

Avis Technique 3/02-383

Révision de l'Avis Technique 3/95-266
et de son modificatif 3/95-266*01 Mod

Plancher
Floor
Fußboden

Plancher FILIGRANE

Titulaire : Société PANTZ
1 rue de la forêt
BP 43
F-02604 Villers Cotterets Cedex

Tél. : 03 23 96 00 41
Fax : 03 23 96 59 80
Mail : contact@pantz.fr

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 17 septembre 2003

Pour le CSTB : J.-D. Merlet, Directeur Technique



Secrétariat de la commission des Avis Techniques CSTB, 4, avenue du Recteur-Poincaré, 75782 Paris Cedex 16
Tél. : 01 40 50 28 28 - Fax : 01 45 25 61 51 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe Spécialisé N° 3 " Structures, planchers et autres composants structuraux » a examiné le 15 novembre 2002 le procédé de PLANCHER FILIGRANE, exploité par la société PANTZ. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après qui révisé l'Avis Technique 3/95-266 et son modificatif 3/95-266*01 Mod.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Procédé de plancher nervuré en béton armé à poutrelles préfabriquées en treillis métallique soudé à base pré enrobée, avec entrevous en béton, en terre cuite ou en polystyrène expansé avec table de compression coulée en oeuvre incorporée.

La hauteur du treillis métallique peut varier de 10 à 20 cm, selon le type de poutrelle.

Plancher dalle pleine en béton armé coulé sur prédalles préfabriquées raidies par des treillis métalliques.

L'entraxe des montages à poutrelles simples varie de 50 à 75 cm.

Les entrevous utilisés, en béton ou en terre cuite, sont du type « coffrage résistants », éventuellement « porteurs simples » ou « porteur à table de compression incorporée » (TCI). Il existe également des entrevous de « coffrage simple » à base de matière plastique alvéolaire dont la forme latérale permet d'assurer un bon enrobage des armatures en attente.

- Revêtements de sol : tous les revêtements de sol, sur chape de surfacage dans le cas des montages de plancher à poutrelles avec entrevous porteurs.
- Plafonds : enduit plâtre traditionnel sous les planchers à poutrelles, peinture en sous-face des prédalles après ragréage des joints.

1.2 Identification

Les armatures livrées aux concessionnaires, sont munies d'une étiquette portant la marque commerciale FILIGRANE, la hauteur de l'armature, les qualités des aciers et les diamètres. Les poutrelles et les prédalles livrées sur chantier sont identifiées par rapport aux plans de pose, de diverses manières selon les usages locaux.

2. Avis

Cet Avis ne vaut que si :

- la conception et la mise en oeuvre du procédé sont conformes à la description aux éventuelles corrections près résultant du Cahier des Prescriptions Techniques particulières ;
- les conditions de fabrication d'exécution, de calcul et d'emploi répondent aux titres I et II du Cahier des Prescriptions Techniques communes aux procédés de planchers, dit CPT « PLANCHERS », complété par le Cahier des Prescriptions Techniques particulières joint et conduisant aux « Valeurs d'utilisation » données ci-après ;
- les treillis métalliques entrant dans la constitution des poutrelles ou formant raidisseurs des prédalles font l'objet d'une Certification CSTBat délivré par le CSTB.

Pour l'utilisation, dans les tables coulées en oeuvre, des bétons appelés « auto plaçant » les modules d'élasticité, calculés comme pour les bétons traditionnels, sont forfaitairement minorés de 15%. Cette prescription n'est valable que dans le cas d'une proportion d'agrégats inférieure à 66%. Au-delà, il y a lieu de se conformer aux prescriptions des additifs aux règles BAEL et BPEL (additifs datant de 1999).

En outre, les montages de planchers dont les entrevous en béton sont des entrevous porteurs à table de compression incorporée ne sont couverts par cet Avis que si ces entrevous font l'objet de Certificats de qualification AFNOR, marque NF - entrevous en béton, en conformité avec la norme NF P 14-305.

Cet Avis ne vaut que pour les fabrications certifiées CSTBat d'entrevous à base de matière plastique alvéolaire, dans le cas des montages à entrevous de ce type.

2.1 Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les utilisations en France européenne (métropole + Corse), les départements et territoires d'Outre Mer.

Le domaine d'emploi est celui défini au paragraphe 4 des Généralités du titre I et au paragraphe 3 des Généralités du titre II du CPT « PLANCHERS » : planchers soumis à des charges à caractère principalement statique, abrités des intempéries et non exposés à des at-

mosphères agressives, situés en toutes zones géographiques, sismiques ou non.

Les utilisations en planchers soumis à des sollicitations dynamiques importantes, comme ce peut être le cas en locaux industriels, ne sont pas visées par le présent Avis.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Aptitude à l'emploi

Stabilité

Elle est normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté, sous réserve du respect des dispositions constructives prescrites au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (§ 2,32 ci-après).

Les prescriptions des articles I.A.112 du titre I du CPT « PLANCHERS » et II.A.109,2 du titre II de ce même CPT, articles relatifs aux dispositions parasismiques s'appliquent aussi en zone III de sismicité dans laquelle se trouvent certains DOM. L'attention est attirée sur le fait que ces articles du CPT ouvrent également la possibilité d'utiliser les « Règles PS-MI 89, révisées 92 » : cette possibilité n'existe pas pour les départements français situés en zone III de sismicité (Guadeloupe et Martinique) car l'application de ces règles est limitée à la zone II de sismicité.

Sécurité au feu :

Le procédé permet de respecter la réglementation applicable au domaine d'emploi accepté. Aucun montage défini dans la description ne présente de risques spéciaux. Les emplois sont conditionnés par les degrés coupe-feu requis.

Estimation de degrés coupe-feu minimaux des montages

- pour les planchers à poutrelles avec entrevous résistants :

½ heure sans enduit plâtre,

1 h 30 avec enduit plâtre d'au moins 13 mm d'épaisseur

par enduit plâtre et selon renforcement des armatures suivant les règles FB (DTU P 92-701) et l'article I.A.113 du CPT Planchers.

- pour les planchers à poutrelles avec entrevous en polystyrène expansé

Les planchers avec plafond de type enduit plâtre d'au minimum 20 mm d'épaisseur, projeté sur un lattis métallique accroché à des suspentes métalliques galvanisées accrochées aux poutrelles ou ancrées dans le béton de nervure ou de dalle de répartition, satisfont a priori aux exigences réglementaires dans le domaine d'emploi accepté, tant vis-à-vis de la résistance au feu que des prescriptions du guide d'emploi des isolants.

Les entrevous en polystyrène expansé apparents ne sont admis par le guide d'emploi des isolants que sur vides sanitaires séparés des sous-sols éventuels par un mur ou un muret en maçonneries sans ouverture.

Les entrevous en polystyrène expansé ignifugé, classés M1, c'est-à-dire ceux faisant l'objet d'une certification NF - Réaction au feu (décision du CECMI du 20 juin 1984), peuvent rester apparents en plafond de sous sol de maisons individuelles de la 1^{ère} famille.

- Pour les planchers à prédalles, le document DTU « Feu-Béton » d'avril 1980 permet d'estimer le degré coupe-feu en fonction de l'épaisseur d'enrobage des armatures.

Il est rappelé que les armatures ancrées sur appuis doivent pouvoir équilibrer un effort au moins égal au 1/6 de celui disponible en travée sur les armatures tendues.

Prévention des accidents lors de la mise en oeuvre

Elle peut être normalement assurée dans la mesure où les entrevous présentent la résistance suffisante à l'essai de poinçonnement-flexion (cf. CPT « PLANCHERS » titre I section C) si les portées sans étais et les distances entre étais à la pose des poutrelles et des prédalles ne dépassent pas celles indiquées au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (§ 2,3 ci-après) et si les conditions de manutentions, transport et stockage définies aux articles I.D.101 - 102 - 104 - 105 - 301 à 304 du CPT « PLANCHERS » pour les poutrelles et aux articles II.D.101 à 104 et 201 du même CPT pour les prédalles, sont respectées.

