

Avis Technique 3/06-490

Annule et remplace l'Avis Technique 3/03-392

Plancher
Floor
Fußboden

COFRASTRA 70

Titulaire : ARCELOR Construction
20 rue Jacques Daguerre
F-92500 Rueil-Malmaison

Usine : ARCELOR Construction France, usine de STRASBOURG

Ne peuvent se prévaloir du présent Avis Technique que les productions certifiées, marque CSTBat, dont la liste à jour est consultable sur Internet à l'adresse :

www.cstb.fr

rubrique :

Produits de la Construction
Certification

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 2 décembre 1969)

Groupe Spécialisé n° 3

Structures, planchers et autres composants structuraux

Vu pour enregistrement le 15 janvier 2007



Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, F-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Fax : 01 60 05 70 37 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe Spécialisé n° 3 « STRUCTURES, PLANCHERS ET AUTRES COMPOSANTS STRUCTURAUX » a examiné le 24 octobre 2006 le dossier du procédé de plancher COFRASTRA 70, fabriqué par ARCELOR Construction France et exploité par ARCELOR CONSTRUCTION, Groupe ARCELOR. Il a été formulé sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après qui révisé l'Avis Technique 3/02-392.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Plancher à bacs métalliques collaborants réalisé avec du béton coulé sur des tôles nervurées galvanisées, d'épaisseur totale comprise entre 11 cm et 30 cm. L'épaisseur nominale de la tôle nue est de 0,71 mm, 0,84 mm ou 0,96 mm, la hauteur des nervures des bacs étant de 73 mm.

Tous les types de plafond du commerce peuvent être associés à ce type de plancher : selon les exigences, on peut réaliser des faux plafonds esthétiques, acoustiquement ou thermiquement isolants, ou améliorant le degré coupe-feu du plancher.

1.2 Identification

L'identification des composants se fait par des étiquettes, comme indiqué dans le Dossier Technique établi par le demandeur.

2. AVIS

L'Avis porte uniquement sur le procédé tel qu'il est décrit dans le Dossier Technique joint, dans les conditions indiquées dans le cahier des prescriptions techniques particulières (§ 2.3).

L'Avis ne vaut que pour les fabrications des bacs profilés bénéficiant d'un Certificat CSTBat.

2.1 Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les utilisations en France européenne, en étages courants et terrasses des bâtiments d'habitation, des bureaux, des bâtiments industriels etc...

2.2 Appréciation sur le procédé

2.21 Aptitude à l'emploi

2.211 Stabilité

La stabilité est normalement assurée en plancher collaborant tôle-béton tant que la contrainte d'adhérence reste limitée dans les conditions indiquées au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières.

Dans le cas de contrainte d'adhérence plus élevée, le fonctionnement en plancher collaborant peut être assuré par l'adjonction d'aciers de renfort à haute adhérence, dans les conditions indiquées dans le Cahier des Prescriptions Techniques Particulières.

L'emploi de ce plancher n'est pas envisagé par le présent Avis Technique lorsque la collaboration tôle-béton n'est plus possible, ou lorsque l'épaisseur totale du plancher excède 30 cm.

Le plancher COFRASTRA 70 peut être utilisé en zones sismiques dans les conditions indiquées au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières.

2.212 Résistance au feu

La résistance au feu du plancher (sans protection particulière) conformément aux critères énoncés dans l'arrêté du 3 août 1999 du Ministère de l'Intérieur, peut être évaluée comme suit :

- L'étanchéité aux flammes et aux gaz chauds ou inflammables est satisfaisante lorsque les conditions de mise en oeuvre du présent Avis Technique sont respectées.
- L'isolation thermique après différentes durées d'exposition à l'incendie conventionnel (30 min. à 240 min.) est estimée en fonction d'une épaisseur moyenne de la dalle de béton (voir l'annexe n° 2 à l'Avis intitulée "Evaluation de l'isolation thermique vis-à-vis de la résistance au feu des planchers béton avec bacs aciers collaborants").
- La résistance mécanique est jugée satisfaisante (sans vérification supplémentaire) pour une durée d'exposition à l'incendie conventionnel de 30 minutes. Pour des durées supérieures, à défaut de P.V. de classement ou de méthode de calcul agréée fixant une épaisseur de béton pour simuler l'effet de la tôle, la stabilité mécanique peut être estimée conformément aux règles DTU "Méthode de

prévision par le calcul du comportement au feu des structures béton" (tant en ce qui concerne les moments fléchissants en travée que sur appui), en prenant en compte les armatures en acier noyées dans le béton mais en négligeant la résistance mécanique de la tôle d'acier. Les températures sont alors évaluées avec la méthode de transfert thermique du DTU.

Pour les planchers bénéficiant d'une protection thermique par plafond suspendu ou par projection de matériau isolant, le degré de résistance au feu doit être établi par un laboratoire agréé (procès-verbal en cours de validité). Sauf indications contraires du P.V. la mise en oeuvre de ces protections thermiques doit en outre être conforme aux DTU en vigueur (ex. : additif n° 2 du DTU 58.1 pour les plafonds suspendus). Il est à noter que les classements de résistance au feu ne préjugent pas de la durabilité dans le temps de ces protections.

2.213 Prévention des accidents lors de la mise en oeuvre ou de l'entretien

Pour le procédé proprement dit, elle est normalement assurée si les portées délimitées par les appuis et éventuellement les étais n'excèdent pas les valeurs limites résultant du Cahier des Prescriptions Techniques Particulières et si les tôles sont fixées sur leurs appuis au fur et à mesure de leur pose.

2.214 Isolation thermique

Le coefficient U_{bat} moyen de déperdition par transmission à travers les parois déperditives séparant le volume chauffé du bâtiment, de l'extérieur, du sol et des locaux non chauffés se calcule selon les règles Th-U. Ce plancher étant par lui-même peu isolant il peut être nécessaire de compléter son isolation thermique.

2.215 Isolation acoustique

Sans plafond rapporté suspendu, les planchers finis présentent un indice d'affaiblissement acoustique qui dépend de leur masse.

Avec plafond rapporté suspendu, l'isolation acoustique peut être améliorée en fonction de la conception particulière du plafond et de sa suspension. L'appréciation de cette qualité est à faire dans chaque cas soit à partir d'essais, soit selon les indications ci-dessous :

L'isolation acoustique aux bruits aériens d'un ensemble plancher et plafond rapporté suspendu satisfait à la réglementation si la fréquence de résonance de l'ensemble reste inférieure à 60 hertz. Cette fréquence peut être calculée par la formule :

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{K \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

f_o étant la fréquence de résonance en hertz,

m_1 étant la masse, en kilogrammes, d'un mètre carré de plancher brut,

m_2 étant la masse, en kilogrammes, d'un mètre carré de plafond rapporté,

K étant le coefficient de raideur dynamique du dispositif de suspension du plafond : il s'exprime en Newtons par mètre et il correspond au rapport de la force en Newtons à appliquer au déplacement qui en résulte pour le dispositif de suspension, déplacement exprimé en mètre. Ce coefficient K doit être rapporté à 1 m² de plancher (ex. : s'il y a 4 suspentes par m², le coefficient K à prendre en compte dans la formule est quatre fois celui relatif à une suspente).

Pour apprécier les caractéristiques acoustiques d'un plancher fini exécuté avec ce procédé, on peut consulter :

- le REEF - Sciences du Bâtiment - Partie Acoustique,
- le document "Exemples de solutions pouvant satisfaire au règlement de la construction et/ou aux définitions du label confort acoustique" (Cahier du CSTB 1373 - Livraison 168).

2.216 Finitions - Aspect

Plafonds

Le procédé permet d'appliquer par projection une protection en sous-face des bacs. Il permet également de suspendre des plafonds rapportés.

Sols

Tout revêtement de sol peut être posé sur la table de compression en béton.

2.217 Autres informations techniques

Lors de la vérification du comportement en cas d'incendie la valeur caractéristique à prendre en compte pour la résistance à la compression du béton est de 20 MPa, sauf si une autre valeur peut être justifiée.

2.22 Durabilité - Entretien

Pour les emplois indiqués en 2.1, la durabilité du plancher brut (c'est-à-dire plafond exclu) est équivalente à celle des planchers traditionnels utilisés dans des conditions comparables, sauf pour des utilisations sur locaux humides ou à atmosphère agressive, à moins que la sous-face du plancher ne soit entretenue et comporte une protection complémentaire obturant les joints. La durabilité est donc incertaine pour les emplois sur vide sanitaire faute de possibilité d'entretien.

L'entretien doit être apprécié en fonction des protections complémentaires éventuelles.

2.23 Fabrication et contrôle

La fabrication des tôles est effectuée en usine. Elle doit faire l'objet d'un autocontrôle systématique du fabricant selon les modalités définies au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières ; cet autocontrôle doit être surveillé par le CSTB qui délivre un Certificat CSTBat.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques Particulières

2.31 Conditions de conception et de calcul

Elles sont prescrites dans l'annexe 3 à l'Avis Technique formant additif commun aux Avis Techniques formulés sur cette famille de planchers.

L'application de la méthode de dimensionnement ou de justification du plancher, donnée dans l'annexe 3 à l'Avis Technique, doit être effectuée en utilisant les caractéristiques de calcul (valeurs d'utilisation) données dans l'Annexe n° 1 au présent Avis.

En cas d'utilisation en zones sismiques, le repos des bacs sur les appuis ne doit être inférieur ni à la moitié de la hauteur totale du plancher ni à 5 cm. En outre, la tôle doit être fixée sur tous les appuis (intermédiaires et d'extrémité) à l'aide de deux fixations au minimum par bac. Le nombre et le type de ces fixations doivent être déterminés dans chaque cas particulier, en fonction des sollicitations horizontales à transmettre.

2.32 Conditions de fabrication

L'autocontrôle du fabricant doit porter d'une part sur la résistance de la tôle, d'autre part sur les caractéristiques dimensionnelles des bacs.

2.321 Contrôle de la résistance de la tôle

Une plaque d'environ 20 x 20 cm est découpée dans chaque bobine de tôle galvanisée prévue pour le profilage. A partir de cette plaque on prélève une éprouvette de 20 mm de largeur qu'on soumet à l'essai de traction. Pour déduire de cet essai la limite d'élasticité de la tôle, on considère comme épaisseur de l'éprouvette, l'épaisseur nominale de calcul de la tôle nue. La limite d'élasticité ainsi déterminée doit être, dans 95 % des cas, au moins égale à 350 N/mm².

Contrôle dimensionnel après profilage

Ce contrôle qui est réalisé une fois pour chaque commande porte notamment sur les dimensions suivantes :

		Variante 1	Variante 2
Profondeur des bossages:	Ames	2 mm +0.6,-0.3	1.7 mm +0.4,-0.2
	Sommet des ondes		1.7 mm +0.4,-0.2
Hauteur des ondes:		73 mm +2,-1	
Largeur du bac:		732 mm +12,-0	

Marquage

Les bacs doivent être marqués avec le logo CSTB suivi des trois derniers chiffres du numéro de l'A.T., apposé sur au moins 5 % des produits et au moins une fois sur chaque colis.

