

Avis Technique 3/09-628

Annule et remplace l'Avis Technique 3/04-419

*Plancher
Floor
Fußboden*

P.S.I.

Titulaire : ISOLTOP
Z.I du Plan
F-84320 ENTRAIGUES SUR LA SORGUE

Usine : ISOLTOP

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 23 septembre 2010



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 27 octobre 2009 le procédé de plancher P.S.I., détenu et exploité par la société ISOLTOP. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après qui révisé l'Avis Technique 3/04-419. L'Avis Technique formulé n'est valable que si les certifications visées dans le Dossier Technique, basées sur un suivi annuel et un contrôle extérieur, sont effectives.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte du procédé

Procédé de plancher à poutrelles en treillis métallique dont la partie basse est enrobée dans un talon en mousse de polyuréthane, protégées par une gaine tôle galvanisée. Ce procédé de plancher P.S.I. est associé à des entrevous de diverses natures (polystyrène, bois, béton...) et complété par du béton formant la partie haute des nervures et la table de compression. L'entraxe standard des poutrelles est de 60 cm et la hauteur des planchers varie de 12+5 à 25+5.

Finition : La dalle complète en béton armé peut recevoir n'importe quel type de revêtement de sol.

Sur vide sanitaire, ce plancher ne reçoit aucune finition de plafond indépendamment de la protection imposée pour la sécurité au feu ; sur sous-sol ou en plancher haut, un plafond peut être réalisé en plâtre projeté sur un lattis métallique, en plaques de plâtre fixées aux semelles en bois ou en tôle des poutrelles, ou en plafond suspendu.

1.2 Identification des composants

Chaque poutrelle est munie d'un marquage sur les deux faces latérales qui indique : l'identification du système de plancher, le type de produit, la longueur du talon, le repère sur le plan de pose, et le diamètre principal de la poutrelle.

Exemple : ISOLTOP PSI 45 AB D10

De plus un marquage mécanique en sous face de la poutrelle indique l'Usine de fabrication (exemple PSI 1).

Les poutrelles métalliques sont livrées à la société PSI avec des étiquettes d'identification de leur provenance et de leurs principales caractéristiques.

Les entrevous en polystyrène sont ceux visés dans les Avis Techniques des planchers à poutrelles en treillis métallique soudé.

2. AVIS

Cet Avis ne vaut que si :

- les poutrelles en treillis métalliques sont certifiées NF ;
- les montages de planchers dont les entrevous sont en béton porteurs à table de compression incorporée font l'objet de certificats de qualification AFNOR, marque NF-Entrevous en béton, en conformité avec la norme NF P 14-305.
- Les entrevous à base de matière plastique alvéolaire ainsi que ceux à base de bois, dans le cas des montages à entrevous de ce type, sont certifiés CSTBat ;
- la mise en œuvre du polyuréthane fait l'objet des contrôles de fabrication définis en annexe 3, suivi par le CSTB.

2.1 Domaine d'emploi accepté

Cet Avis est formulé pour les utilisations en France européenne.

Le domaine d'emploi accepté est celui défini dans les Avis Techniques des planchers nervurés à poutrelles en treillis métallique soudé à base pré-enrobée pour lesquels les titulaires d'Avis Technique en cours de validité ont donné leur accord, à savoir les procédés suivants :

- - FILIGRANE, Avis Technique n°3/02-383
- - ACOR, Avis Technique n°3/07-529
- - KAISER KT 800, Avis Technique n°3/04-432
- - CALFER, Avis Technique n°3/09-629
- - DIBAT, Avis Technique n°3/09-640
- - RAID, Avis Technique n°3/09-641

Dependant la conception et les performances d'isolation thermique de ces planchers les destinent plus particulièrement à des emplois en planchers bas, sur vide sanitaire ou sous-sol, et en planchers hauts, de combles ou de terrasses, ou comme sous-toiture, de bâtiments d'habitation, ou de conception similaire (bureaux, petits commerces, groupes scolaires, petits immeubles collectifs, centres médicaux...).

Dans le cas d'ouvrages situés en bord de mer, l'utilisation du procédé pour la réalisation de planchers largement ouverts sur l'extérieurs (balcons, terrasse sur pilotis...) est exclue.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.21 Aptitude à l'emploi

Stabilité

Elle est normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté sous réserve du respect des prescriptions techniques particulières (§ 2.3 ci-après).

L'utilisation en zones sismiques (zones I et II de sismicité) est possible, avec une sécurité équivalente à celle présentée par les planchers traditionnels conçus en conformité avec les règles françaises parasismiques, pour les montages satisfaisant aux prescriptions de l'article I.A.112 du CPT "PLANCHERS".

Sécurité au feu

Protection des matières isolantes combustibles

En raison de la particularité du procédé, à savoir que les armatures de flexion sont enrobées dans un talon en mousse de polyuréthane, ces planchers doivent obligatoirement comporter un plafond protecteur rapporté pour toute utilisation autre que sur vide sanitaire.

Les montages du plancher avec plafond de type enduit plâtre d'au minimum 20 mm d'épaisseur, projeté ou taloché sur un lattis métallique accroché à des suspentes galvanisées ancrées dans le béton ou avec plafond en plaques de plâtre spéciale feu, permettent d'assurer un rôle d'écran vis à vis de l'isolant en évitant sa mise à nu rapide sur des surfaces importantes pendant une demi-heure, conformément aux prescriptions données aux paragraphes 4.4 et 4.5 du Guide de l'isolation par l'intérieur.

Il convient aussi de protéger de la même façon les sous-toitures conçues avec ce procédé, lorsqu'il y a voisinage d'un tiers, conformément aux exigences de l'arrêté du 25/06/1980 relatif aux établissements recevant du public (ERP) et de l'arrêté du 31/01/1986 relatif aux bâtiments d'habitation.

Cas des montages de planchers comportant des éléments en polystyrène :

Pour les bâtiments d'habitation, ces montages doivent respecter les exigences du "Guide de l'isolation thermique par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques en cas d'incendie", qui n'admet la pose apparente de ces entrevous 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 et faisant l'objet d'une certification NF Réaction au feu, peuvent rester apparents en plafond de sous sol de maisons individuelles de la 1^{ère} famille (cf. paragraphe 2.1 du guide).

Pour l'utilisation dans les établissements recevant du public ou devant respecter le code du travail, ils doivent satisfaire aux exigences complémentaires définies dans les règlements de sécurité correspondants par la mise en place d'un écran protecteur.

Cas des montages de planchers comportant des entrevous en bois moulé EBM :

Les entrevous en bois moulé EBM bénéficient du procès verbal de réaction au feu n°RA05-0532 donnant les classements suivants :

- M3 : entrevous en bois moulé + béton
- M4 : entrevous en bois moulé + polystyrène (40 à 120 mm) + béton.

Pour les bâtiments d'habitation, la protection des sous-faces de planchers doit être conforme au guide de l'isolation par l'intérieur dans les bâtiments d'habitation, dans le cas de la mise en place de rehausse polystyrène sur les entrevous EBM

Pour l'utilisation dans les établissements recevant du public ou devant respecter le code du travail, l'examen de l'article AM8 de l'Arrêté du 25 juin 1980 modifié conduit le groupe à mentionner que l'utilisation des entrevous EBM surmonté d'une rehausse en PSE n'est pas admise dans les plénums de plafond. Une telle utilisation est permise sans rehausse, dans les conditions prévues par la réglementation.