Pour les montages avec entrevous en polystyrène expansé cette prévention est normalement assurée si les intervenants du chantier ne

sollicitent pas les entrevous, ce qui implique pour l'entreprise la mise en œuvre de dispositifs garantissant l'absence de sollicitations mécaniques des entrevous du fait du poids des intervenants de chantier (chemins de planches portant sur les poutrelles, par exemple).

Isolation acoustique :

Les planchers à poutrelles et entrevous alvéolés procurent une isolation acoustique aux bruits aériens légèrement inférieure à celle des dalles pleines de même masse. Des indications sur leur isolation acoustique aux bruits aériens et aux bruits d'impacts sont données à l'article I.A.114,2 du CPT « PLANCHERS ».

Pour les planchers en dalles pleines réalisées à partir de poutrelles ou de prédalles, la « loi de masse » s'applique.

Pour les montages à entrevous pleins en polystyrène expansé ou à entrevous hétérogènes, comportant un plafond suspendu, l'isolation acoustique est liée au fonctionnement partiellement en double paroi dû à l'élasticité relatives des suspentes. Seuls des essais permettraient de connaître l'indice d'affaiblissement acoustique de ces montages.

L'isolement acoustique entre locaux superposés est déduit de l'indice d'affaiblissement acoustique dans les conditions usuelles en tenant compte des transmissions indirectes.

Isolation thermique :

Selon les montages de planchers à prédalles ou à poutrelles avec entrevous résistants la résistance thermique reste comprise entre les limites suivantes :

$$0,08 < R < 0,50 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

Concernant les montages de planchers à entrevous en polystyrène expansé, ces derniers présentent, par leur conception une isolation thermique renforcée pouvant permettre de satisfaire dans certains cas les exigences réglementaires, avec les dispositions constructives classiques des parois de construction.

Les résistances thermiques utiles des montages de chantier à prendre en compte dans les calculs du coefficient $U_{\text{bât}}$ (coefficient moyen de déperdition par transmission à travers les parois et les baies du bâtiment) sont déterminées en prenant en compte les entrevous pleins ou alvéolés en polystyrène expansé : la valeur est prise égale à la valeur certifiée figurant dans les certificats CSTBat de ces entrevous.

Flexibilité :

Les déformations prises par ces planchers peuvent être limitées en fonction des dimensionnements adoptés. Les fléchissements peuvent être calculés selon les indications données à l'article I.A.307 du CPT « PLANCHERS » pour les poutrelles et à l'article II.A.203 du même CPT, pour les prédalles.

Étanchéité entre locaux superposés :

Ces planchers présentent une étanchéité convenable à l'eau à et à l'air.

Finitions :

Possibilité d'appliquer tous les types de revêtements de sol, après rattrapage de la surface par une chape dans le cas des montages comportant des entrevous porteurs.

La finition des plafonds par enduit plâtre est la solution courante pour les montages de planchers à poutrelles, et par peinture de la sous-face lisse des prédalles pour les planchers dalles pleines à prédalles.

Ce procédé permet aussi de suspendre des plafonds rapportés.

Utilisation en parking et terrasses :

Possibilité de supporter des étanchéités en satisfaisant aux conditions définies dans la norme NF P 10-203-1 (DTU 20.12), même pour les montages sans table de compression coulée en oeuvre (cas des montages à entrevous TCI).

Utilisation en sous toiture :

Possibilité de supporter une couverture (cf. article I.A.110,4 du CPT « PLANCHERS »).

2.22 Durabilité / Entretien

La durabilité des planchers FILIGRANE est équivalente à celle des procédés traditionnels utilisés dans des conditions comparables et ne nécessite normalement pas de travaux particuliers d'entretien.

Concernant les montages à entrevous en terre cuite identiques à ceux dessinés dans la description, l'appréciation précédente n'est valable que si les entrevous sont conformes à la norme NF P 13-302 et si les montages sont utilisés dans les constructions du type I du CPT « PLANCHERS » (§ 5,2 de l'annexe I du chapitre I.C.4), c'est-à-dire des constructions à usage d'habitation ne comportant pas de baies de grande largeur (supérieure à 3 m), à façades porteuses en maçonneries d'éléments ou en béton banché mais, dans ce dernier cas, sans trumeaux de longueur supérieure à la hauteur d'étage. Aucune appré-

ciation n'est portée par le Groupe pour d'autres cas d'utilisation, en l'absence d'une certification de qualité des entrevous.

2.23 Fabrication et contrôle

La fabrication de l'armature métallique en treillis des poutrelles et des raidisseurs de prédalles est effectuée dans l'usine du tenant de système.

La fabrication de l'armature métallique en treillis fait l'objet d'un auto-contrôle surveillé par le CSTB, sanctionné par une Certification CSTBat délivré par le CSTB. Les armatures métalliques bénéficiant d'une certification valide sont identifiables par la présence du logo CSTBat suivi du numéro de marquage apposé sur les étiquettes dont elles sont munies.

La fabrication des poutrelles, par pré enrobage de la partie basse de l'armature après ajout éventuel des armatures de renfort, et celle des prédalles sont effectuées par des concessionnaires français.

La fabrication des entrevous en polystyrène expansé est effectuée en usines fixes par des producteurs indépendants. Ces fabrications doivent faire l'objet d'un certificat délivré par le CSTB. Les entrevous bénéficiant d'un certificat valide sont identifiables par la présence du logo CSTBat suivi du numéro de marquage apposé sur eux.

2.24 Mise en oeuvre

Effectuée par des entreprises du bâtiment autres que le tenant de système et ses concessionnaires, elle ne présente pas de difficultés particulières à condition que soit fourni un plan de pose complet et que les poutrelles ou les prédalles soient bien repérées.

2.3 Cahier des prescriptions techniques particulières

Les planchers FILIGRANE réalisés à partir des poutrelles en béton armé et entrevous ou de prédalles avec raidisseurs, doivent être calculés, mise en œuvre et utilisés conformément aux titres I et II du Cahier des Prescriptions Techniques communes aux procédés de plancher (CPT « PLANCHERS »).

Ils sont soumis en outre aux prescriptions complémentaires suivantes.

2.31 Prescriptions de fabrication

Pour les poutrelles et les raidisseurs de prédalles, ce sont celles données au chapitre I.B.3 du CPT « PLANCHER » étant précisé que les modalités du contrôle des soudures basses du treillis (soudures des diagonales sur les aciers principaux inférieurs) consistent en une traction exercée sur une branche du treillis, dans sa direction, le tronçon de barre principale inférieure étant solidement maintenu.

Le nombre de mesures est de trois par jour de fabrication et par machine (§ 2,21 de l'annexe I du chapitre I.B.3).

Statistiquement, avec une probabilité de 95 %, les résistances de ces soudures doivent être supérieures aux valeurs suivantes, en fonction des diamètres des diagonales, valeurs que le fabricant a déjà montré pouvoir garantir et qui sont fixées par la limite élastique de l'acier constitutif du treillis.

Poutrelles	Ø treillis (mm)	Ø base (mm)	Résistances caractéristiques de soudures (daN)
FILIGRANE « CHEVRON »	Ø4	quelconque	628
	Ø4,5	quelconque	795
	Ø5	quelconque	982
	Ø5,5	quelconque	1188

Les soudures hautes du treillis doivent être contrôlées à raison d'un essai par jour de fabrication et par machine suivant le processus d'essai dit "allemand", consistant à "chasser" la boucle du treillis par une bague glissant autour de l'acier supérieur. Statistiquement, avec une probabilité de 95%, la résistance de ces soudures doit être supérieure à 1050 daN.