2.322 Suivi de l'autocontrôle par le CSTB

Le suivi de l'autocontrôle est assuré par les agents du CSTB conformément aux "Règles générales des Certificats CSTBat" à raison de deux visites par an.

2.33 Conditions de mise en oeuvre

- Les liaisons des bacs avec l'ossature doivent être assurées par des clous, des boulons ou des vis autotaraudeuses, soit sur les solives métalliques dans le cas d'ossature métallique, soit sur des platines ou des cornières ancrées dans les supports en béton ou encore dans des inserts en bois noyés dans le béton, sauf les appuis intermédiaires lorsqu'il y a continuité de la tôle. Ces liaisons doivent exister à raison de deux fixations par bac, à chaque extrémité.
- Les étais placés sous les bacs avant coulage du béton doivent respecter les distances prévues dans les calculs.
- Le maintien en position des aciers de renfort prévus dans les calculs doit être assuré par toutes dispositions permettant de respecter les enrobages prévus aux projets.
- Le treillis soudé prévu dans la dalle doit satisfaire aux conditions minimales suivantes :
 - Armatures perpendiculaires aux ondes :
espacement maximal : 20 cm
section (en cm²/m) : la plus grande des deux valeurs suivantes : 0,1 hc ou 2160/σ_{en}
hc étant l'épaisseur du béton de dalle au-dessus des ondes, hc étant limitée supérieurement pour ce calcul à 6 cm, et σ_{en} étant la limite élastique des aciers en daN/cm².
 - Armatures parallèles aux ondes :
espacement maximal : 30 cm
section : la moitié des valeurs précédentes.
- Les joints aux raccordements entre bacs sur locaux humides ou à atmosphère corrosive doivent être obturés.
- La pose de revêtements de sol scellés ou collés étanches à la vapeur ne doit être effectuée qu'après vérification de la siccité du béton.

Conclusions

Le présent Avis annule et remplace l'Avis Technique 3/02-392.

Appréciation globale

Pour cette fabrication bénéficiant d'un certificat CSTBat, l'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

Validité

5 Ans jusqu'au 31 octobre 2011.

Pour le Groupe Spécialisé n°3
Le Président

Jean-Pierre BRIN

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le Groupe tient à souligner qu'il s'est assuré que les performances du produit de la variante 2 étaient au moins égales à celles du produit de la variante 1, et que l'approche consistant à adopter pour les deux variantes, le dimensionnement de la variante 1, était sécuritaire.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 3

Ménad CHENAF

ANNEXE N° 1 A L'AVIS TECHNIQUE

La présente annexe fait partie de l'Avis Technique :

Le respect des valeurs de calcul indiquées est une condition impérative de la validité de l'Avis.

Sont données ci-après les valeurs caractéristiques utiles à l'application de la méthode de dimensionnement et de vérification prescrite dans l'Annexe 3 (Additif commun)

A - CARACTERISTIQUES DES PROFILS COFRASTRA 70

Les valeurs ci-dessous sont données pour un mètre de largeur de bac.

Epaisseur nominale de la tôle(*)		Section (cm ²)	Poids(**) (daN/m ²)	Position fibre neutre (cm)		Moment d'inertie i (cm ⁴)	Modules de résistance (cm ³)	
galvanisée	nue			v _i	v _s		I/v _i	i/v _s
0,75	0,71	11,95	10,05	3,139	4,361	92,495	29,466	21,209
0,88	0,84	14,17	11,79	3,139	4,361	109,672	34,938	25,148
1,00	0,96	16,22	13,40	3,139	4,361	125,529	39,990	28,784

* Tolérances selon les normes P 34-310 et NF EN 10 326

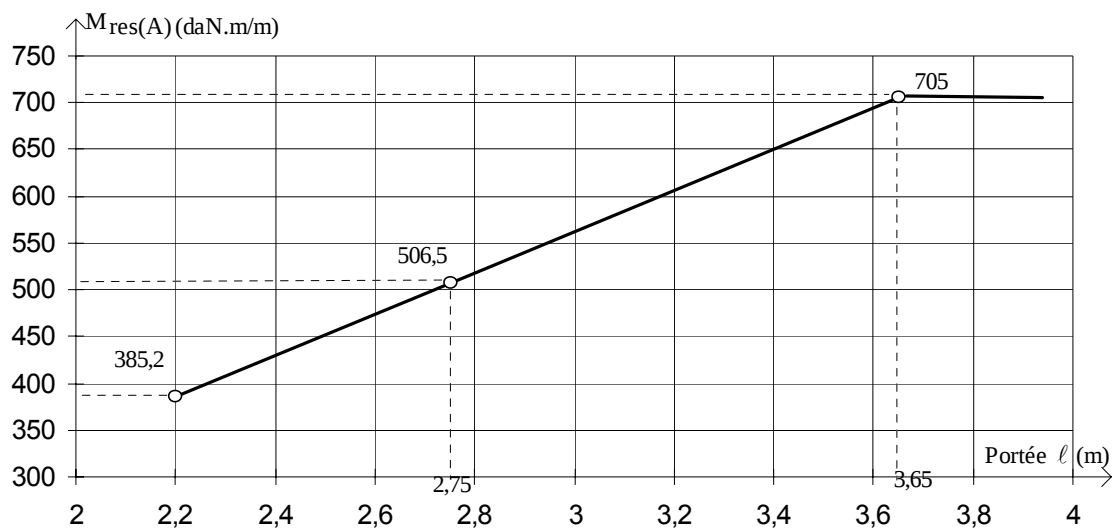
** Les poids correspondent aux tôles galvanisées et tiennent compte des recouvrements.

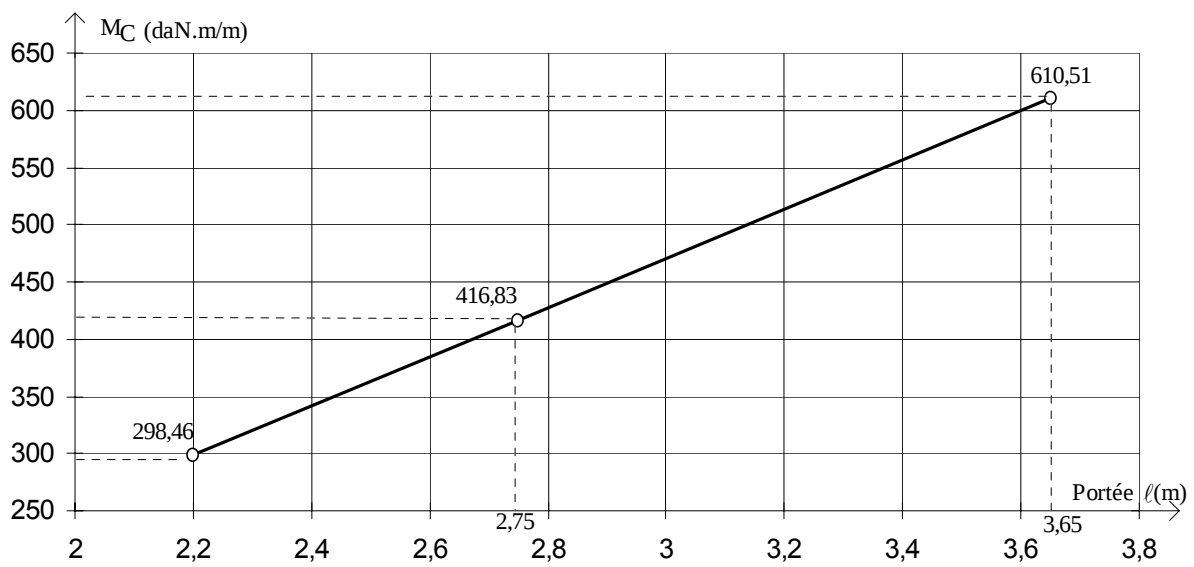
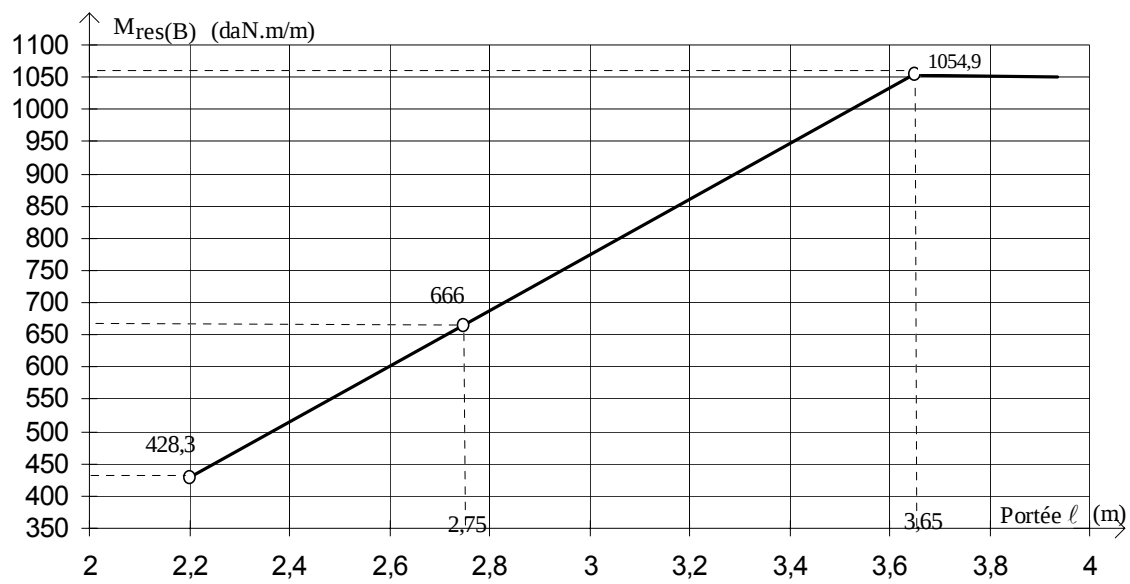
B - VERIFICATIONS EN PHASE DE MONTAGE ET DE COULAGE DU BETON

Pour l'application du § 2.32 de l'Annexe 2, les valeurs des moments résistants plastiques $M_{res(A)}$, $M_{res(B)}$ et des moments de cloquage M_C sont déduites en fonction de la portée ℓ à partir des diagrammes ci-après, utilisables pour $\ell \geq 2,20$ m (correspondant à $0,8\ell_1$) et données pour des tôles d'épaisseur nominale 0,75 mm.