Résistance au feu

Dans la mesure où la partie basse des poutrelles (enrobage du talon en mousse de polyuréthane) n'est pas prévu pour contribuer à la stabilité en cas d'incendie, un écran protecteur constitué par un plafond suspendu doit être mis en œuvre pour assurer la résistance du plancher.

On peut considérer que le plancher peut être classé REI 30 sans justification particulière moyennant la mise en œuvre d'un écran protecteur constitué par :

- Deux couches de plâtre spéciales feu d'épaisseur unitaire 12,5 mm montées sur ossature métallique placée au pas de 600 mm, les suspentes installées tous les 1200 mm étant elles-mêmes fixées sur les parties béton du plancher.
- Un éventuel isolant en laine de verre d'épaisseur maximale 100 mm et de masse volumique 10 à 16 kg/m³ déroulé sur le plafond ainsi constitué.
- Un plenum (distance entre la face non exposée au feu du plafond et la sous face du talon en mousse de polyuréthane) de hauteur minimale 60 mm. En cas de présence de l'isolant, la hauteur du plenum correspond à la distance entre la face la plus éloignée du feu de l'isolant et la sous face du talon en mousse polyuréthane.

Isolation thermique

Ce plancher associé aux entrevous en béton ou terre cuite ne peut participer que dans une faible mesure à l'isolation thermique (voir art. I.A.115 du C.P.T. "planchers"). Selon les montages, la résistance thermique reste comprise entre les limites suivantes :

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

Les montages de plancher 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 chantiers à prendre en compte dans les calculs U_{bat} (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 celle certifiée figurant dans les certificats CSTBat de ces entrevous.

Isolation acoustique

Pour les utilisations en maisons individuelles isolées, utilisations usuelles pour ce procédé, il n'y a pas d'exigence d'isolation acoustique.

En revanche, en cas d'utilisation en logements collectifs, la faible masse du plancher qui se comporte comme une paroi monolithique ne lui permet pas de satisfaire aux exigences réglementaires. Des solutions correctives seraient alors nécessaires, comme des plafonds suspendus avec des suspentes à souplesse étudiée, ou par augmentation de la masse.

En tout état de cause, une étude doit être réalisée par une personne compétente.

Flexibilité

Il y a lieu de tenir compte d'une flexibilité un peu supérieure à celles des planchers à poutrelles en béton armé de dimensionnement identique (voir § 2.32 du cahier des prescriptions techniques particulières), en raison de l'absence de « blocage » des poutrelles en treillis dans leur partie basse. Les déformations peuvent cependant être limitées en fonction du dimensionnement adopté.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Elle peut être normalement assurée dans la mesure où les entrevous présentent la résistance suffisante à l'essai de poinçonnement-flexion et sont certifiés NF ou CSTBat (cf. C.P.T. « planchers », titre I, section C), si les distances entre étais à la pose des poutrelles ne dépassent pas 90% de celles indiquées dans les Avis Techniques des poutrelles utilisées 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 sont respectées.

Étanchéité entre locaux superposés

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

Finitions

- Possibilité d'appliquer tous les types de revêtement de sol, éventuellement après rattrapage de la surface par une chape dans le cas des montages comportant des entrevous porteurs.
- Aucune finition de plafond n'est à réaliser pour les planchers sur vide sanitaire. Dans les autres cas d'utilisation, les solutions prévues dans la description ne posent pas de problèmes particuliers.

Utilisation en planchers-terrasses

Possibilité de supporter des étanchéités en satisfaisant aux conditions définies dans le DTU 20.12.

Utilisation en sous-toiture

Les montages sans dalle rapportée, comportant seulement les nervures en béton, peuvent être utilisés en sous-toiture pour supporter des couvertures traditionnelles en tuiles conformément au DTU « Couverture ». Il y a lieu de prévoir une ventilation en sous-face des tuiles.

2.22 Durabilité - Entretien

Pour les emplois acceptés, la durabilité de ces planchers est équivalente à celle des planchers traditionnels en béton armé ou précontraint utilisés dans des conditions comparables.

Ceci n'est vrai que parce que la protection anti-corrosive des armatures métalliques enrobées dans la mousse de polyuréthane est assurée par le moussage du polyuréthane autour des armatures, créant ainsi une pellicule adhérente sur la surface des armatures.

En l'absence d'étude de condensation sur les planchers sur vides sanitaires avec isolation sous chape, le risque de corrosion entre la mousse polyuréthane et le béton n'est pas totalement exclu.

Ce procédé ne nécessite normalement aucun travail d'entretien.

Concernant les montages avec entrevous en terre cuite, 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 C.P.T. « planchers » (paragraphe 5.2. de l'Annexe I du chapitre I.C.4. du C.P.T.), 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 maçonnerie d'éléments ou en béton banché mais, dans ce dernier cas, sans trumeaux de longueur supérieure à la hauteur d'étage. Aucune appréciation 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 contrôles

Les fabrications des armatures des poutrelles sont contrôlées dans le cadre d'une certification NF, comme cela est prescrit dans les Avis Techniques des procédés des planchers avec ces poutrelles à base préenrobée en béton.

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 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.

La fabrication de la poutrelle doit faire l'objet d'un suivi annuel par le CSTB, sur la base de la procédure de contrôle définie en annexe 3.

2.24 Mise en œuvre

Effectuée par des entreprises du bâtiment autres que la société PSI et les tenants de système des poutrelles, elle ne présente pas de difficultés particulières à condition qu'un plan de pose complet et une notice de découpe soient fournis par le fabricant à l'entreprise de pose et que les poutrelles soient bien repérées.

2.3 Cahier des prescriptions techniques particulières

Ces planchers doivent être fabriqués, calculés et mis en œuvre conformément au titre I du CPT "PLANCHERS", aux cahiers des prescriptions techniques particulières figurant dans les Avis Techniques des procédés de planchers utilisant les poutrelles avec talon en béton, et aux prescriptions complémentaires suivantes :

2.31 Prescription de fabrication

Le moussage de polyuréthane autour des armatures de base des poutrelles doit être réalisé exclusivement dans les locaux des usines P.S.I., à partir des composants définis dans la description, et dans les conditions de mise en œuvre indiquées dans l'annexe 4.

La masse volumique du polyuréthane doit être, en permanence, voisine de la valeur choisie à $\pm 10\%$, et non inférieure à 35 kg/m³.

2.32 Prescription de calcul

Les vérifications de flexion sont les mêmes que celles des planchers à poutrelles utilisant les mêmes treillis métalliques, indiquées dans les Avis Techniques de ces planchers.

Les fléchissements peuvent être calculés simplement, selon les indications données à l'article I.A. 307 du CPT « PLANCHERS », à condition de majorer de 10 % les flèches calculées conformément à cet article.

L'ancrage de l'effort tranchant doit être vérifié selon l'article I.A.309,12 du CPT Plancher Titre I et doit être assuré à partir de l'extrémité du talon métallique.

2.33 Prescription de mise en œuvre

Pour l'étalement des poutrelles, ces dernières doivent reposer sur des planchers ou madriers placés en tête d'étais et d'au moins 15 cm de largeur pour éviter les déformations des talons de poutrelles.

