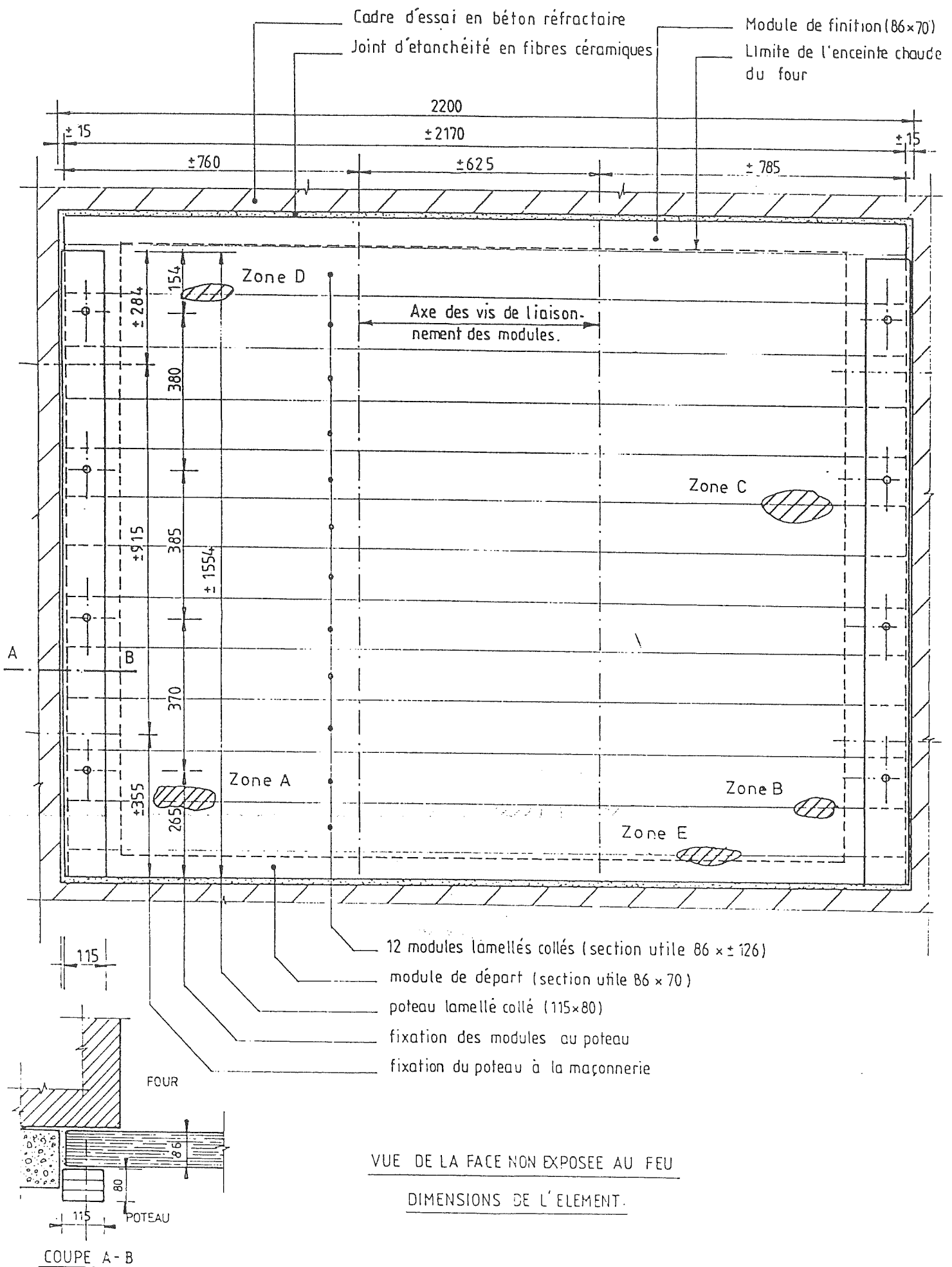
Ing. Z.J. STEBELSKI
Responsable d'Essais