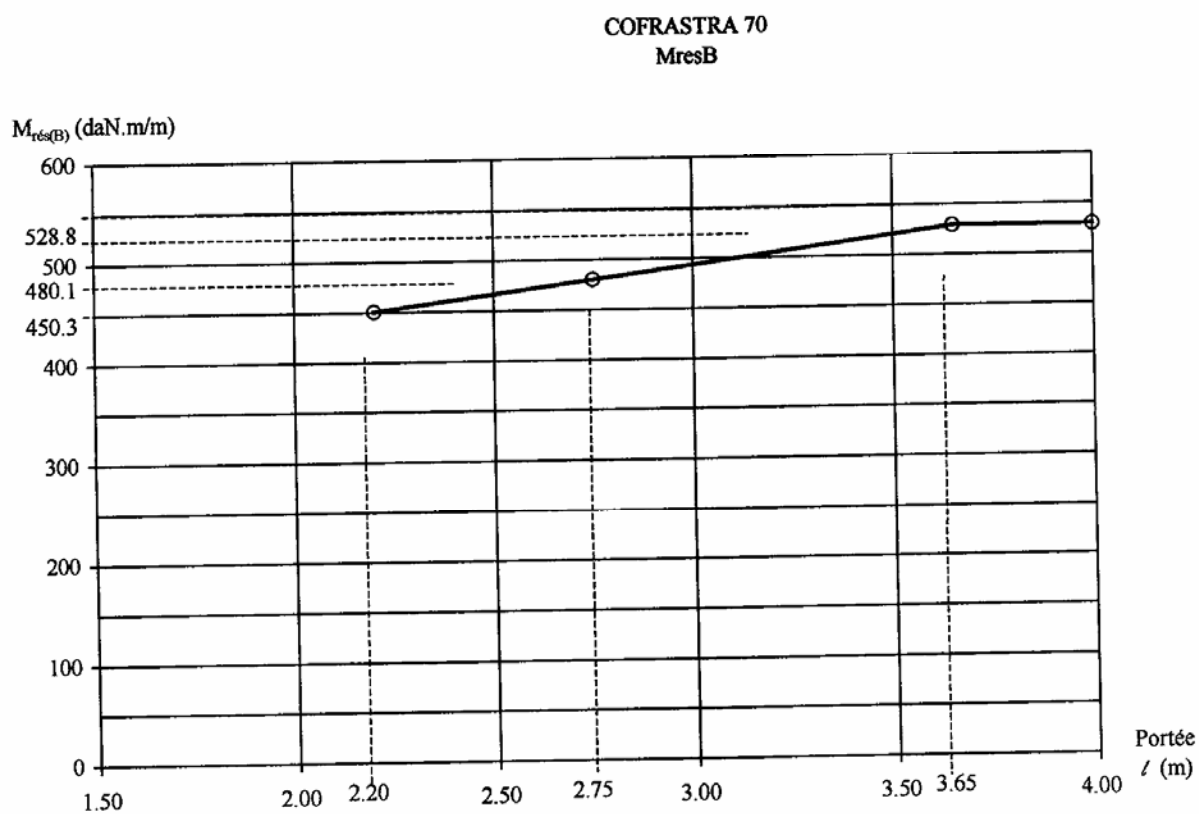
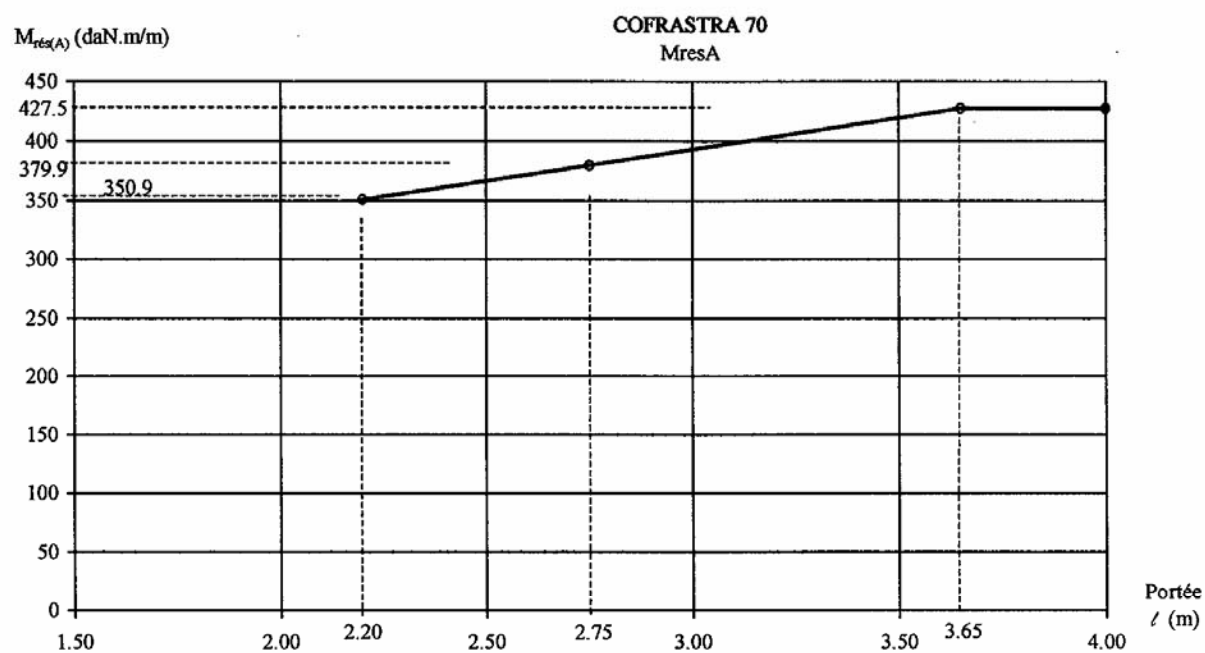
Pour des portées inférieures à $0,8\ell_1$, les justifications sont menées conventionnellement pour une portée fictive de $0,8\ell_1$.

Pour les épaisseurs, 0,88 mm et 1,00 mm, on lit les moments qu'on multiplie par 1,17 et 1,33 respectivement.





Profils prépercés



Nota : les valeurs M_{resC} restent sans changement

c - VERIFICATIONS EN PHASE DEFINITIVE DU MONTAGE COLLABORANT

Collaboration tôle / béton (§ 2.33.1 de l'Annexe 3).

Les valeurs de "m" et "k" sont données dans le système d'unités : longueur en cm, force en daN.

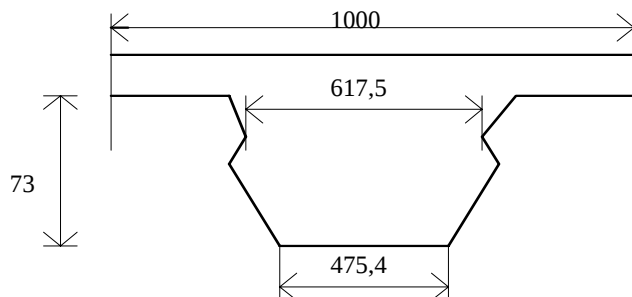
	Résistance (m1, k1)	Glissement	
		Charge statique (m2, k2)	Charge dynamique (m3, k3)
m	3320	3320	2300
k	0,85	0,85	0,85

Cisaillement des nervures (§. 2.333 de l'Annexe 3)

$b_0 = 61,75$ cm pour un mètre de largeur de plancher.

Moments négatifs sur appuis de continuité (§. 2.336 de l'Annexe 3)

Forme de la nervure équivalente en béton :



En raison de la décroissance de la largeur de la zone comprimée vers les fibres les plus comprimées, la contrainte de calcul du béton comprimé est affectée par le coefficient 0,8 (art. A. 4.3,42 des Règles BAEL 91).

Flèches actives

Pour l'application des formules donnant les valeurs de λ à porter dans les équations de calcul de l'inertie fictive, les valeurs à considérer du rapport b_0/b sont : 0,546.

ANNEXE n° 2 A L'AVIS TECHNIQUE

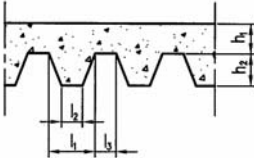
Détermination de l'isolation thermique vis-à-vis de la résistance au feu des planchers en béton avec bacs acier collaborants.

A défaut de méthodes de calcul spécifiques, la détermination de l'isolation thermique de ces planchers peut être effectuée à l'aide de la méthode ci-après.

Le volume de béton utilisé par unité de surface de plancher peut être converti en dalle pleine ayant, pour une épaisseur équivalente (h_e), le même volume. Toutefois, cette épaisseur équivalente ne peut être utilisée que pour des variations acceptables entre les épaisseurs en sommet d'onde et en fond d'onde.

Pour les bacs acier les plus simples, le calcul de l'épaisseur équivalente et ses limites d'application sont indiqués ci-après.

L'épaisseur équivalente minimale nécessaire pour que l'élévation de température moyenne en face non exposée de ces planchers ne dépasse pas 140°C après certaine durée d'exposition à l'incendie conventionnel est indiquée sur les tableaux ci-après :

Détermination de l'épaisseur équivalente " h_e "	Epaisseur équivalente minimale h_e (mm)	Durée de résistance au feu (mn)	Limites d'application
$h_e = h_1 + \frac{h_2}{2} \cdot \frac{I_1 + I_2}{I_1 + I_3}$ 	60 70 80 100 130 150	30 60 90 120 140 240	$h_2/h_1 \leq 1,5$ $h_1 \geq 50 \text{ mm}$

Nota : Le schéma figurant dans le tableau est un schéma de principe qui ne prétend pas représenter le profil d'un système particulier

ANNEXE n° 3 A L'AVIS TECHNIQUE

Additif commun

1. Avant propos

Il s'agit du texte de l'additif commun aux Avis Technique des procédés de planchers à bacs collaborants. Il fait partie intégrante de l'Avis.

2. Avis

L'Avis ne vaut que pour les procédés couverts par un Avis Technique. Il indique, dans le Cahier des Prescriptions Techniques, les conditions de conception et de calcul communes à tous les planchers de cette famille.

2.1 Domaine d'emploi

Il est le même que celui accepté par le Groupe dans le cadre de l'Avis Technique.

2.2 Appréciation de l'aptitude à l'emploi

2.2.1 Stabilité

La stabilité est normalement assurée pour les montages tôle-béton de ces planchers lorsqu'ils sont dimensionnés et vérifiés conformément aux conditions de conception et de calcul ci-après, sous réserve des particularités éventuellement précisées dans les Avis Techniques des procédés et des autres conditions indiquées dans ces Avis.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

Conditions de conception et de calcul

2.3.1 Définition de la portée

La portée des planchers, à considérer dans les vérifications indiquées ci-après, est ainsi définie :

- si les appuis sont des murs ou des poutres en béton, la portée est la distance entre les nus intérieurs des appuis ;
- si les appuis sont des murs en maçonnerie de petits éléments, la portée est la distance entre les points situés à 2,5 cm en recul des nus intérieurs de ces murs ;
- si les appuis sont des solives métalliques, la portée est la distance entre axes des solives ; elle peut être la distance entre nus intérieurs des solives s'il est justifié que leur rigidité en torsion le permet.

La portée à considérer pour les vérifications en phase de coulage est celle indiquée ci-avant délimitée le cas échéant par l'axe des files d'étais éventuelles.

2.3.2 Vérifications en phase de montage et de coulage du béton

2.321 Vérification du fléchissement des tôles

Le fléchissement des tôles sous le poids mort du béton ne doit pas dépasser pas 1/240ème de la portée entre appuis et files d'étais. Pour cette vérification, on tient compte du supplément de poids mort dû à l'épaisseur complémentaire de béton entraînée par le fléchissement du bac (pour cette prise en compte, on peut simplement ajouter une surépaisseur fictive de béton, uniformément répartie, valant $0,7.f$, f étant le fléchissement à mi-portée déterminé sans la surépaisseur).