Les liteaux supports des tuiles doivent être perpendiculaires aux nervures qui les supportent. Ceci implique soit une pose de la sous-toiture avec nervures dans le sens de la pente du toit, soit une interposition de chevrons entre les liteaux et les nervures lorsque ces dernières sont perpendiculaires à la ligne de pente du toit. Dans tous les cas, la pente du toit doit rester assez faible pour permettre le bétonnage des nervures.

2.34 Prescription de conception

Dans le cas d'utilisation du procédé pour la réalisation de plancher entre un local chauffé et des combles non isolés ou de toiture-terrasse, l'isolation du plancher doit être réalisée en partie supérieure avec vérification du point de rosée qui, outre les prescriptions habituelles aux règles thermiques, ne doit pas être situé à proximité de l'interface béton-mousse de polyuréthane.

Conclusions

Le présent Avis annule et remplace l'Avis Technique n° 3/04-419.

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

Validité

5 ans liée aux Avis Techniques cités dans le tableau de l'Annexe 2 et expirant au plus tard le 31 octobre 2014.

Pour le Groupe Spécialisé n° 3
Le Président
Jean-Pierre BRIN

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé n° 3

Le procédé de plancher PSI, particulièrement isolant thermiquement de par sa conception qui évite tout pont thermique au droit des nervures de plancher, est réalisé à partir des raidisseurs métalliques faisant l'objet d'un Avis Technique dans des procédés de plancher à poutrelles légères en treillis métallique soudé à base pré-enrobée.

L'Avis est assujéti à deux types de certifications: celle des raidisseurs métalliques et celle des entrevous.

En revanche, aucune certification n'a été exigée pour le moussage du polyuréthane autour des armatures, le contrôle interne réalisé par le producteur ayant été jugé suffisant.

Ce procédé de plancher est particulièrement sensible au feu. Il en résulte que toute utilisation autre que sur vide sanitaire rend nécessaire la présence d'un plafond protecteur rapporté.

En l'absence d'étude de condensation sur les planchers sur vides sanitaires avec isolation sous chape, le Groupe tient à préciser qu'il n'a pas pu statuer sur l'absence totale de risque de corrosion entre la mousse polyuréthane et le béton.

Il est enfin rappelé que les recoupes des poutrelles sur chantier ne sont faites qu'à titre exceptionnel lorsqu'une erreur de cote ou de tolérance est constatée, car les longueurs des poutrelles sont adaptées en fabrication pour chaque chantier.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°3
Nicolas RUAUX

ANNEXE N° 1

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 coulé en œuvre :

- $f_{c28} = 25$ MPa
- $f_{t28} = 2,1$ MPa (dans les formules d'effort tranchant, f_{ij} est pris égal à f_{t28}).

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

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.

Ces caractéristiques C et G sont données dans les Annexes des Avis Techniques cités en Annexe 2 du présent Avis.

Formules utiles pour les calculs de dimensionnement

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

$$M_{ru} = A_s \cdot \left(\frac{f_e}{1,15}\right) \cdot d \cdot \left[1 - \frac{0,5 \cdot A_s \cdot \left(\frac{f_e}{1,15}\right)}{\chi \cdot d \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{f_{cl}}{1,5}\right)} \right]$$
$$= 0,87 \cdot A_s \cdot f_e \cdot d \cdot \left[1 - \frac{0,767 \cdot A_s \cdot f_e}{\chi \cdot d \cdot f_{cl}} \right]$$

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 lors qu'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 œuvre ;

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

15,7 MPa pour ces montages avec poutrelles jumelées ;

17 MPa pour ces montages avec poutrelles triplées ;

15 MPa pour les montages avec entrevous porteurs en terre cuite à table de compression incorporée et poutrelles simples ;

16,7 MPa pour ces montages avec poutrelles jumelées ; 17,8 MPa pour ces montages avec poutrelles triplées.

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

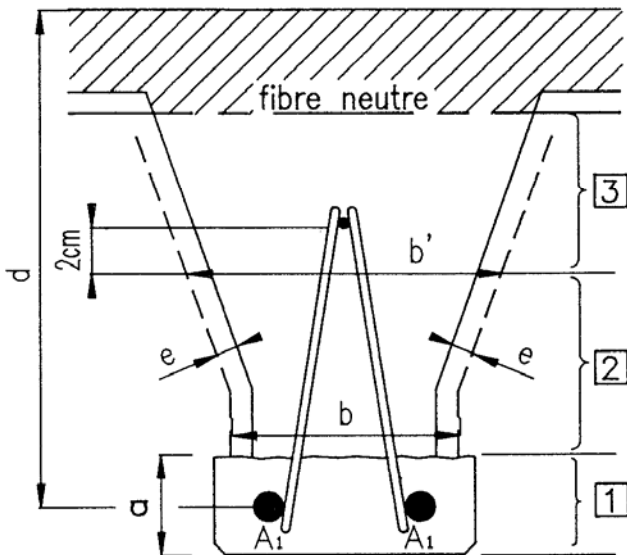
- Les efforts tranchants résistants des planchers à l'état limite ultime sont calculés conformément aux prescriptions de l'article I.A.308 du CPT " PLANCHERS " révisé.

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.

Cas1 – poutrelle de base sans renforcement d'effort tranchant



Zones	Vérfications à effectuer
3	$V_{bu} = \tau_{bu} b' d$
2	$V_{du} = (G + 0,3f_{tj} b) d$
Surface de reprise	$V_{cu} = C d$
1	Aucune vérification en l'absence de renfort A_r

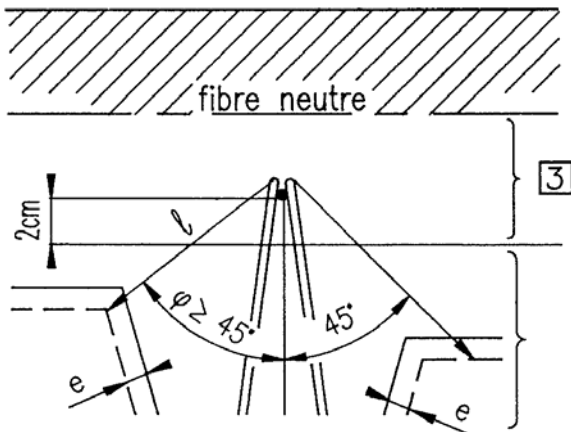
$e = 1\text{cm}$ pour les parois d'entrevous alvéolés en béton ou en terre cuite

$e = 3\text{cm}$ pour les parois d'entrevous pleins en béton (plaques négatives, par ex.)