Pour les prédalles, les prescriptions de fabrication sont celles données au chapitre II.B.2 du CPT « PLANCHERS ».

Les aciers longitudinaux de renforts doivent être placés entre les aciers de base des poutrelles.

A la fabrication des talons de poutrelles, l'armature métallique doit être calée de façon à assurer un enrobage minimal de 12 mm sous les aciers inférieurs de base et de renfort de la poutrelle.

Pour les utilisations dans les départements et territoires français d'Outre Mer, les enrobages minimaux des armatures des poutrelles et des prédalles doivent tenir compte des conditions hygrométriques

locales et respecter les prescriptions de l'article 7.1 des règles BAEL en vigueur.

La résistance à la traction du béton des prédalles doit être au moins de 2 MPa à la livraison. On admet que cette résistance est obtenue après un délai de dix jours en cas de séchage naturel et de quatre jours en cas d'étuvage total. Ce délai avant livraison doit être respecté sauf si le fabricant est en mesure de justifier la résistance de 2 MPa à plus court terme.

Quand les prédalles et les poutrelles sont préenrobées, en partie basse de l'armature métallique, par des concessionnaires, ces derniers doivent mettre en place des procédures d'autocontrôles sur leur fabrication et portant notamment sur :

- L'aspect des treillis qu'ils reçoivent ;
- La résistance à la compression du béton ;
- L'enrobage des armatures longitudinales de base et des aciers de renforts.

2.32 Prescription de conception et de calcul à l'état limite ultime

Planchers à poutrelles :

Les prescriptions sont données dans le titre I révisé du CPT « PLANCHERS », aux articles I.A.105 - 305 - 306 et annexe I du chapitre I.A.1 pour la vérification des moments fléchissants, I.A. 106,2 et 307 pour la vérification des déformations, I.A.308 pour la vérification des efforts tranchants.

En outre, dans le cas des montages dans lesquels le treillis métallique des poutrelles est ancré dans la dalle de béton surmontant les entrevous (c'est-à-dire lorsque le niveau situé à 2 cm au-dessous de la membrure supérieure de la poutrelle se trouve dans la dalle), la résistance de cet ancrage est limitée par la possibilité de détachement d'un prisme de béton restant solidaire de la poutrelle. On considère en conséquence une « ligne de moindre résistance » dans le béton coulé en oeuvre, joignant par le plus court chemin la membrure supérieure de la poutrelle aux parois des entrevous, généralement les arêtes supérieures, à condition de l'angle, avec la verticale, des droites formant ce chemin, ne soit pas inférieure à 45°.

L'application des prescriptions précédentes conduit aux valeurs limites d'efforts tranchants indiqués dans l'annexe « Valeurs d'utilisation » qui doivent être utilisées pour justifier le dimensionnement des planchers.

Planchers à prédalles :

Il n'y a pas de prescriptions autres que celles du titre II révisé du CPT « PLANCHERS ».

En particulier, les moments fléchissants sont calculés conformément aux articles II.A.201 et 202. Les déformations admissibles définies à l'article II.A.106,2 sont vérifiées selon les indications de l'article II.A.203.

2.33 Prescriptions de mise en oeuvre

Elles sont données aux chapitre I.D.1 et I.D.3 pour les planchers à poutrelles et aux chapitre II.C.1 et II.C.2 du CPT pour les planchers à prédalles.

Les dispositions diverses (réalisation des liaisons aux appuis, des trémies et des chevêtres, des chaînages transversaux intermédiaires pour les montages à poutrelles avec entrevous porteurs) sont données aux articles I.A.111 et I.A.110 du CPT.

Les bétons de fibres métalliques utilisées en table de compression doivent respecter les conditions des Avis Techniques les concernant.

Les tableaux qui suivent donnent les portées partielles maximales à la pose des poutrelles déterminées par des essais spécifiques - entre appuis et file centrale d'étais, portées au-delà desquelles il faut prévoir deux files d'étais.

La pose sans étai, non envisagée par le présent Avis, peut, néanmoins, être réalisée sur justification expérimentale.

Tableau des distances entre étais :

Les tableaux qui suivent indiquent les distances entre étais des montages à poutrelles simples (non jumelées) à l'entraxe 60 cm, comportant un talon en béton de 4 cm de hauteur.

Tableaux 2 et 3 Poutrelles « chevrons » non renforcées et renforcées

Montages		Distances entre étais (cm)			
Hauteur (cm)	Poids propre (daN/m ²)	Poutrelle C 130		Poutrelle C 150	
		M	F	M	F
16+0	214	190	165	-	-
20+0	243	180	155	185	165
12+4	235	185	160	-	-
15+4	254	180	155	185	165
16+4	267	180	155	181	160
20+4	306	170	145	175	155
20+5	329	170	140	170	150
24+4	366	160	135	160	140
25+5	388	155	130	155	140

M = distances limitées par le moment résistant de la poutrelle
F = distances limitées par la déformabilité de la poutrelle

Poids propre des montages (daN/m ²)	Distances entre étais, en mètres			
	Poutrelle C 100		Poutrelle C 130	
	Renforcées modèle R	Renforcées modèle SR	Renforcées modèle R	Renforcées modèle SR
160	2,65	3,00	2,35	2,90
180	2,60	2,95	2,30	2,85
200	2,55	2,90	2,30	2,80
220	2,40	2,85	2,25	2,75
240	2,25	2,65	2,20	2,70
260	2,10	2,50	2,10	2,50
280	1,95	2,35	1,95	2,35
300	1,80	2,25	1,80	2,25
320	1,70	2,10	1,70	2,10
340	1,60	2,00	1,60	2,00
360	1,50	1,90	1,50	1,90
380	1,40	1,80	1,40	1,80
400	1,35	1,70	1,35	1,70

Poids propre des montages (daN/m ²)	Distances entre étais, en mètres	
	Poutrelle C 150	
	Renforcées modèle R	Renforcées modèle SR
160	2,40	2,90
180	2,35	2,85
200	2,30	2,80
220	2,25	2,55
240	2,20	2,35
260	2,15	2,20
280	2,10	2,10
300	2,10	2,00
320	2,05	1,80
340	2,00	1,70
360	1,90	1,60
380	1,80	1,50
400	1,75	1,40

Pour les montages dont les entraxes sont différents de 60 cm, les distances entre étais doivent être modifiées : elles sont égales à celles données dans les tableaux précédents à poids égal par poutrelle, donc par entraxe.

Distances entre étais pour la mise en oeuvre des prédalle

Hauteur (cm)		Ecartement des raidisseurs (cm)			
De la dalle finie	Poutrelle SR	80	70	60	50
12 à 14	10	1,70	1,80	1,95	2,10
15 à 17	13	1,65	1,80	1,95	2,05
18 à 20	15	1,45	1,55	1,65	1,75

Conclusions

Appréciation globale

Avis Technique n° 3/95-266 est annulé et remplacé par le présent Avis.

A condition que chaque fabrication bénéficie d'une certification CSTB, l'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

Validité

Six ans, jusqu'au 30 novembre 2008

Pour le Groupe Spécialisé n° 3
Le Président
J.-P. BRIN

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

La présente révision a consisté d'une part à incorporer les entrevous en polystyrène expansé (et les précautions d'emploi qu'en découlent) et à fonder en un seul document l'ancien Avis Technique 3/95-266 et son additif 3/95-266*01 Add. D'autre part, le titulaire n'a pas souhaité continuer la fabrication des poutrelles en « L » et n'a conservé dans le présent Avis que la poutrelle chevron « C ».

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 3
M. CHENAF

ANNEXE

VALEURS D'UTILISATION

La présente Annexe est partie intégrante de l'Avis Technique : le respect des valeurs et des formules de dimensionnement indiquées est une condition impérative de la validité de l'Avis.

