Avis Technique 3/09-629

Annule et remplace l'Avis Technique 3/02-382

Plancher
Floor
Fußboden

Ne peuvent se prévaloir du présent Avis Technique que les productions certifiées, marque NF

Poutrelles treillis métallique CALFER

Titulaire : LIB INDUSTRIES
Vers Pont du Gard
Boite postale n° 3
30210 REMOULINS

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

Groupe Spécialisé n°3

Structure, Planchers et autres Composants structuraux

Vu pour enregistrement le 7 juin 2010

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

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB. Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site internet du CSTB (http://www.cstb.fr)
© CSTB 2010

Le Groupe Spécialisé n° 3 "STRUCTURES, PLANCHERS ET AUTRES COMPOSANTS STRUCTURAUX" a examiné, le 27 octobre 2009, le procédé de plancher CALFER , fabriqué et exploité par la Société LIB INDUSTRIES. Il a formulé l'Avis Technique ci-après qui révise l'Avis Technique 3/02-382. L'Avis Technique formulé n'est valable que si la certification visée dans le Dossier Technique, basée sur un suivi annuel et un contrôle extérieur, est effective.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Plancher nervuré en béton armé, à poutrelles légères en treillis métallique soudé, à base préenrobée, avec entrevous en béton ou tout autre entrevous coffrant (polymère, composite, polystyrène) et dalle de compression complète coulée en oeuvre, ou incorporée. Les poutrelles existent en hauteur 12-16 et 20 cm.

Plancher dalle pleine confectionné à partir de prédalles avec raidisseurs métalliques.

Finitions revêtements de sol : tous les revêtements de sol, sur chape de surfaçage dans le cas des montages à entrevous porteurs.

Plafonds : enduit plâtre traditionnel sous les planchers à poutrelles, peinture en sous-face des prédalles, fixation plaque de plâtre.

1.2 Identification des composants

Par empreinte au tampon encreur sur les côtés verticaux lisses des talons de poutrelles et des prédalles.

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 " (1), 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 NF délivrée par l'AFCAB ; il en résulte que tout nouveau centre de production de ces treillis métalliques, outre que l'usine de Remoulins déjà titulaire d'un certificat, doit demander une telle certification.
- Les entrevous à base de matière plastique alvéolaire, dans le cas des montages à entrevous de ce type, sont certifiés CSTBat ;

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.

Pour l'utilisation, dans les tables coulées en œuvre, 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).

2.1 Domaine d'emploi accepté

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

Le domaine d'emploi accepté est celui défini au § 4 des Généralités du titre I du CPT "PLANCHERS" pour les planchers à poutrelles et au § 3 des Généralités du titre II de ce CPT pour les planchers à prédalles, domaine englobant les utilisations courantes telles les planchers sur vides sanitaires, hauts de caves et sous-sols, étages courants, planchers-terrasses, planchers de combles, utilisés en maisons individuelles, immeubles collectifs, groupes scolaires, bâtiments hospitaliers, bureaux, commerces etc... 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 : ces utilisations nécessitent des études cas par cas.

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 des dispositions constructives prescrites au CPTP (§ 2.32). 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'existant 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 des degrés CF minimaux des montages de plancher à poutrelles :

- 1/2 heure dans le cas des entrevous porteurs TCI ou de coffrage résistants en béton sans enduit plâtre en sous-face ;
- 1 heure 30 dans le cas des montages à entrevous porteurs TCI ou de coffrage résistants en béton et munis en sous-face d'un enduit plâtre d'au moins 13 mm d'épaisseur.

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.

Pour les prédalles, les Règles FB (norme-DTU P 92-701) permet d'estimer le degré coupe-feu en fonction de la distance d'enrobage des armatures.

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 à 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.

Pour les planchers à poutrelles avec entrevous en polystyrène expansé :

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-àdire 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 1ère famille.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Elle peut être normalement assurée dans la mesure où, pour les planchers à poutrelles, les entrevous présentent la résistance suffisante à l'essai de poinçonnement flexion, si les distances entre étais à la pose des poutrelles et prédalles ne dépassent pas celles indiquées au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (cf. 2.33 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.

Isolation acoustique

Sans plafond rapporté et avec ou sans enduit en sous-face, les planchers à poutrelles et entrevous alvéolés procurent une isolation acoustique 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 ».

Par contre les planchers munis de plafonds suspendus peuvent se comporter plus ou moins en double paroi, selon la raideur des suspentes et, seuls, des essais permettraient d'apprécier l'isolation acoustique de l'ensemble.

Les planchers à prédalles sont des dalles pleines pour lesquelles la "loi de masse" s'applique.

Isolation thermique

Ce plancher associé aux entrevous en béton ne peut participer que dans une faible mesure à l'isolation thermique (voir art.I.A 115 du CPT « planchers »).

Selon les montages, la résistance thermique reste comprise entre les limites suivantes :

$$0{,}08 < R < 0{,}50 \ m^2 °C/W$$

Concernant les montages de planchers à entrevous en polystyrène expansé, ces derniers présentent de par leur conception une isolation thermique renforcée pour permettre de satisfaire 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 $U_{bât}$ (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 à l'article II.A.203 du même CPT pour les prédalles.