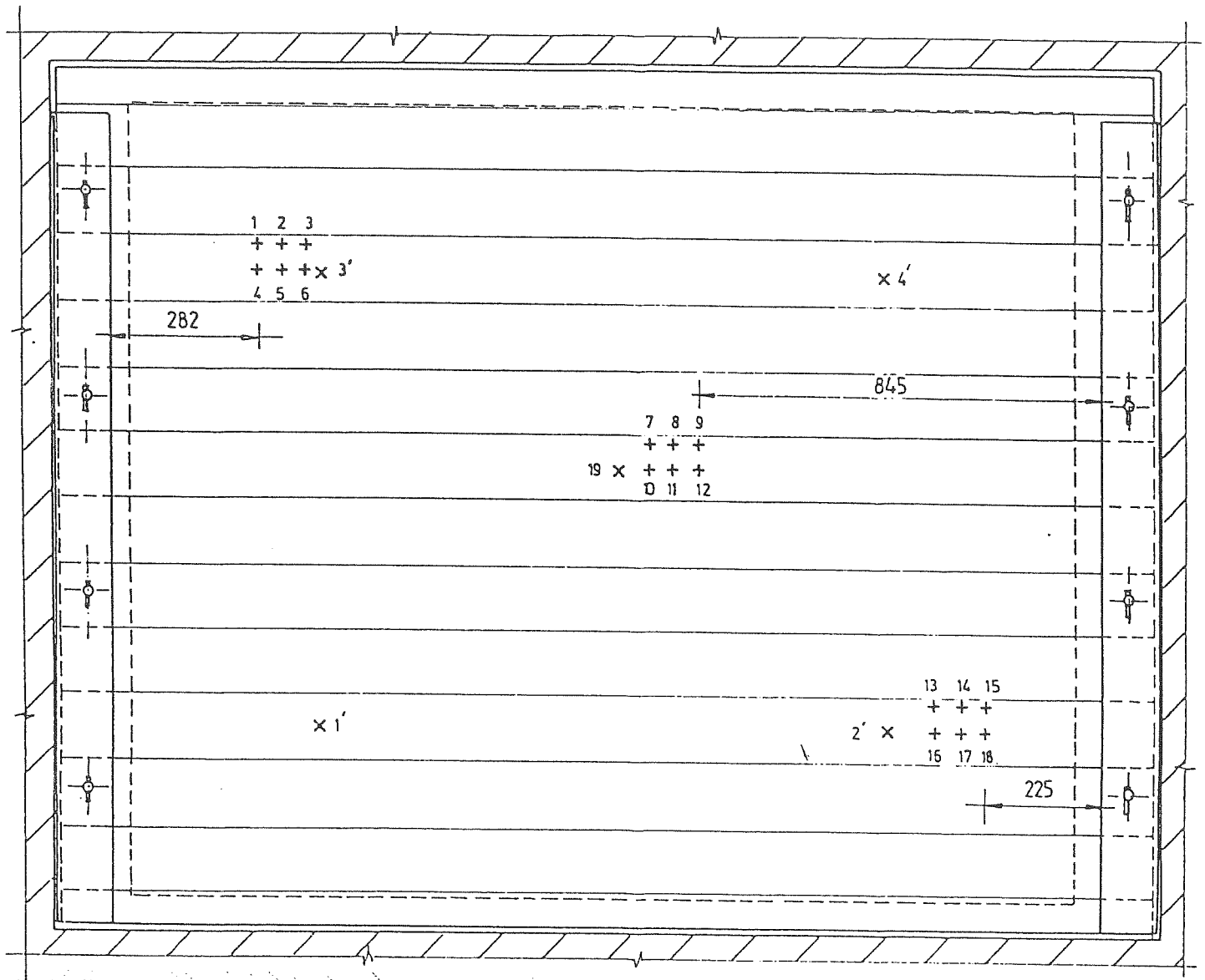


Dr. ir. A. BRULS
Responsable du Laboratoire



Prof. Dr. ir. J.C. DOTREPPE

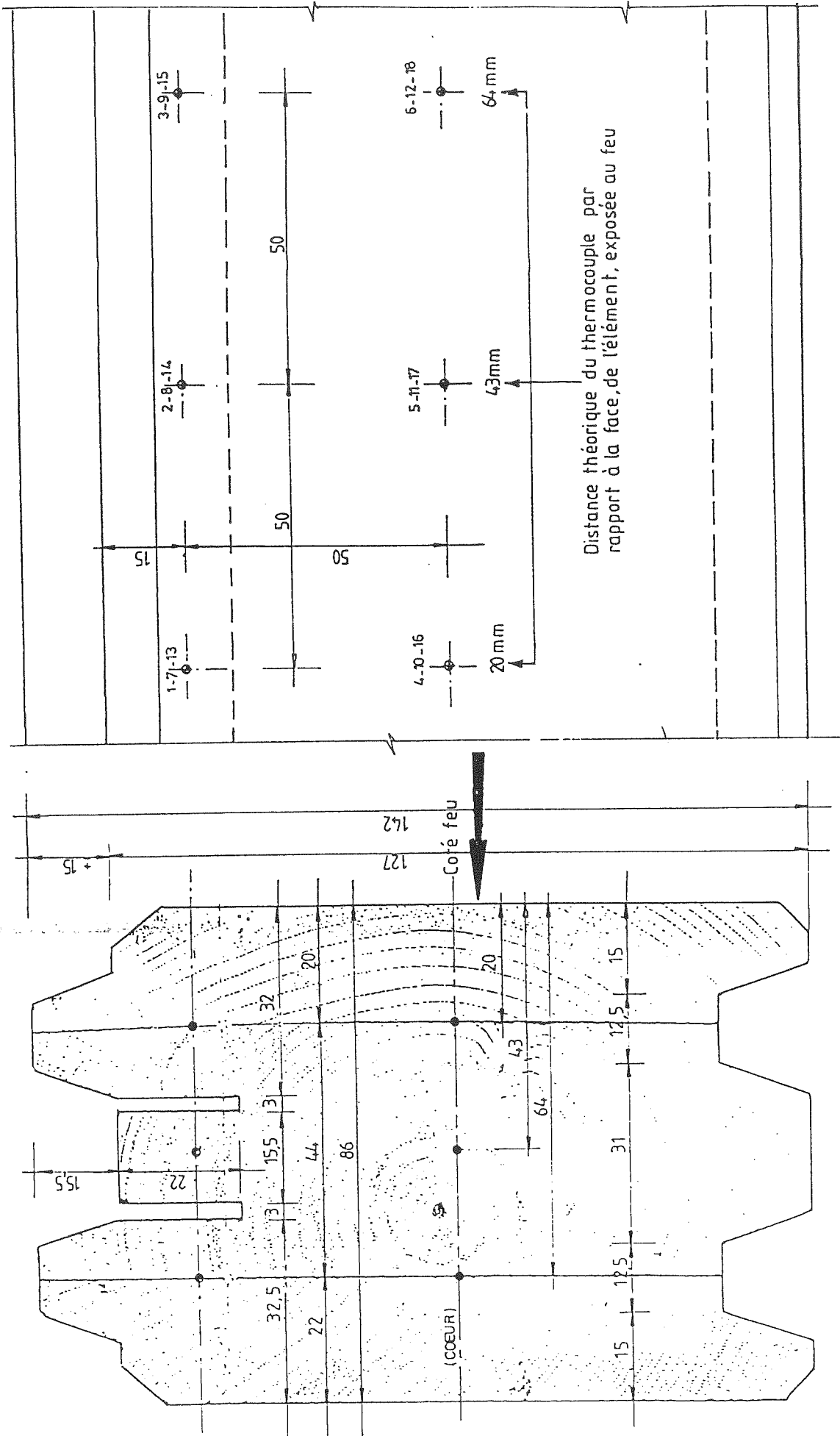




VUE DE LA FACE NON EXPOSEE AU FEU.

DISPOSITION DES THERMOCOUPLES.

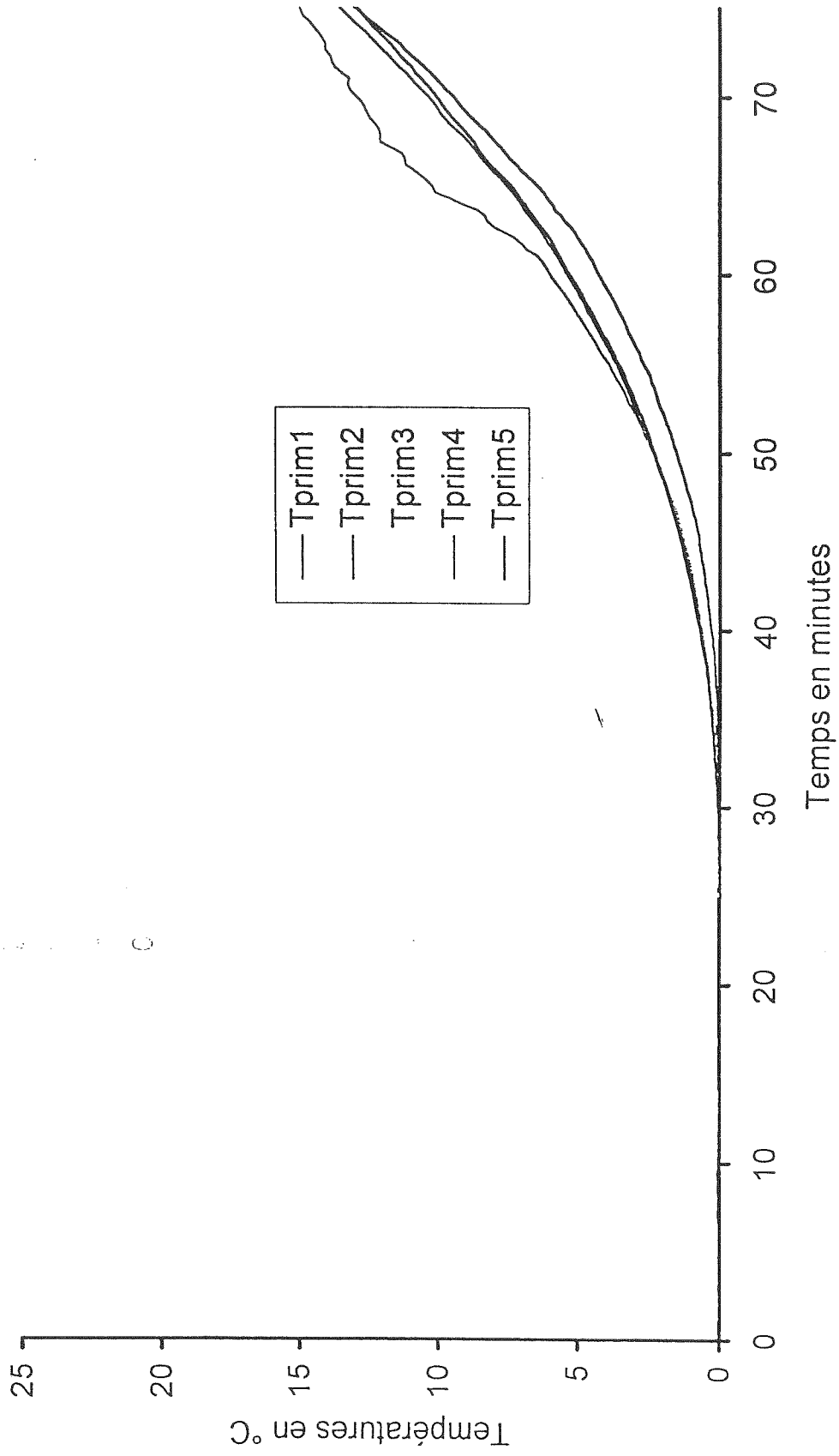
- + Thermocouples disposés dans l'épaisseur de l'élément
- x Thermocouples disposés sur la face non exposée au feu.