Principales données de calcul :

Résistance caractéristique du béton des talons de poutrelles et du béton coulé en oeuvre :

$$f_{c28} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{t28} = 2,1 \text{ MPa (dans les formules d'effort tranchant, } f_{ti} \text{ est pris égal à } f_{t28}\text{)}$$

Ces valeurs caractéristiques de la résistance du béton en place peuvent être différentes si elles sont justifiées expérimentalement :

Pour les poutrelles « chevron » (ou « C »), les expressions des efforts tranchants font intervenir deux caractéristiques, appelées C et G, intrinsèques des poutrelles et fonctions de la géométrie des treillis, de la résistance mécanique des armatures constitutives et de la résistance des soudures.

Pour le treillis en double nappe de type WARREN des poutrelles ACOR ces caractéristiques sont :

$C = 2 F_s \cdot 2 \sin \alpha \cdot 0,9/S_t$ glissement unitaire à rupture caractérisant la résistance du treillis au cisaillement horizontal (dans le plan de la reprise de bétonnage) ;

$G = 2 F_s (\cos \alpha + \sin \alpha) \cdot 0,9/S_t$ glissement unitaire à rupture caractérisant la résistance du treillis à la fissuration oblique ;

avec : F_s = la plus petite valeur de $e_{\text{nrobage}} f_e/1,15$ et $R/1,15$;

e_{nrobage} : section d'une branche de treillis ;

f_e : limite d'élasticité de l'acier du treillis (par exemple 500 MPa)

R : résistance garantie (à 95 %) à rupture des soudures ;

α : angle entre les diagonales du treillis et l'armature longitudinale ;

S_t : pas du treillis

Le coefficient 0,9 constitue l'approximation retenue dans les règles BAEL pour le rapport Z/d, du bras de levier à la hauteur utile de la section.

Ces caractéristiques C et G sont donnés dans le tableau n° 1 pour les poutrelles « chevron » (ou « C »).

Tableau n° 1

Poutrelles	Treillis				Glissements unitaires	
	Diamètres (mm)	Angles (degrés)	F_s (daN)	Pas S_t (cm)	Caractéristiques	
					C (daN/cm)	G (daN/cm)
100	4	58,5	547	20	92,99	67,45
100	5	58,5	853	20	145,01	105,17
100 R	5	58,5	853	20	145,01	105,17
100 SR	5,5	58,5	1033	20	175,61	127,37
130	4	63	547	20	97,37	65,97
130	5	63	853	20	151,83	102,87
130 R	5	63	853	20	151,83	102,87
130 SR	5,5	63	1033	20	183,87	124,58
150	4	63	547	20	97,37	65,97
150	4,5	63	691	20	123,00	83,33
150 R	5	63	853	20	151,83	102,87
150 SR	5,5	63	1033	20	183,87	124,58

Calcul de dimensionnement : formules utiles et valeurs de calculs

- Les moments fléchissement résistants des planchers à l'état limite ultime sont calculés par l'expression :

$$M_{ru} = A_s (f_e/1,15)d [1 - 0,5 A_s (f_e/1,15) / X d (0,85 f_{cj}/1,15)] = 0,87 A_s f_e d [1 - 0,767 A_s f_e / X d f_{cj}]$$

avec A_s : section totale des armatures de flexion tendues (= ΣA dans les expressions des efforts tranchants) ;

f_e : limite d'élasticité des armatures (en général 500 Mpa, mais limitée à la plus petite des limites d'élasticité lorsqu'il y a co-existence d'armatures de nuances différentes) ;

d : hauteur utile du montage ;

X : entraxe des poutrelles ;

f_{cj} : 25 MPa pour les montages avec dalle de compression complète coulée en oeuvre ;

14 MPa pour les montages avec entrevous porteurs en béton à table de compression incorporée ;

15 MPa pour les montages avec entrevous porteurs en terre cuite à table de compression incorporée.

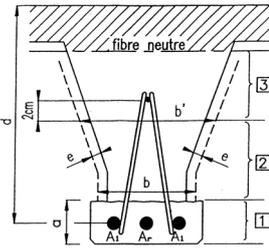
- Les déformations admissibles définies à l'article I.A.106,2 du CPT « PLANCHERS » sont vérifiées conformément à l'article I.A.207.

Pour les poutrelles « C », La vérification, à tous les niveaux de la section, des contraintes ultimes de cisaillement du béton et des forces que peuvent équilibrer les diagonales de l'armature en treillis de la poutrelle et/ou des armatures de renfort (étriers, grecques, poutrelles superposées), conduit à calculer les efforts tranchants limites ultimes suivant : V_{au} , V_{bu} , V_{cu} et V_{du} .

L'effort tranchant ultime déterminant pour le dimensionnement du montage est celui de plus faible valeur.

Les schémas et les tableaux qui suivent rassemblent de manière synthétique et synoptique les expressions des efforts tranchants à calculer selon les différents cas de figure de poutrelles renforcées ou non à l'effort tranchant.

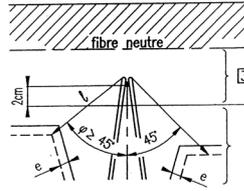
Cas 1 Poutrelle de base sans renforcement d'effort tranchant



Zones	Vérfications à effectuer
3	$V_{bu} = \tau_{bu} b' d$
2	$V_{du} = (G_1 + 0,3f_{tj} b) d$
Surface de reprise	
1	$V_{au} = 2\alpha \tau_{bu} \frac{\sum A}{A_r} 0,9d$ (si présence de renfort A_r) Aucune vérification en l'absence de renfort A_r

$e = 1\text{cm}$ pour les parois d'entrevous alvéolés en béton ou en terre cuite
 $e = 3\text{cm}$ pour les parois d'entrevous pleins en béton (plaques négatives, par ex.)
 $e = 0$ dans les autres cas (entrevous PSE, par ex.)

$\tau_{bu} = 0,75\text{ MPa}$
 $0,3f_{tj} = 0,63\text{ MPa}$ } pour un béton de $f_{c28} = 25\text{MPa}$

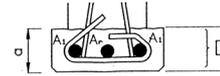


La vérification en zone 3 devient:

Zones	Vérfications à effectuer
3	$V_{bu} = \tau_{bu} l d$

l étant la ligne de moindre résistance atteignant les angles supérieurs des entrevous tant que l'angle $\varphi \geq 45^\circ$

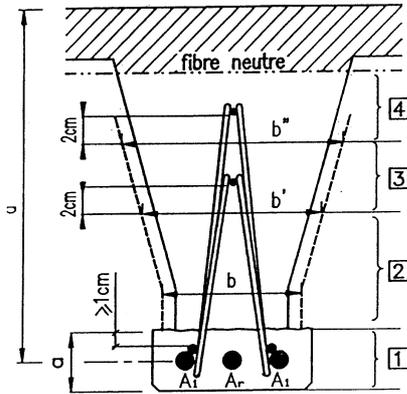
Cas 1.2 Cas particulier : talon muni de clips



Clips de section A de limites élastique f_e espacés de S_t (pas du treillis)

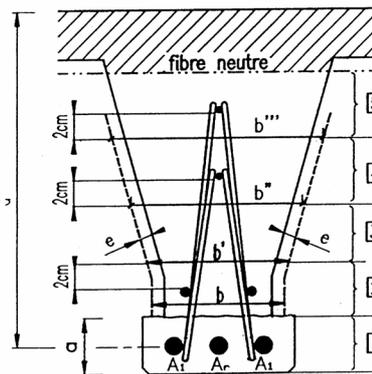
La vérification en zone 1 devient:

Zones	Vérfications à effectuer
1	$V_{au} = \frac{2A f_e}{1,15 S_t} \frac{\sum A}{A_r} 0,9d$