Etanchéité entre locaux superposés

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

Finitions

Possibilité d'appliquer tous les types de revêtements de sol, éventuellement 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 normale pour les montages à poutrelles et entrevous. Le procédé permet aussi de suspendre des plafonds rapportés.

Les sous-faces des prédalles sont peintes après rebouchage des joints.

Utilisation en parking et terrasse

Possibilité de supporter des étanchéités en satisfaisant aux conditions définies dans la norme NF P 10-303-1 (référence DTU n° 20-12), même pour les montages à poutrelles sans dalle rapportée (montages utilisant des entrevous porteurs).

Utilisation en sous-toiture

Possibilité pour les planchers à poutrelles de supporter une couverture (cf. Art.I.A.110,4 du CPT "PLANCHERS").

2.22 Durabilité - Entretien

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

2.23 Fabrication et contrôle

La fabrication de l'armature métallique en treillis est effectuée en usine fixe. La fabrication de l'armature métallique en treillis fait l'objet d'un autocontrôle, sanctionné par une certification NF délivrée par l'AFCAB. Les armatures métalliques bénéficiant d'une certification valide sont identifiables par la présence du logo CSTBat suivi du numéro de marquage déposé sur des étiquettes dont elles sont munies.

La fabrication des poutrelles, par préenrobage de la partie basse de l'armature après ajout éventuel des armatures de renfort, et celle des prédalles est effectuée par des concessionnaires.

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 œuvre

Effectuée par des entreprises autres que le titulaire et les usines productrices des éléments, elle ne présente pas de difficultés particulières à condition que soit fourni un plan de pose complet et que les poutrelles soient bien repérées.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques Particulières

Les planchers CALFER réalisés à partir de poutrelles en béton armé et entrevous ou de prédalles avec raidisseurs, doivent être fabriqués, calculés mis en oeuvre 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

2.311 Compte tenu de l'autocontrôle suivi exercé sur la résistance mécanique des aciers tréfilés et crantés par la société LIB INDUSTRIES ou par ses fournisseurs, ceux-ci sont classés comme suit :

- Treillis B 500 (MPa) pour ø 4,5 et 5 mm ;
- Aciers supérieurs B 500 (MPa) pour ø 7 et 11 mm;
- Aciers inférieurs principaux B 500 (MPa) pour ø 6, 7 et 8 mm
- Aciers de renfort B 500 (MPa) ø 6 – 12 et 14 mm

Les contrôles doivent être conformes aux prescriptions de l'annexe I du chapitre I.B.3 du CPT "PLANCHERS".

2.312 Pour les poutrelles et les raidisseurs de prédalles, les prescriptions de fabrication sont celles données au chapitre I.B.3 du CPT « Planchers » 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 fabricant doit être en mesure de garantir à 95% les valeurs suivantes de résistance des soudures en fonction des diamètres des aciers soudés, valeurs qu'il a déjà montré pouvoir garantir, et qui sont fixées par la limite élastique de l'acier constitutif du treillis.

		DIAGONALES	
Ø mm	**Type acier**	**Limite élastique MPa**	**Force disponible à la limite élastique (daN)**
4,5	B 500	500	795
5			982

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.

2.313 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.

Ce calage et la prescription sur un recouvrement minimal de 10 mm de béton de talon conduisent, compte tenu aussi des tolérances de positionnement des aciers, à limiter à ø 14 mm le diamètre des armatures de renfort dans un talon de 4 cm de hauteur.

2.314 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.

2.315 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.

2.316 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'auto contrôles sur leur fabrication et portant notamment sur :

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

2.32 Prescriptions de conception et de calcul

2.321 Planchers à poutrelles

Les prescriptions sont données aux Art.I.A.305 à 309 du CPT "PLANCHERS ". En particulier, les moments fléchissant sont calculés conformément aux Art.I.A.105-305-306 et annexe I du chapitre I.A.1.

Les déformations admissibles définies à l'article I.A.106,2 sont vérifiées conformément à l'article I.A.307.

Les efforts tranchants sont limités, conformément à l'article I.A.308, du CPT " PLANCHERS " :

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 œuvre, joignant par le plus court chemin la membrure supérieure de la poutrelle aux parois des entrevous, généralement les arêtes supérieures, à condition que l'angle des droites formant ce chemin, avec la verticale, ne soit pas inférieur à 45°. On évalue la valeur limite d'utilisation pour une contrainte ultime de cisaillement, égale à 0,75 MPa (pour un béton de fc28 = 25 MPa), le long de la ligne de moindre résistance.

L'application des prescriptions précédentes conduit aux formules de calcul indiquées dans l'Annexe " Valeurs d'utilisation " qui doivent être utilisées pour justifier le dimensionnement des planchers.

2.322 Prédalles

Il n'y a pas de prescriptions autres que celles du titre II révisé du CPT. En particulier, les moments fléchissant 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 Prescription de mise en œuvre

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

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

Concernant l'étaiement des poutrelles et des prédalles en phase de montage, les distances maximales entre une file d'étais médiane et les appuis ne doivent pas dépasser les valeurs déterminées par essais, données par les tableaux qui suivent ; au delà, deux files d'étais sont nécessaire. La pose sans étai, n'a pas été étudiée dans cet Avis Technique. Voir tableaux 1 et 2 à la fin de l'Avis.