Ce fléchissement à la pose peut être évalué par l'expression suivante :

$$f = k_f \cdot \frac{5 \cdot g \cdot \ell^4 \cdot 10^6}{384 \cdot E \cdot I}$$

f étant la flèche en cm

avec

ℓ = portée entre appuis et/ou étais éventuels, (en mètres) ;

g = poids mort du plancher calculé conformément à l'Avis Technique du procédé (en daN/m²).

$E = 2,1 \cdot 10^6$ daN/cm².

I = moment d'inertie en section totale d'un mètre de largeur de tôle donné dans l'Avis Technique du procédé (en cm⁴).

K_f = coefficient fonction du nombre de travées entre appuis et étais éventuels.

valant :

1	pour 1 travée
0,41	pour 2 travées égales
0,52	pour 3 travées égales
0,49	pour 4 travées égales.

2.322 Vérification de la sécurité du personnel de pose

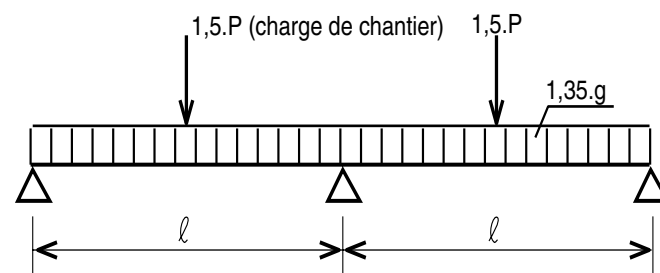
On doit s'assurer de la sécurité en phase de montage. Cette vérification doit être menée conformément au document intitulé "Méthode générale d'essai des bacs-aciers utilisés en planchers, en vue de leur justification de résistance en phase de montage - Méthodologie d'essai et principe de dimensionnement" publié dans les Cahiers du CSTB - livraison 268 d'avril 1986.

Le moment fléchissant sollicitant conventionnel en travée doit être inférieur ou égal au moment résistant du profilé utilisé pour la portée considérée. Cette vérification doit être faite pour la travée partielle la plus grande.

MOMENT SOLLICITANT

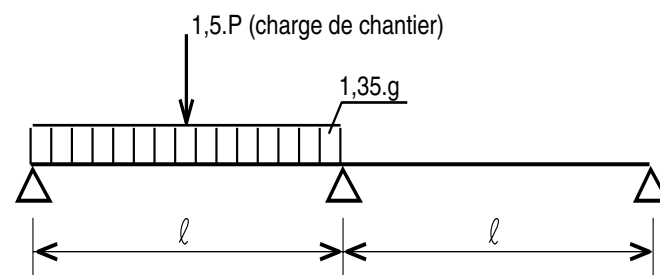
Le moment fléchissant sollicitant conventionnel doit être vérifié pour les deux cas de chargement (A) et (B) ci-après où g est le poids du plancher tel que défini plus avant et où l'intensité de la charge de chantier P est égale à $50 \cdot \ell$ (ℓ étant la portée partielle en mètres), sans être inférieure à 100 daN.

Cas de chargement (A)



$$M(A) = 0,070 \cdot 1,35 \cdot g \cdot \ell^2 + 0,156 \cdot 1,50 \cdot P \cdot \ell$$

Cas de chargement (B)



$$M(B) = 0,096 \cdot 1,35 \cdot g \cdot \ell^2 + 0,203 \cdot 1,50 \cdot P \cdot \ell$$

MOMENTS RESISTANTS Mrés (A) et Mrés (B)

Les valeurs à considérer des moments résistants sont données dans les Avis Techniques des procédés sous la forme de diagrammes en fonction de la portée et de coefficients tenant compte de l'épaisseur de tôle. Les Avis Techniques précisent les limites de portées entre lesquelles le diagramme est donné.

Lorsque la portée du projet est inférieure à la plus petite portée du diagramme (0,8. ℓ_1), il est loisible de substituer à la portée du projet une portée fictive égale à 0,8. ℓ_1 et de conduire la vérification pour cette portée fictive.

2.323 Vérification d'intégrité en cas d'étalement.

Cette vérification a pour objet d'éviter un cloquage éventuel irréversible au droit des étais. Elle est donc inutile pour les cas de pose sans étais.

Elle consiste à s'assurer de l'inégalité suivante :

$$0,125. 1,35. g. \ell^2 + 0,1875. 1,5. P. \ell \leq M_c$$

où

P vaut 50. ℓ sans descendre en dessous de 100 daN ;

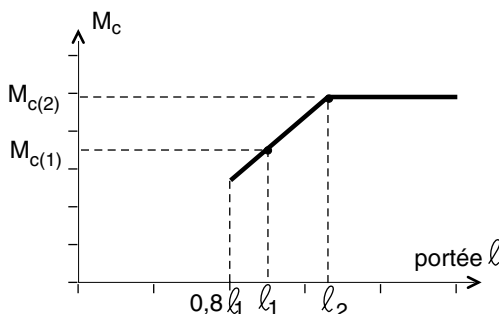
M_c est le moment de cloquage pour la portée ℓ considérée

Lors des essais n° 1 et 2 effectués selon la "méthode générale" visée ci-avant, on note la valeur des charges p_c et P_c , d'apparition du premier cloquage sur l'appui intermédiaire ; avec ces valeurs de charges, on calcule le moment de cloquage M_c correspondant :

$$M_c(1) = 0,125. p_c. \ell_1^2 + 0,1875. P_c. \ell_1$$

$$M_c(2) = 0,125. p_c. \ell_2^2 + 0,1875. P_c. \ell_2$$

Ces valeurs permettent de tracer le diagramme suivant :



Comme pour les $M_{rés(A)}$ et $M_{rés(B)}$ de la vérification de résistance, la courbe est extrapolée par prolongement de la droite jusqu'à une portée de 0,8. ℓ_1 et par une horizontale (plafonnement du moment) pour les portées supérieures à ℓ_2 .

Le diagramme de M_c en fonction de ℓ est donné dans chaque Avis Technique de procédé.

2.33 Vérifications en phase définitive du montage collaborant

2.331 Vérification de la collaboration tôle/béton

Cette vérification est effectuée à l'Etat Limite de Service selon la méthode "m" et "k" conduite selon les usages français (essais avec tôles huilées).

Elle consiste à respecter l'inégalité suivante concernant la contrainte de cisaillement de glissement entre tôle et béton :

$$\tau_{sollicitant} \leq \tau_{résistant}$$

avec

$$\tau_{sollicitant} = V_s / (b. z_{el})$$

où

V_s = l'effort tranchant sollicitant développé en service, après prise du béton, dans la section considérée ;

b = la largeur considérée de plancher ;

z_{el} = le bras de levier élastique, pris égal à $d_p - x/3$;

avec également

$$\tau_{résistant} = m. \rho. h / \ell + k$$

où

m et k sont des coefficients déterminés à la suite d'essais et donnés dans les Avis Techniques de procédés ;

ρ est le rapport de la section de la tôle à la section utile du béton $b.d_p$,

d_p étant la distance du centre de gravité de la tôle à la fibre supérieure du plancher ;

h est l'épaisseur totale du plancher ;

ℓ est définie ci-après.

Remarque importante : la formule donnant $\tau_{résistant}$ n'est valable que si les charges appliquées en surface du plancher sont supérieures aux charges suspendues (accrochées en sous-face).

Définition de ℓ : cas de travées isostatiques

La détermination expérimentale de "m" et de "k" étant réalisée sur travées isostatiques, la vérification indiquée ci-avant doit prendre en compte pour ℓ la valeur de la portée d'une travée sur deux appuis simples.

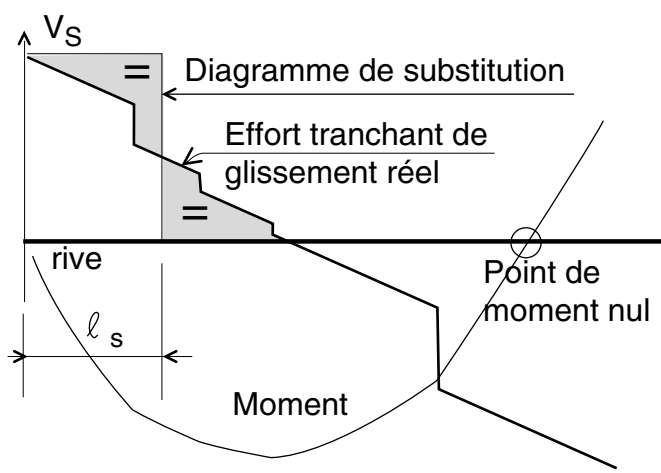
Dans le cas de distribution quelconque des charges (charges concentrées), on considère une portée fictive ℓ valant 4. ℓ_s où ℓ_s est la longueur du diagramme rectangulaire équivalent d'effort tranchant :

$$\ell_s = \frac{\text{surface sous la courbe du diagramme réel des efforts tranchants}}{\text{effort tranchant à l'appui}}$$

Définition de ℓ : cas de travées continues

Il est admis que l'expression de $\tau_{résistant}$ peut continuer à être appliquée en prenant pour ℓ la portée entre les points de moments nuls (longueur de la zone de moment positif), les efforts tranchants V_s à considérer étant ceux évalués en ces points.

Si la valeur de 4. ℓ_s diffère de ℓ ainsi définie, on considère une valeur de ℓ égale à 4. ℓ_s .



Effort tranchant sollicitant (ELS)

aux appuis de rives dans le cas de travées égales soumises à des charges réparties

$$V_s = \frac{l}{2} (k_0.g + k_1.g_1 + k_2.q)$$

avec

g : poids propre du plancher

g₁ : charges permanentes autres que le poids propre

q : charges d'exploitation

k_0 , k_1 et k_2 : coefficients adimensionnels donnés dans le tableau de suit.

Schéma statique	k_0	k_1	k_2
	0 0,63 1	1	1
	0 0 0,39 0,43 0,79 0,79	0,79	0,89
	0 0 0,43 0,47 0,83 0,83	0,83	0,91

Les Avis Techniques des procédés donnent trois couples de valeurs m et k à utiliser :

- Le premier, noté m_1 et k_1 , correspondant aux valeurs de l'état de ruine ;
- Le deuxième, noté m_2 et k_2 , correspondant aux valeurs du glissement à 0,1 mm dans le cas de planchers supportant exclusivement des charges statiques (bâtiment d'habitation, de bureaux, etc ...) ;
- Le troisième, noté m_3 et k_3 , correspondant aux valeurs du glissement à 0,1 mm dans le cas de planchers susceptibles de supporter des charges dynamiques peu importantes (bâtiments industriels, parcs de stationnement, etc ...).

Pour chaque cas d'utilisation du plancher, il convient alors d'effectuer deux vérifications sur la contrainte de cisaillement :

- m_1 et k_1 – m_2 et k_2 dans le cas des charges statiques ;
- m_1 et k_1 – m_3 et k_3 dans le cas des charges faiblement dynamiques.

Il est précisé qu'il s'agit uniquement de charges dynamiques ne pouvant donner lieu à aucun phénomène de fatigue ni à des chocs répétés ; il est admis que ce domaine couvre le cas de charges roulantes de faible intensité, c'est à dire les véhicules dont la charge maximale par essieu n'excède pas 3,0 tonnes.