$e = 0$ dans les autres cas (entrevous PSE, par ex.)

$$\left. \begin{array}{l} \tau_{bu} = 0,75 \text{ MPa} \\ 0,3f_{tj} = 0,63 \text{ MPa} \end{array} \right\} \text{ pour un béton de } f_{c28} = 25\text{MPa}$$

Cas 1.1.– Cas particulier:treillis de la poutrelle ancré dans la dalle

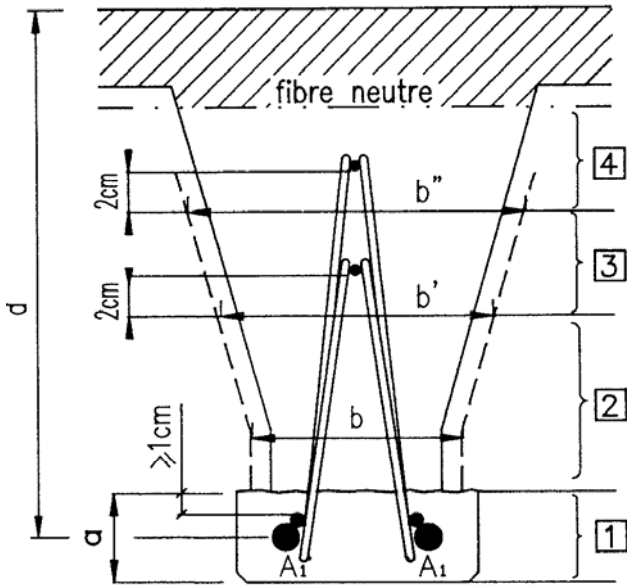


La vérification en zone 3 devient:

Zone	Vérfication à effectuer
3	$V_{bu} = \tau_{bu} l d$

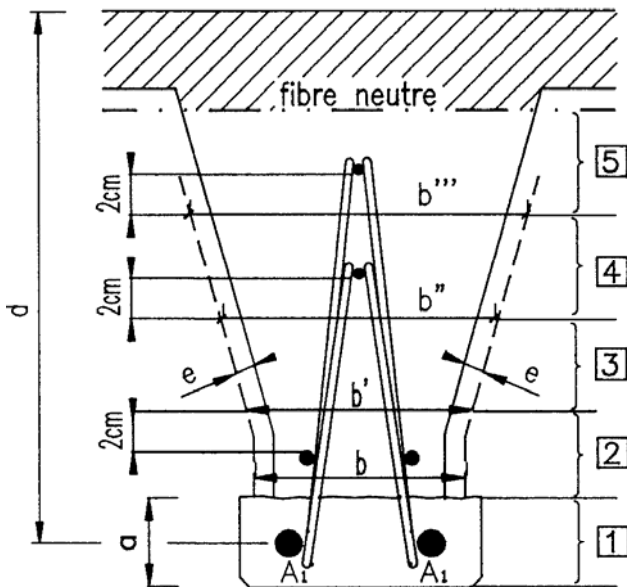
l étant la ligne de moindre résistance atteignant les angles supérieurs des entrevous tant que l'angle $\phi \geq 45^\circ$

Cas2 – Poutrelle de base avec treillis superposé ancré dans le talon



Zones	Vérfications à effectuer
4	$V_{bu} = \tau_{bu} b'' d$ ou $V_{bu} = \tau_{bu} \ell d$ 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	$V_{cu_{(1+2)}} = (C_1 + C_2) d$
1	Sans clips: $V_{au} = 2\alpha \tau_{bu} D 0,9d$ $D = \frac{1}{K} = \frac{G_1 + G_2}{G_2}$ Avec clips (Cas 1.2): $V_{au} = \frac{2A f_e}{1,15 S_t} D 0,9d$

Cas3 – poutrelle de base avec treillis superposé posé sur le talon



Zones	Vérfications à effectuer
5	$V_{bu} = \tau_{bu} b''' d$ ou $V_{bu} = \tau_{bu} \ell d$ 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	$V_{cu_1} = C_1 d$
1	Aucune vérification

ANNEXE N° 2

Liste des Avis Techniques où une utilisation en montages PSI est permise

N° d'Avis Technique	Noms des procédés	Titulaires	Date de validité
3/02-383	FILIGRANE	Sté PANTZ	30/03/2010
3/07-529	ACOR	Sté AFBA	31/07/2013
3/04-432	KAISER KT 800	BADISCHE DRAHTWERKE GmbH	31/12/2010
3/09-629	CALFER	LIB INDUSTRIES	31/10/2016
3/09-640	DIBAT	Sté. INTERSIG	31/12/2016
3/09-641	RAID	FABEMI PROVENCE	31/12/2014

ANNEXE 3

DÉFINITION DES CONTRÔLES DE FABRICATION DES POUTRELLES

A BASE PREENROBEE EN MOUSSE DE POLYURÉTHANNE

Les présentes prescriptions de contrôle concernent la fabrication et le stockage des éléments spécifiques du procédé - poutrelles et panneaux, comportant des composants en mousse de polyuréthane.

Les contrôles doivent être exercés sur :

- 1.0 - Matériaux,
- 2.0 - Milieu de travail
- 3.0 - Mise en œuvre,

1. Matériaux

1.1 Polyuréthane

La mousse de polyuréthane rigide utilisée dans le procédé a une densité choisie entre 35 et 50 kg/m³ pour le talon ou pour le remplissage des rainures.

Les composants nécessaires à la fabrication des mousses doivent être livrés conformément au Cahier des Charges établi par l'applicateur précisant :

- la masse volumique visée,
- la réactivité compatible avec la technique de moussage.

L'ignifugation des mélanges de moussage n'est pas acceptée.

Le fournisseur doit accompagner les livraisons des composants par des fiches techniques contenant :

- pour le polyol :
 - le nom commercial (ISOROB PR 054)
 - la viscosité,
 - la nature du catalyseur
 - la nature de l'agent d'expansion
 - l'indice d'OH,
 - la date de fabrication.
- pour le polyisocyanate
 - le nom commercial (isothanne 13.20)
 - la viscosité,
 - l'indice de NCO,
 - la date de fabrication.

Le ratio pondéral du mélange des deux composants assure les conditions de moussage et les caractéristiques demandées par l'application dans le Cahier des Charges transmis au fournisseur. (Le ratio doit servir au tarage des débits des pompes de la machine de moussage).

1.2 Conditions de stockage

Les fûts doivent être stockés fermés hermétiquement dans un local ventilé dont la température est comprise entre + 10°C et + 35°C.

Il faut éviter strictement les pollutions par l'eau ou par un composé quelconque.

Il ne faut pas employer un fût de polyisocyanate s'il présente à la surface un début de cristallisation.

2. Le milieu du travail

La mousse de polyuréthane des éléments composites, doit être fabriquée dans les conditions de température et d'humidité suivantes :

- température comprise entre 10 et 35°C,
- humidité inférieure à 70 %.

Le lieu de travail doit être un espace fermé et équipé des installations nécessaires pour tenir en permanence la température et l'humidité dans les limites prescrites.

3. La mise en oeuvre

3.1 Les armatures métalliques

Les poutrelles doivent être retirées des aires de stockage extérieures et gardées à l'intérieur de la halle de fabrication le temps nécessaire pour :

- un séchage complet,
- prendre la température du milieu ambiant.

La température et le séchage des armatures doivent être contrôlés avant le moussage.

Les armatures doivent être calées dans les moules en polyuréthane préformé, pour assurer l'enrobage prévu dans les plans d'exécution.

3.2 La mousse de polyuréthane

La mousse de polyuréthane doit être fabriquée avec des machines munies de têtes de mélange en alimentation continue, les constituants A et B étant pompé dans des cuves régulées à une température comprise entre 18 et 22°C.

3.21 Contrôles

Le tarage des machines, c'est à dire le réglage des débits des pompes, doit être conformes aux prescriptions du fournisseur, (ratio pondéral entre les deux constituants).

La réactivité est contrôlée par les mesures suivantes :

- temps de crème,
- temps de fil,
- temps de fin de montée.