Zones	Vérfications à effectuer
4	$V_{bu} = \tau_{bu} b'' d$ ou $V_{bu} = \tau_{bu} l d$ si treillis ancré dans la dalle (cas 1.1)
3	$V_{du_2} = (G_2 + 0,3f_{tj} b') d$
2	$V_{du_{(1+2)}} = (G_1 + G_2 + 0,3f_{tj} b) d$
Surface de reprise	
1	Sans clips: $V_{au} = 2\alpha \tau_{bu} D 0,9d$ $D = \text{+petit de } \begin{cases} \frac{1}{K} = \frac{G_1 + G_2}{G_2} \\ \frac{\sum A}{A_r} \text{ en cas de présence de renfort } A_r \end{cases}$ Avec clips (Cas 1.2): $V_{au} = \frac{2A f_e}{1,15 S_t} D 0,9d$

Cas 2 Poutrelle de base avec treillis superposé ancré dans le talon



Zones	Vérfications à effectuer
5	$V_{bu} = \tau_{bu} b''' d$ ou $V_{bu} = \tau_{bu} l d$ si treillis ancré dans la dalle (cas 1.1)
4	$V_{du_2} = (G_2 + 0,3f_{tj} b'') d$
3	$V_{du_{(1+2)}} = (G_1 + G_2 + 0,3f_{tj} b') d$
2	$V_{du_1} = (G_1 + 0,3f_{tj} b) d$
Surface de reprise	
1	Aucune vérification si aucun renforts A_r sinon, sans clips: $V_{au} = 2\alpha \tau_{bu} \frac{\sum A}{A_r} 0,9d$ Avec clips (Cas 1.2): $V_{au} = \frac{2A f_e}{1,15 S_t} \frac{\sum A}{A_r} 0,9d$

Cas 3 Poutrelle de base avec treillis superposé posé sur le talon

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe

Plancher nervuré en béton armé à poutrelles légères en treillis métallique soudé à base pré enrobée, avec entrevous divers et table de compression incorporée ou coulée en place.

Plancher dalle pleine en béton armé coulé sur prédalles préfabriquées raidies par des treillis métalliques.

1.1 Aciers des poutrelles

1.1.1 Membrane supérieure

Poutrelle chevron :

$\varnothing = 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11;$ ou 12 mm

$f_e = 500$ MPa lisse ou cranté

AG = 10 %

1.1.2 Treillis

Poutrelle chevron :

Acier rond lisse :

$\varnothing 4; 4,5; 5$ ou 5,5 mm.

AG = 10 %

$f_e = 500$ MPa

1.1.3 Membrane inférieure

Poutrelle chevron :

$\varnothing = 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11;$ ou 12 mm avec possibilité d'utiliser 2 aciers de diamètres différents de 2 mm au maximum.

$f_e = 500$ MPa cranté

AG = 10 %

1.1.4 Aciers de renfort

Aciers à haute adhérence de la classe Fe E 500.

Les aciers Fe E 500 sont écrouis et crantés par la société PANTZ avec empreintes conformes au paragraphe 2,1 de la norme NF A 35-019.

1.2 Béton

Béton de sable et de gravillon ne dépassant pas 8 mm de granulométrie, et dosé à 350 kg de ciment de la classe 52,5 R par mètre cube de béton coulé en place.

En variante pour les talons de poutrelles, possibilité d'utiliser du béton léger réalisé à partir de granules d'argile expansé ou de schiste expansé, dosé à 400 kg de ciment classe 42,5 ou 52,5 par mètre cube de béton coulé en place, de masse volumique au moins égale à 1,5 t/m³ et de résistance nominale à la compression $f_{c28} = 25$ Mpa.

2. Description des poutrelles

L'armature des poutrelles est façonnée en continu par des machines automatiques dans l'usine du tenant du système à Villers-Cotterets (Aisne).

2.1 Poutrelle Chevron C

L'armature est constituée par un système résistant en treillis comportant :

- un acier rond en membrane supérieure ;
- une membrane inférieure fait de deux aciers filants ;
- des étriers en forme de « V » renversé opposés deux à deux au pas de 20 cm, légèrement déplacés pour réduire au maximum à 20 mm la distance entre soudures supérieures.

L'appareillage de fabrication permet de réaliser de cm en cm toutes les hauteurs comprises entre 10 et 20 cm.

2.2 Pré enrobage

La base de ces armatures est pré enrobée dans un talon en béton. La largeur du talon est de 12 cm et sa hauteur est soit 4 ou 4,5 cm.

Une variante « céramique » du talon existe par adjonction de plaquettes en terre cuite en sous-face.

2.3 Caractéristiques des poutrelles standards

Elles sont données dans le tableau de la page suivante.

Hauteur		Treillis		Membrane supérieure	Poids (daN/ml)	
hors tous de l'armature (cm)	Modèle	\varnothing (mm)	pas (cm)		de l'armature	de la poutrelle pré enrobée
10	C	4,5	20	$\varnothing 8$	1 à 5	10 à 14
10	C	5	20	$\varnothing 10$		
10 et 13	C	5,5	20	$\varnothing 11$		
10 et 13	C	5,5	20	$\varnothing 12$		
13 et 15	C	5	20	$\varnothing 8$		
13 et 15	C	5	20	$\varnothing 9$		
13 et 15	C	5,5	20	$\varnothing 10$		

2.4 Poutrelle socle bois

Une variante, à socle bois, est destinée à être associée à des entrevous légers (généralement à base de polystyrène expansé). Elle est constituée d'une armature de poutrelle soudée sur des entretoises $\varnothing 5$ coudées à leurs deux extrémités tous les 20 cm. Les entretoises sont agrafées sur des planches traitées de 140 mm de largeur et d'épaisseur variable de 27 mm minimum. Les agrafes sont galvanisées et sont du type « divergentes », analogues à celles fournies par la Société SOFRAGRAF. Elles sont enfoncées dans la planche par un pistolet pneumatique.

2.5 Repérage et dénomination des poutrelles

Les poutrelles sont définies par la lettre C suivie de la hauteur en cm du raidisseur métallique assemblée en treillis, du diamètre des aciers de base puis du diamètre de l'acier supérieur.

Exemple : C 13 – 08.09 – 10

signifie poutrelle Chevron de hauteur 13 cm, aciers de base diamètres 8 et 9 mm, membrane supérieure diamètre 10 mm.

Caractéristiques des poutrelles :

2.6 Renforcement des poutrelles à la flexion

Les barres de renfort éventuelles en flexion sont disposées :

- soit de flanc au contact des aciers de base de la poutrelle.
- Soit au centre, le positionnement de ces barres étant assuré pour garantir le même enrobage que celui des aciers de base.
- Soit sur le talon en béton, en respectant un enrobage de 15 mm minimum. Dans ce dernier cas la section des aciers inférieurs doit être calculée en tenant compte des hauteurs utiles réelles.

3. Eléments entre poutrelles

3.1 Entrevous béton

- Entrevous de coffrage en béton de granulats lourds, hauteurs variables de 6 à 35 cm.
- Entrevous de coffrage et porteurs TCI en béton de granulats légers : Argi 16 (Société TBF de Roumazières-Loubert) ou Granulex (SOCRAMAT de Renaze) de masse volumique 1.100 daN/m³.
- Entrevous porteurs TCI en béton de granulats lourds, hauteurs variable de 16 à 22 cm.

3.2 Entrevous en terre cuite

Entrevous de coffrage en terre cuite, conformes à la norme NF P 13 302, et dont la forme des parois est donnée dans les dessins.

- Hauteur : 12 à 30 cm
- Largeur : 40 à 50 cm
- Longueur : 20, 25 ou 30 cm

Entrevous porteurs en terre cuite, à double paroi supérieure, chanfreiné pour être prise en compte dans la table de compression du plancher fini après leur rejointoiement.