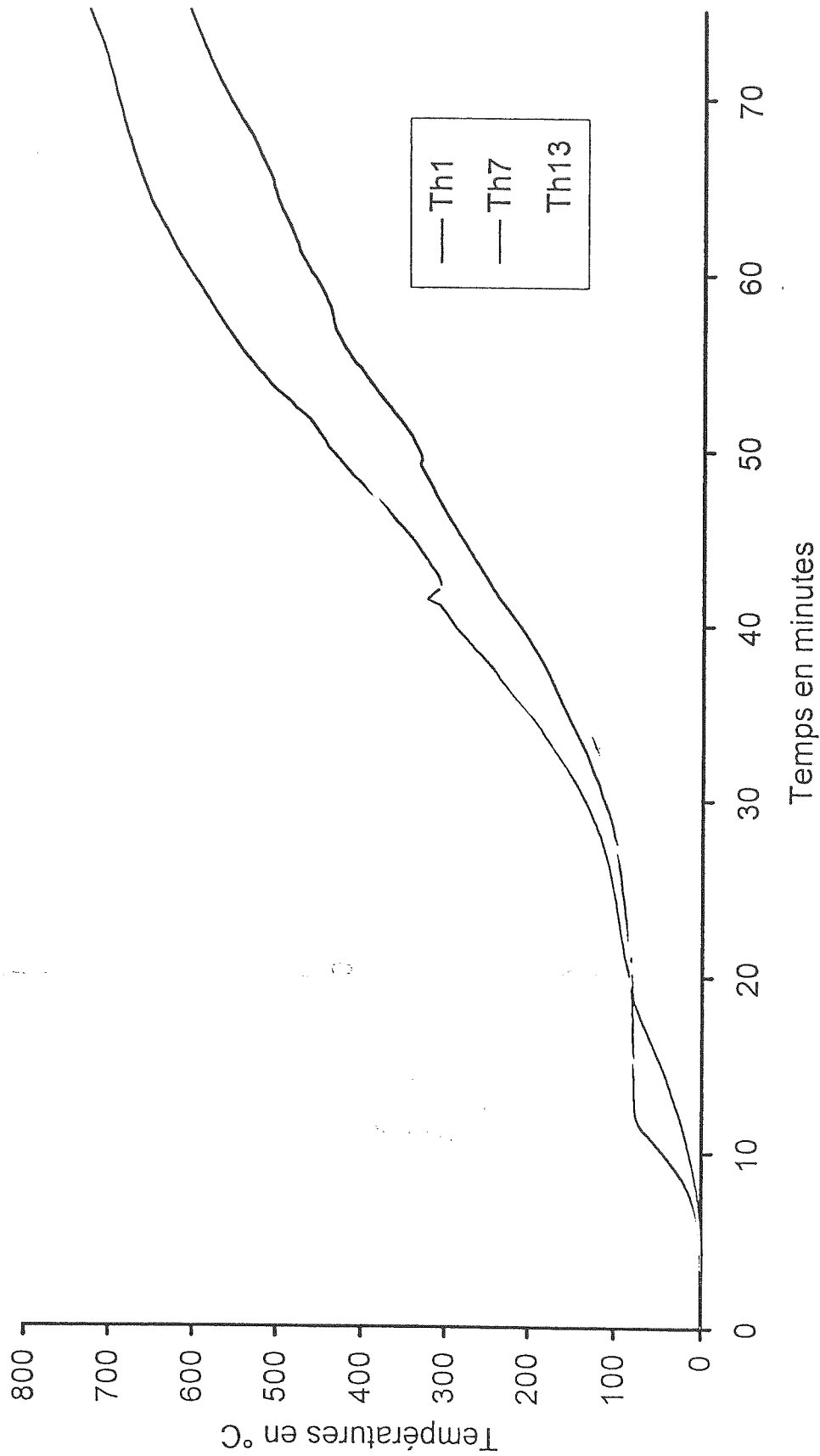
VUE DE FACE COTE NON EXPOSE AU FEU
 + Implantation type des thermocouples
 φ forage des trous : 2 mm

COUPE TRANSVERSALE
 ● Position des thermocouples disposés dans l'épaisseur de l'élément.

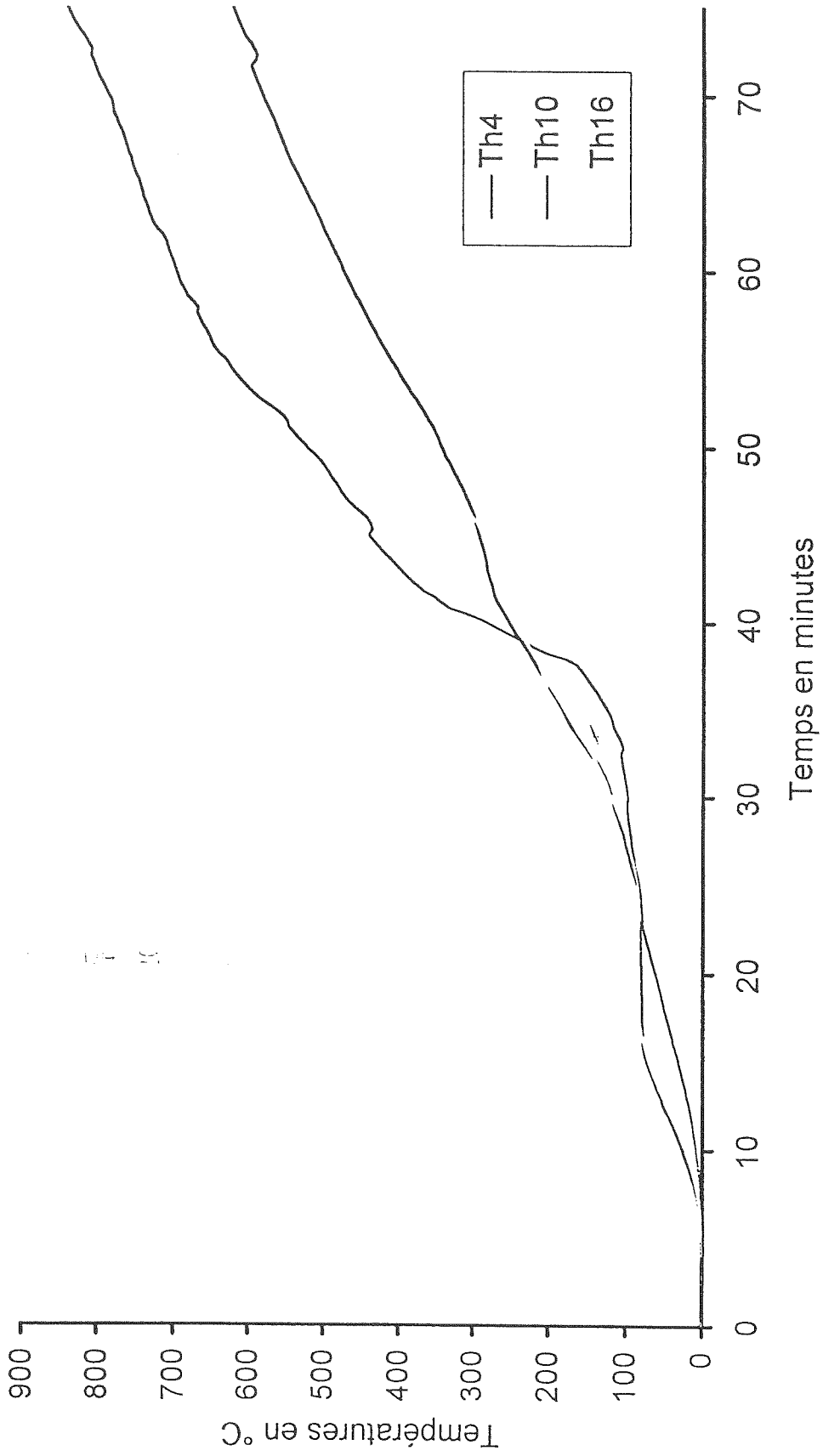
Evolution des températures mesurées par les thermocouples servant à l'établissement de la température moyenne de la cloison Delta Tm