Si on ajoute des armatures complémentaires longitudinales en lit inférieur, ancrées sur appui, la contrainte de cisaillement de glissement sur la tôle est calculée à partir de la seule part d'effort tranchant équilibrée par la tôle. Les parts d'effort tranchant équilibrées l'une par la tôle, l'autre par les armatures complémentaires, sont proportionnelles aux moments statiques respectifs de la tôle et des armatures complémentaires par rapport à la fibre neutre de la section (le béton comprimé et l'ensemble des aciers : tôle + armatures complémentaires).

2.332 Justifications à l'Etat Limite Ultime

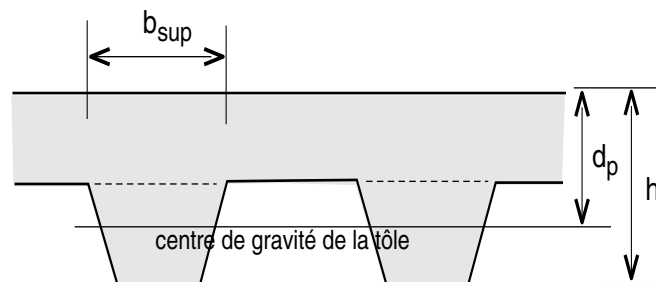
Les coefficients partiels de sécurité sur les matériaux à prendre en compte pour les justifications suivantes à l'Etat Limite Ultime du montage collaborant sont :

- pour le béton $\gamma_b = 1,5$
- pour le profilé $\gamma_p = 1,1$
- pour les armatures $\gamma_s = 1,15$

2.333 Vérification du cisaillement des nervures

Cette vérification est menée à l'Etat Limite Ultime.

Elle concerne la section horizontale de la nervure au niveau supérieur de la tôle comme indiqué sur la figure ci-dessous.



Elle consiste à vérifier l'inégalité suivante :

$$\tau_{u,sollicitant} \leq \tau_{u,résistant}$$

soit : $\tau_{u,S} \leq \tau_{u,R}$

avec

$$\tau_{u,S} = \frac{V_{u,S}}{b_{sup} \cdot z_u}$$

où

$V_{u,S}$ est l'effort tranchant sollicitant à l'ELU (calculé sous charges pondérées) à l'appui le plus sollicité ;

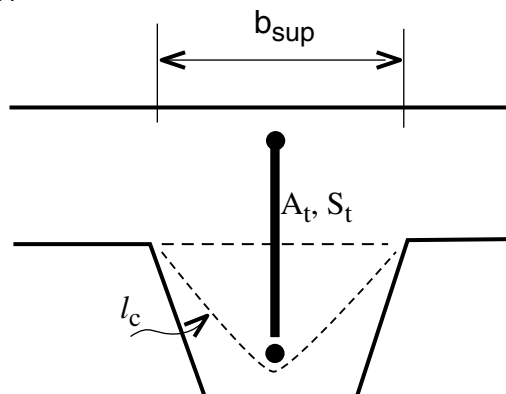
b_{sup} est la largeur de la section horizontale de la nervure au niveau supérieur de la tôle ;

z_u est le bras de levier à l'ELU pris égal à $0,85 \cdot d_p$, à défaut de calcul plus précis.

- En l'absence de toute armature transversale de couture,

$$\tau_{u,R} = 0,03 \cdot f_{c28}$$

- Si les nervures comportent des armatures transversales pour couder la section précédente de largeur b_{sup} , on effectue deux vérifications :



d'une part :

$$\tau_{u,R} = f_e / \gamma_s \cdot A_t / (b_{sup} \cdot S_t)$$

avec

f_e = limite élastique de l'acier donnée ;

A_t = aire d'une branche d'armature transversale droite ;

S_t = pas des armatures transversales

d'autre part :

$$V_{u,S} / l_c \cdot z_u \leq 0,03 \cdot f_{c28}$$

où

l_c est la longueur de la ligne de moindre résistance (voir schéma).

Commentaires :

- la première vérification (règle des coutures généralisée) suppose que la conception des armatures transversales est telle que l'ancrage de celles-ci soit total de part et d'autre du plan horizontal de largeur b_{sup} . Ceci est obtenu notamment si les armatures transversales de couture sont soudées à des barres filantes, par des soudures dont la résistance à la traction dans le sens des brins est au moins égale à la résistance de chaque brin.

Lorsque ces armatures transversales sont réalisées en continu sous forme de grecques, l'ancrage de part et d'autre du plan horizontal à couder dépend des hauteurs ancrées de boucle, du diamètre du fil constitutif et de la nuance de l'acier. Il en résulte que la capacité résistante de ces grecques dans leur rôle de couture est variable en fonction des paramètres énumérés ci-avant et l'expression donnant $\tau_{u,R}$ doit prendre en compte cette capacité résistante qui peut être réduite : des indications peuvent être trouvées à ce sujet, par analogie, dans le tableau figurant à l'article I.A. 107,21 du titre I du CPT "PLANCHERS".

- l'effort tranchant sollicitant $V_{u,S}$ est déterminé en tenant compte de toutes les charges appliquées y compris le poids propre quelle que soit la disposition d'étalement. Il est admis d'évaluer l'effort tranchant sollicitant à la distance $h/2$ de l'appui.

La valeur de l'effort tranchant sollicitant aux appuis les plus sollicités de travées égales soumises à des charges réparties

$$V_{u,s} = \frac{\ell}{2} \cdot [k_1 \cdot 1,35(g + g_1) + k_2 \cdot 1,50q]$$

Schéma statique	k_1	k_2
	1	1
	1,21	1,21
	1,17	1,20

2.334 Justifications relatives à la flexion

Dans l'évaluation des moments sollicitants, il est tenu compte des continuités éventuelles des planchers.

Les moments sur appuis sont évalués à partir des équations de la résistance des matériaux pour les poutres continues à inertie constante en admettant une minoration pour cause de redistribution d'effort par fissuration (allongements / raccourcissements des matériaux plus importants sur appui qu'en travée).

Le coefficient de minoration pris usuellement et forfaitairement est de 0,85 (15% de minoration). Il est pris en compte pour l'établissement des tables de sollicitations de calcul présentées ici dans le cas de travées égales sous charges réparties.

Les moments en travées résultent alors des équations de l'équilibre appliquées à chaque travée pour les cas de charge considérés.

2.335 Justifications relatives à la flexion sous moments positifs

La justification est apportée à l'Etat Limite Ultime.

Elle consiste à vérifier l'inégalité suivante :

$$M_{u,S} \leq M_{u,R}$$

avec

$M_{u,S}$: Moment sollicitant évalué sous l'effet de toutes les charges appliquées.

Moments positifs sollicitants (à l'ELU) en travées égales soumises à des charges uniformément réparties

$$M_{u,S} = \frac{\ell^2}{8} \cdot [K_1 \cdot 1,35(g + g_1) + K_2 \cdot 1,50q]$$

Schéma statique	K_1	K_2
	1	1
	0,62	0,80
	0,69 0,25	0,84 0,63
	0,67 0,40	0,83 0,70

avec également

$M_{u,R}$ = moment résistant de la section lorsque la tôle est entièrement plastifiée

$$M_{u,R} = N_p \cdot (d_p - 0,5 \cdot x)$$

où

N_p = $A_p \cdot f_e / \gamma_p$ en l'absence d'armatures longitudinales

Dans le cas de mise en oeuvre de barres d'armatures convenablement enrobées et ancrées, N_p est l'effort de plastification de l'ensemble des aciers sollicités en traction.

d_p est la hauteur utile du plancher

x est la hauteur du bloc de contrainte de compression du béton non supérieure à 0,8 fois l'épaisseur de béton au dessus du profilé (à défaut N_p est réduit à l'effort de plastification d'une épaisseur de béton égale à 0,8hc).

$$x = N_p / b \cdot \sigma_c$$

où

b est la largeur de la section transversale considérée

$$\sigma_c = 0,85 \cdot f_{c28} / \gamma_c$$

2.336 Justifications relatives à la flexion sous moments négatifs

La justification est apportée à l'Etat Limite Ultime.

Elle consiste à vérifier l'inégalité suivante :

$$M_{u,S} \leq M_{u,R}$$

avec

$M_{u,S}$ Moment sollicitant sur appuis évalué sous l'effet de toutes les charges appliquées.

Moments négatifs sollicitants (ELU) pour des travées égales soumises à des charges uniformément réparties

$$M_{u,S} = \frac{\ell^2}{8} \cdot [K'_1 \cdot 1,35(g + g_1) + K'_2 \cdot 1,50q]$$

Schéma statique	K' ₁	K' ₂
	0,85	0,85
	0,68	0,79
	0,73	0,83
	0,48	0,72

avec également

M_{uR} : moment ultime résistant de la section sans prise en compte de la résistance éventuelle en compression de la tôle

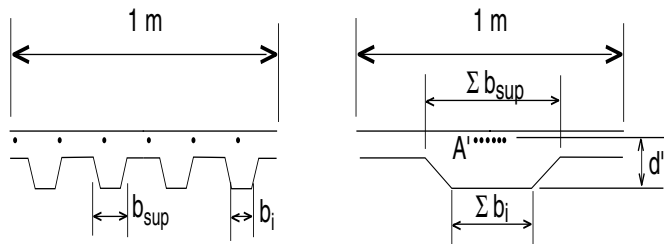
$$M_{uR} = A'_s \cdot f_{es} / \gamma_s \cdot z'_u$$

où

A'_s : est l'aire des armatures en chapeaux

f_{es} : est la limite élastique des aciers en chapeaux

z'_u : est le bras de levier à l'ELU



Les Avis Techniques du procédé fournissent une valeur b' (à défaut de calcul plus précis tenant compte de la géométrie des nervures et de la hauteur de l'axe neutre) pour la largeur constante de béton comprimé intervenant pour équilibrer les efforts de traction développés par les chapeaux présents par mètre de plancher.

La détermination M_{uR} doit être menée conformément à l'ensemble des prescriptions de l'article A.4.3 des Règles BAEL 91. Les Avis Techniques des procédés indiquent aussi la possibilité de prendre le coefficient 0,85 en lieu de 0,8 dans l'application du deuxième alinéa de l'art. A.4.3.42.

2.34 Conditions de déformation

Le "fléchissement actif" des planchers pouvant nuire aux cloisons maçonnées ou aux revêtements de sol fragiles qu'ils ont à supporter comporte : les déformations différées sous poids mort, la moitié des déformations dues au retrait gêné du béton (effet de bilame), les déformations totales dues aux charges permanentes hormis le poids propre et les déformations instantanées dues aux charges variables.

Ce fléchissement ne doit pas dépasser $1/500$ de la portée si cette dernière est inférieure ou égale à 5,00 m et $0,5 \text{ cm} + \ell/1000$ dans le cas où la portée est supérieure à 5,0 m.

Dans le cas des dalles qui ne supportent pas de cloisons maçonnées ni de revêtements de sol fragiles, on limite leur flèche, constituée conventionnellement par les déformations citées ci-dessus, à $\ell/350$ pour les portées jusqu'à 3,50 m et à $0,5 \text{ cm} + \ell/700$ pour les portées plus grandes.

