

Avis Technique 3/02-369

Annule et remplace l'Avis Technique 3/87-151 et la version de 2002

Et ses additifs 3/87-151*Add et 3/87-151*02 Add

Plancher
Floor
Fußboden

FRG

Titulaire : Société OTEP
12 avenue de Boulogne
BP 97
F-31802 Saint Gaudens Cedex

Tél. : 05 62 00 86 00
Fax : 05 61 95 03 92
E.mail : OTEPSA@aol.com
Internet : www.otep-sa.com

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 18 septembre 2003



Secrétariat de la commission des Avis Techniques CSTB, 4, avenue du Recteur-Poincaré, F-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 30 avril 2002, le procédé de plancher FRG exploité par la société OTEP. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après, qui révisé l'Avis Technique 3/87-151 et ses additifs 3/87-151 A et 3/87-151*02 Add.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Procédé de plancher nervuré à poutrelles préfabriquées en béton précontraint par précontrainte adhérente, avec entrevous de diverses natures et table de compression complète ou partielle.

Les poutrelles commercialisées sous la marque du système et celle de chaque usine de production, sont proposées dans 2 largeurs de talon 110 et 140 mm et dans les hauteurs de 100 – 110 – 130 – 140 et 170 mm.

Toutes les poutrelles sont en béton à Hautes Performances, de résistance caractéristique à la compression à 28 jours comprise entre 60 et 80 MPa.

En matériau composite, les entrevous sont utilisés comme coffrages simples. En béton ou en terre cuite, ils peuvent être des entrevous de coffrage résistant, des entrevous porteurs simples ou des entrevous porteurs à table de compression incorporée.

Les montages isolants comportent des entrevous à base de matière plastique alvéolaire.

Finitions

- Revêtements de sol : tout type et revêtements de sols, éventuellement après rattrapage par une chape dans le cas des montages réalisés à partir d'entrevous porteurs.
- Plafonds : enduit plâtre traditionnel, ou plafonds suspendus.

1.2 Identification

Les poutrelles sont munies d'une étiquette fournissant l'identification du système de plancher, le nom de l'usine de production, la longueur du béton, et la date de fabrication.

2. AVIS

Cet Avis ne vaut que pour les montages de plancher dont les poutrelles bénéficient d'un certificat CSTBat. En outre, pour les montages à entrevous porteurs en béton, l'Avis ne vaut que si ces entrevous font l'objet d'un certificat 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.

L'Avis ne couvre que les structures pour lesquelles la résistance caractéristique à 28 jours du béton n'excède pas 80 MPa, à condition de prendre en compte, s'il y a lieu, les caractéristiques de comportement de ce matériau telles qu'elles sont définies dans les annexes du BAEL et du BPEL relatives à ces bétons.

2.1 Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les utilisations en France européenne (métropole + Corse).

Le domaine d'emploi accepté du plancher FRG est celui défini au § 4 des Généralités du titre I du CPT « PLANCHERS », 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 et autres ERP 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

2.2.1 Aptitude à l'emploi

Stabilité

Elle est normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté, sous réserve des dispositions prescrites au CPT (§ 2.32). L'utilisation en

zone sismique 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 titre I du CPT « PLANCHERS ».

Sécurité au feu

L'Avis vise seulement les structures dans lesquelles la résistance caractéristique à 28 jours du béton n'excède pas celle visée par le DTU « Règles de calcul FB » en vigueur, sans excéder de toute façon 80 MPa.

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 avec entrevous résistants (en béton ou en terre cuite) :

- ¼ d'heure dans le cas des entrevous porteurs simples, sans plâtre en sous-face du plancher ;
- ½ heure dans le cas des entrevous porteurs simples, avec plâtre en sous-face du plancher ;
- ½ heure dans le cas des entrevous porteurs TCI ou de coffrages résistants (en béton ou en terre cuite) sans enduit plâtre en sous-face ;
- 1 h 30 dans le cas des montages à entrevous porteurs TCI ou de coffrages résistants (en béton ou en terre cuite) et munis en sous-face d'un enduit plâtre d'au moins 13 mm d'épaisseur.

En raison de la présence de polystyrène expansé dans ces planchers, l'utilisation est possible à condition de satisfaire simultanément aux deux conditions suivantes :

- Présenter le degré coupe-feu requis pour l'utilisation considérée ;
- Être autorisé par le « Guide de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques en cas d'incendie » pour l'utilisation prévue, selon la composition du montage de plancher ; dans les cas d'utilisation dans des établissements recevant du public ou dans des immeubles de grande hauteur, satisfaire aux règles d'aménagement intérieur du Règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public, ou du Règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur.

Cas des montages 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, satisfait 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.

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, si les distances entre étais à la pose des poutrelles qui doivent en comporter sont respectées et si les poutrelles posées sans étai sont vérifiées pour que leur moments sollicitants à rupture n'excèdent pas les valeurs MRB7 données dans les certificats CSTBat délivrés aux usines productrices des poutrelles.

Pour les montages à entrevous à base de matière plastique alvéolaires, cette prévention est normalement assurée si les intervenants du chantier ne sollicitent pas ces 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 interve-

nants de chantier (chemins de planches portant sur les poutrelles, par exemple). Un treillis soudé est disposé dans la table de compression.

Isolation acoustique

Sans plafond rapporté et avec ou sans enduit en sous-face, les planchers à entrevous résistants alvéolés procurent une isolation acoustique légèrement inférieure à celle des dalles pleines de même masse.

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

En dehors des montages isolants, le plancher ne peut participer que dans une faible mesure à l'isolation thermique.

Dans ce cas, la résistance thermique reste comprise entre les limites suivantes :

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

Les montages de planchers avec entrevous en polystyrène expansé présentent de 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 plancher 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 de la manière suivante pour les planchers comportant des entrevous pleins ou alvéolés en polystyrène expansé : la valeur est prise égale à la valeur indiquée figurant dans les certificats CSTBat de ces entrevous, valeur déterminée sur la base d'une conductivité thermique certifiée.

Flexibilité

Les déformations prises par ces planchers peuvent être limitées en fonction des dimensionnements adoptés.

Les fléchissements peuvent être calculés selon les indications données dans le CPT « PLANCHERS » (cf. art. I.A.409).

Concernant l'utilisation de béton auto-plaçant pour la dalle de compression, le module d'élasticité moyen visé dans le CPT (article I – A409,28) est diminué à 12 200 MPa au lieu de la valeur de 13 000 MPa habituellement employée

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 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 sous-face plane. Le procédé permet aussi de suspendre des plafonds rapportés.

Utilisation en parking et terrasse

Possibilité de supporter des étanchéités en satisfaisant aux conditions définies dans le DTU N° 20.12, même pour les montages sans dalle rapportée (montages utilisant des entrevous porteurs).

Utilisation en sous-toiture

Possibilité 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.

Concernant les montages avec 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. du CPT) 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 raison de l'absence d'une certification de qualité des entrevous.

2.23 Fabrication et contrôle

La fabrication des poutrelles est effectuée en usines fixes. Il appartient à ces dernières de mettre en place un auto-contrôle de leur fabrication selon les modalités définies dans le règlement technique de la certification CSTBat des éléments de structure en béton, partie poutrelles en béton précontraint, d'en demander la surveillance par le CSTB et de déposer une demande de certification. Les poutrelles bénéficiant d'un certificat valide sont identifiables par la présence du logo CSTBat accompagné du numéro de marquage apposé sur elles.

La fabrication des entrevous isolants 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.

Les bétons de fibres métalliques peuvent être utilisés. Ils le sont alors dans les conditions définies dans l'Avis Technique du procédé de béton de fibre employé. Sans Avis Technique sur le béton de fibres prévu, son utilisation n'est pas acceptable.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques Particulières

Ce plancher doit être fabriqué, calculé, mis en œuvre et utilisé conformément au titre I du Cahier des Prescriptions Techniques Communes aux procédés de planchers (CPT « PLANCHERS ») et aux prescriptions particulières complémentaires suivantes.

2.31 Conditions de fabrication

□ Afin d'assurer un enrobage convenable des poutrelles, les sections de béton de nervure coulé en œuvre doivent satisfaire aux prescriptions de forme données aux articles I.A. 103.21 et 103.22 du CPT « PLANCHERS ».

Ceci peut imposer d'adapter les hauteurs des poutrelles en fonction des dimensions des éléments intercalaires coffrants.

□ Le béton des poutrelles doit présenter une résistance à la compression garantie à 80 %, mesurée à 28 jours d'âge sur éprouvettes cubiques (10 cm d'arête), fixée dans chaque certificat de suivi et marquage.

□ Signal de détension des armatures de précontrainte : résistance à la compression des cubes de contrôle du béton au moins égale à deux fois la précontrainte finale en fibre inférieure des poutrelles, sans descendre en dessous de 25 MPa.