La densité en expansion libre est mesurée à coeur de l'échantillon ayant satisfait au contrôle de réactivité.

L'homogénéité du mélange et la cellularité sont contrôlées sur le même échantillon.

Ces contrôles sont journaliers et exécutés à chaque chargement de la machine. Les temps de réactivité et la densité doivent être compris dans les limites indiquées par le fournisseur.

La taille des cellules doit être conforme à celle d'un échantillon témoin, elle doit être homogène, il ne doit pas y avoir de traits de mélange.

3.3 La poutrelle finie

Après le moussage, les poutrelles doivent être stockées dans la halle de fabrication jusqu'à refroidissement de la mousse au niveau de la température ambiante.

Un contrôle de l'adhérence de la mousse sur les armatures doit être réalisé.

4. Mise en route - Tenue de registres

Les résultats des mesures, les diverses observations et les incidents éventuels doivent être notés chaque jour de fabrication dans des registres ouverts à cet effet.

La mise en route de la production industrielle contrôlée a fait l'objet d'une visite initiale d'assistance par l'ingénieur du CSTB, du service MATERIAUX.

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

0. Classe du système

Plancher nervuré à table de compression en béton armé et nervures armées par des armatures industrielles en treillis métallique soudé dont les armatures de base sont protégées par un matériau plastique alvéolaire.

1. Définition des matériaux

1.1 Armatures des nervures

Armatures industrielles en treillis métallique soudé à double nappe de treillis WARREN, fournies par un titulaire d'Avis Technique de procédé de plancher utilisant ces armatures en poutrelles. Leur liste est donnée en annexe 2 de l'Avis Technique.

1.2 Mousse de polyuréthane de masse volumique 35 à 50 kg/m³

Les composants sont un isocyanate de référence « isothane 13.20 » et un polyether-polyol fournis par la sté URANIE Internationale (GHLN Belgique) et comportant l'agent d'expansion.

Ces composants sont garantis ne contenir ni produire de CFC.

1.3 Mortier hydraulique

(Ex : SIKATOP 111, Saint-Gobain Weber et Broutin, Leandre et Vincent)

Livré en mélange prédosé, il suffit de lui ajouter l'eau de gâchage.

1.4 Bac de coffrage

En tôle galvanisée pliée, fourni notamment par PAB ; épaisseur : 50 à 63/100 mm.

1.5 Coffrage ou semelle en terre cuite

Fourni par une tuilerie-briqueterie (Marchat, notamment).

1.6 Armatures complémentaires

- Treillis soudés pour la table de compression
- Aciers HA pour chaînages et zones particulières de plancher (chevêtres, balcons, etc...).

1.7 Béton coulé en œuvre

Béton de sable et de granulats courants présentant des caractéristiques de durabilité identiques à celles exigées pour le béton courant de chantier (NF EN 206-1). Sa résistance caractéristique à la compression à 28 jours est supérieure ou égale à 25 MPa.

2. Description des éléments

2.1 Poutrelles

La particularité de la poutrelle consiste dans la nature de son talon, dont les modalités de réalisation sont les suivantes :

- talon homogène en polyuréthane moussé (expansion libre) directement autour des armatures inférieures, dans un coffrage perdu en tôle ou en terre cuite.
- talon composite réalisé en deux étapes : dans un composant de talon préfabriqué en mousse de polyuréthane, deux rainures parallèles aménagées dans la face supérieure du talon reçoivent les armatures inférieures longitudinales qui sont liées au talon par moulage de polyuréthane dans les rainures, autour des armatures.

2.2 Entrevous

Les entrevous, provenant de productions certifiées, peuvent être :

- en polystyrène expansé, de hauteurs variant de 12 à 25 cm ;
- en bois moulé (exemple de l'entrevous EBM de la société AFBA)
- en béton ou en terre cuite, surmontés ou non de rehausses en PSE.
- en "plaques négatives" en terre cuite.

2.3 Identification

Chaque poutrelle est munie d'un marquage sur les deux faces latérales qui indique l'identification du système de plancher, le type de produit, la longueur du talon, le repère sur le plan de pose, et le diamètre principal de la poutrelle.

Exemple : ISOLTOP PSI 45 AB D10

De plus, un marquage mécanique en sous face de la poutrelle indique l'usine de fabrication (exemple : PSI 1).

3. Fabrication

Les armatures industrielles (poutrelles) proviennent des usines sous certification NF. La mise en œuvre des parties du talon en mousse de polyuréthane (talon homogène, composite, ou enrobage des armatures), se fait en usine dans des conditions de température et d'humidité contrôlées.

4. Mise en œuvre

Dans tous les cas de figure, l'entreprise exécutante, le maître d'ouvrage ou ses représentants doivent s'assurer que les ouvrages de maçonnerie servants de supports au plancher fourni par Isoltop sont sains et capable supporter la charge.

La mise en œuvre du plancher doit respecter les étapes suivantes :

- Les poutrelles sont mises en place suivant les prescriptions du plan de préconisation de pose établi spécialement pour le chantier en fonction de la géométrie et des contraintes de charges appliquées. Généralement simple ou jumelées, les poutrelles sont parfois regroupées en nombre supérieur afin de traiter des points particuliers (reprise de charge localisées, chevêtre de trémies...). L'entraxe prévu pour les poutrelles (généralement 60 cm) est assuré par la pose d'un entrevous à chaque extrémité.
- Les files d'étais éventuelles en travée sont ensuite amenées au contact des poutrelles. La mise en œuvre du plancher peut être réalisée sans étai, avec une file centrale d'étais, ou avec plusieurs files d'étais régulièrement espacées. Le plan de pose indique la disposition retenue pour chaque travée. Les étais sont réglés sans contre flèche sous un bastaing. Le niveau supérieur du bastaing d'étaie doit correspondre à celui de l'arase de pose sur maçonnerie.
- L'étaie sous des entrevous à languette nécessite des précautions particulières :
 - Les lisses d'étaie doivent présenter une largeur suffisante pour ne pas altérer les languettes.
 - L'étaie est légèrement relevé pour rattraper le jeu entre la sous-face de la poutrelle et la partie supérieure de la languette.
- Les poutrelles une fois étayées peuvent accueillir le reste des entrevous qui doivent être suffisamment serré entre les poutrelles.
- Après la pose des entrevous, il est procédé à la mise en place des ferrailages complémentaires : armatures en chapeaux, renfort, chaînages et équerres, treillis soudé de la dalle.
- Le bétonnage des nervures, de la dalle de compression et des chaînages s'effectue en une seule opération. L'épaisseur minimale de la dalle de répartition rapportée est de 4 cm au dessus des entrevous résistants (en béton ou en terre cuite), des entrevous EBM (épaisseur possible grâce à la présence de nervures), 5 cm au dessus des autres entrevous.

4.2 Réalisation des porte-à-faux

Les zones en porte-à-faux (balcons, auvents) sont réalisés en béton coulé en œuvre. Leur réalisation est possible autant en direction parallèle que perpendiculaire aux poutrelles.

Les porte-à-faux sont équilibrés par des zones de plancher renforcées avec une dalle épaisse coulée à la place des entrevous sur une plaque en matière plastique alvéolaire ayant au minimum 5 cm d'épaisseur accrochée au béton par des suspentes métalliques galvanisées, et placée entre les talons des poutrelles sur un coffrage.