Pour tenir compte de la fissuration du béton tendu, le calcul peut être mené conformément à la méthode indiquée à l'article B.6.5.2 des Règles BAEL. Dans le calcul, on peut prendre pour modules de déformation longitudinale du béton :

- 100 000 daN/cm² pour le module sous charge de longue durée
- 300 000 daN/cm² pour le module sous charges instantanées.

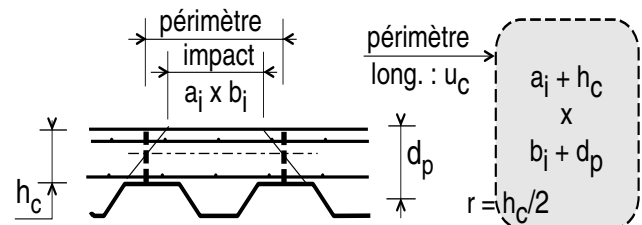
Dans le cas de planchers destinés à des locaux destinés à être habituellement occupés et pour des raisons de confort des utilisateurs, il y a lieu de limiter l'élancement des planchers à $\ell/h \leq 33$ pour les travées isostatiques et à $\ell/h \leq 36$ pour les travées continues (h étant l'épaisseur totale du plancher).

2.35 Résistance au poinçonnement

Il convient de s'assurer que la charge concentrée ne provoque pas le poinçonnement du plancher.

On détermine l'impact de la charge à la surface du plancher après diffusion dans la chape éventuelle.

On définit un périmètre critique pour la résistance au poinçonnement selon la figure suivante :



$$Q_u \leq u_c \cdot h_c \cdot \tau_{\text{poin}}$$

avec

$\tau_{\text{poin}} = 0,045 \cdot f_{c28} / \gamma_b$ avant de tenir compte des armatures de répartition

$\tau_{\text{poin}} = (0,045 + 1,3 \cdot \rho_m) f_{c28} / \gamma_b$ avec armatures de répartition

où

ρ_m : est la moyenne géométrique $\sqrt{\rho_x \rho_y}$ limitée à 0,015, des pourcentages d'aciers présents dans chaque direction (la section de tôle n'intervient que dans le sens porteur des nervures).

2.36 Charges concentrées ou linéaires

L'Avis est formulé pour des intensités de ces charges ne dépassant pas les limites suivantes :

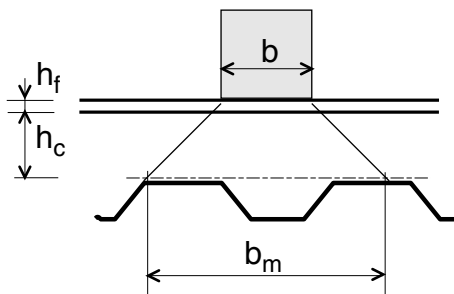
- charges ponctuelles statiques $\leq 2,0 \text{ t}$.
- charges linéaires statiques $\leq 1,0 \text{ t/m}$

ces limitations s'exerçant en l'absence d'une vérification complète de la répartition de ces charges (méthode Guyon - Massonnet) ;

- charges ponctuelles dynamiques $\leq 1,5 \text{ t}$, et espacées d'au moins 1,20 m les unes des autres.

2.361 Largeur d'application des charges concentrées

Les charges concentrées peuvent être considérées comme appliquées sur une aire plus grande que leur impact réel en surface du plancher. On considère une largeur d'application effective "bm" obtenue par diffusion à 45° du contour de l'impact sur le plan correspondant au niveau de dessus des nervures de la tôle profilée.



$b_m = b_p + 2 (h_c + h_f)$ pour une chape béton ou autre matériau analogue
 $b_m = b_p + 2 (h_c + 0,75 \cdot h_f)$ pour un revêtement moins résistant.

2.362 Largeur participante de plancher

La largeur de bande de plancher efficace pour supporter une charge concentrée ne peut dépasser la valeur "b_{em}" ci-dessous.

- pour les vérifications du cisaillement de glissement et des moments de flexion
 - pour les travées à appuis simples et les travées de rives de planchers continus :

$$b_{em} = b_m + 2 \cdot \ell_p \cdot [1 - (\ell_p/\ell)]$$

- - pour les travées intermédiaires des planchers continus :

$$b_{em} = b_m + 1,33 \cdot \ell_p \cdot [1 - (\ell_p/\ell)]$$

- pour les vérifications de cisaillement du béton

$$b_{em} = b_m + \ell_p \cdot [1 - (\ell_p/\ell)]$$

avec :

ℓ = portée entre appuis (en cm)

ℓ_p = distance de la charge concentrée à l'appui le plus proche (en cm)

Dans le cas des charges concentrées linéaires parallèles aux nervures, on considère ces dernières comme une succession de charges ponctuelles et on détermine la largeur efficace par la même méthode.

La prise en compte d'une largeur b_{em} en lieu et place de la largeur b_m pour la justification du plancher est liée à la mise en oeuvre d'une armature transversale destinée à répartir les charges concentrées, et placée au-dessus de la tôle avec l'enrobage juste nécessaire.

La longueur de ces armatures doit être au moins égale à b_{em}, dans le cas où elles comportent des crosses et à b_{em} plus la longueur d'ancrage à chaque extrémité dans le cas contraire.

Il est précisé que pour des planchers dont l'épaisseur h_c est supérieure à 4 cm, cette armature est indépendante du treillis anti-fissuration situé près de la face supérieure du plancher.

2.363 Armatures de répartition

A défaut d'un calcul précis (du type Guyon-Massonnet, par exemple), la section de l'armature de répartition transversale peut être déterminée comme pour une semelle de fondation de largeur b_{em}, en la réduisant ensuite forfaitairement d'un tiers.

on utilise l'expression suivante :

$$N_a = Q \cdot \frac{b_{em} - b}{8 \cdot (h_c - 1)} \cdot 0,66$$

avec

b_{em}, b et h_c exprimés en centimètres pour un enrobage de 1 cm ;

N_a = l'effort de traction (daN) dans la totalité des armatures de répartition ;

Q = la charge concentrée (daN) à laquelle correspond les armatures de répartition.

Dans le cas de charge ponctuelle, les armatures transversales sont disposées symétriquement par rapport à la charge sur une longueur de plancher égale à 3/4 b_{em}.

Dans le cas des charges concentrées linéaires Q représente la charge concentrée par unité de longueur et N_a l'effort total de traction dans les armatures disposées sur une longueur de plancher égale à l'unité.

Pour l'application des prescriptions précédentes de conception et de calcul, les Avis Techniques des procédés présentent en annexe les caractéristiques utiles pour mener ces vérifications.

Pour les critères de contraintes admissibles. Il en résulte que les Avis Techniques propres à chaque procédé doivent être révisés sur la base de cette nouvelle doctrine de vérification.

3. Remarques

Le présent Avis Technique a pour objet de donner des prescriptions de dimensionnement des planchers en béton coulé sur des profils métalliques larges collaborants, prescriptions communes à tous les planchers de cette famille. Elles ont été établies selon la méthode dite états limites. Seule, la vérification de la collaboration tôle/béton (la méthode « m » et « k ») a été remise à jour afin de mieux tenir compte lors des essais de la dispersion des mesures des premiers glissements entre la tôle et le béton.

Ces prescriptions constituent les règles techniques françaises pour ces parties d'ouvrage et elles sont le pendant des chapitres de l'Eurocode n° 4 traitant du même sujet.

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Classe du système

Plancher en béton coulé sur des tôles métalliques nervurées, d'épaisseur totale : de 11 à 30 cm.

2. Identification des bacs

Les bacs sont identifiés par une étiquette sur chaque colisage de bacs, portant la dénomination COFRASTRA 70 et le nom de ARCELOR Construction.

3. Définition des matériaux

3.1 Tôle

Tôle en acier de nuance 350 GD selon la norme NF EN 10326, galvanisé en continu suivant le procédé SENDZIMIR avec un revêtement de zinc de 275 g/m² pour l'ensemble des deux faces, selon la classification Z275 de la norme P 34-310. Dans le cas de mise de zinc différenciée on prévoit 137,5 g/m² pour la sous-face et 50 à 70 g/m² pour la face bétonnée.

3.2 Aciers complémentaires

Treillis soudé et aciers ronds à haute adhérence.

3.3 Béton

Béton courant de classe C25/30 au sens de la norme NF EN 206.

Un béton différent, de caractéristiques mécaniques au moins équivalentes, peut être spécifié par le bureau d'études.

4. Description des éléments

Les bacs COFRASTRA 70 sont des tôles galvanisées profilées en continu sur machine à galets dans les usines de ARCELOR CONSTRUCTION à STRASBOURG. Ils présentent des nervures en forme d'oméga.

La largeur utile des bacs est de 732 mm.

Le bac se présente en deux variantes, différant seulement par la forme des nervures :

- Variante 1 : la profondeur du bossage des âmes est de 2 mm au pas de 10 mm, le bossage est droit
- Variante 2 : la profondeur du bossage des âmes est de 1.7 mm au pas de 25 mm, le bossage est incliné et il est complété par un bossage en haut des ondes sous forme de boutons.

Les rives latérales présentent des plis complémentaires permettant l'accrochage par emboîtement des bacs lors de la pose.

Les parties entre nervures sont munies d'un pli de raidissement.

En cas des profils prépercés, les trous oblongs 50 x 60 mm, sont situés en axe des fonds de nervures (dimension 60 mm dans le sens des nervures).

Hauteur des nervures	Nbre de nervures par bac	Entr'axe des nervures (mm)	EPAISSEUR TOLE (mm)		Poids (daN/m ²)
			galvanisée	nue	
73	4	183	0,75	0,71	10,05
			0,88	0,84	11,79
			1,00	0,96	13,40

5. Description de la mise en oeuvre

Le plancher COFRASTRA 70 peut être posé sur ossature métallique, ossature en béton armé ou autre.

5.1 Pose sur ossature métallique

Les éléments sont posés et fixés sur les poutres porteuses de la structure par des clous en acier mis en place à l'aide de pistolets et de cartouches adéquates, ou par des vis autotaraudeuses ou par des boulons.

En cas de continuité les tôles sont fixées seulement sur les appuis de rive. Par mesure de sécurité, elles doivent être fixées au fur et à mesure de la pose, à raison de deux points de fixation au minimum par bac sur chaque appui d'extrémité. Ce nombre doit être augmenté si les sollicitations l'exigent.

5.2 Pose sur ossature en béton

Il est nécessaire d'assurer aux extrémités, pour la bonne tenue des bacs pendant le coulage du béton, une largeur minimale d'appui de 5 cm au minimum.

Comme dans le cas des ossatures métalliques, les tôles sont fixées sur les appuis au fur et à mesure de la pose, soit par soudures sur des platines métalliques scellées dans les poutres d'appui en béton, soit par des fixations provisoires assurées à l'aide des accessoires COFRAFIX. Elles consistent à placer dans les deux nervures de rives, aux extrémités de chaque bac, une fixation COFRAFIX spéciale clouée sur des bastaings.