□ Les essais de flexion à rupture des poutrelles isolées, effectués dans le cadre de l'autocontrôle surveillé, doivent permettre de vérifier que les valeurs M_{RB7} indiquées dans les certificats CSTB sont dépassées.

□ Les poutrelles doivent être correctement stockées, les appuis étant situés à leurs extrémités, ce qui est particulièrement important pour les poutrelles présentant un fort gradient de précontrainte et dont la durée de stockage doit être la plus courte possible.

2.32 Conditions de conception et de calcul

□ Conditions de dérogation à la règle des coutures pour les montages dont la composition et la géométrie sont indiquées par les schémas donnés dans le dossier technique :

- $l_{cu} \leq 0,69 \text{ MPa}$ ou $0,03 f_{c28}$ le long du contour de liaison entre poutrelles et béton coulé en œuvre, selon le type de rugosité, normale ou renforcée, f_{c28} étant la résistance caractéristique de compression du béton de chantier à 28 jours.

La détermination du niveau d'arrêt du contour de liaison entre le béton de clavetage et la poutrelle est fixée au chapitre I.A.4. du CPT « Planchers », y compris pour les entrevous en terre cuite s'appuyant par des ergots car ceux-ci ne modifient pas la position du niveau d'arrêt du contour de liaison qui se situe au-dessus (la distance entre les ergots étant inférieure à 10 cm).

□ Le dimensionnement des planchers, ou leur justification, doit être effectué en utilisant les caractéristiques de calcul données dans le Dossier Technique du présent Avis.

2.33 Conditions d'utilisation

Les entrevous en béton et en terre cuite doivent être conformes aux normes NF P 14-305 et P 13-302 respectivement. Les formes de ces entrevous doivent respecter le dessin de leur contour pour les entrevous en terre cuite, dessins figurant dans la description.

Les bétons de fibres métalliques doivent être utilisés dans les conditions des Avis Techniques les concernant.

Utilisés en support d'étanchéité, les montages doivent comporter un écran pare-vapeur qui ne peut être placé que sur le montage et, par-dessus, une isolation thermique complémentaire sous étanchéité, nécessaire pour limiter les variations dimensionnelles du plancher sous l'action de la température. Cette isolation est déterminée de façon que le point de rosée du montage ne se situe pas au dessous de l'écran pare-vapeur. Il convient à ce sujet de se reporter aux articles 2.41 et 3.634 du DTU 20.12 « Conception du gros œuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité ».

Conclusions

Appréciation globale

Pour les fabrications de poutrelles bénéficiant d'une Certification CSTBat, l'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Ce présent Avis intègre les montages isolants avec entrevous à base de matière plastique alvéolaire. Il annule de ce fait l'additif 3/87-151*02 Add.

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°
Ménad CHENAF*

*Pour le Groupe Spécialisé n°3
Le Président
JP BRIN*

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

0. Classe du système

Plancher nervuré à poutrelles préfabriquées en béton précontraint par précontrainte adhérente avec entrevous de diverses natures et table de compression complète ou partielle.

1. Domaine d'emploi proposé

Ce procédé de plancher est utilisable dans tous les bâtiments et à tous les niveaux, du vide sanitaire jusqu'aux terrasses, planchers de combles inaccessibles ou sous-toitures situés en toutes zones géographiques, sismiques ou non.

2. Description du procédé de plancher

2.1 Définition des matériaux

Armatures de précontrainte

Deux types d'armatures sont employés pour la fabrication des poutrelles :

- T 5,2 – 2060 – TBR
 - diamètre nominal : $D_n = 5,2 \text{ mm}$
 - section nominale : $S_a = 13,6 \text{ mm}^2$
 - force de rupture garantie : $F_{prg} = 28 \text{ kN}$
 - limite conventionnelle d'élasticité : $F_{peg} = 25 \text{ kN}$
- T 5,2 – 2160 – TBR
 - diamètre nominal : $D_n = 5,2 \text{ mm}$
 - section nominale : $S_a = 13,6 \text{ mm}^2$
 - force de rupture garantie : $F_{prg} = 29,4 \text{ kN}$
 - limite conventionnelle d'élasticité : $F_{peg} = 26,2 \text{ kN}$

Ces armatures sont homologuées ou bénéficient d'une autorisation de fourniture.

Armatures complémentaires

Dans les poutrelles :

Grecques pour coutures et étriers en acier FeTE 400 ou FeTE 500.

Dans le béton coulé en œuvre :

Treillis soudé FeE 500, barres en acier lisse FeE 235, en acier HA FeE 400 ou 500.

Béton de poutrelles

Béton de sable et de granulats courants, roulés ou concassés, de granulométrie limitée à 10 mm. La composition, le dosage en eau et en ciment, l'emploi éventuel d'adjuvants sont examinés, pour chaque centre de production de poutrelles dans le cadre de la certification CSTBat. Il s'agit pour toutes les poutrelles d'un béton à haute performance de résistance caractéristique en compression à 28 jours supérieure ou égale à 60 MPa sans excéder 80 MPa, comportant une proportion volumique de granulats supérieure à 66 %, sans adjonction de fumée de silice. Le slump est voisin de zéro.

Béton coulé en œuvre

Béton de sable et de granulats courants, roulés ou concassés, et de résistance caractéristique habituelle de 25 MPa, exceptionnellement de 30 MPa ou 35 MPa.

L'ajout de fibres est possible selon les conditions spécifiées dans l'Avis Technique correspondant.

Les bétons auto-plaçants peuvent être utilisés comme béton complémentaire mis en œuvre sur le chantier, sous les réserves suivantes :

1. Le BAP, dont le volume de granulats n'est pas inférieur à 66 %, entre dans le domaine couvert par le BPEL et le présent Avis Technique ;

2. Pour le BAP, dont le volume de granulats est inférieur à 66 %, les formules du CPT Titre I et du présent Avis Technique peuvent s'appliquer à l'exception de la formule simplifiée de la flèche active (art. 409,11 du CPT Titre I) qui doit tenir compte du comportement du BAP vis à vis du fluage, de la déformation instantanée et du retrait.

2.2 Description des éléments

2.2.1 Poutrelles

Les poutrelles sont en béton précontraint par prétension d'armatures adhérentes. Leur section est en forme de T é renversé dont l'âme présente une contredépouille et une rugosité significative du processus de filage continu propre au procédé.

La partie supérieure présente :

- soit la même rugosité,
 - soit une rugosité renforcée par crantage longitudinal additionnel.
- Les faces d'about présentent, en outre, une très forte rugosité.

Les poutrelles se présentent sous deux familles ; chaque famille étant caractérisée par une même largeur de talon de poutrelle :

1 - poutrelles de largeur de talon 110 mm :

- poutrelles en béton comportant une plaquette en terre cuite en sous-face – identifiées C,
- poutrelles en béton sans plaquette terre cuite.

2 - poutrelles en béton de largeur de talon 140 mm, identifiées R, sans plaquette en terre cuite.

A chaque largeur de talon est associée une hauteur totale de poutrelle qui l'identifie géométriquement.

Exemple :

poutrelle 11 :	schéma a1, hauteur 110 mm
poutrelle 13 :	schéma a2, hauteur 130 mm
poutrelle 17 R :	schéma b, hauteur 170 mm
poutrelle 10 C :	schéma c, hauteur 100 mm, avec plaquette en terre cuite.

La dénomination complète de la poutrelle est obtenue en ajoutant un chiffre devant qui symbolise le nombre d'armatures de précontrainte.

Exemple : poutrelle 413 : poutrelle schéma a2, hauteur 130 mm avec 4 armatures.

Sauf pour la poutrelle 11, la hauteur des poutrelles peut varier de manière continue entre une hauteur minimum et une hauteur maximum, selon l'Annexe 1 au présent dossier technique.

La position des armatures de précontrainte est choisie dans une grille propre à chaque famille de poutrelles.

Le tableau suivant représente les poutrelles les plus courantes, dites « standard » :

Poids (daN/m)	Hauteur (mm)	Longueur Talon (mm)	Schéma	Talon terre cuite		Type
				Avec	Sans	
17,1	100	110	c		X	10 C
17,1	110	110	a1	X		11
19,9	130	110	a2	X		13
22,5	140	110	c		X	14C
22,3	100	140	b	X		10 R
29,6	140	140	b	X		14R
35,2	170	140	b	X		17R

Identification et marquage des poutrelles

Les poutrelles sont identifiées :

- par une étiquette comportant au moins :
 - la marque du système de plancher,
 - les références de l'usine de production,
 - la longueur,
 - la date de fabrication.
- par une inscription portée au tampon encreur sur le flanc de la poutrelle et indiquant au moins :
 - le logo CSTBat,
 - la référence de la Certification.

Armatures transversales

Ce sont les grecques pour coutures et étriers.