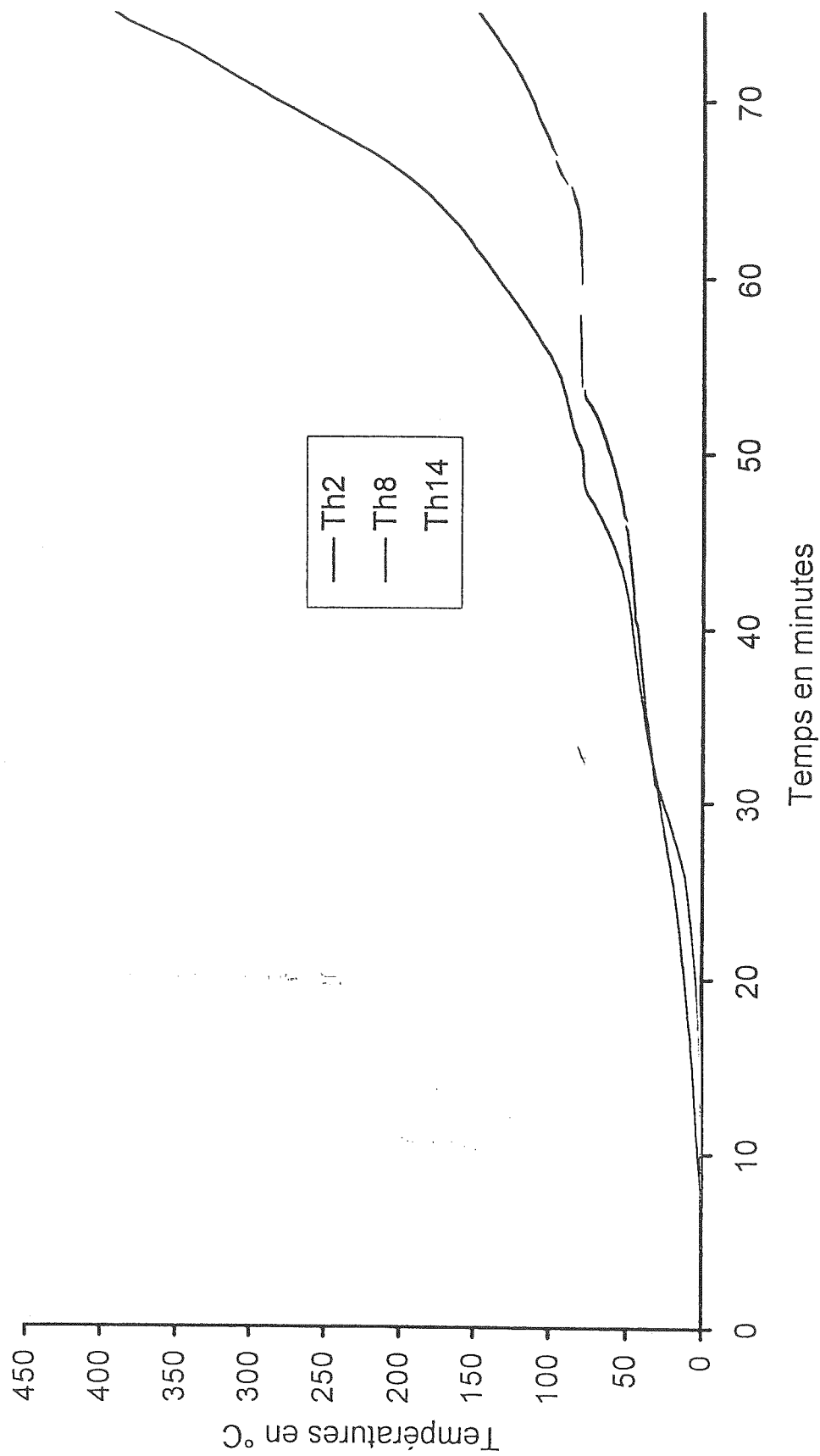
Evolution des températures mesurées par les thermocouples placés au sein de la paroi à 20 mm de la face exposée au feu au droit d'un joint entre 2 éléments Delta Tm



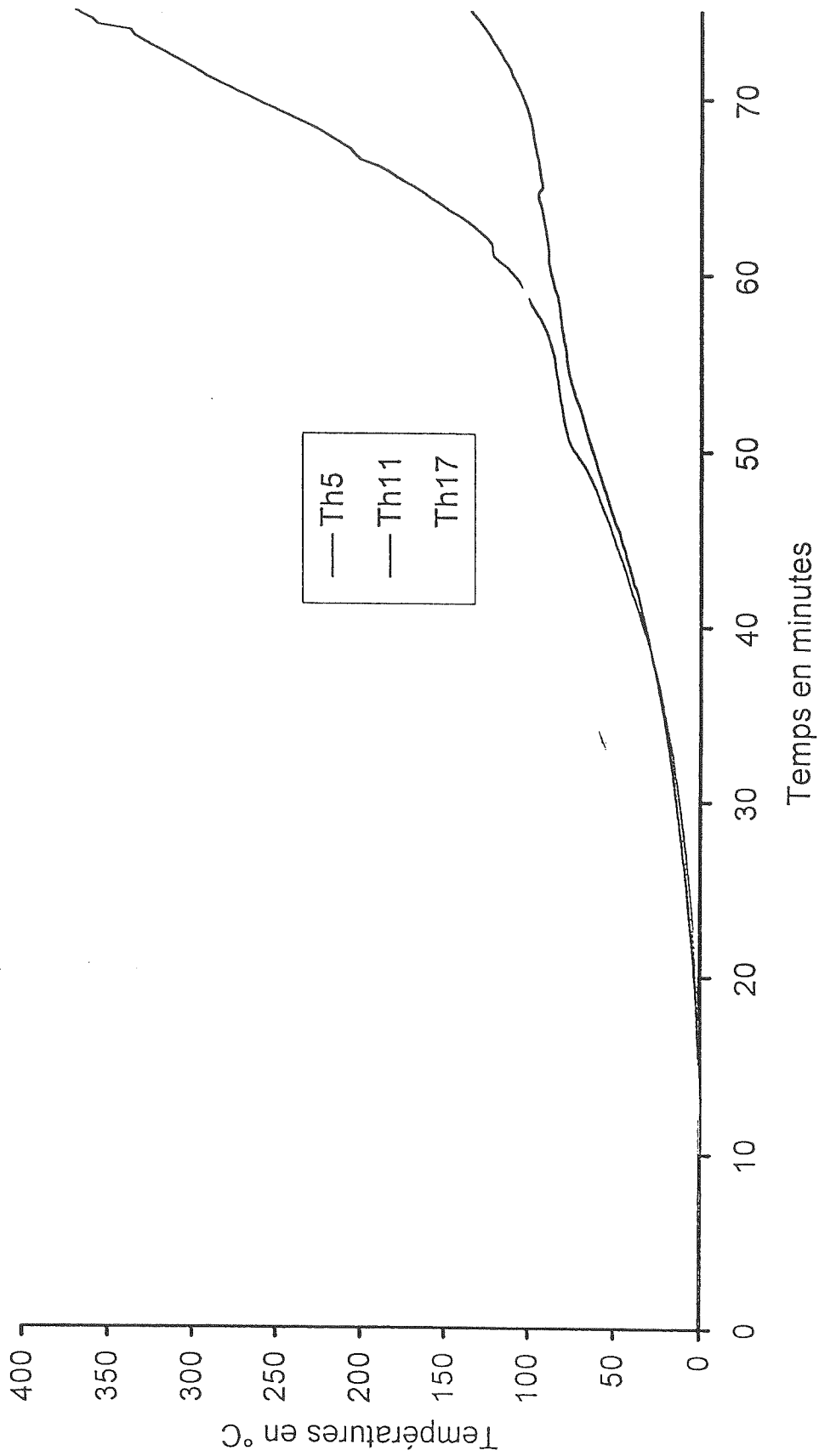
Evolution des températures mesurées par les thermocouples placés au sein de la paroi à 20 mm de la face exposée au feu au centre d'un élément Delta Tm