4.3 Ouvertures dans le plancher

Les chevêtres et trémies sont réalisés en béton armé coulé en œuvre suivant les méthodes habituelles.

4.4 Revêtements de sols et plafonds

Les planchers peuvent recevoir l'application de revêtements de sol de toute nature.

Plafonds

- Plaque de plâtre ou plafond rapporté
 - Le procédé permet de suspendre des plafonds rapportés par l'intermédiaire de suspentes directement fixées dans la gaine en tôle des poutrelles.
 - Dans le cas de plancher à sous face plane (flèche < à 0,1 %), les plafonds peuvent être réalisés en plaques de plâtre fixées directement dans le talon en tôle.
- Plâtre projeté ou taloché

Il est possible de réaliser une finition en plâtre projeté, quelque soit le type d'entrevous, en interposant entre la sous face du plancher et le plâtre un latis métallique accroché aux poutrelles par l'intermédiaire de suspente métallique.

4.5 Complément acoustique

Les plafonds PLACOSTIL et TASSOFLOTTANT TRIPLITO, constitués de 45 mm de fibres de verre ou de roche et 15 mm de plaque de plâtre, apportent une amélioration de l'isolation aux bruits aériens d'environ 15 dB(A).

L'isolation aux bruits d'impact peut être améliorée par un revêtement de sol d'indice (>15), par la présence d'une dalle flottante ou par la présence d'un plafond rapporté.

4.6 Sous toiture

Le plancher PSI peut-être utilisé comme support de couverture en tuiles, en toiture à faible pente. Seul le béton des nervures est coulé, entre entrevous, aucune dalle ne surmontant les entrevous. Les nervures sont soit dans le sens de la ligne de pente du toit pour supporter directement les liteaux supports des tuiles, qui leur sont perpendiculaires, soit perpendiculaires à la ligne de pente avec interposition de chevron pour supporter les liteaux.

4.7 Ajustement de la taille d'une poutrelle :

La recoupe des poutrelles Isotop se fait à l'aide d'une disqueuse :

- Découper le talon métallique à la longueur souhaitée (sans atteindre le fer).
- Retirer le morceau de talon ainsi coupé.
- Recouper le raidisseur de la poutrelle afin qu'ils dépassent de 5 cm du talon.
- Nettoyer les armatures du polyuréthane à l'aide d'une brosse métallique.

Les aciers doivent toujours dépasser de 5 cm du talon de la poutrelle.

4.8 Appui et ancrage des poutrelles

L'appui et l'ancrage de la poutrelle doit être conforme à l'article 309 du CPT Plancher Titre 1 Version 96.

Compte tenu de la conception des poutrelles P.S.I, à savoir que les aciers inférieurs ne sont pas enrobés dans du béton mais dans une mousse polyuréthane, l'effort tranchant ancré en phase définitive doit être calculé en ignorant l'ancrage de ces armatures sur la partie du talon reposant sur l'appui. Par ailleurs, l'ancrage est calculé en prenant en compte la présence systématique d'un nœud du treillis au dessus de l'appui, conformément à l'article 309.12 du CPT Plancher Titre I.

Si nécessaire, il est possible de renforcer l'ancrage en disposant à chaque extrémité de poutrelle des armatures complémentaires.

B. Références

Depuis la formulation du précédent Avis 3/04-419, plus de 250 000 mètres de poutrelles PSI ont été mis en œuvre.

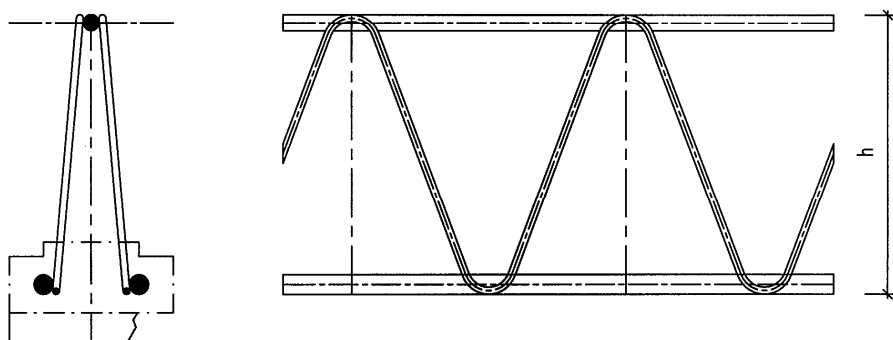
Tableaux et figures du Dossier Technique

Tableau 1 - Tableau récapitulatif des montages de plancher

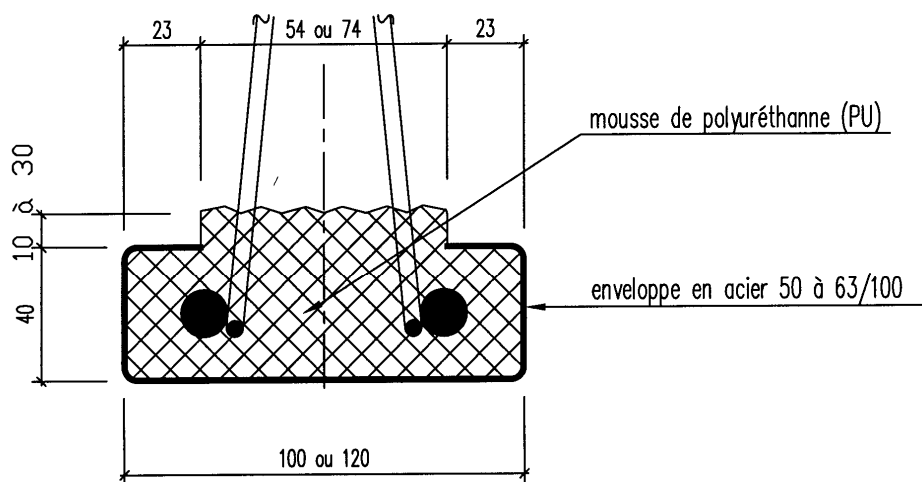
Liste des montages les plus courants (non limitatif)

Type de planchers	Entraxes	Epaisseurs	Poids mort
		Entrevous + (réhausse) + béton	(daN/m ²)
Poutrelle PSI et entrevous polystyrène	60	12+5	148
		15+5	158
		20+5	176
		25+5	193
Poutrelle PSI et entrevous bois EBM	60	13+5	177
		16+5	197
		16+(4)+5	216
		16+(9)+5	241
Poutrelle PSI et entrevous béton à bord droit	60	8+8	284
		12+4	225
		16+4	264
		20+4	302
Poutrelle PSI et plaque négative 8 cm (loi de masse)	60	8+8	284
		8+10	330
		8+12	376
		8+14	422