- Hauteur : 17 cm
- Largeur : 50 cm
- Longueur : 20 cm

Entrevous transversaux.

- Hauteur : 15 et 20 cm

3.3 Entrevous en polystyrène expansé

Il s'agit d'entrevous constitués de matériaux en polystyrène expansé moulé et découpé dont le profil latéral est défini dans les dessins figurant dans les entrevous certifiés CSTBat (hauteur minimale de 11cm, largeur courante de 48 cm pour un entraxe moyen de 61 cm).

4. Description de la mise en oeuvre et caractéristiques des planchers finis

4.1 Planchers béton

Les poutrelles sont placées sur leurs appuis définitifs à l'entraxe prévu pour le montage (standard : 0,60, mini : 0,50 m, maxi : 0,75 m). Elle sont supportées, en phase provisoire, par des files d'étais dont l'espacement est défini au § 3 du Cahier des Prescriptions Techniques Particulières.

Ensuite, les entrevous sont placés, puis les armatures complémentaires éventuelles (chapeaux, chevêtres), ainsi que le treillis soudé de la dalle de compression. Enfin le béton complémentaire est coulé.

Le tableau qui suit donne les poids propres des principaux montages réalisables avec des entrevous en béton de granulats lourds, pour un entraxe de 0,60 m.

Hauteur du montage (cm)	Poutrelles utilisables	Poids propre du montage (kN/m ²)
16 + 0	C 100, C 130	2,14
20 + 0	C 100, C 130, C 150	2,43
12 + 4	C 100, C130	2,35
15 + 4	C 100, C 130, C 150	2,54
16 + 4	C 100, C 130, C 150	2,67
20 + 4	C 100, C 130, C 150	3,06
20 + 5	C 100, C 130, C 150	3,29
25 + 4	C 100, C 130, C 150	3,66
25 + 5	C 100, C 130, C 150	3,88

4.2 Planchers céramique

Ils sont composés de poutrelles à base pré enrobée avec semelle en terre cuite, et d'entrevous en terre cuite. Leur mise en oeuvre est identique à celle des planchers FILIGRANE.

A hauteur égale ils sont un peu plus légers. Le tableau qui suit donne le poids mort de quelques montages standards.

Hauteurs des montages (cm)	Entraxe (cm)	Poids (daN/m ²)
16 + 0	60	175
18 + 0		195
20 + 0		215
12 + 4	60	210
13 + 4		220
15 + 4		235
16 + 4		240
20 + 4		280
20 + 5		300
21 + 4		292
21 + 5		315
25 + 4		327
25 + 5		350
16 + 0	60	190
20 + 0	60	235
12 + 4	60	230
16 + 4		300
20 + 4		365
25 + 5		445

4.3 Planchers SEFI

Ce sont des montages à nervures croisées destinés aux grandes portées et fortes charges d'exploitation, chaque fois qu'on peut utiliser quatre appuis continus.

Les poutrelles utilisées sont les poutrelles à talon béton. Les entrevous en béton sont tous borgnes et placés deux par deux. Chaque intervalle entre paire d'entrevous est fermé par une plaque en béton de 0,50 x 0,10 x 0,04 ou 0,045 m s'appuyant sur les poutrelles par des crochets et coffrant les nervures transversales ainsi préparées, armées d'acier à haute adhérence passés au travers des treillis FILIGRANE.

La dalle de compression armée d'un treillis soudé anti-retrait est coulée en même temps que les deux réseaux de nervures.

Les entraxes sont généralement de 60 cm entre poutrelles FILIGRANE et 60 ou 50 cm entre nervures transversales.

Les poids morts sont ceux des planchers FILIGRANE de même hauteur augmentés du poids des nervures transversales.

Sols : tous sols usuels.

Plafonds : enduit plâtre

5. Variante d'utilisation des poutrelles : raidisseurs de prédalles

Les caractéristiques des raidisseurs sont données dans le tableau figurant au paragraphe 2.

Prédalles FILIGRANE :

Elles sont conformes au Titre II du « Cahier des Prescriptions Techniques communes aux procédés de planchers » dalles pleines réalisées à partir des prédalles préfabriquées et béton coulé en oeuvre.

Les distances entre étais (en m) pour la mise en oeuvre des prédalles munies de raidisseurs en poutrelles « Chevron », sont données au paragraphe 3 du Cahier des Prescriptions Techniques Particulières.

Les raidisseurs des prédalles peuvent être utilisés comme points de suspension pour leur manutention.

6. Dessins d'ensemble et de détail

Voir les planches qui suivent.

B. Résultats Expérimentaux

Essais effectués à la Station de recherche du C.S.T.B. à Champs-sur-Marne :

1. Essai d'une poutrelle isolée - en octobre 1958 (P.V. n° 4412).
2. Essai d'un plancher de 16 cm sans dalle, composé de trois poutrelles - en octobre 1958 (P.V. n° 4412).
3. Effort tranchant - en 1958 (P.V. n° 808).
4. Essais de nervures de 24 cm de hauteur - en 1961, 1963 et 1964.
5. Essais sur poutrelles isolées de 7 m de portée - en septembre 1963.
6. Des essais de mesure de caractéristiques des terres cuites utilisées pour les entrevous en céramique et des essais de compression transversale sur maquette comportant un entrevous en céramique, ont été réalisés en décembre 1964 et courant 1965.
7. Essais de résistance à l'effort tranchant des nervures de planchers comportant des poutrelles en treillis métallique (1964 - 1965 - fév. à juil. 1970 - nov. à fév. 1972 - nov. et déc. 1975).
8. Essai de résistance au feu d'un plancher FILIGRANE (P.V. n° 933 R 22).
9. Chargement en flexion de poutrelles isolées pour déterminer les distances entre étais. avril 73.
10. Essai de résistance au feu d'un plancher à prédalle FILIGRANE - P.V. n° 68.31.

11. Essais de chargement statique sur poutrelles isolées FILIGRANE « Chevron » et FILIGRANE « L », posées sur trois appuis, pour vérifier leur comportement lors de la mise en oeuvre et déterminer les distances entre étais. novembre 1983 et février 1984. P.V. n° 20.238.
12. Essais de flexion sur poutrelles isolées FILIGRANE « C », réalisés en décembre 1995 (P.V. n° 40.879)

Autres essais :

1. Essais d'un plancher FILICERAM, sous contrôle du L.B.T.P. le 30 avril 1959 (P.V. n° 532.340).
2. Essais d'un plancher FILIGRANE à Toulon, sous contrôle de VERITAS en juillet 1961 (P.V. n° CCIAC 24615).
3. Essais d'un plancher FILIGRANE à Fournies (Nord) sous contrôles SOCOTEC en avril 1964.
4. Essais effectués à la station du CEBTP à St-Rémy-Les-Chevreuse (de juin 73 à mars 75).
 - 1 - Influence des charges
 - 2 - Etude du rôle des entrevous
 - 3 - Etude de l'influence de l'âge du béton
 - 4 - Etude de la continuité
5. Essais effectués au CNRS de MARSEILLE (P.V. n° 1169 janvier 1976)

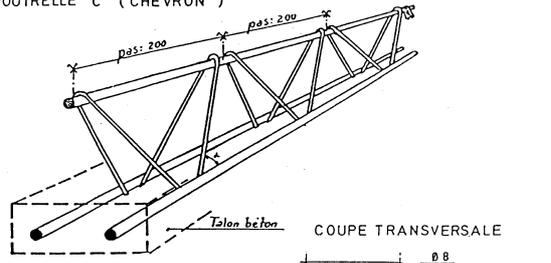
Essai acoustique sur prédalle Filistyrène.

C. Références

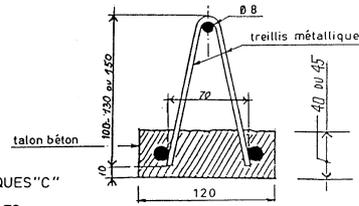
Depuis 1995, huit millions de m² de plancher FILIGRANE ont été posés.