Conclusions

Le présent Avis annule et remplace l'Avis Technique 3/02-382.

Appréciation globale

Tenant compte de la certification de l'armature métallique des poutrelles l'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

Validité

7 ans, jusqu'au 31 octobre 2016.

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

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

La présente révision intègre l'élargissement de l'utilisation du procédé aux entrevous polystyrène.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 3
Nicolas RUAUX

Tableau 1 – PLANCHERS A POUTRELLES : DISTANCES D'ETAIEMENT (en cm)

Type d'armature	Epaisseur talon (cm)	Membrure supérieure (∅ mm)	Treillis (∅ mm)	Distances maximales entre rangées d'étais Pour un poids propre des montages de (kN/m²)							
				1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
120	4,5	7	4,5	220	210	200	190	180	170	160	140
		11	5	265	255	245	235	225	215	205	195
160	4,5	11	5	300	280	270	245	215	190	170	150
200	4,5	11	5	285	270	240	210	180	155	135	125

Ces montages de planchers à poutrelles sont dimensionnés pour un entraxe de 60 cm et une file d'étai. Pour les montages dont les entraxes sont différents de 60 cm, les distances entre étais doivent être lues dans le tableau ci-dessus en corrigeant le poids mort du montage de la valeur entraxe(m)/0,60.

Tableau 2 – Distances d'étaiement des prédalles (cm) avec raidisseur CALFER 90 (∅7 supérieur – treillis ∅4,5)

Epaisseur Prédalle (cm)	Epaisseur Plancher (cm)	Ecartement des raidisseurs (cm)			
		80	70	60	50
4	12	175	185	195	205
	14	170	180	190	200
	16	160	170	180	190
	18	135	145	160	180
	20	120	135	150	165
	22	105	120	135	145
	24	95	110	120	130
6	12 et 14	215		220	
	16 et 18	210		215	
	20	205		210	
	22	200		205	
	24	195		200	

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 MPa

f_{t28} = 2,1 MPa (dans les formules d'effort tranchant, f_{tj} 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.

Pour le treillis en double nappe de type WARREN des armatures CALFER ces caractéristiques sont :

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

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

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

A_t : 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 données dans le tableau suivant, pour les différentes armatures CALFER.

Types d'armatures	Treillis ∅	Angles degré	Pas cm	F_s daN	C daN/cm	G daN/cm
120	4,5	54,00	20	719,13	116.35	90,40
	5,0	54,00	20	887,83	143,66	111,61
160	5,0	62,00	20	887,83	156,78	108,06
200	4,5	67,50	20	719,13	132,84	84,56

Formules utiles pour les calculs de dimensionnement

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

$$Mru = A_s \cdot \frac{f_e}{1{,}15} \cdot d \cdot \left[1 - \frac{0{,}5 \cdot A_s \cdot \frac{f_e}{1{,}15}}{X \cdot d \cdot \left(\frac{0{,}85 \cdot f_{cj}}{1{,}5}\right)}\right]$$

$$= 0{,}87 \cdot A_s \cdot f_e \cdot d \cdot \left(1 - \frac{0{,}767 \cdot A_s \cdot f_e}{X \cdot d \cdot f_{cj}}\right)$$

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

fe : limite d'élasticité des armatures (en général 520 MPa ou 500 MPa selon le diamètre des armatures, 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 œuvre ;

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

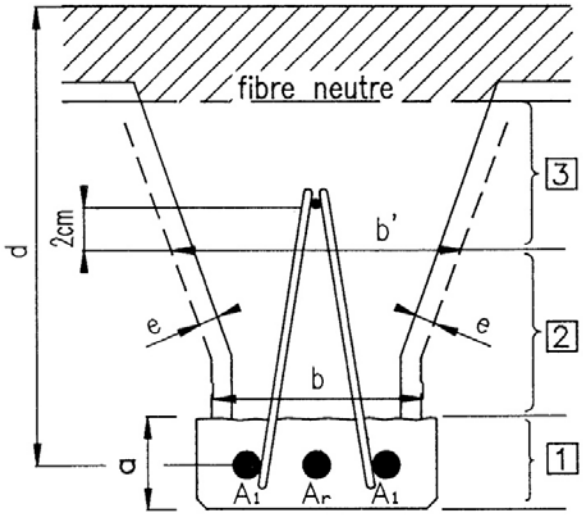
- Les déformations admissibles définies à l'article I.A.106,2 du CPT " PLANCHERS " sont vérifiées conformément à l'article I.A.207.
- Les efforts tranchants résistants des planchers à l'état limite ultime sont calculés conformément aux prescriptions de l'article I.A.308 du CPT " PLANCHERS " révisé (édition 1995).