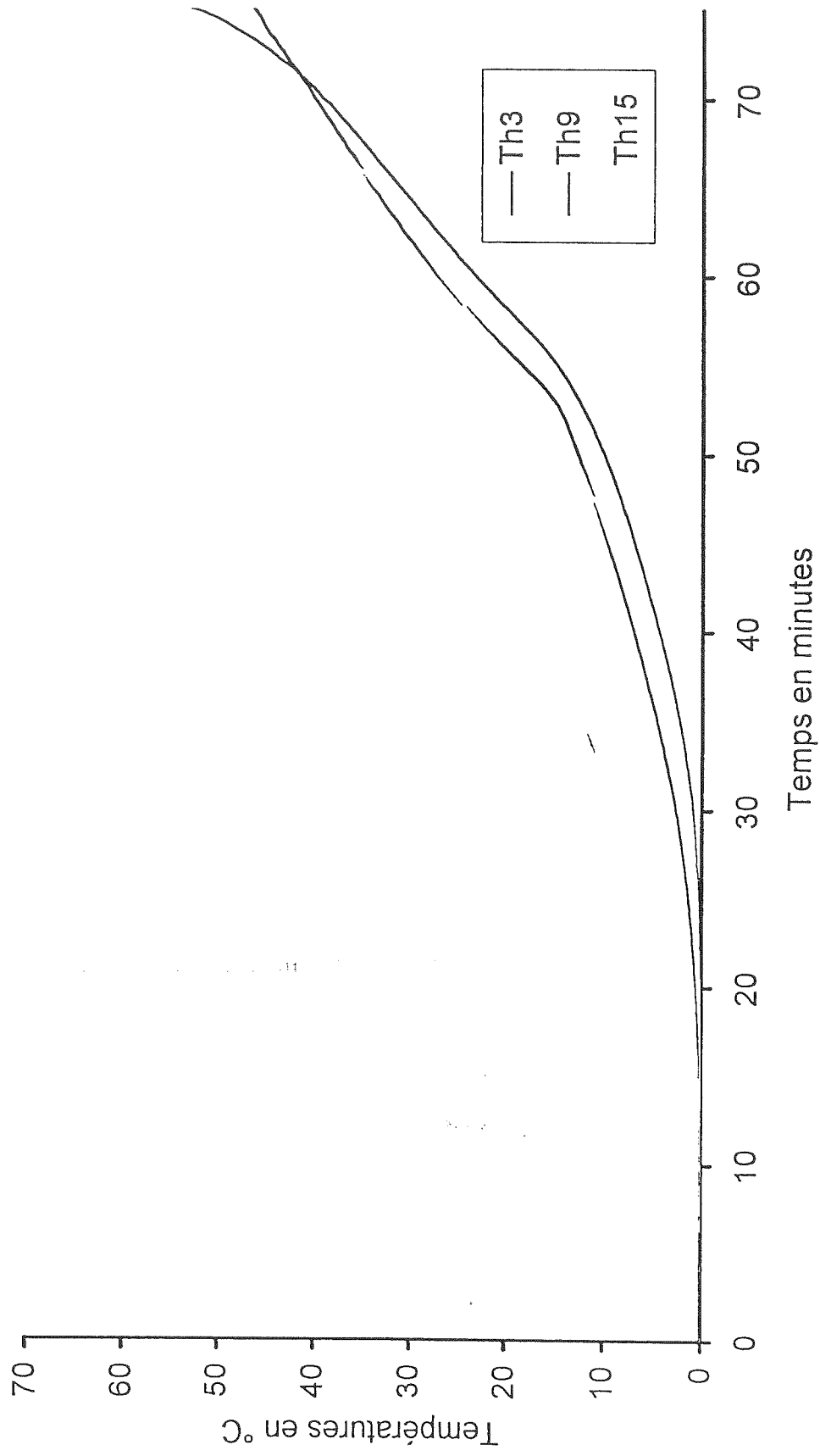
Evolution des températures mesurées par les thermocouples placés au sein de la paroi à 43 mm de la face exposée au feu au droit d'un joint entre 2 éléments Delta Tm



Evolution des températures mesurées par les thermocouples placés au sein de la paroi à 20 mm de la face exposée au feu au centre d'un élément Delta Tm



Evolution des températures mesurées par les thermocouples placés au sein de la paroi à 64 mm de la face exposée au feu au droit d'un joint entre 2 éléments Delta Tm



Evolution des températures mesurées par les thermocouples placés au sein de la paroi à 64 mm de la face exposée au feu au centre d'un élément Delta Tm