2.22 Entrevous en béton

Entrevous et vouîtains de coffrage en béton

Ils sont soit en béton de granulats courants, soit en béton de granulats légers (argile, schiste ou bille de verre expansé). Les entrevous en béton de granulats légers ont une masse volumique apparente sèche $\geq 1100 \text{ kg/m}^3$ et répondent aux mêmes conditions de poinçonnement-flexion que les entrevous en béton de granulats courants (NF P 14-305, § 2,4 charge minimum 1,5 kN et moyenne supérieure à 2 kN).

Ils ont une ou plusieurs rangées d'alvéoles et une hauteur comprise entre 8 et 30 cm.

Ils peuvent être pleins dans le cas des plaques négatives ou des vouîtains et avoir une hauteur de 5 à 8 cm.

Normalement munis d'une feuillure pour l'appui sur les talons des poutrelles, les entrevous peuvent exister aussi sans feuillure et sont alors utilisés chaque fois qu'un enduit de plafond n'est pas nécessaire (par exemple sur vide sanitaire ou dans les cas de plafond rapporté suspendu). Dans les mêmes conditions, l'entrevous de 8 cm peut être utilisé renversé, comme une tavelle.

Entrevous porteurs à table de compression incorporée, en béton

Ils sont en béton de granulats courants. Ils ont une ou plusieurs rangées d'alvéoles et ont des hauteurs comprises entre 12 et 30 cm, leur paroi supérieure a une épaisseur $\geq 3,5$ cm. Ces parois supérieures ont une rainure transversale sur l'un de leurs côtés sur 20 mm d'épaisseur, afin de permettre un rejointoiement sur chantier.

2.23 Entrevous en terre cuite

Entrevous de coffrage, en terre cuite

Ils existent en deux versions, entrevous longitudinaux et entrevous transversaux.

Ils ont une ou plusieurs rangées d'alvéoles et une hauteur comprise entre 8 et 30 cm pour les entrevous longitudinaux et entre 5 et 16 cm pour les entrevous transversaux.

Normalement munis d'une feuillure pour l'appui sur les talons des poutrelles, les entrevous transversaux peuvent exister aussi sans feuillure et sont alors utilisés chaque fois qu'un enduit de plafond n'est pas nécessaire (par exemple sur vide sanitaire).

Les entrevous de hauteur 24 et 29 cm sont parfois constitués par la superposition d'entrevous de hauteur respective 16 et 21 cm et d'une rehausse de hauteur 8 cm qui s'emboîtent l'une sur l'autre. Ils sont alors assimilés à des entrevous de coffrage simple (entrevous à emboîtement).

Entrevous porteurs simples, en terre cuite

Ils sont de formes identiques aux entrevous porteurs à table de compression incorporée, mais sans chanfrein en paroi supérieure, de hauteur comprise entre 12 et 20 cm et satisfont à l'essai de poinçonnement-flexion (art. I.C.202,12 du CPT « Planchers ») et à l'essai de pénétration (annexe III du chapitre I.A.1 du CPT « Planchers »).

Entrevous porteurs à table de compression incorporée, en terre cuite

Ils sont longitudinaux et ont une ou plusieurs rangées d'alvéoles et ont des hauteurs comprises entre 10 et 21 cm et les deux parois horizontales supérieures sont distantes de 2 cm environ. Ces entrevous présentent en partie supérieure un chanfrein transversal sur un seul côté afin de permettre un rejointoiement sur chantier.

2.24 Entrevous divers

Il est possible d'utiliser d'autres entrevous en polystyrène expansé ou en bois de type Koffraglo.

3. Fabrication des poutrelles

La fabrication des poutrelles s'effectue sur des pistes d'une certaine de mètres de longueur, à raison de 7 à 16 poutrelles par piste, par une nouvelle génération de machine fileuse avançant de manière continue et munie d'un coffrage vibrant animé d'un mouvement alternatif.

Les armatures de précontrainte coupées à longueur constante sont fixées aux deux extrémités de chaque piste et tendues individuellement ou globalement par des vérins hydrauliques spéciaux à commande électrique et arrêt automatique.

Lorsqu'il y a des plaquettes en terre cuite, celles-ci sont déposées sur les pistes à l'aide d'une machine automatique, sous les armatures de précontrainte.

La pose des armatures transversales est effectuée avant le passage de la machine à coffrage glissant assurant ainsi un bon enrobage de celles-ci et l'intégrité du béton de l'âme de la poutrelle.

La prise et le durcissement du béton sont accélérés par traitement thermique.

Après contrôle de la résistance du béton, la précontrainte est établie progressivement en relâchant lentement et ensemble toutes les armatures d'une même piste, d'une poutrelle ou d'un groupe de poutrelles. Celles-ci sont ensuite coupées et les poutrelles, identifiées et marquées, sont évacuées sur l'aire de stockage.

4. Contrôles

Chaque usine de production assure un contrôle interne en suivant les prescriptions du REGLEMENT TECHNIQUE du Certificat CSTBat, la résistance à la compression étant généralement mesurée sur éprouvettes 10 x 10 et la résistance à la traction par fendage. Conformément au CPT « PLANCHER » Titre I, les valeurs caractéristiques sont des valeurs garanties à 80 % de probabilité.

Compte tenu d'une résistance caractéristique à la compression à 28 jours $\geq 60 \text{ MPa}$, le raccordement entre résistance sur cylindre de référence 16 x 32 et sur cube 10 x 10 d'essai est effectué par la formule $f_{c16x32} = 0,90 f_{c10x10}$.

La justification de vérification du béton peut également être examinée en contrôlant la contrainte de traction du béton. L'industriel réalise alors des mesures de résistance à la traction du béton par fendage sur cylindre.

5. Mise en œuvre

Les poutrelles, simples ou jumelées (et parfois en nombre supérieur pour traiter les points particuliers), sont posées à l'entraxe prévu, entraxe assuré par la pose des éléments intercalaires d'extrémité. Les

poutrelles sont posées sans étau, ou étagées suivant les indications du plan de pose résultant de l'étude de dimensionnement.

Dans les cas courants, après pose des entrevous, d'un treillis soudé et des armatures en chapeaux, on coule le béton complémentaire des nervures et de la table de compression en une seule opération.

La dalle de répartition coulée sur les entrevous divers (hors béton et terre cuite décrits en 2.2.2. et 2.2.3.) doit présenter une épaisseur minimale de 5 cm. Lorsque ces entrevous présentent des nervures en partie supérieure, la dalle de répartition doit avoir une épaisseur moyenne de 5 cm au moins et de 4 cm au moins au-dessus de l'entrevous ou des nervures.

La face d'about très rugueuse des poutrelles est une disposition améliorant la liaison poutrelles-appuis et autorise une profondeur d'appuis nulle sur poutres, murs et autres supports en retombée par rapport à la sous-face.

Réalisation des chaînages transversaux intermédiaires

Dans le cas des montages à entrevous porteurs en béton, on réalise tous les 2 m au plus un chaînage transversal conformément à l'article I.A.111,5 du CPT « Planchers ».

Réalisation des chaînages, chevêtres et trémies

Ils sont réalisés en béton armé sur chantier de façon traditionnelle.

Réalisation des encorbellements

Ils sont réalisés en respectant les prescriptions de l'article I.A.105,6 du CPT « Planchers ».

Réalisation des continuités

Elles sont réalisées conformément à l'article I.A.408 du CPT « Planchers ».

6. Finitions

Soles

Tous sols usuels. Dans le cas des montages à dalle de répartition coulée en œuvre la surface du plancher peut servir de support de revêtement de sol sans qu'il soit nécessaire de couler une chape.

Plafonds

Enduit plâtre, enduits spéciaux, possibilité de plafond suspendu.

7. Conception et calculs

La conception et le calcul des planchers sont effectués conformément aux prescriptions du CPT « PLANCHERS », TITRE I en prenant en compte les valeurs suivantes :

7.1 Tension à l'origine : entre 0,65 et 0,85 F_{prg} sans dépasser 0,95 F_{peg}

Tension finale : Tension à l'origine diminuée de la totalité des pertes de précontrainte, lesquelles sont évaluées en pourcentage de façon forfaitaire, à défaut de calcul plus précis :

Tension à l'origine	Pertes en % par rapport à la tension à l'origine
0,85 F _{prg} (ou 0,95 f _{peg}) 20	
0,80 F _{prg}	19
0,75 F _{prg}	18
0,70 F _{prg}	17
0,65 F _{prg}	15

7.2 Résistance caractéristique à la compression du béton des poutrelles à 28 jours garantie à 80 % : f_{c28} ≥ 60 MPa, selon valeur résultant des essais directs.

Résistance caractéristique à la traction du béton des poutrelles à 28 jours garantie à 80 % : f_{t28} ≥ 4,2 MPa, selon valeurs résultant des essais directs ou déterminée par la relation f_{t28} = 0,275 f_{c28}^{2/3}.

Résistance caractéristique à la compression du béton de chantier à 28 jours : f_{c28} = 25 MPa sauf exigence supérieure.