  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 (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	Vérifications à effectuer
3	$V_{bu} = \tau_{bu}\, b'd$
2	$V_{du} = (G + 0{,}3 f_{tj}\, b)\, d$
Surface de reprise	$V_{cu} = C\, d$
1	$V_{au} = 2a\tau_{bu} \frac{\Sigma A}{A_r}\, 0{,}9d$ (si présence de renfort A_r Aucune vérification en l'absence de renfort A_r

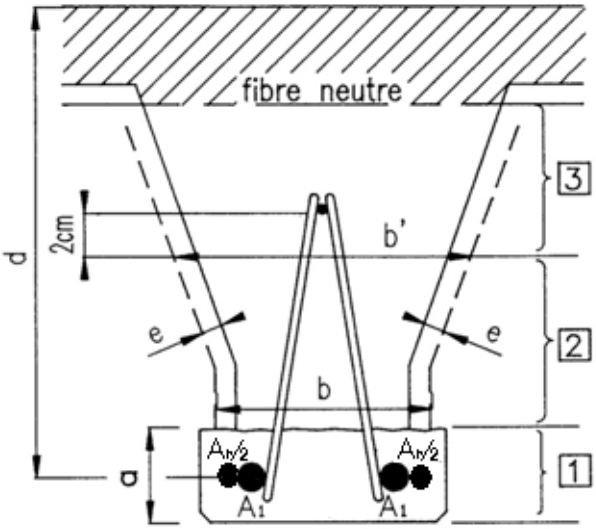
e= 1cm pour les parois d'entrevous alvéolés en béton ou en terre cuite

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

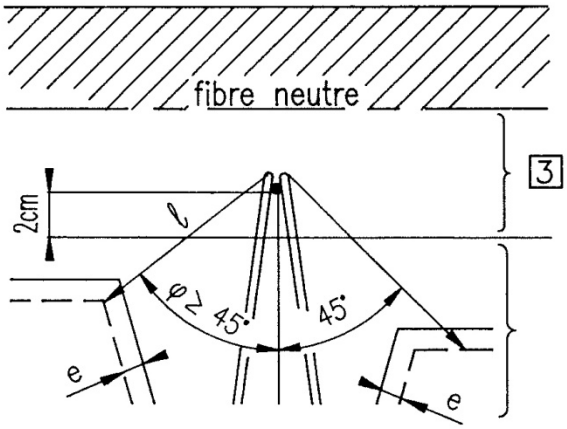
e= 0 dans les autres cas (entrevous PSE, par ex.)

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

Cas des armatures de renfort à l'extérieur de la poutrelle treillis :



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

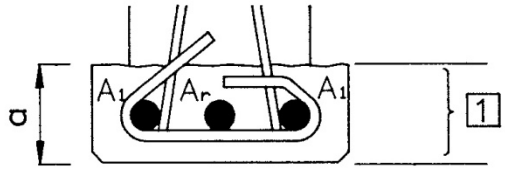


La vérification en zone $\boxed{3}$ devient:

Zone	Vérification à effectuer
$\boxed{3}$	$V_{bu} = \tau_{bu}\, l\, d$

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

Cas 1.2 – Cas particulier: talon muni de clips

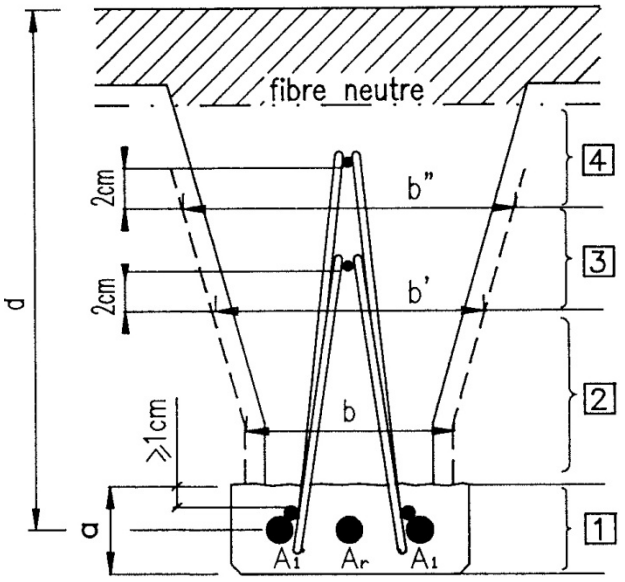


Clips de section A de limites élastique f_e espacés de S_t (pas du treillis)

La vérification en zone $\boxed{1}$ devient:

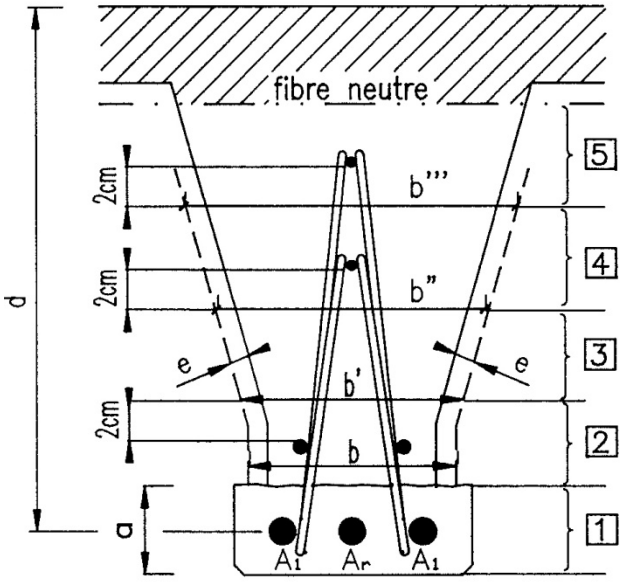
Zone	Vérification à effectuer
$\boxed{1}$	$V_{au} = \dfrac{2A\, f_e}{1{,}15 S_t} \dfrac{\Sigma A}{A_r}\, 0{,}9d$