5.3 Etalement

L'étalement, lorsqu'il est imposé par les conditions d'exécution de l'ouvrage, est réalisé avec les étais traditionnels pour dalles en béton armé. Toutefois, il faut s'assurer, dans le cas d'étais métalliques, du non-poinçonnement de la tôle, en utilisant des protections (planches ou poutres de bois, etc...). Les étais doivent rester en place le temps nécessaire à l'atteinte de la résistance requise du béton. Des contre-flèches artificielles ne sont pas recommandées.

5.4 Coffrage des rives

Dans le cas d'ossature métallique, on place des cornières en tôle d'acier galvanisé glissées sous les bacs en rives longitudinales et transversales de plancher et clouées en même temps que les tôles. Dans le cas d'ossature en béton, les rives sont coffrées soit par les cornières précédentes, soit par des coffrages classiques en bois.

5.5 Armatures complémentaires

Il est nécessaire de prévoir dans les dalles un faible treillis soudé qui sert à reprendre des efforts éventuels dus au séchage du béton et par ce fait régularise et limite la fissuration.

Des armatures en chapeau sont nécessaires, comme dans toute dalle de béton armé traditionnel, sur appuis intermédiaires pour la reprise des moments négatifs, lorsque la continuité est prise en compte et/ou lorsqu'un revêtement de sol fragile est prévu.

Des armatures supplémentaires peuvent être prévues également, en lit inférieur, pour améliorer le comportement du plancher en cas d'incendie.

5.6 Garnissage aux joints entre bacs et rives

On obture les nervures en extrémité des bacs par des bouchons de mousse cellulaire souple pour éviter les coulures du béton de chapeau.

La mise en place de ces bouchons peut être fait préalablement à la pose.

Lorsque les tôles sont posées bout-à-bout sur leurs supports, l'obturation des nervures par des bouchons peut être remplacée par l'utilisation d'une bande adhésive couvre-joint.

5.7 Bétonnage

Le coulage du béton se fait par des méthodes traditionnelles (pompe ou benne à béton).

Dans la mesure du possible, le déchargement du béton par benne doit s'effectuer sur les éléments porteurs de la structure.

Le béton doit être vibré modérément, car les éléments métalliques transmettent mieux les vibrations que les éléments de coffrage traditionnels. De ce fait, des vibrations exagérées conduiraient à une ségrégation trop importante du béton.

6. Caractéristiques des planchers finis

6.1 Poids propre

Le poids spécifique du béton mis en oeuvre est considéré égal à 2 400 daN/m³. Dans le calcul du poids propre de la dalle, il faut tenir compte :

- du volume du béton à déduire dû à la présence des nervures : cette valeur est équivalente à 2,6 cm de hauteur de béton réparti uniformément,
- de la flèche f_g du bac au moment du coulage du béton,
- du poids du béton du bac acier.

Le poids du béton de la dalle se calcule selon la formule suivante :

$$g = [(h - 2,6) + 0,7f_g] \cdot 2400/100$$

g : poids du béton du plancher en daN/m².

h : l'épaisseur totale du plancher en cm.

f_g : flèche à mi-portée, en cm, sous l'effet du poids du béton, calculée conformément aux indications du § 2,32 a) de l'annexe 3, et en prenant une épaisseur de béton égale à $h-2,6$ cm.

6.2 Réalisation des sols

La forme en béton permet de poser tous les types de revêtement de sol.

6.3 Réalisation des trémies

La réservation des trémies, quand elle est préparée avant coulage du béton, peut être réalisée par bloc de mousse ou tout autre système adéquat. Dans ce cas, la tôle ne doit être découpée qu'après durcissement du béton.

6.4 Réalisation des plafonds

Tous les types de faux-plafonds du commerce peuvent être associés aux dalles mixtes COFRASTRA 70.

On peut ainsi réaliser, selon les exigences, des faux-plafonds esthétiques, acoustiques et éventuellement coupe-feu (si cette fonction n'est pas remplie par la dalle elle-même au moyen d'armatures de résistance au feu).

Les tiges de suspension sont reliées directement à des attaches spéciales en tôle galvanisée fournies par ARCELOR CONSTRUCTION Est (clips COFRAFIX 70). Ses attaches permettent l'accrochage instantané dans les nervures des bacs COFRASTRA par simple pénétration de l'attache à l'intérieur des nervures et rotation de 90°.

Avant coulage du béton, tout système de fixation des suspentes traversant la tôle en fond d'onde, est possible. Après coulage du béton, on utilise des chevilles de diamètre 6 mm au maximum, espacées d'au plus 300 mm.

6.5 Plancher chauffant

Le plancher COFRASTRA 70 admet les systèmes de chauffage à basse température, incorporés dans la dalle, sous réserve que le pourcentage des gaines, raccords inclus, reste faible. Cette solution doit rester conforme aux dispositions constructives décrites dans le DTU 65.8.

6.6 Utilisation du plancher COFRASTRA 70 en ossature mixte

Dans le cas où la dalle collaborante COFRASTRA 70 est considérée comme participante à la résistance de poutre mixte la liaison mécanique dalle-poutre est assurée par des connecteurs appropriés :

Connecteurs type HILTI ou goujons soudés à la poutre d'appui.

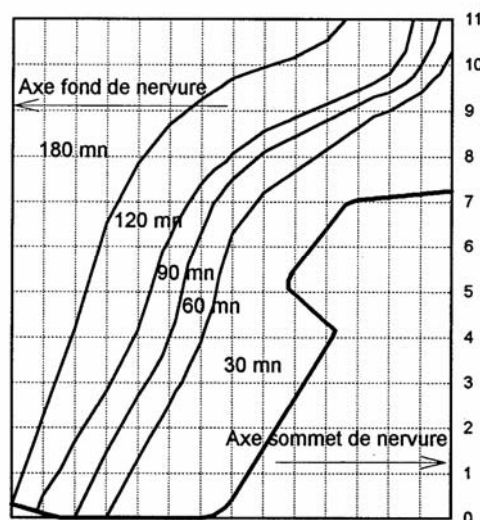
Les goujons peuvent être soudés à travers la tôle sur le chantier ou bien dans l'atelier.

Dans le dernier cas, il convient d'utiliser le coffrage COFRASTRA 70 prépercé et de disposer les goujons en conformité avec l'espacement des trous de perçage (à savoir dans les fonds de nervures).

7. Caractéristiques des planchers pour les calculs de résistance au feu.

7.1 Plancher après exposition au feu

N° tranche (ép. 1 cm)	Aire brute S_b	Aire nette: $\Phi_b S_b$				
	(cm ² /tranche)	(cm ² /tranche)				
	CF 30	CF 60	CF 90	CF 120	CF 180	
11	100	100	97,5	91,7	73,3	
10	100	98,5	90,9	84,3	47,1	
9	100	71,4	64,6	58,8	35,7	
8	92	57,8	51	45,5	25,8	
7	71	49,8	42,9	37,3	21,2	
6	63	46,7	39,9	32,8	17,9	
5	70	47,5	38,1	30,9	14,7	
4	70	44,1	33,9	26	11,5	
3	65	37	26,9	19,2	8,3	
2	57	30,2	20,5	13,2	5,1	
1	51	24	14,9	8,1	1,8	



7.2 Température des armatures

La température T des armatures est déterminée en fonction de l'enrobage u réel à partir de la formule :

$$T = T_o (1 - u/u_o)$$

où les paramètres T_o et u_o sont donnés dans le tableau ci-dessous, qui indique également les enrobages courants minimaux u_{min} :

Degré CF	CF 60	CF 90	CF 120	CF 180
u_{min} (mm)	25	45	45	75
u_o (mm)	117	123	128	156,5
T_o (°C)	540	715	845	965

B. Résultats expérimentaux

Résultats d'essais ayant permis de porter les appréciations de 2.2

1 Essais mécaniques

Variante 1 :

Essais de flexion sur bacs COFRASTRA 70 seuls et sur six dalles collaborantes coulées sur ces bacs, ayant des épaisseurs totales de 12, 18 et 30 cm réalisés par l'Institut de Recherche Appliquée et de Technologie de l'Université de Strasbourg.

(P.V. du 16 novembre 1979).

Essais de comportement des bacs sous charges de chantier réalisés en mars 1986 aux LAMINOIRES DE STRASBOURG sous contrôle SOCOTEC (P.V. N°PK003 du 02 mai 1986).

Des essais de comportement des bacs prépercés sous charges de chantier ont été réalisés à la station d'essais ARCELOR Construction à l'usine de Montataire en octobre 2002, sous contrôle du Bureau VERITAS et en présence d'un représentant du CSTB et on donné lieu au Procès-Verbal VERITAS n° 110 38 56/1B.

Variante 2 :

Essais de comportement des coffrages COFRASTRA 70 pré-percés et non pré-percés sous charges de chantier ont été réalisés à la station d'essais ARCELOR Construction France à l'Usine d'Haironville en janvier 2006, sous contrôle du Bureau APAVE et en présence d'un représentant du CSTB et ont donné lieu aux Rapports APAVE n° 06/06/02442 G (essais avec les coffrages pré-percés) et n° 05/06/02442 G (essais avec les coffrages non pré-percés).

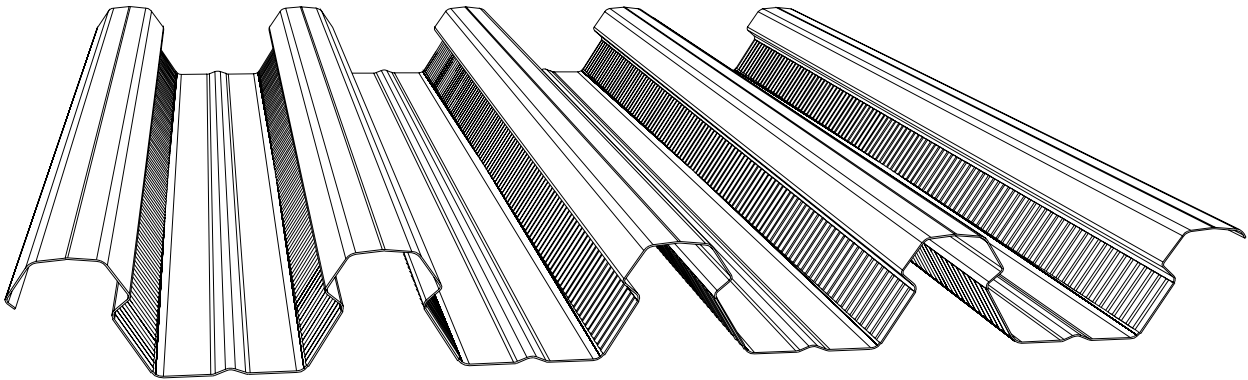
Essais internes sur 4 dallettes collaborantes (essais réalisés du 16 au 23 avril 2002).