ARMATURE METALLIQUE
à double treillis métallique WARREN soudé



COUPES TRANSVERSALES
poutrelle à talon en PU
-avec enveloppe en acier



Montage Entrevous Polystyrène



Montage Entrevous Bois



Montage Entrevous Béton



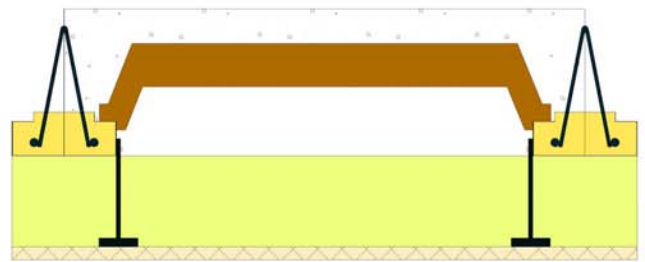
Montage Entrevous Bois + plafond plâtre



Loi de masse Béton



Plancher avec plafond Phonique



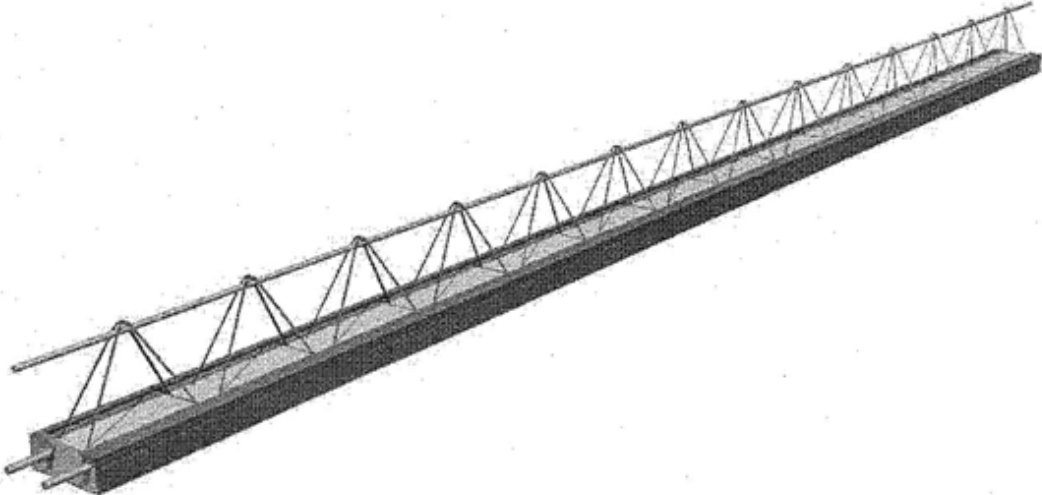
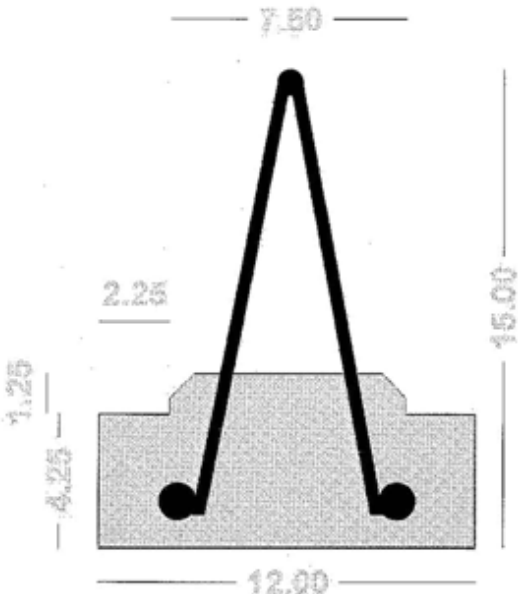
Montage Entrevous PSE avec languette



**Montage Hourdis Béton
+ dalle flottante PSE**

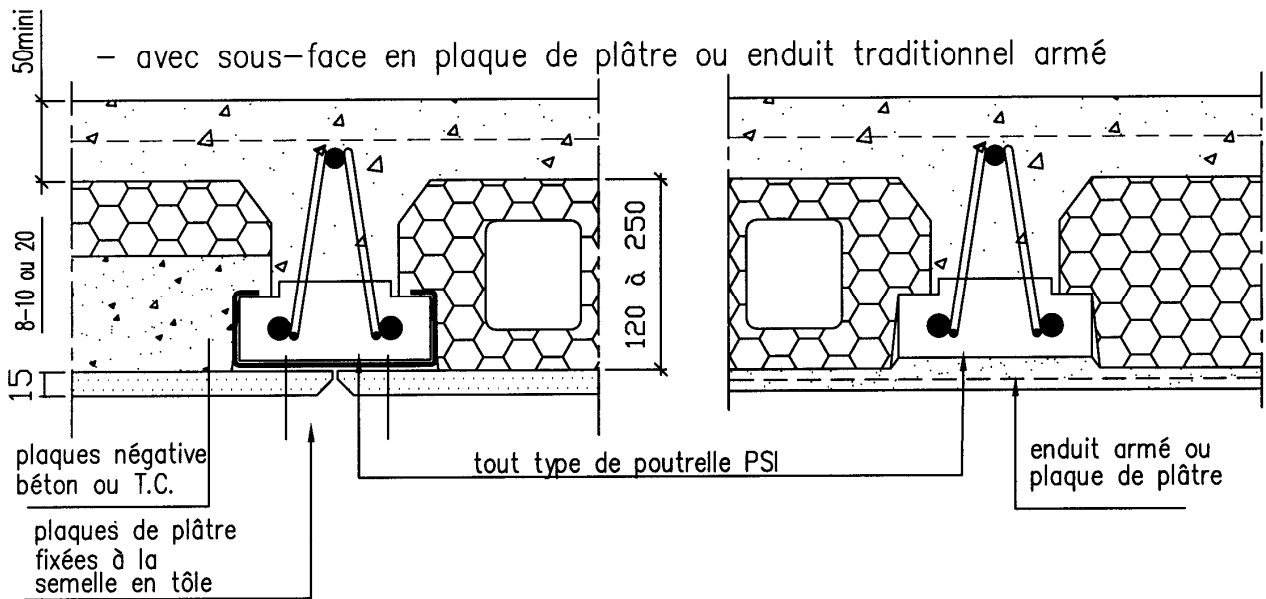


Poutrelle PSI

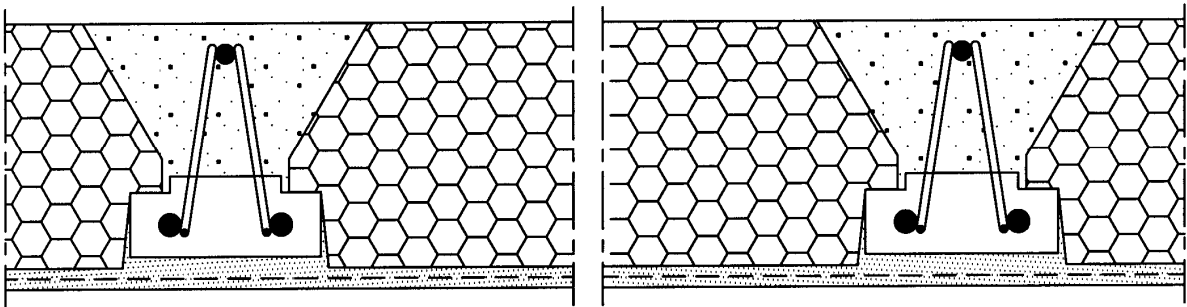


EXEMPLES DE MONTAGE

poutrelles PSI + entrevous PSE pleins ou alvéolés
mais certifiés CSTBât ou plaques
négatives en béton, ou en terre cuite avec rehausse en PSE