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



Zones	Vérifications 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	$V_{du_2} = (G_2 + 0{,}3 f_{tj}\, b')d$
2	$V_{du\,(1+2)} = (G_1 + G_2 + 0{,}3 f_{tj}\, b)d$
Surface de reprise	$V_{cu(1+2)} = (C_1 + C_2)\, d$
1	Sans clips: $V_{au} = 2a\tau_{bu}\, D\, 0{,}9d$ D=+petit de $\begin{cases} \frac{1}{K} = \frac{G_1+G_2}{G_2} \\ \frac{\Sigma A}{A_r} \text{ en cas de présence de renfort } A_r \end{cases}$ Avec clips (Cas 1.2): $V_{au} = \frac{2A f_e}{1{,}15 S_t}\, D\, 0{,}9d$

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



Zones	Vérifications 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	$V_{du_2} = (G_2 + 0{,}3 f_{tj}\, b'')\, d$
3	$V_{du\,(1+2)} = (G_1 + G_2 + 0{,}3 f_{tj}\, b')d$
2	$V_{du_1} = (G_1 + 0{,}3 f_{tj}\, b)d$
Surface de reprise	$V_{cu_1} = C_1\, d$
1	Aucune vérification si aucun renforts A_r sinon, sans clips: $V_{au} = 2a\tau_{bu}\, \frac{\Sigma A}{A_r}\, 0{,}9d$ Avec clips (Cas 1.2): $V_{au} = \frac{2A f_e}{1{,}15 S_t}\, \frac{\Sigma A}{A_r}\, 0{,}9d$

Dossier Technique
établi par le demandeur

A. Description

0. Classe du système

Plancher nervuré en béton armé à poutrelles légères préfabriquées en treillis métallique soudé à base préenrobée, avec entrevous en béton soit de coffrage avec table de compression coulée en place, soit porteurs à table de compression incorporée.

Plancher dalle pleine confectionnée à partir de prédalles avec raidisseurs métalliques.

1. Définition des matériaux

1.1 Aciers

Diamètres :

Fils bas :

- armatures de base : 6 à 8 mm (B500 – 2 crantés par les fournisseurs ou tréfilés et crantés par l'usine)
- armatures complémentaires : 6 à 14 mm (B500 crantés par les fournisseurs ou tréfilés et crantés par l'usine).

Fil haut : armature supérieure : 7 ou 11 mm (B500 crantés par les fournisseurs ou tréfilés et crantés par l'usine).

Fils des diagonales : treillis : 4,5 ou 5 mm (lisses en B500 tréfilés l'usine).

Acier HA B500 certifié AFCAB pour le diamètre ∅ 14 utilisé en renfort.

1.2 Béton de sable et granulats

Béton de sable et de granulats lourds (cg ≤ 8 mm), dosé au minimum à 385 kg de ciment de la classe 52,5 par mètre cube de béton coulé sur place.

2. Descriptions des éléments

2.1 Armatures

Elles sont constituées d'acier ronds soudés crantés ou lisses. Elles présentent une structure en treillis double.

La membrure supérieure est un ∅ 7 ou un ∅ 11 cranté.

La membrure inférieure est formée de 2 aciers ∅ 6 à ∅ 8 crantés.

Deux aciers complémentaires peuvent être ajoutés en renfort dans le talon.

Les diagonales du treillis sont en acier ∅ 5 ou 4,5 tréfilés lisses, placés de part et d'autre de la membrure supérieure selon deux plans définis par cette membrure et l'un des aciers inférieures et soudés au pas de 20 cm.

Pour satisfaire aux efforts tranchants élevés, on peut emboîter l'une sur l'autre deux poutrelles métalliques, par superposition ou par insertion.

La partie inférieure est enrobée dans une semelle de béton de 4,5 x 12 cm formant appui pour les entrevous.

2.2 Fabrication des raidisseurs

Les fils d'acier doux sont approvisionnés de forges en couronnes.

Les fils sont déroulés, décalaminés, tréfilés, puis conditionnées en bobines tronçonnées.

Les raidisseurs sont produits par une machine entièrement automatique, sur laquelle toutes les soudures du treillis sont réalisées par points à l'aide de soudeuses électriques à résistance, avec contrôle électronique des temps de soudure.

En amont de la machine sont stockées, sur des dévidoirs, les bobines des différents diamètres de fil crantés ou lisses, nécessaires aux diverses configurations des raidisseurs.

Le dressage des aciers est réalisé dans un premier temps, par des redresseurs à cage tournante, puis affiné dans des redresseurs à galets.

Le formage en continu des aciers lisses constituant les deux sinusoïdes, est assuré par une zigzagueuse emboutisseuse, simultanément à l'avance des aciers bas, hauts et complémentaires.

Le soudage des divers composants des raidisseurs est effectué dans l'ordre suivant :

a) Soudage du ou des aciers complémentaires parallèlement et jointivement aux aciers bas (pour des aciers bas de diamètre égal ou supérieur à 8 mm, un « ajout » est placé entre l'acier bas et l'acier complémentaire perpendiculairement à ces deux derniers, afin de réaliser un soudage en croix assurant une soudure plus résistance).

b) Soudage au pas de 200 mm des deux sinusoïdes sur chacun des aciers bas.

c) Soudage au pas de 200 mm des deux sinusoïdes de part et d'autre de l'acier haut.