Résistance caractéristique à la traction du béton de chantier à 28 jours : f_{t28} = 2,1 MPa sauf exigence supérieure.

Contrainte moyenne de glissement à l'état limite ultime :

$$\tau_{cu} = 0,69 \text{ MPa pour les poutrelles à rugosité normale}$$

Contrainte de cisaillement à l'état limite ultime

□ sur le béton de poutrelle

$$\tau_{pu} = 0,03 f_{c28} \text{ ou :}$$

$$\tau_{pu} = 0,36 f_{t28}$$

où : f_{t28} = résistance caractéristique à la traction du béton des poutrelles à 28 jours garantie à 80 %, déduite des essais directs.

□ sur le béton de chantier :

$$\tau_{bu} = 0,03 f_{c28}$$

où f_{c28} = résistance caractéristique à la compression du béton de chantier à 28 jours, soit 25 MPa pour un béton courant.

7.3 Contrainte finale due à la précontrainte seule en fibre supérieure de la poutrelle :

$$\sigma_s \geq -2 \text{ MPa}$$

Contrainte finale due à la précontrainte seule en fibre inférieure de la poutrelle :

$$\sigma_i \leq 20,2 \text{ MPa}$$

Gradient des contraintes dues à la précontrainte seule sur la hauteur de la poutrelle :

$$\text{Gradient} \leq 1,56 \text{ MPa par cm.}$$

Position des armatures de précontrainte : à l'intérieur d'une surface utile définie selon la section droite de la poutrelle comme indiqué dans l'Annexe I au présent Dossier Technique.

7.4 Vérification en flexion à l'Etat Limite de Service (ELS)

La contrainte de traction sur la fibre inférieure des poutrelles est limitée à 0,50 x f_{tp}

f_{tp} représente la résistance à la traction du béton de la poutrelle, exprimée en MPa et prise égale à :

□ f_{t28} déterminée par rapport à la résistance à la compression f_{c28} à partir de la relation suivante :

$$f_{t28} = 0,275 f_{c28}^{2/3}$$

f_{c28} étant la résistance caractéristique à la compression du béton à 28 jours garantie à 80 % (fractile 0,20).

□ ou à la valeur garantie à 80 % (fractile 0,20) par les essais directs de résistance à la traction.

Les valeurs du M données en ANNEXE sont relatives à la valeur f_{tp} égale à 4,7 MPa.

7.5 Vérification en flexion à l'Etat Limite Ultime (ELU)

Le moment de rupture M_{RA} d'un montage de plancher est donné par la formule suivante :

$$M_{RA} = n_{\Pi} \times F_{RG} \times \left[\frac{1}{2} \times \frac{n_{\Pi} \times F_{RG}}{b \times f' \times 10^{14}} \right]$$

avec :

n_Π : nombre d'armatures de précontrainte dans la poutrelle ;

F_{RG} : force garantie à rupture pour chaque armature, en daN ;

h_u : hauteur utile de la section (distance du barycentre des forces de rupture de la totalité des armatures à la fibre supérieure), en m ;

b : largeur, en m, de la table de compression prise en compte ;

f' : 0,90 x f_{c28} dans le cas général, avec f_{c28} résistance caractéristique à la compression du béton de la table de compression ;

350 bars dans le cas d'une table de compression composite avec entrevous porteurs TCI en terre cuite.

7.6 Conditions d'application de la « méthode forfaitaire » - Valeurs des coefficients

Les conditions d'application de la « méthode forfaitaire » sont celles définies à l'Annexe E1 (§ E.1.2.) du BAEL 91.

La valeur absolue de chaque moment sur appui est comprise entre les limites définies dans le tableau suivant :

Valeurs limites du moment sur appui	Plancher à deux travées	Appui voisin des appuis de rive d'un plancher à plus de deux travées	Autres appuis intermédiaires d'un plancher à plus de trois travées
Borne inférieure	0,45 M'₀	0,40 M'₀	0,40 M'₀
Borne supérieure	0,65 M'₀	0,60 M'₀	0,55 M'₀

Dans le cas de planchers mis en œuvre avec étai(s) :

$$M'_{\sigma} = M'_{\sigma_0}$$

M' étant la valeur maximale du moment fléchissant dans la "travée de comparaison" c'est-à-dire dans la travée indépendante de même portée libre que la travée considérée et soumise aux mêmes charges.

Dans le cas de planchers mis en œuvre sans étai : M' est évalué comme M, mais en considérant seulement 60 % du poids propre du plancher.

De part et d'autre de chaque appui intermédiaire, on retient pour la vérification des sections la demi-somme des valeurs absolues des moments évalués à gauche et à droite de l'appui considéré.

B. Résultats expérimentaux

Rapports d'essais

1 Essais de compression transversale sur éléments de plancher FRG avec poutrelles FRG 10 à l'entraxe 62 cm et entrevous longitudinaux en terre cuite de hauteurs 12 et 16 cm, et avec poutrelles FRG 14 à l'entraxe 62 cm et entrevous longitudinaux en terre cuite de 20 cm.

Ces essais sont réalisés par le Centre Technique des Tuiles et Briques et ont donné lieu aux procès-verbaux :

- 13961-1 du 26 Août 1987 ;

- 13961-2 du 28 Août 1987 ;
- 13961-3 du 28 Août 1987 ;
- 13961-4 du 02 Septembre 1987.

2 Essais acoustiques concernant un plancher avec poutrelles et entrevous en terre cuite, de hauteur 8 + 13 = 21 cm, portant sur l'indice d'affaiblissement acoustique et sur le niveau de bruit de choc normalisé du plancher seul et du plancher avec chape, plafond suspendu, enduit plâtre. Ces essais font l'objet du rapport d'essais du CTBA N° 00/PC/PHY/1021 du 20/12/2000.

C. Références

Depuis 1988, environ 20 millions de m² de plancher FRG ont été mis en œuvre dans le domaine d'emploi proposé.

ANNEXE

VALEURS D'UTILISATION

La présente Annexe donne des valeurs qui concernent la majorité des poutrelles et montages FRG utilisés à la date de son établissement.

Des valeurs différentes peuvent être retenues dans le cas de modification des données de base pourvu qu'elles soient situées dans les limites fixées par le présent Avis et qu'elles soient l'objet de certifications d'usine.

Les caractéristiques et valeurs d'utilisation, ainsi que les portées limites, seront alors évaluées en relation à ces nouvelles valeurs.

A. Caractéristiques des poutrelles FRG

a) armatures de précontrainte

T 5,2 – 2060 – TBR

- tension initiale : $F_{po} = 23,00 \text{ kN}$

- tension finale : $F = 18,50 \text{ kN}$

b) caractéristiques mécaniques et de précontrainte des poutrelles

Notations :

g_1 = poids de la poutrelle

s_p = aire de la section transversale

v_s = distance de la fibre neutre à la fibre supérieure

v_i = distance de la fibre neutre à la fibre inférieure

i_p = moment d'inertie

d_i = distance du cdg de la force de précontrainte finale à la fibre inférieure

\hat{f}_s = valeur de la précontrainte finale en fibre supérieure de la poutrelle

\hat{f}_i = valeur de la précontrainte finale en fibre inférieure de la poutrelle

f_{c28} = résistance caractéristique à la compression à 28 jours du béton de poutrelle

Tableaux et figures du Dossier Technique

Tableau 1 -

Type de poutrelle	g ₁ (daN/m)	S _p (cm ²)	V _i (cm)	i _p (cm ⁴)	i/V _i (cm ³)	Nombre de torons	Position Des Torons	d _i (cm)	Précontrainte finale MPa		Dénomination de la poutrelle
									f _s	f _i	
FRG10C	17,1	72,6	4,15	632	152	2	2,5	3,18	1,76	7,46	210C
						3	1,3,5	2,78	0,59	12,65	310C
						4	1,2,3,6	2,90	1,61	16,28	410C
FRG11	17,1	72,6	4,41	776	176	2	2,5	3,18	1,24	7,67	211
						3	1,3,5	2,78	-0,02	12,76	311
						4	1,2,3,6	2,90	0,73	16,51	411
						5	1,2,3,5,7	3,41	4,91	17,96	511
FRG13	19,9	84,7	5,41	1325	245	3	1,3,6	3,20	-0,46	11,54	313
						4	1,3,4,7	3,41	0,27	14,76	413
						5	1,2,3,5,8	3,66	1,67	17,50	513
						6	1,2,3,5,7,9	4,34	6,32	17,93	613
FRG14C	22,5	95,8	6,05	1746	288	3	1,3,6	3,20	-1,42	11,28	314C
						4	1,3,4,7	3,41	-1,18	14,50	414C
						5	1,3,4,6,8	4,10	1,43	15,92	514C
						6	1,2,3,5,7,9	4,34	2,93	18,17	614C
FRG10R	22,3	94,9	4,18	814	195	4	1,3,5,6	2,63	-0,40	13,68	410R
						5	1,2,4,5,6	2,50	-1,36	17,71	510R
						6	1,2,4,5,6,7	3,25	4,30	16,99	610R
FRG14R	29,6	125,7	6,10	2288	375	6	1,2,4,5,6,7	3,25	-2,10	17,27	614R
						7	1,2,3,4,5,6,8	3,43	-1,65	19,53	714R
						8	1,2,3,4,5,6,7,9	4,19	2,00	19,32	814R
FRG17R	35,2	149,7	7,61	4086	537	6	1,2,4,5,7,8	4,08	-1,59	14,71	617R
						7	1,2,4,5,6,7,8	4,14	-1,68	17,01	717R
						8	1,2,3,4,5,6,7,9	4,19	-1,75	19,31	817R

B. Portées limites des montages les plus usuels

La valeur de résistance à la compression du béton est de 65 MPa et la résistance à la traction du béton est de 4,7 MPa.