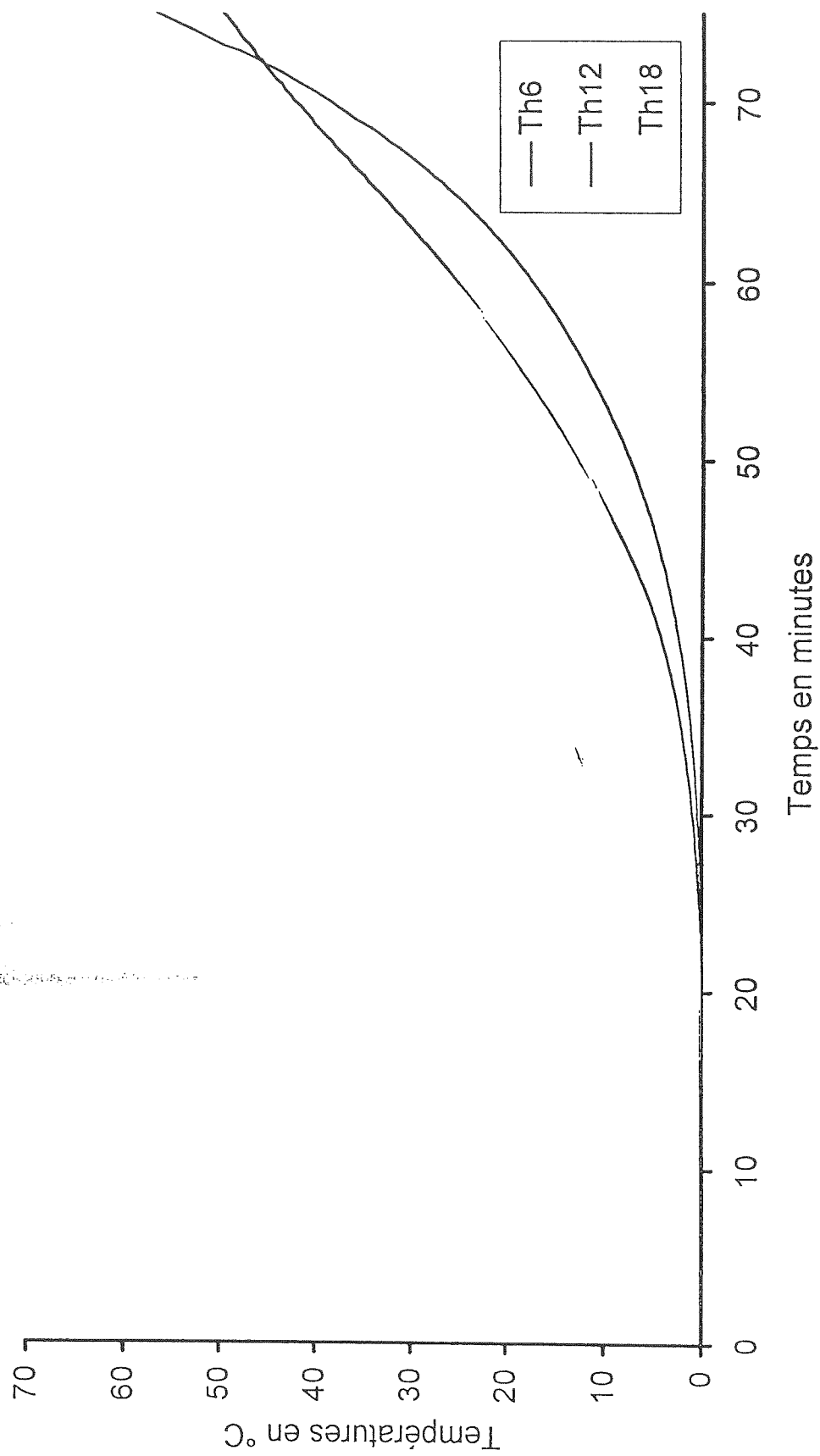


Figure 1 Vue de la face exposée au feu avant essai

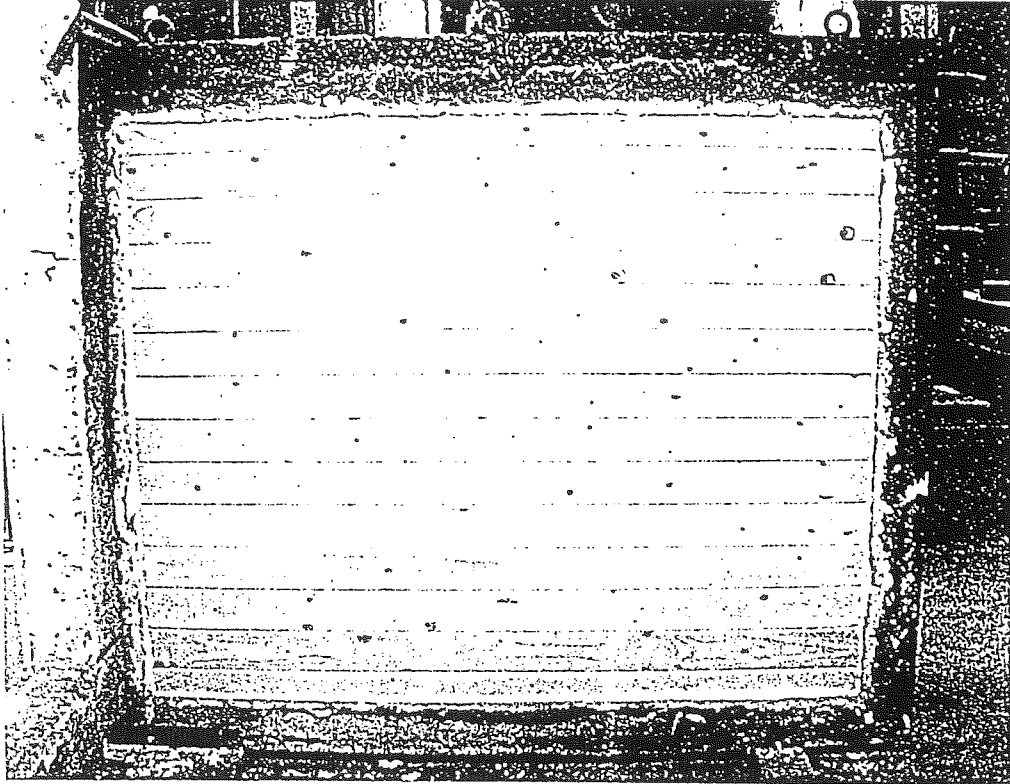


Figure 2 Vue de la face non exposée au feu au temps 0 minute

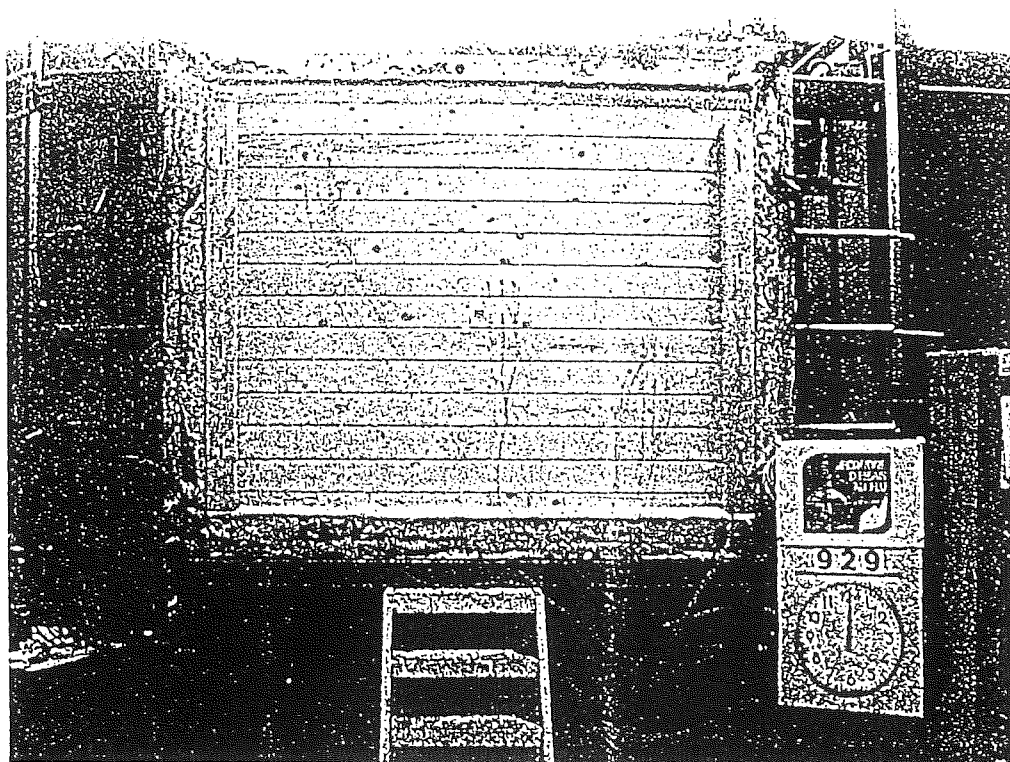


Figure 3 Vue de la face non exposée au feu au temps 15 minutes

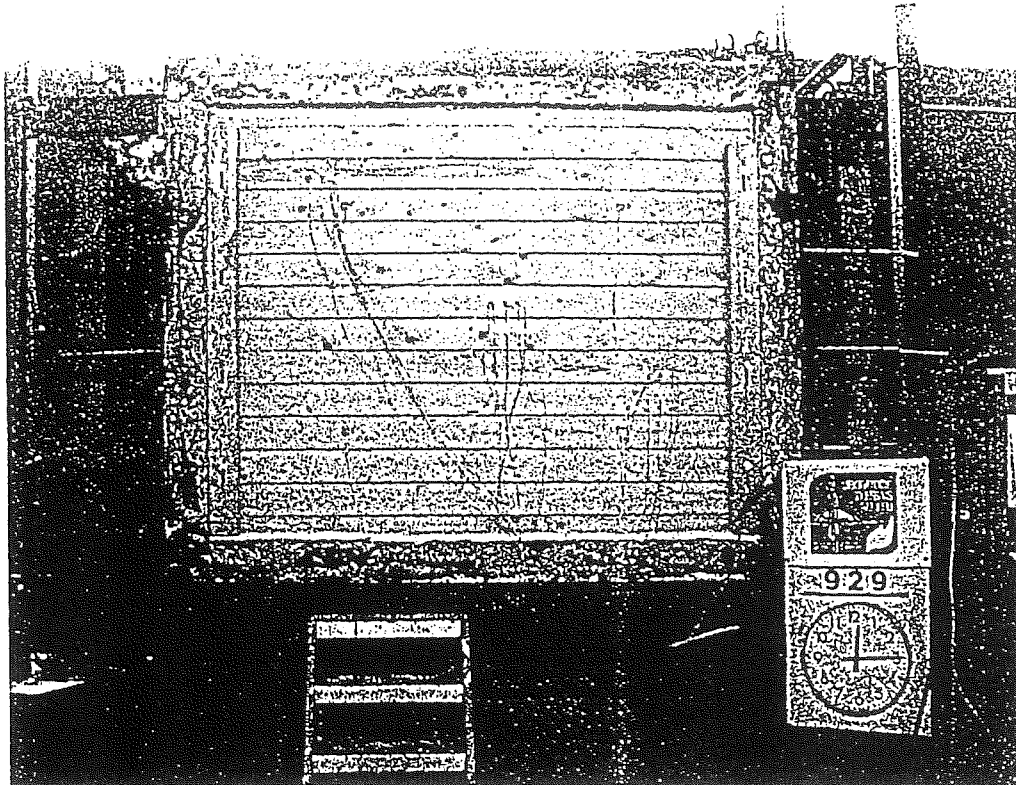