La phase de soudage terminée le raidisseur est coupé à la longueur préalablement programmée, puis conditionné après la mise en place automatique d'une étiquette comportant les caractéristiques des poutrelles.

Cette fabrication est effectuée à l'usine de LIB INDUSTRIES à Remoulins (Gard).

La confection du talon de préenrobage de la partie inférieure se fait avec un béton, de consistance plastique, coulé dans des moules métalliques ou élastomères de 12 cm x 4,5 cm. Les extrémités des talons sont coffrés par des taquets maintenant en place les membrures inférieures dépassant de la poutrelle de 5 à 10 cm à chaque extrémité (permettant ainsi de garantir l'enrobage de la membrure inférieure).

2.21 Caractéristiques des poutrelles

Elles sont données dans le tableau 1 en fin du Dossier Technique.

2.22 Renforcement des poutrelles à l'effort tranchant

Pour équilibrer des efforts tranchants sollicitant importants, il y a deux solutions :

- Soit par mise en place d'une armature de renfort posée sur le talon béton de la poutrelle ;
- Soit par superposition de deux armatures en treillis CALFER dont les bases sont enrobées dans le talon.

2.23 Identification des poutrelles

Les poutrelles CALFER sont identifiées par des étiquettes fixées au treillis. Cette étiquette comporte les caractéristiques des poutrelles et la référence à la certification NF.

2.3 Entrevous

Ce sont soit des entrevous de coffrage en béton de hauteur 8 à 30 cm, soit des entrevous porteurs TCI en béton de hauteur 10 à 20 cm soit des entrevous coffrant de hauteur 8 à 30 cm.

Il est aussi fabriqué une plaque négative pleine en béton de 6,5 cm de hauteur.

3. Mise en œuvre

Les poutrelles sont posées à l'entraxe selon la dimension de l'entrevous utilisé, assuré par la pose de celui-ci en rive (entrevous borgne).

L'étaiement est effectué par des files de bastaings dont l'écartement fixé dans le CPTP, est fonction du poids du montage.

Une nervure transversale (raidisseur) armée de 2 ∅ 10 est réservée tous les 2 m pour les montages sans table rapportée, son coffrage étant réalisé par les plaques pleines au fond et les entrevous borgnes en joue.

Les chapeaux sont placés au-dessus des appuis dans les parties hautes du plancher conformément au plan de pose.

Les poutrelles et les entrevous étant mis en place, on procède au coulage de la table de compression armée d'un treillis soudé. Pour les entrevous porteurs TCI, seule la nervure est remplie de béton coulé en œuvre.

Les poids des principaux montages sont donnés dans le tableau 3 en fin de Dossier.

Réalisation des chevêtres

Ils sont coffrés et coulés sur place, de manière traditionnelle.

Revêtement de sol

Le plancher peut recevoir n'importe quel type de revêtement de sol (après chape de surfaçage dans le cas des planchers sans dalle rapportée).

Plafonds

Enduits de plâtre, fixation de plaque de plâtre, ou brute de fabrication.

4. Variante : prédalles CALFER

Une armature métallique CALFER est utilisée en raidisseur de prédalles. Sa hauteur est de 9 cm, avec un acier supérieur ∅ 7 et un treillis ∅ 4.

Les prédalles ont une épaisseur de 4 à 6 cm et une largeur de 2,40 m. Elles sont armées d'un treillis soudé.

B. Résultats expérimentaux

Essais de chargement en flexion sous charges instantanées pour déterminer les distances entre étais.

- De poutrelles isolées posées sur trois appuis équidistant : essais exécutés en avril et mai 1990 au Centre de Recherche du CSTB (compte-rendu 29689).
- De prédalles posées sur trois appuis équidistants : essais exécutés en septembre 1990 au Centre de Recherche du CSTB (complément au compte-rendu 29689).

C. Référence

Depuis 1996, environ 6 millions de m^2 de plancher CALFER ont été mis en œuvre dans le domaine d'emploi proposé.

Tableaux et figures du Dossier Technique

Tableau 1 – Caractéristiques des poutrelles

Hauteur (mm)		Diamètres (mm)			Poids
Treillis	Hors tout poutrelle	Aciers de base	Diagonales	Acier supérieur	(daN/m)
120	140		∅ 4,5 ou ∅ 5	∅ 7 ou ∅ 11	12,2 à 12,8
160	180	2 ∅ 6 à 2 ∅ 8	∅ 5	∅ 11	12,5 à 13,1
200	220		∅ 5	∅ 11	13,0 à 13,6

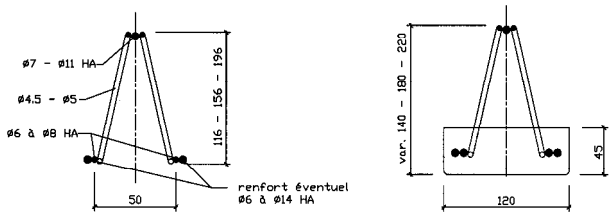
Tableau 2 –Modes de renforcement des montages