Le tableau 2 ci-dessous donne les valeurs limites (en mètres) et la cause de la limitation pour quelques montage de planchers courants en habitation, avec le cas de charges suivant :

- Cloisons légères : 1,00 kN/m²
- Revêtements de sol et plafonds : 1,00 kN/m²
- Charges d'exploitation : 1,50 kN/m²

Les portées limites sont données dans le cas des poutrelles décrites précédemment en A. et comportant ou non des armatures transversales.

Les notations utilisées dans le tableau pour indiquer la cause de la limitation sont les suivantes :

- (M_{fl}) : Moment fléchissant limité par la condition de non dépassement de la contrainte de traction de 0,5 f_{tp} en fibre inférieure des poutrelles avec f_{tp} = 4,7 MPa.
- (M_{Ra}) : Limitation du fait du moment résistant à rupture du montage.
- (f_a) : Flèche active du montage calculée dans l'hypothèse d'un stockage normal, limitée par la condition du 1/500 de la portée (0,5 + L/1000 cm pour les portées supérieures à 5 mètres).
- (V_{pb}) : Effort tranchant limité par la condition de non dépassement de la contrainte de cisaillement admissible pour le béton de la poutrelle avec f_{c28} = 65 MPa.
- (V_{pb}) : Effort tranchant limité par la condition de non dépassement de la contrainte de cisaillement admissible pour le béton de chantier avec f_{c28} = 25 MPa.
- (V_{cb}) : Effort tranchant limité par la condition de non dépassement de la contrainte moyenne de glissement de 0,69 MPa.

Tableau 2 -

Montages	Type de poutrelle	Travée isostatique		CAS d'une continuité (M _v ≠0) (M _≠ 0,5 M) _o		CAS de deux continuités (M _v ≠ M _≠ 0,5 M) _o	
		sans étrier	avec étrier	sans étrier	avec étrier	sans étrier	avec étrier
12 + 4 Béton Entraxe = 60 cm	211	3,16 (M _{Ra})	-	3,47 (M _{Ra})	-	4,16 (M _{Ra})	-
	311	3,92 (M _{Ra})	-	4,30 (M _{Ra})	-	4,90 (V _{plu})	5,15 (M _{Ra})
	411	4,34 (f _a)	-	4,70 (f _a)	-	4,90 (V _{plu})	5,44 (f _a)
	511	4,40 (f _a)	-	4,74 (f _a)	-	4,90 (V _{plu})	5,50 (f _a)
16 + 4 Béton Entraxe = 60 cm	211	3,52 (M _{Ra})	-	3,88 (M _{Ra})	-	4,66 (M _{Ra})	-
	311	4,35 (M _{Ra})	-	4,80 (M _{Ra})	-	5,75 (M _{Ra})	-
	411	4,99 (M _{Ra})	-	5,51 (M _{Ra})	-	6,38 (f _a)	-
	511	5,22 (f _a)	-	5,59 (f _a)	-	6,39 (V _{plu})	6,46 (f _a)
16 + 4 Béton Entraxe = 60 cm	313	4,30 (M _{Ra})	-	4,74 (M _{Ra})	-	5,68 (M _{Ra})	-
	413	4,92 (M _{Ra})	-	5,42 (M _{Ra})	-	6,38 (f _a)	-
	513	5,23 (f _a)	-	5,61 (f _a)	-	6,46 (f _a)	-
	613	5,26 (f _a)	-	5,65 (f _a)	-	6,52 (f _a)	-
20 + 4 Béton Entraxe = 60 cm	313	4,64 (M _{Ra})	-	5,13 (M _{Ra})	-	6,16 (M _{Ra})	-
	413	5,32 (M _{Ra})	-	5,88 (M _{Ra})	-	7,06 (M _{Ra})	-
	513	5,84 (f _a)	-	6,27 (f _a)	-	7,25 (f _a)	-
	613	5,88 (f _a)	-	6,32 (f _a)	-	7,32 (f _a)	-
20 + 0 Béton T.C.I. Entraxe = 60 cm	313	4,41 (M _{Ra})	-	4,85 (M _{Ra})	-	5,80 (M _{Ra})	-
	413	4,97 (f _a)	-	5,31 (f _a)	-	6,09 (f _a)	-
	513	5,01 (f _a)	-	5,36 (f _a)	-	6,17 (f _a)	-
	613	5,05 (f _a)	-	5,40 (f _a)	-	6,23 (f _a)	-
12 + 5 Polystyrène D.C. Entraxe = 65 cm	211	3,29 (M _{Ra})	-	3,60 (M _{Ra})	-	4,30 (M _{Ra})	-
	311	4,07 (M _{Ra})	-	4,45 (M _{Ra})	-	5,25 (V _{plu})	5,32 (f _a)
	411	4,34 (f _a)	-	4,69 (f _a)	-	5,25 (V _{plu})	5,42 (f _a)
	511	4,40 (f _a)	-	4,74 (f _a)	-	5,25 (V _{plu})	5,48 (f _a)
16 + 5 Polystyrène D.C. Entraxe = 65 cm	313	4,41 (M _{Ra})	-	4,84 (M _{Ra})	-	5,79 (M _{Ra})	-
	413	5,05 (M _{Ra})	-	5,47 (f _a)	-	6,26 (f _a)	-
	513	5,17 (f _a)	-	5,53 (f _a)	-	6,36 (f _a)	-
	613	5,21 (f _a)	-	5,57 (f _a)	-	6,43 (f _a)	-
16 + 4 Terre cuite Entraxe = 62,6 cm	210C	3,52 (M _{Ra})	-	3,87 (M _{Ra})	-	4,63 (M _{Ra})	-
	310C	4,35 (M _{Ra})	-	4,78 (M _{Ra})	-	5,72 (M _{Ra})	-
	410C	4,98 (M _{Ra})	-	5,48 (M _{Ra})	-	6,13 (V _{plu})	6,55 (f _a)
16 + 4 Terre cuite Entraxe = 62,6 cm	314C	4,29 (M _{Ra})	-	4,72 (M _{Ra})	-	5,65 (M _{Ra})	-
	414C	4,91 (M _{Ra})	-	5,40 (M _{Ra})	-	6,47 (M _{Ra})	-
	514C	5,35 (M _{Ra})	-	5,76 (f _a)	-	6,63 (f _a)	-
	614C	5,42 (f _a)	-	5,81 (f _a)	-	6,70 (f _a)	-
17 + 0 Terre cuite T.C.I. Entraxe = 62,6 cm	210C	3,42 (M _{Ra})	-	3,73 (M _{Ra})	-	4,46 (M _{Ra})	-
	310C	4,24 (M _{Ra})	-	4,63 (M _{Ra})	-	5,52 (M _{Ra})	-
	410C	4,69 (f _a)	-	5,03 (f _a)	-	5,76 (f _a)	-
16 + 4 Terre cuite Entraxe = 70 cm	210C	3,37 (M _{Ra})	-	3,71 (M _{Ra})	-	4,44 (M _{Ra})	-
	310C	4,17 (M _{Ra})	-	4,58 (M _{Ra})	-	5,48 (M _{Ra})	-
	410C	4,79 (M _{Ra})	-	5,26 (M _{Ra})	-	5,63 (V _{plu})	6,29 (M _{Ra})
16 + 4 Terre cuite Entraxe = 70 cm	314C	4,12 (M _{Ra})	-	4,53 (M _{Ra})	-	5,42 (M _{Ra})	-
	414C	4,71 (M _{Ra})	-	5,18 (M _{Ra})	-	6,20 (M _{Ra})	-
	514C	5,14 (M _{Ra})	-	5,65 (f _a)	-	6,49 (f _a)	-
	614C	5,32 (f _a)	-	5,70 (f _a)	-	6,55 (f _a)	-