Tableaux et figures du Dossier Technique

POUTRELLE "C" (CHEVRON)

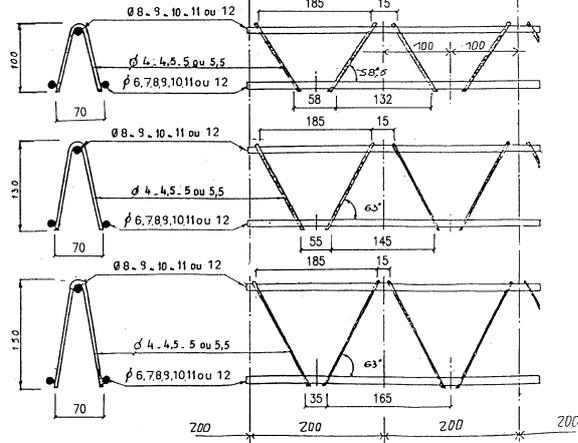


COUPE TRANSVERSALE



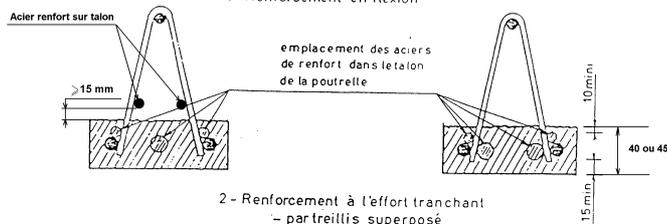
ARMATURES METALLIQUES "C"

COUPES TRANSVERSALES

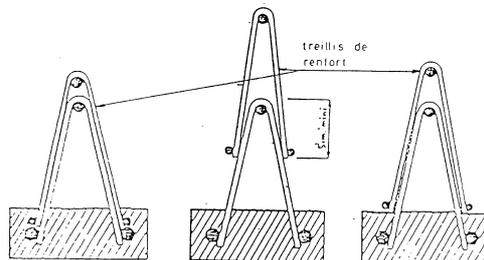


POUTRELLE "C"

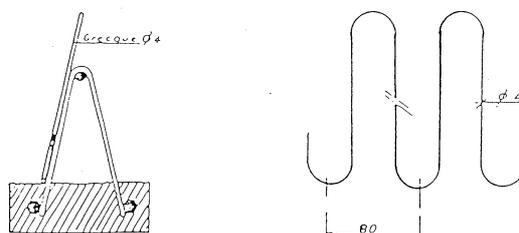
1- Renforcement en flexion



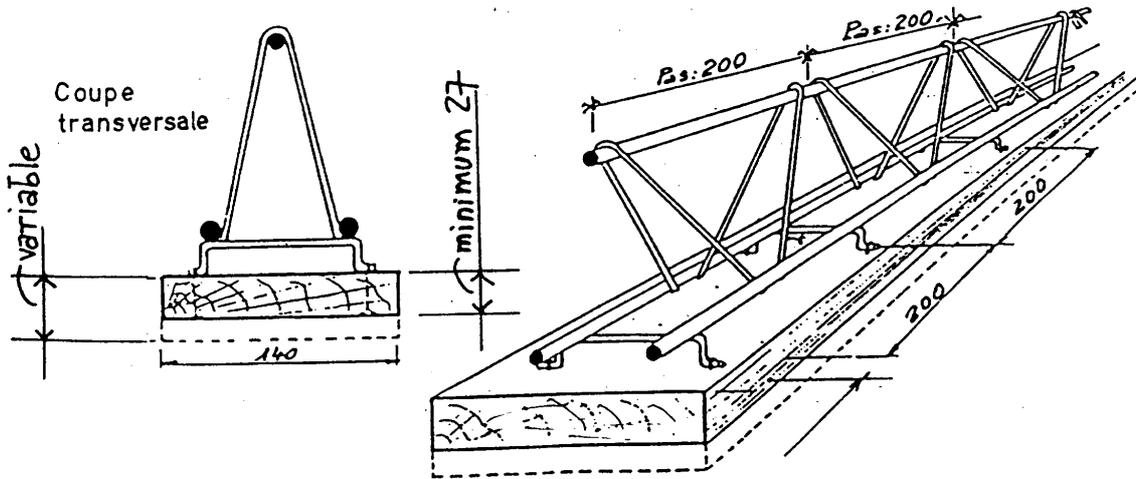
2- Renforcement à l'effort tranchant - par treillis superposé



- par grecques



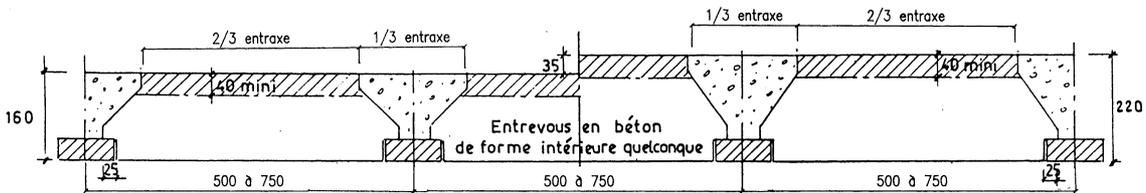
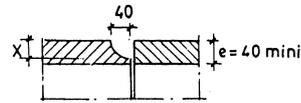
2- AVEC POUTRELLE "C" ET SOCLE BOIS



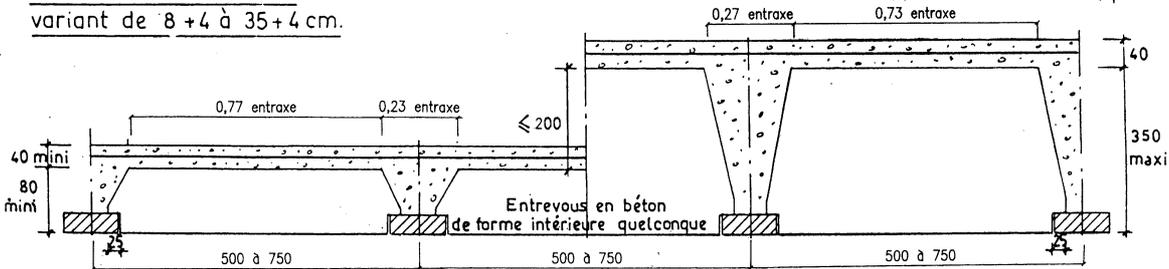
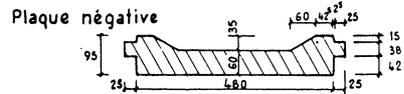
MONTAGE DE PLANCHERS AVEC ENTREVOUS EN BETON OU TERRE CUITE - POUTRELLES "C"

A) Planchers avec entrevous à dalle de compression incorporée
 Planchers de hauteur variant de 16+0 à 22 +0 cm.