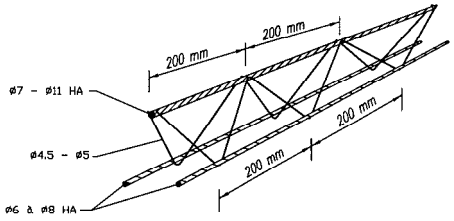
Montages	Poutrelles
8 + 8 12 + 4 16 + 0	CALFER 120 CALFER 160
16 + 4	CALFER 120 CALFER 160
20 + 0	CALFER 120 CALFER 160
20 + 4	CALFER 120 CALFER 160 CALFER 200
25 + 5	CALFER 120 CALFER 160 CALFER 200

Tableau 3 – Poids des principaux montages avec entrevous polystyrène et béton

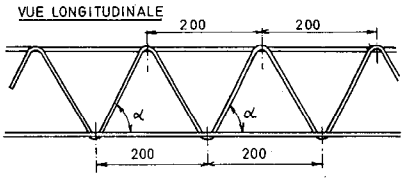
Montages (cm)	Entraxes (cm)	Poids (daN/m^2)
Polystyrène 12 + 5	60	160
Polystyrène 15 + 5	60	180
Polystyrène 20 + 5	60	195

Principe de la poutrelle préfabriquée CALFER avec semelle béton (toutes les associations de diamètres ne sont pas visées)

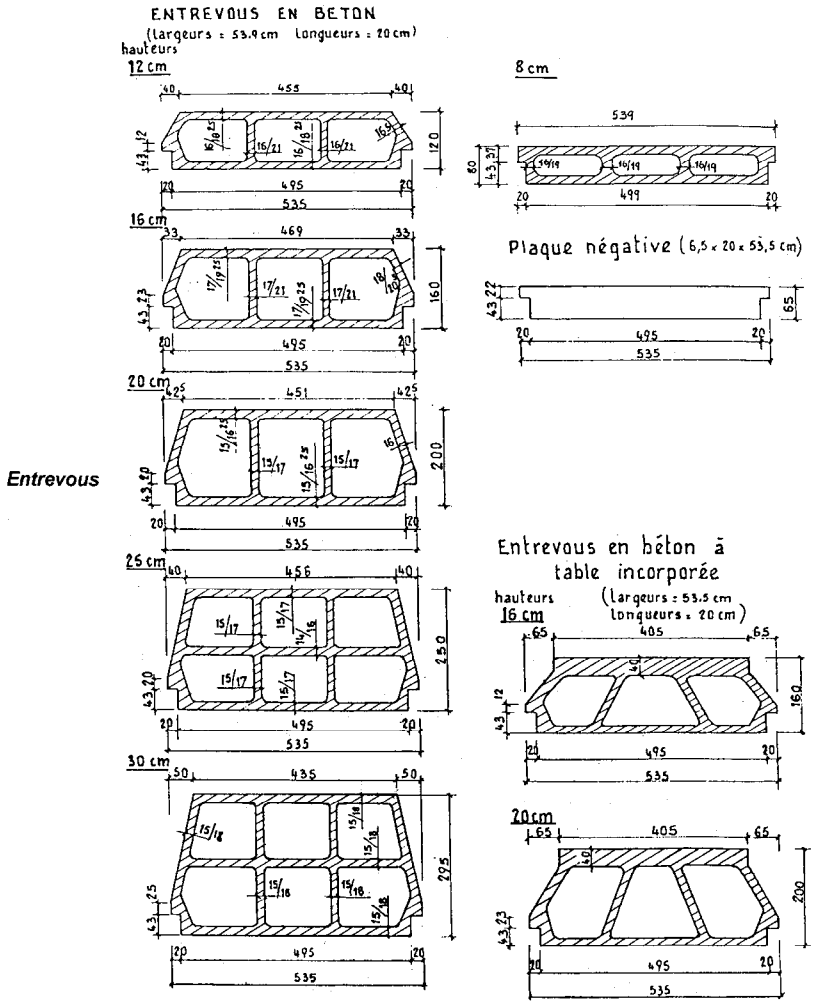




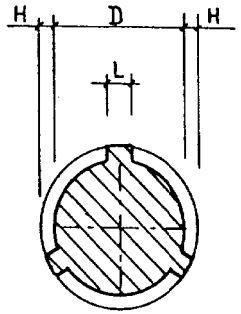
Principe de la poutrelle préfabriquée CALFER avec semelle béton
(cotes en mm)