Figure 4 Vue de la face non exposée au feu au temps 30 minutes

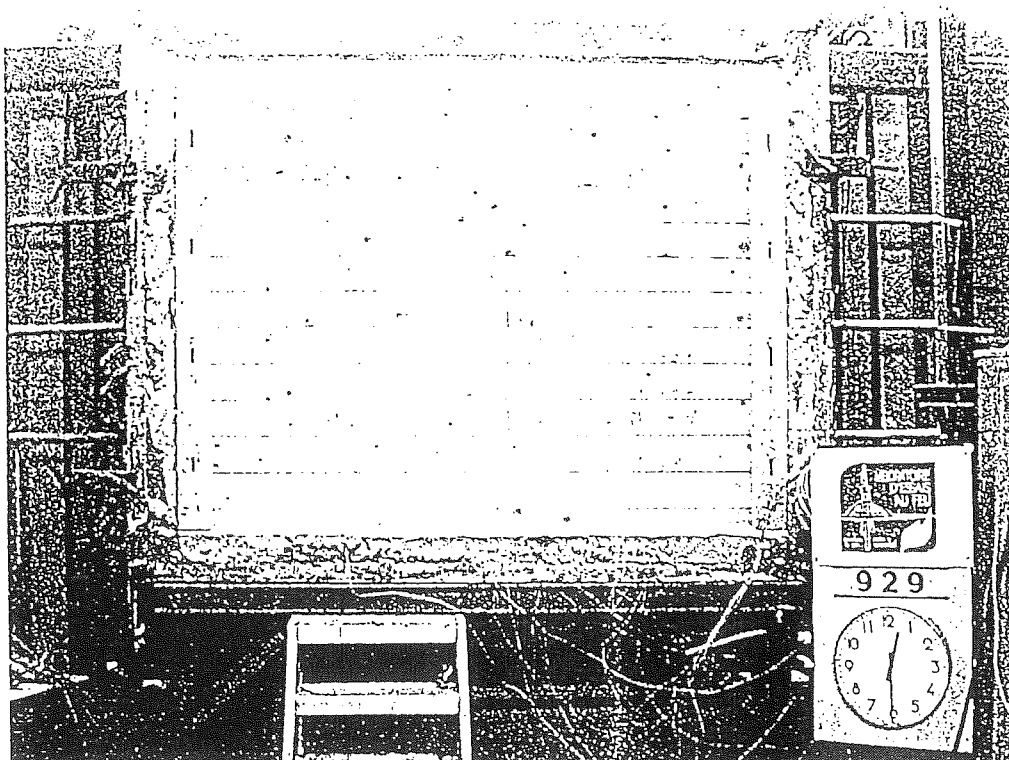


Figure 5 Vue de la face non exposée au feu au temps 45 minutes

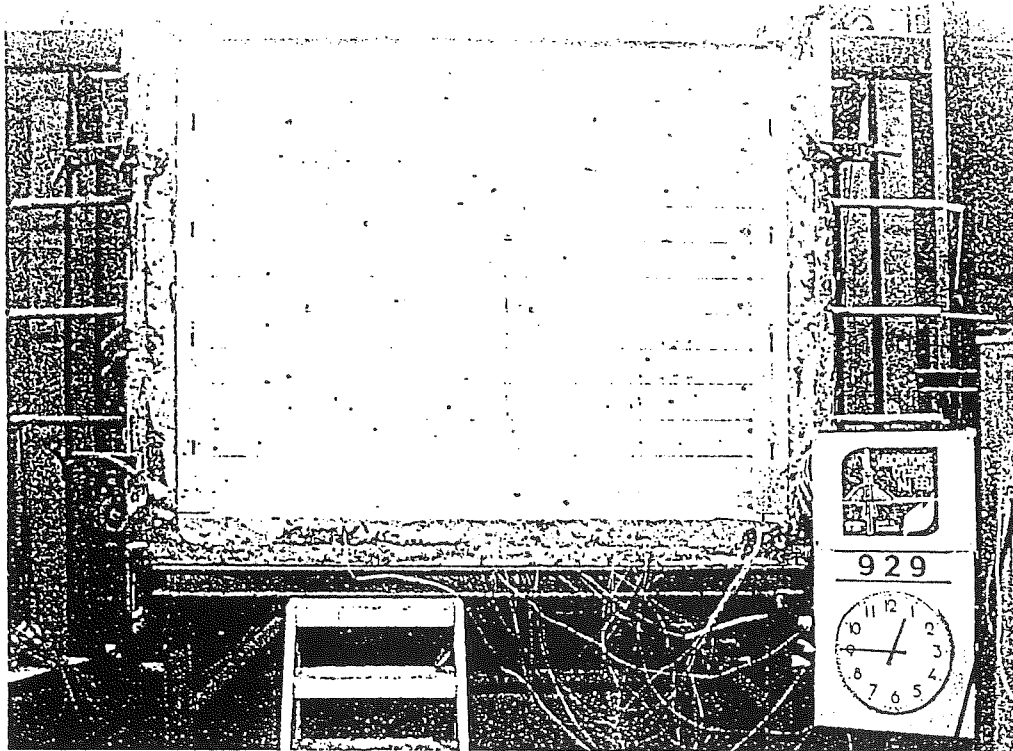


Figure 6 Passage de flamme au temps 48 minutes (zone A)

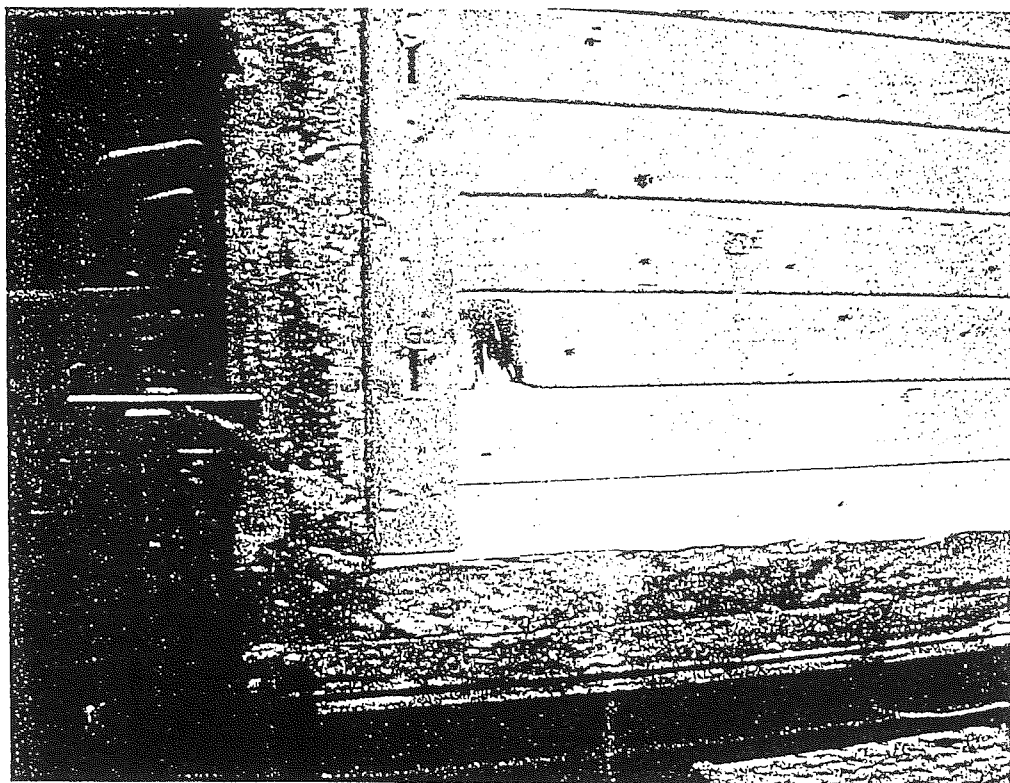


Figure 7 Passage de flamme au temps 53 minutes (Zone B)