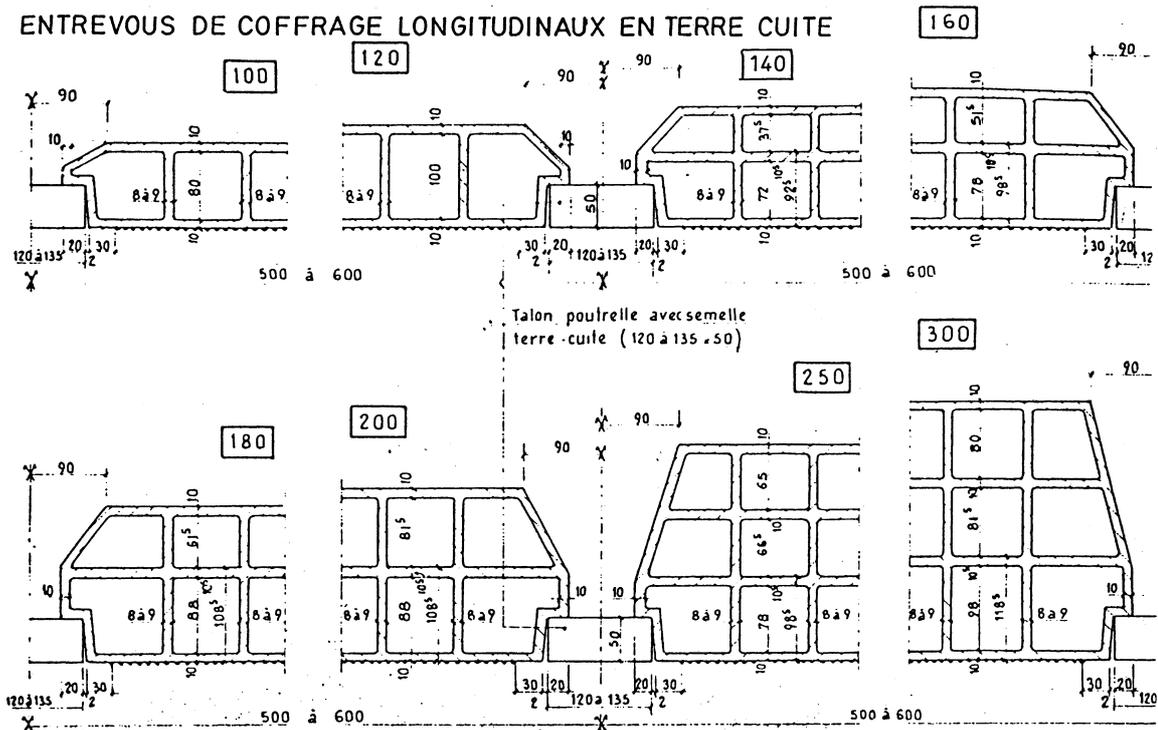
Coupe longitudinale sur chanfrein de table d'entrevous $X \geq 2/3 e$



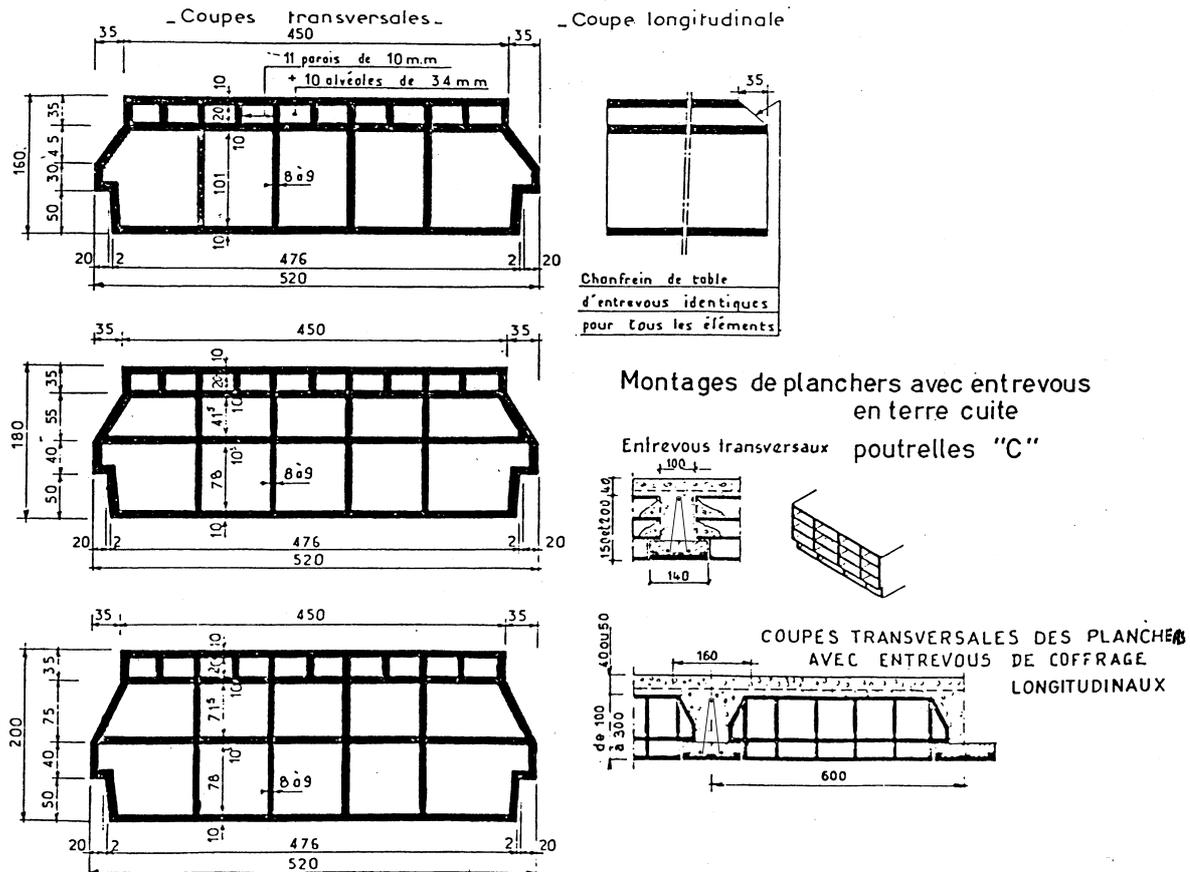
B) Planchers avec dalle de compression de 4 cm. au minimum, coulée en œuvre
 Planchers de hauteur variant de 8+4 à 35+4 cm.



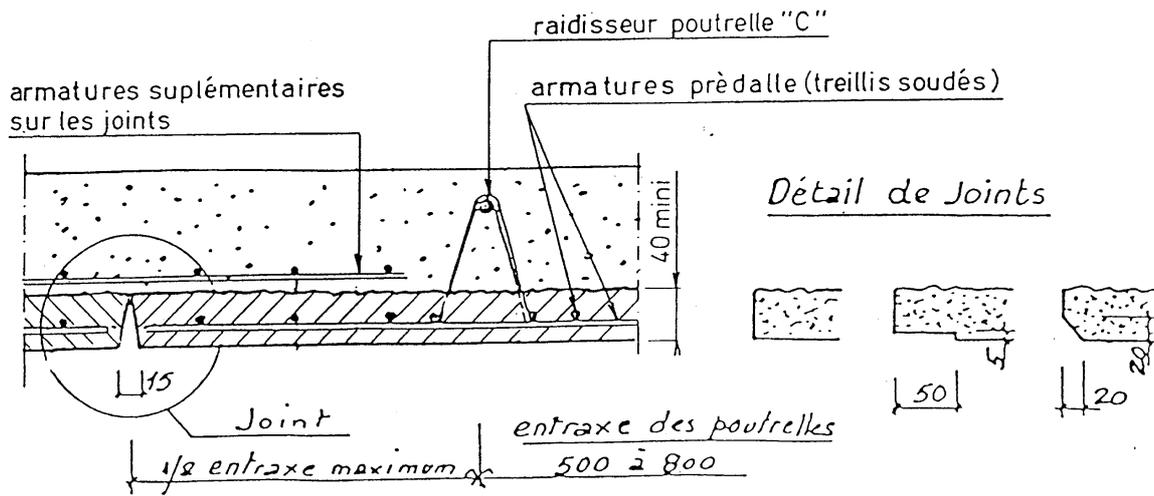
ENTREVOUS DE COFFRAGE LONGITUDINAUX EN TERRE CUITE



ENTREVOUS PORTEURS ENTERRE CUITE A TABLE DE COMPRESSION INCORPOREE



2- RAIDISSEURS: POUTRELLES "C"



PLANCHER A NERVURES CROISÉES
S.E.F.I.