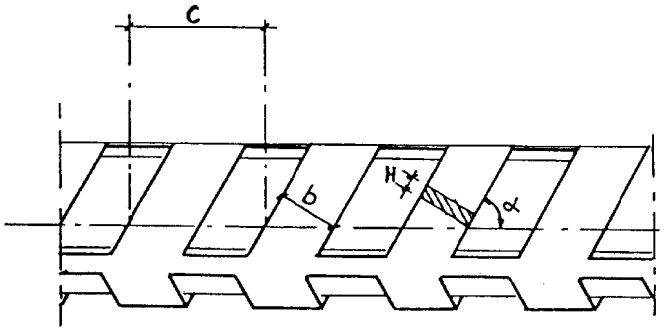


hauteur	α
90	45°
120	54°
160	62°
200	67,5°



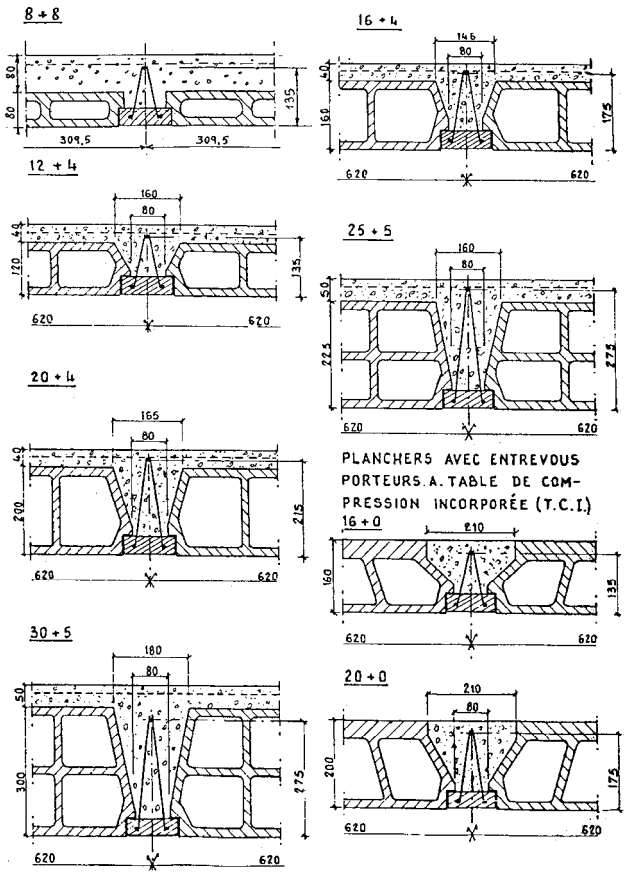
Diamètre nominal Ø (mm)	4	4,5	5	6	7	8	10	12
Diamètre maximal (mm) d'encombrement : D + 2 H	4,40	4,90	5,40	6,50	7,50	8,50	10,60	12,60
D (± 0,1) (mm)	3,80	4,30	4,80	5,50	6,50	7,50	9,60	11,60
H (± 0,05) (mm)	0,30	0,30	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,60
L (mm)	0,50	0,50	0,50	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00
B (± 0,5) (mm)	1,70	1,70	1,70	1,70	2,70	2,70	2,70	2,70
C (± 1,0) (mm)	5,60	5,60	5,60	5,60	7,80	7,80	7,80	7,80
$\alpha \geq$	45°	45°	45°	45°	45°	45°	45°	45°
Nombre de nervures longitudinales	3	3	3	3	3	3	3	3





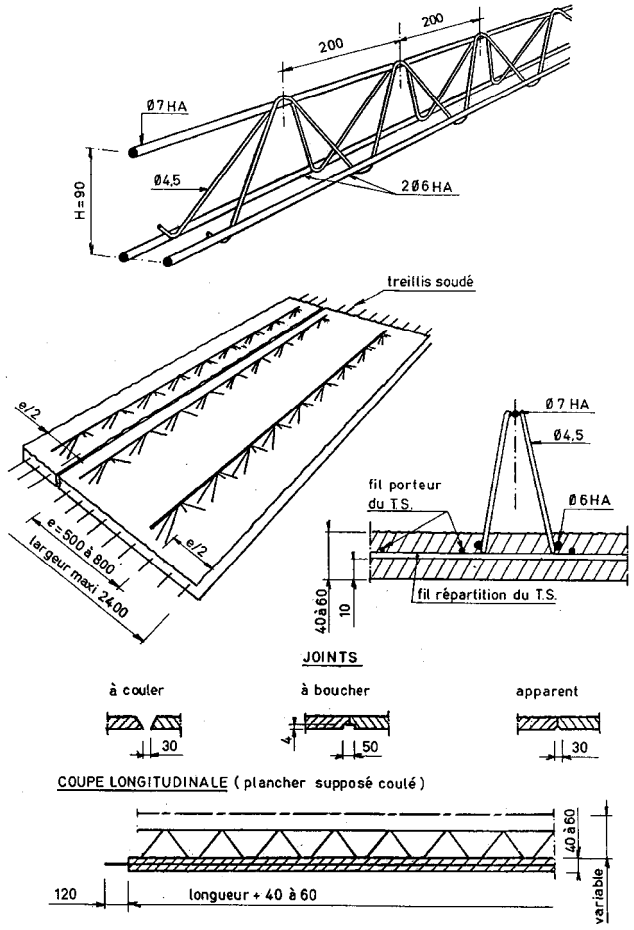
Définition et forme de l'acier tréfilé cranté

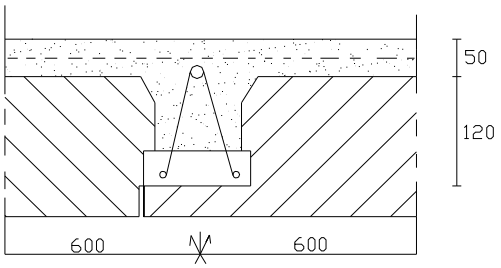
Paramètres définissant la forme de la section transversale et de la surface latérale



Montage des planchers «CALFER»

Prédalle CALFER
Raidisseur
(cotes en mm)





Montage Polystyrène