C. Référence et emploi

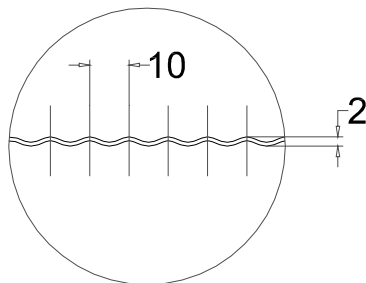
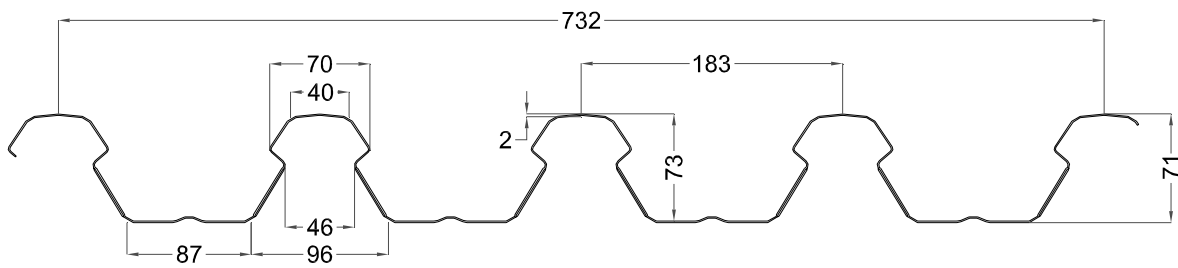
A ce jour, environ 500.000 m² de planchers ont été réalisés avec ce procédé.

Coffrage COFRASTRA 70

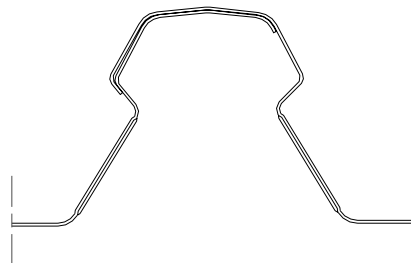
Variante1
Vue générale



Coupe transversale

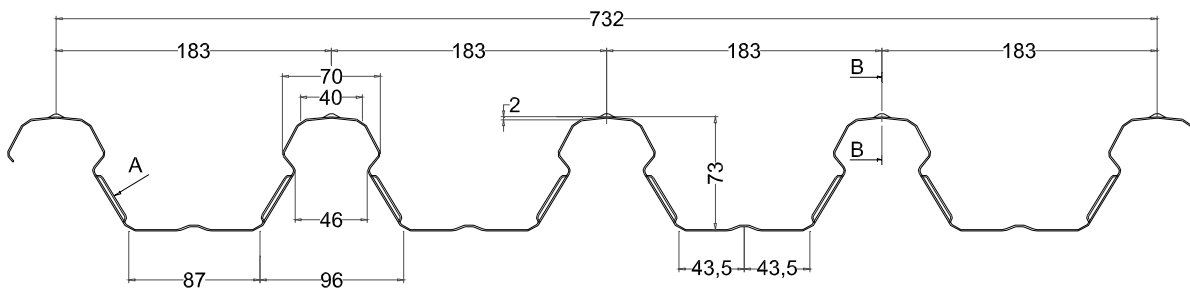
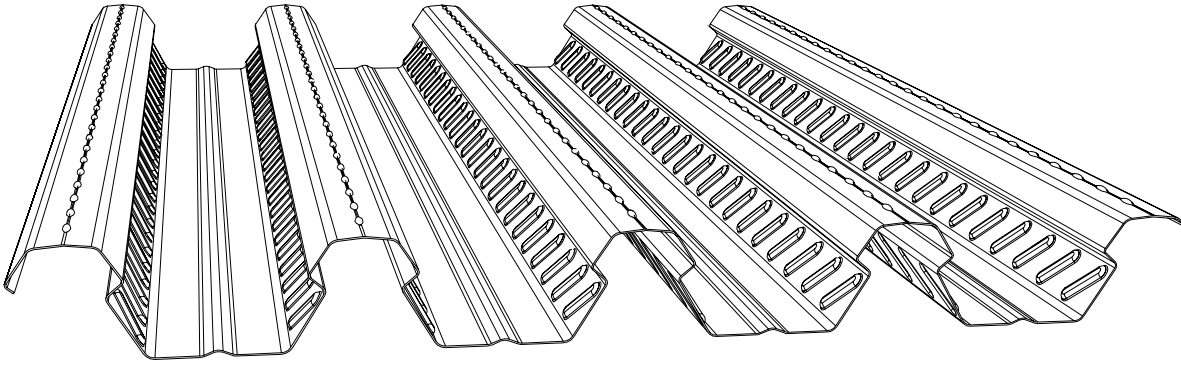


Coupe B-B: crantage des flancs de nervures



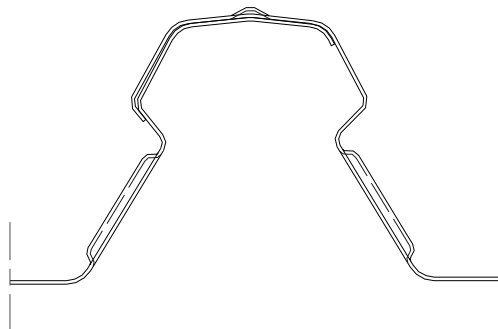
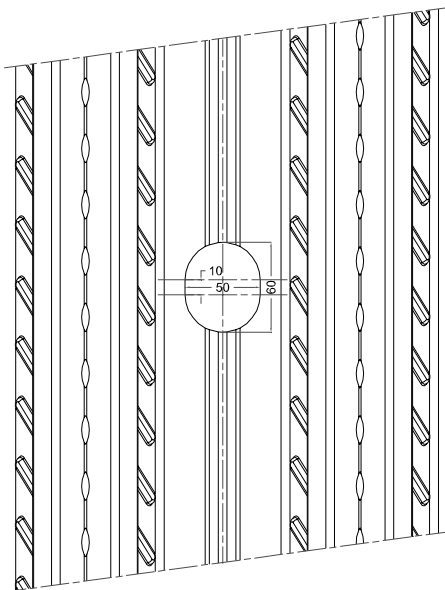
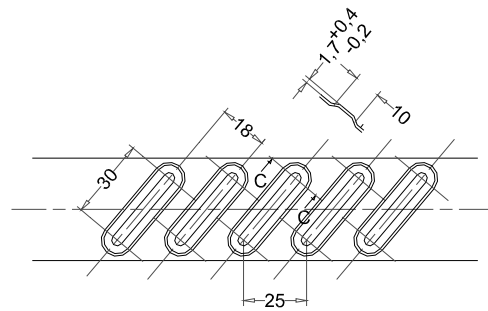
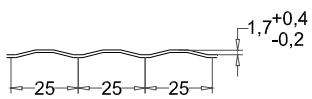
Emboîtement

Variante 2



Coupe B-B : Crantage en sommet d'onde

Vue A : Crantage des flans de nervures



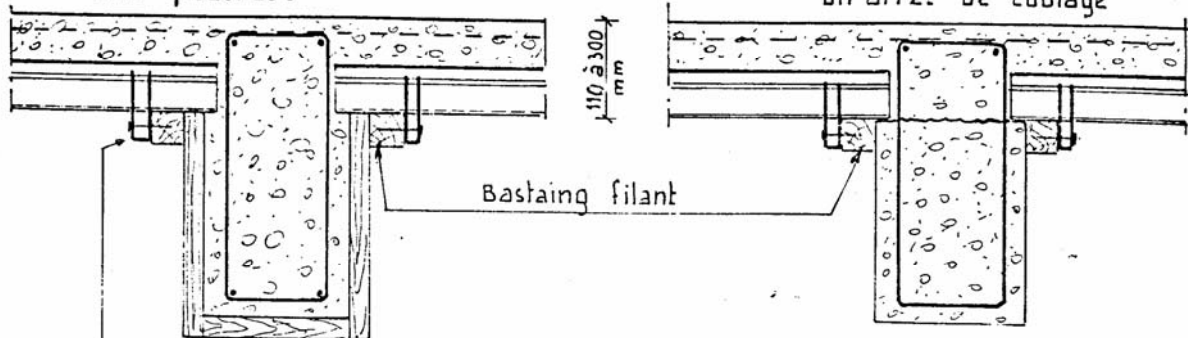
A.T. N°

MISE EN ŒUVRE DES BACS "COFRASTRA 70"

SUR STRUCTURE EN BETON

- Dalle coulée en même temps que les poutres.

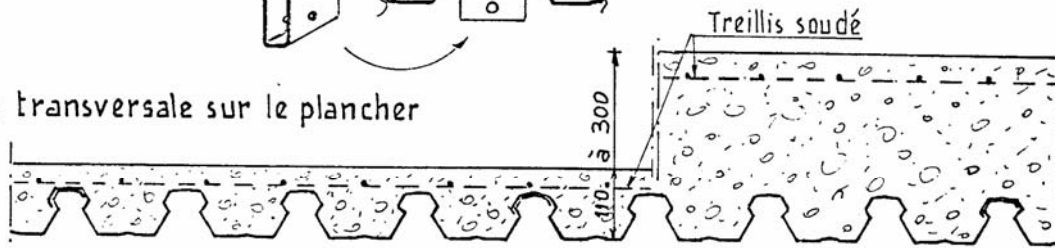
- Dalle coulée sur poutre présentant un arrêt de coulage



clip spécial COFRAFIX 70 cloué sur un bastaing. 2 à chaque extrémité de bac. (mis en place par introduction dans la nervure et rotation de 90°)



- Coupe transversale sur le plancher

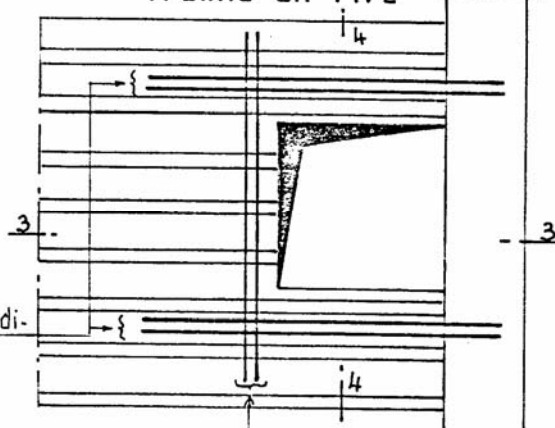
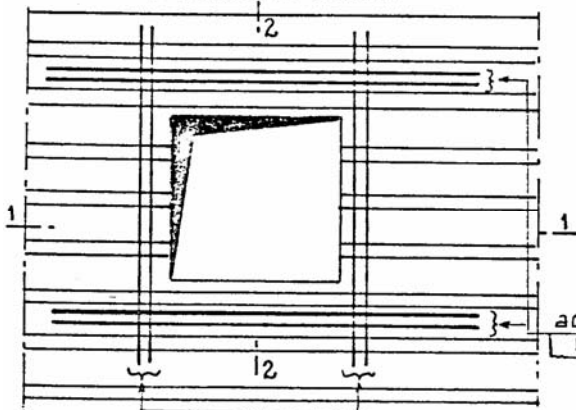


CHEVETRES.

vue de dessus avant coulage du béton.

Trémie au milieu

Trémie en rive

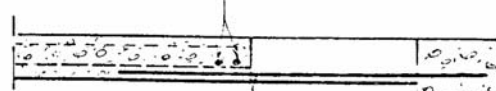
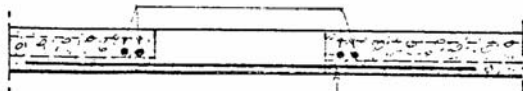


coupe 1.1.

4 ac. transversaux

coupe 3.3

2 ac. transversaux



Dispositif de maintien des armatures de renfort