C. Tableaux des valeurs d'utilisation

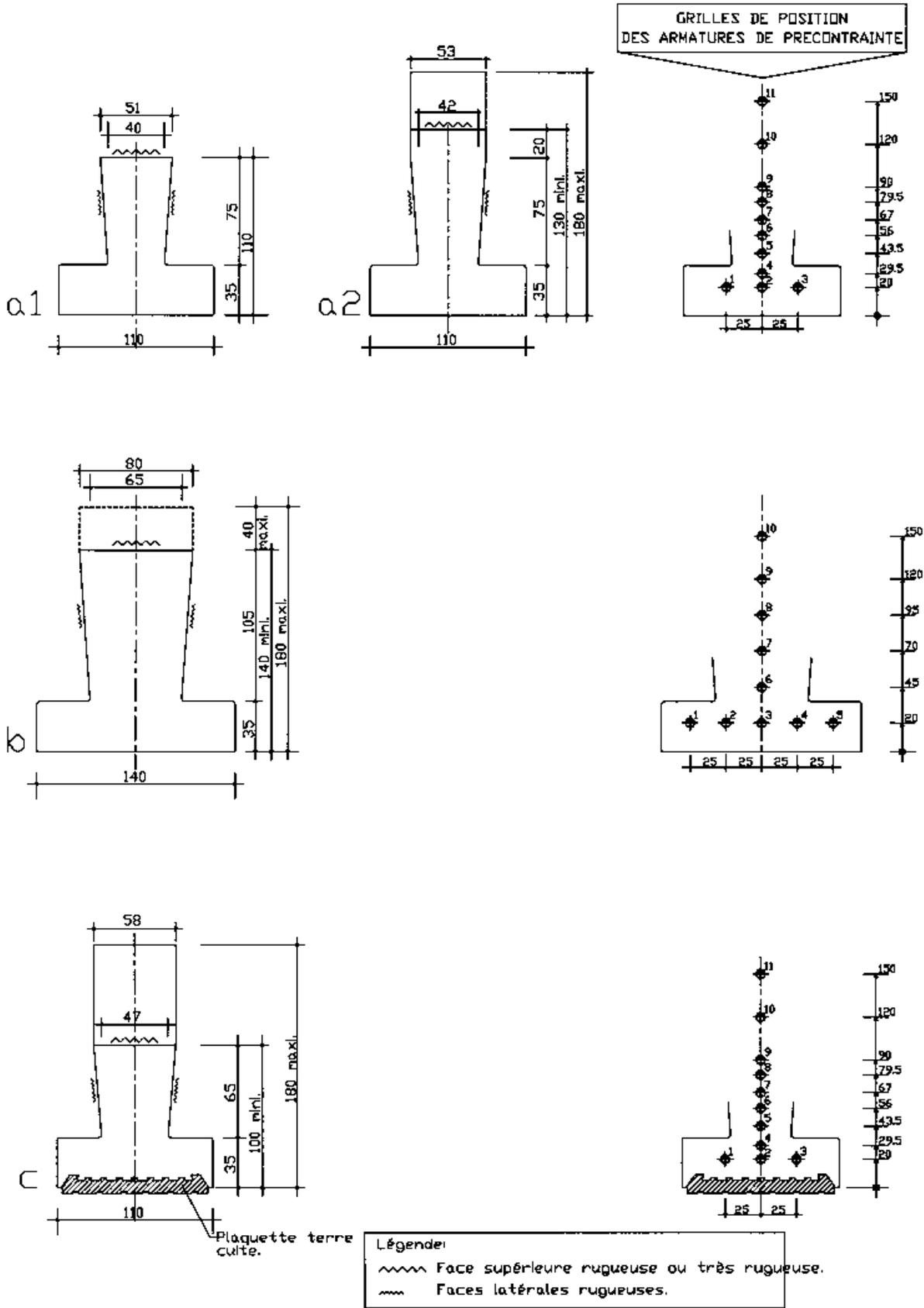
Tableau 3

Type de poutrelles	PM daN/m ²	Entraxe cm	Montage	H _i cm	I cm ⁴	V _i cm	<	Z cm	V _{pu} daN	V _{bu} daN	V _{cu} daN	M _b daN.m	Nbre de torons	M _{II} daN.m	M _{IRA} daN.m
FRG 11	292	60	8 + 8 Béton	16	6229	11,78	3,00	11,64	181	1530	1356	2212	2	530	706
													3	799	1084
													4	998	1421
													5	1074	1690
FRG 11	386	60	8 + 12 Béton	20	11427	14,95	4,34	14,92	1631	1962	1739	3393	2	766	930
													3	1155	1420
													4	1442	1869
													5	1553	2250
FRG 11	229	60	12 + 4 Béton	16	6229	11,77	3,00	11,64	182	1432	1357	2210	2	530	706
													3	800	1084
													4	998	1421
													5	1075	1690
FRG 11	266	60	16 + 4 Béton	20	11409	14,88	4,35	15,00	1637	1882	1748	3339	2	768	930
													3	1159	1420
													4	1447	1869
													5	1558	2250
FRG 11	310	60	20 + 4 Béton	24	18409	18,03	5,79	18,60	2121	2452	2178	4626	2	1023	1154
													3	1543	1756
													4	1926	2317
													5	2074	2810
FRG 13	386	60	8 + 12 Béton	20	11614	14,84	3,19	14,53	1732	2226	2089	3375	3	1087	1385
													4	1339	1812
													5	1554	2215
													6	1587	2526
FRG 13	266	60	16 + 4 Béton	20	11589	14,75	3,20	14,63	1740	1915	2104	3313	3	1091	1385
													4	1344	1812
													5	1560	2215
													6	1593	2526
FRG 13	310	60	20 + 4 Béton	24	18962	17,81	4,34	18,04	2299	2485	2613	4596	3	1479	1721
													4	1821	2260
													5	2114	2775
													6	2159	3198
FRG 14R	274	63	16 + 4 Béton	20	14547	14,13	2,75	14,41	2967	2248	2869	3717	6	2020	2714
													7	2252	3112
													8	2231	3364
FRG 14R	320	63	20 + 4 Béton	24	24061	16,97	3,78	17,60	3988	2871	3503	5186	6	2781	3386
													7	3101	3896
													8	3071	4260
FRG 14R	408	63	25 + 4 Béton	29	40064	20,64	5,18	21,91	5348	3574	4362	7189	6	3808	4226
													7	4246	4876
													8	4205	5380

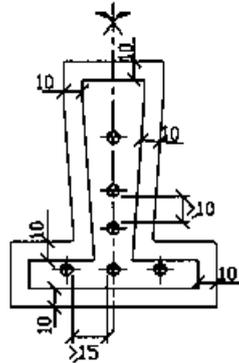
Type de poutrelles	PM daN/m ²	Entraxe cm	Montage	H _t cm	I cm ⁴	V _i cm	<	Z cm	V _{pu} daN	V _{bu} daN	V _{cu} daN	M _b daN.m	Nbre de torons	M _{fl} daN.m	M _{RA} daN.m
FRG 17R	320	63	20 + 4 Béton	24 24	29 16,90	2,66 17,34	4019	2983 4	164 5095	6 2435			7 8	2764 3091	3247 3757 4260
FRG 17R	408	63	25 + 4 Béton	29 40	687 20,40	3,71 21,24	5502	3653 5	100 7094	6 3401			7 8	3861 4319	4087 4737 5380
FRG 11	184	60	16 + 0 Béton T.C.I.	16 52	68 10,62	2,82 11,67	1136	1597 13	67 979 2				3 4 5	497 750 936 1008	697 1064 1384 1633
FRG 11	223	60	20 + 0 Béton T.C.I.	20 96	62 13,37	4,10 14,85	1575	1972 17	39 1457 2				3 4 5	724 1092 1363 1468	921 1399 1832 2192
FRG 13	223	60	20 + 0 Béton T.C.I.	20 97	46 13,27	2,99 14,62	1664	2058 21	18 1449 3				4 5 6	1020 1256 1458 1489	1364 1774 2157 2443
FRG 14R	233	63	20 + 0 Béton T.C.I.	20 12	145 12,74	2,54 14,44	2793	3 2422 2	897 1672 6 1871				7 8	2086 2066	2641 3013 3235
FRG 10C	209	62,6	12 + 4 Terre Cuite	16 64	25 11,79	3,58 11,58	1388	1430 12	10 2289 2 535				3 4	817 1015	707 1085 1423
FRG 10C	241	62,6	16 + 4 Terre Cuite	20 11	785 14,98	5,17 14,99	1911	1535 15	74 3519 2				3 4	772 1180 1466	931 1421 1871
FRG 14C	241	62,6	16 + 4 Terre Cuite	20 12	009 14,80	2,81 14,33	1975	5 2086 2	291 3464 3				4 5 6	1106 1367 1482 1665	1386 1814 2156 2531
FRG 10C	159	62,6	17 + 0 Terre Cuite T.C.I.	17 70	14 11,88	3,88 12,51	1502	1608 13	09 1711 2 579				3 4	886 1100	766 1176 1547
FRG 14C	159	62,6	17 + 0 Terre Cuite T.C.I.	17 70	26 11,84	2,06 12,37	1511	1999 20	23 1702 3				4 5 6	809 1000 1084 1218	1141 1490 1755 2054