Figure 8 Vue de la face non exposée au feu au temps 60 minutes

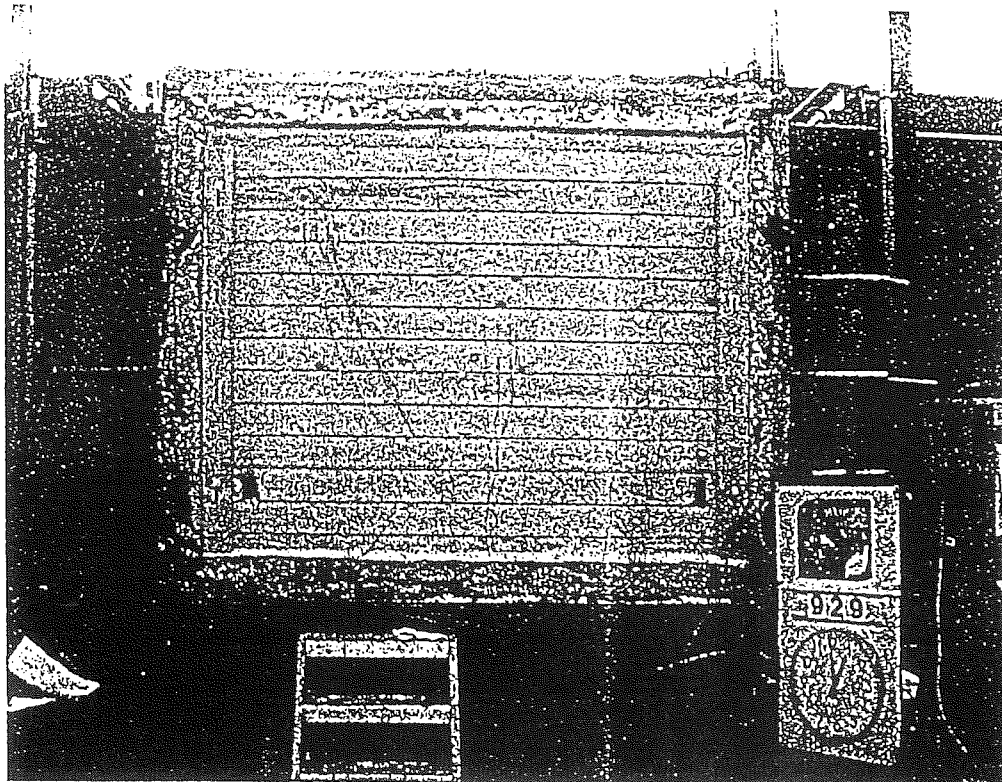


Figure 9 Vue de la face non exposée au feu au temps 75 minutes

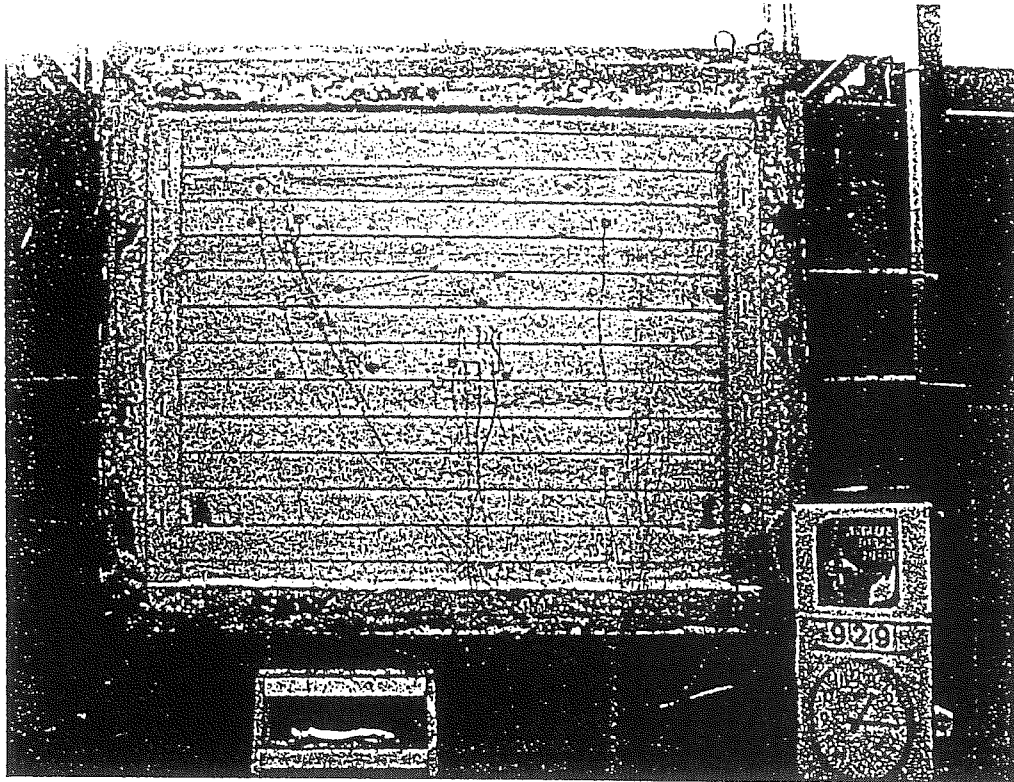
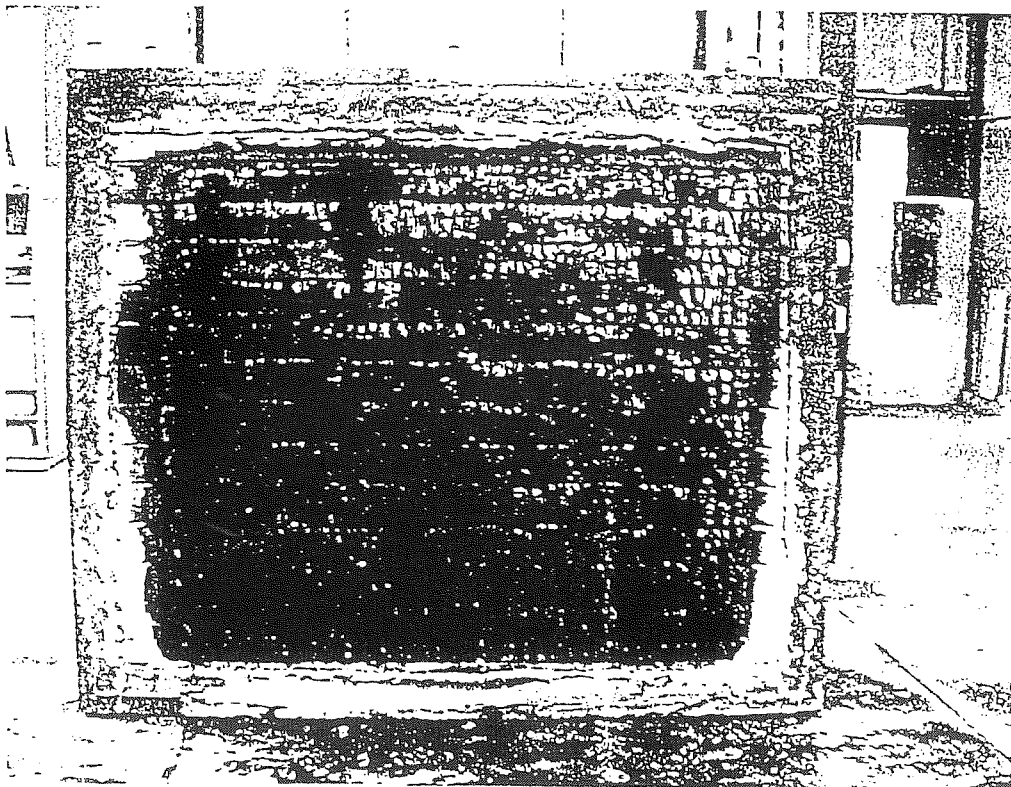
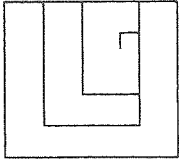


Figure 10 Vue de la face exposée au feu après essai





UNIVERSITE DE LIEGE

Laboratoire de Mécanique des Matériaux et Structures

Bâtiment B52/8

Chemin des Chevreuils 1 Sart Tilman B - 4000 LIEGE 1

Tél. 04/366.93.19 - Téléfax: 04/366.93.42.

PROCES-VERBAL DE L'ESSAI N° 4/EM/65931

Liège, le 22/04/02

Demandé par : BIOSPEEDHOME S.A.
ZONING INDUSTRIEL DE VAUX-CHAVANNE
6960 MANHAY
Pour compte de : Idem
Références : Demande de M. Jean-Marc FRANSSSEN
Nature du produit : Poutre et cloison en bois
Date de réception : 23/11/02

RESULTATS DES ESSAIS

ESSAI DE TRACTION suivant NBN A21-101 et EN 10.002.1

sur éprouvette(s) prélevée(s) par usinage.

Dans le tableau suivant:

- d = diamètre de la partie calibrée, pour une éprouvette cylindrique.
- b, a = largeur et épaisseur pour une éprouvette rectangulaire.
- ReH = limite d'élasticité apparente.
- Rp0,2 = limite d'élasticité à 0,2 % d'allongement rémanent.
- Rm = Résistance à la traction.
- Lo = Longueur initiale entre repères.
- A = Allongement après rupture.
- Dr = Distance de la section de rupture au repère le plus proche.
- Pr = sens du prélèvement défini comme suit:
 - L : sens de laminage;
 - P : perpendiculairement au sens de laminage;
 - LE: sens longitudinal de l'échantillon;
 - LS: sens longitudinal du joint soudé.
 - PS: sens perpendiculaire au joint soudé.

REMARQUE: Essai réalisé sur une éprouvette prélevée dans la console d'assemblage des 2 poutres LC de l'Essai B.3

Echantillon/ Eprouvette N°	Pr.	d mm	b mm	a mm	ReH N/mm ²	Rp0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Lo mm	A %	Dr mm
I			20.32	9.78	305.6		426.3	60	33.5	30

L'ingénieur responsable : C. VROOMEN

Service : LABORATOIRE DE STRUCTURES

Le Directeur : Ph. BOERAEVE

L'Ingénieur Responsable,

Le Directeur du Laboratoire,

Dans le cas où les matériaux n'ont pas été prélevés par leurs soins, les laboratoires n'acceptent aucune responsabilité concernant l'origine des matériaux; ils garantissent seulement l'exactitude des résultats des essais qu'ils ont effectués. La reproduction, même partielle, du présent procès-verbal est subordonnée à l'accord des laboratoires.