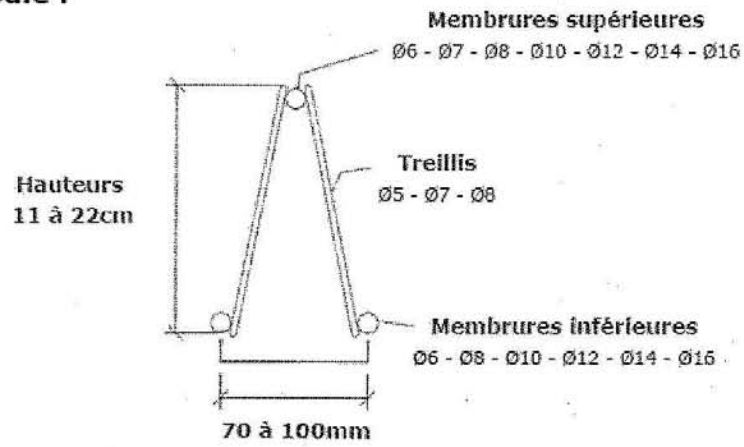


Exemple de montage de sous-toiture

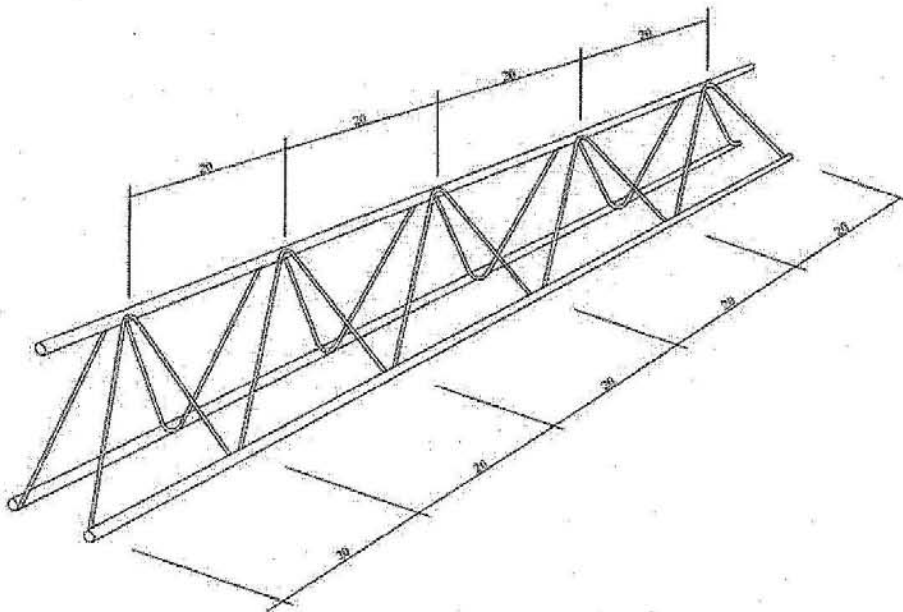
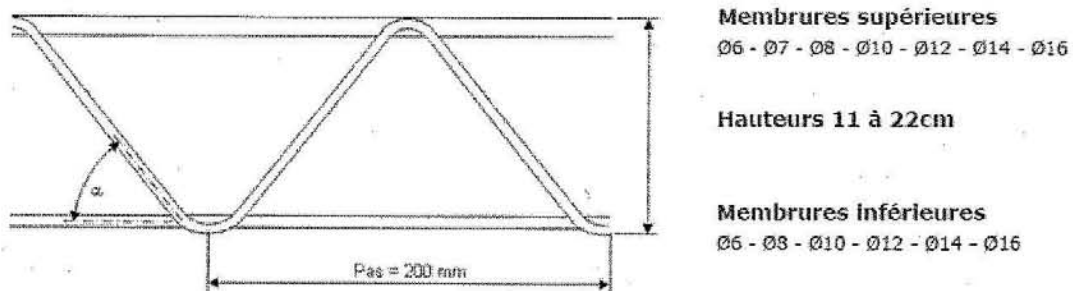


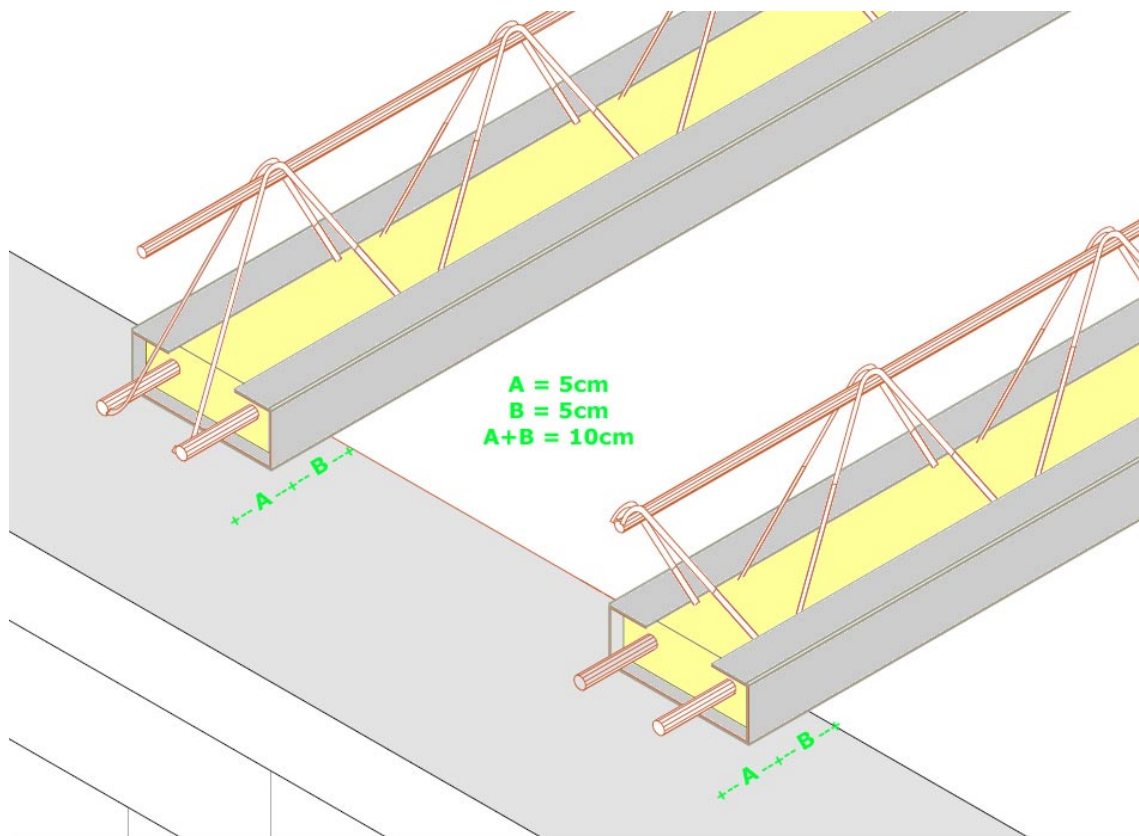
Armature métallique à double treillis métallique soudé

Coupe transversale :



Coupe longitudinale :





Ancrage des poutrelles / Montage le plus courant

**L'appui et l'ancrage de la poutrelle doit être conforme à l'article 309.21
du CPT Plancher Titre 1 Version 96.**