Type de poutrelles	PM daN/m ²	Entraxe cm	Montage	H _t cm	I cm ⁴	V _i cm	∠	Z cm	V _{pu} daN	V _{bu} daN	V _{cu} daN	M _b daN.m	Nbre de torons	M _{II} daN.m	M _{RA} daN.m
FRG 11	180	65	12 + 5 Polystyrène D.C.	17	7496	12,70	3,35	12,45	1260	1407	1265	2612			
													2	591	763
													3	892	1170
													4	1114	1536
FRG 11	221	65	16 + 5 Polystyrène D.C.	21	13246	15,93	4,72	15,83	1692	1789	1608	3916			
													2	833	987
													3	1257	1506
													4	1569	1984
FRG 13	180	65	12 + 5 Polystyrène D.C.	17	7555	12,65	2,44	12,30	1320	1720	1594	2607			
													3	830	1135
													4	1022	1479
													5	1186	1801
FRG 13	221	65	16 + 5 Polystyrène D.C.	21	13525	15,79	3,49	15,37	1804	2148	1991	3897			
													3	1190	1471
													4	1465	1927
													5	1700	2361
													6	1736	2702

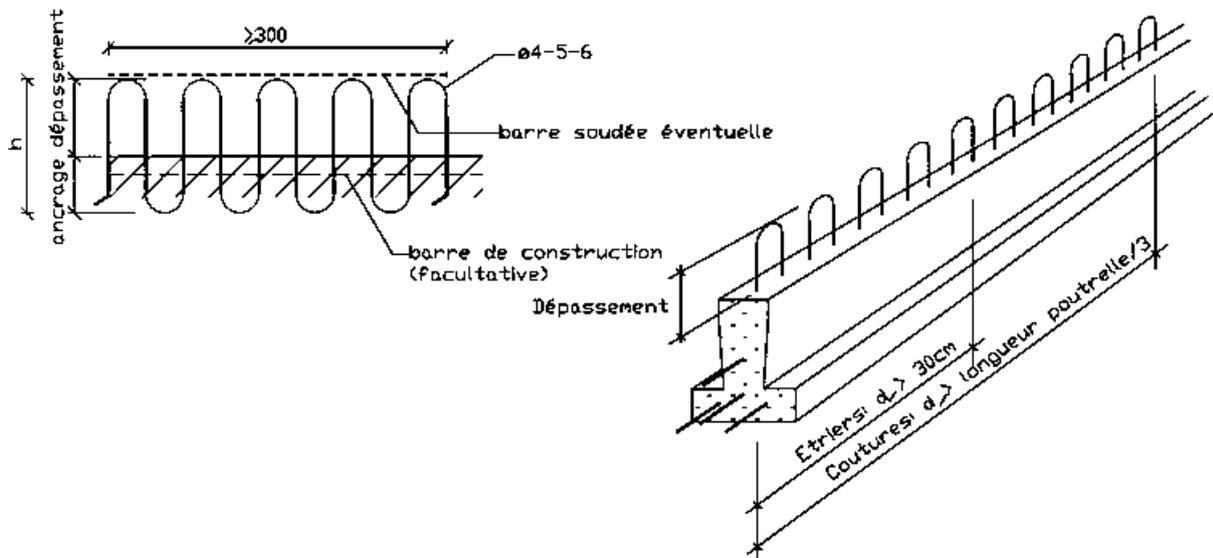
ANNEXE 1: CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES POUTRELLES FRG



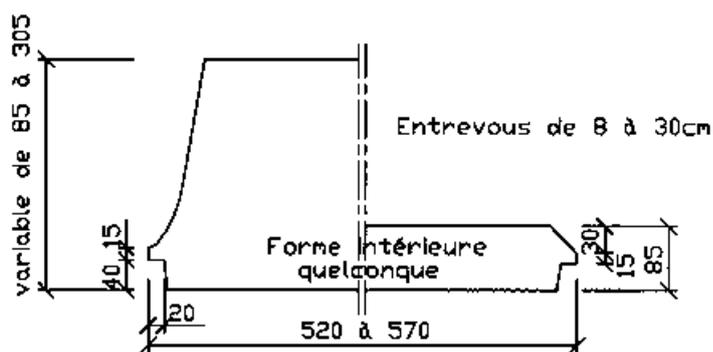
POSITION REELLE DES ARMATURES DE PRECONTRAITE
A L'INTERIEUR D'UNE SURFACE DEFINIE COMME SUIV



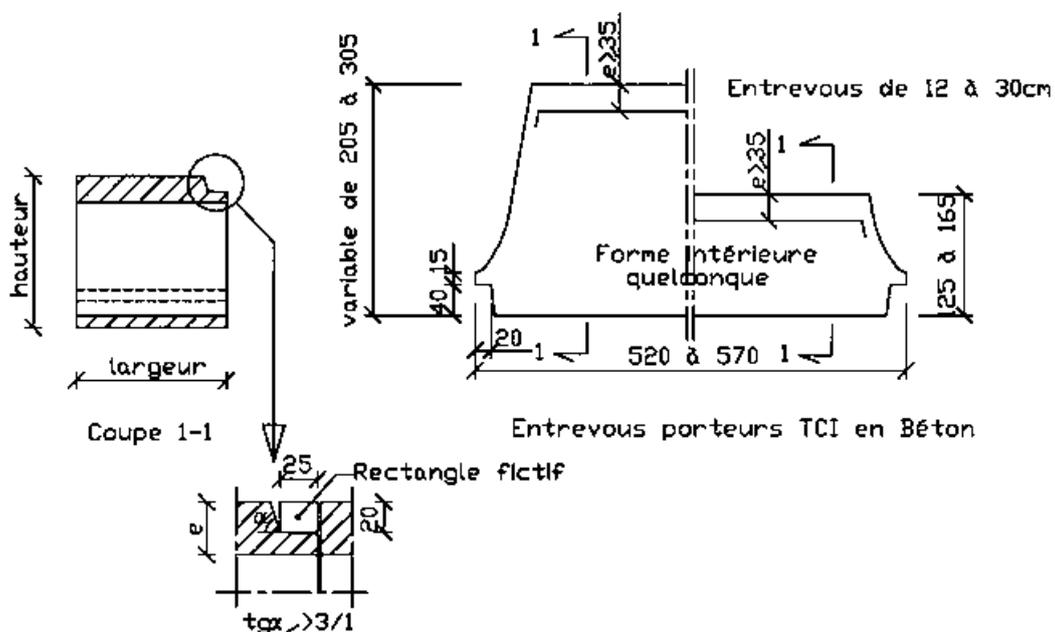
POUTRELLES AVEC ETRIERIS OU COUTURES



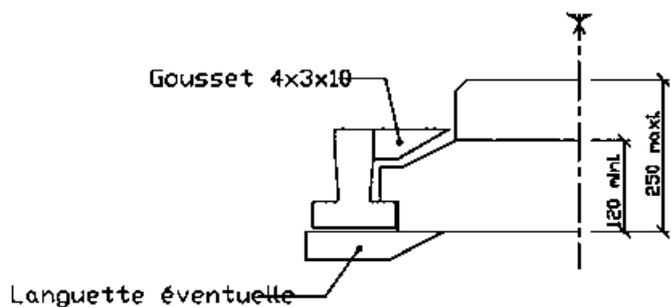
ANNEXE 2: ENTREVOUS RESISTANTS BETON LONGITUDINAUX
PERMETTANT LA DEROGATION COUTURE



Entrevois de coffrage résistants en Béton

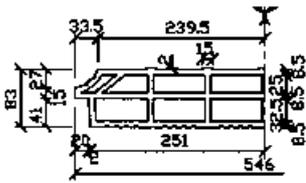


ENTREVOUS ISOLANTS ET DE COFFRAGES SIMPLES

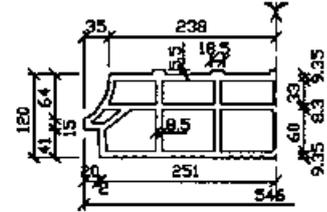


ENTREVOIS DE COFFRAGE SIMPLE DEROGATION COUTURE

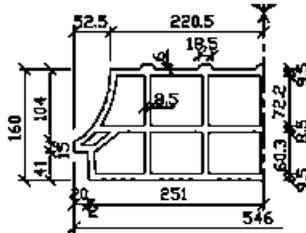
ENTREVOUS RESISTANTS TERRE CUITE LONGITUDINAUX
PERMETTANT LA DEROGATION COUTURE



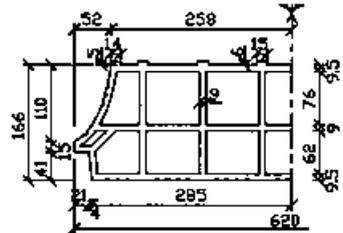
ENTREVOUS 8/51/30



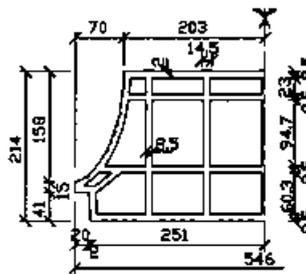
ENTREVOUS 12/51/30



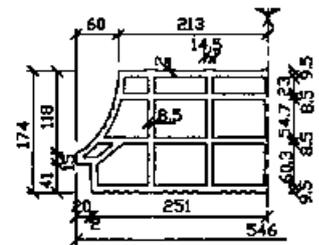
ENTREVOUS 16/51/30



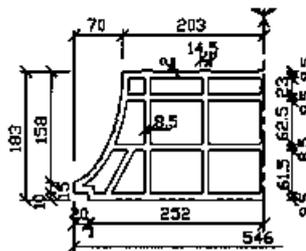
ENTREVOUS 16/58/30



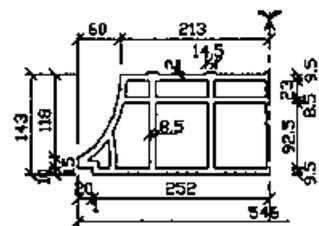
ENTREVOUS 21/51/30/TCl



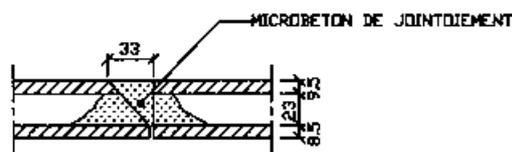
ENTREVOUS 17/51/30/TCl



TAVELLE 17/51/30/TCl

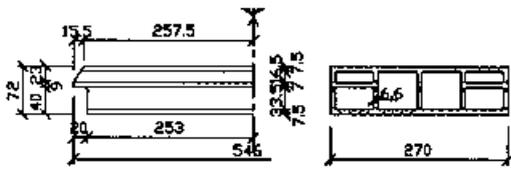


TAVELLE 13/51/30/TCl

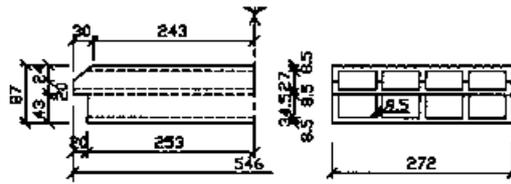


DETAIL DOUBLE PARI SUPERIEURE
DES ENTREVOUS TCl

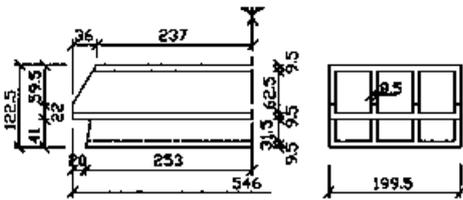
ENTREVOUS RESISTANTS TERRE CUITE TRANSVERSAUX
 PERMETTANT LA DEROGATION COUTURE



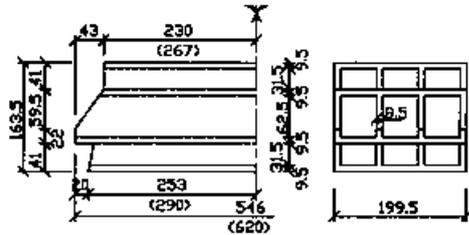
ENTREVOUS 7/51/27



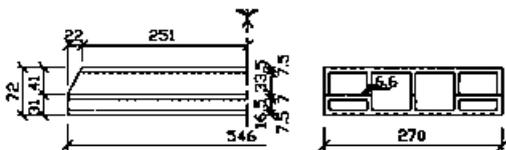
ENTREVOUS 8/51/27



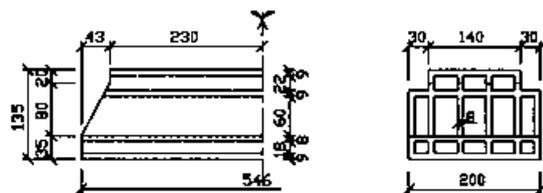
ENTREVOUS 12/51/20



ENTREVOUS 16/51/20 et (16/58/20)

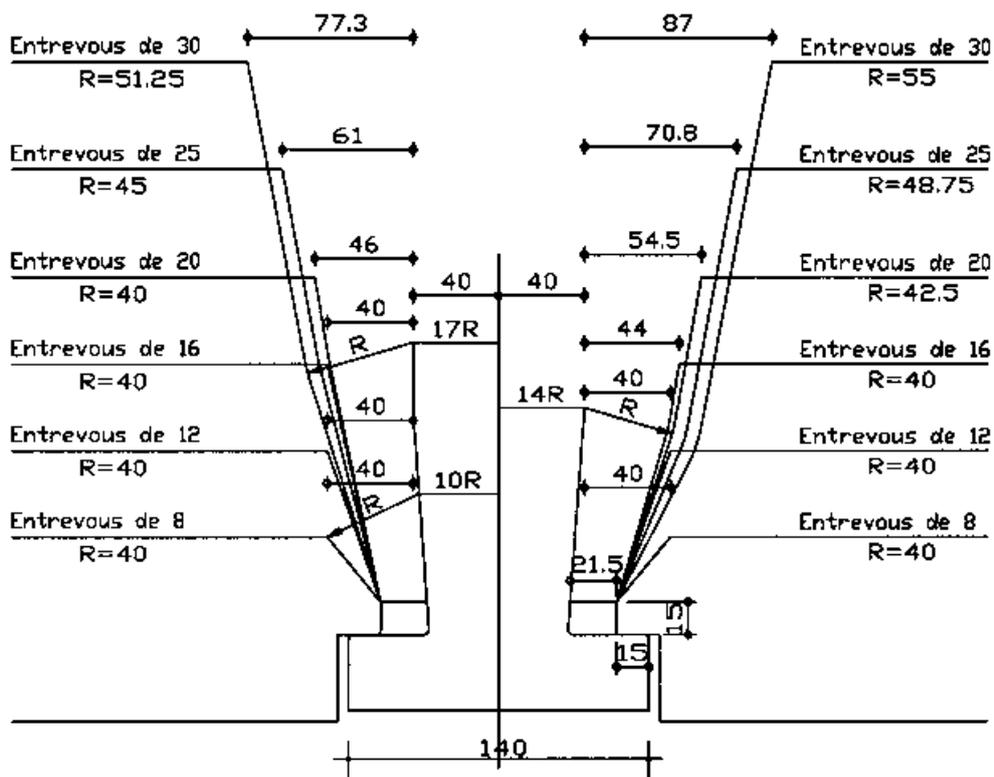


TAVELLE TRANSV.7/51/27



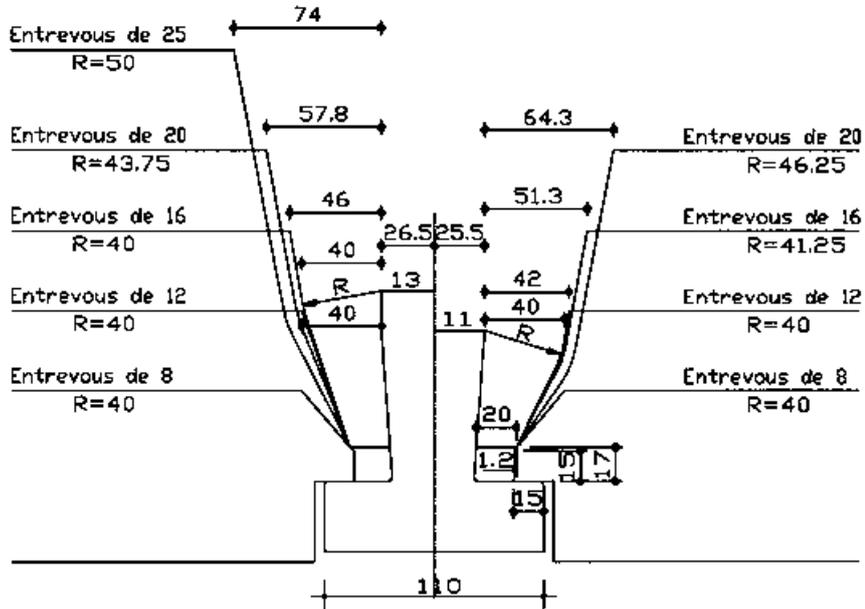
TAVELLE TRANSV.13/51/20/TCI

POUTRELLES ET ENTREVOUS DE COFFRAGE RESISTANT
 LONGITUDINAUX EN BETON OU EN TERRE CUITE.
 FORME ENVELOPPE MINIMALE DES SECTIONS DE CLAVETAGE
 DONNANT LIEU A LA DEROGATION COUTURE.

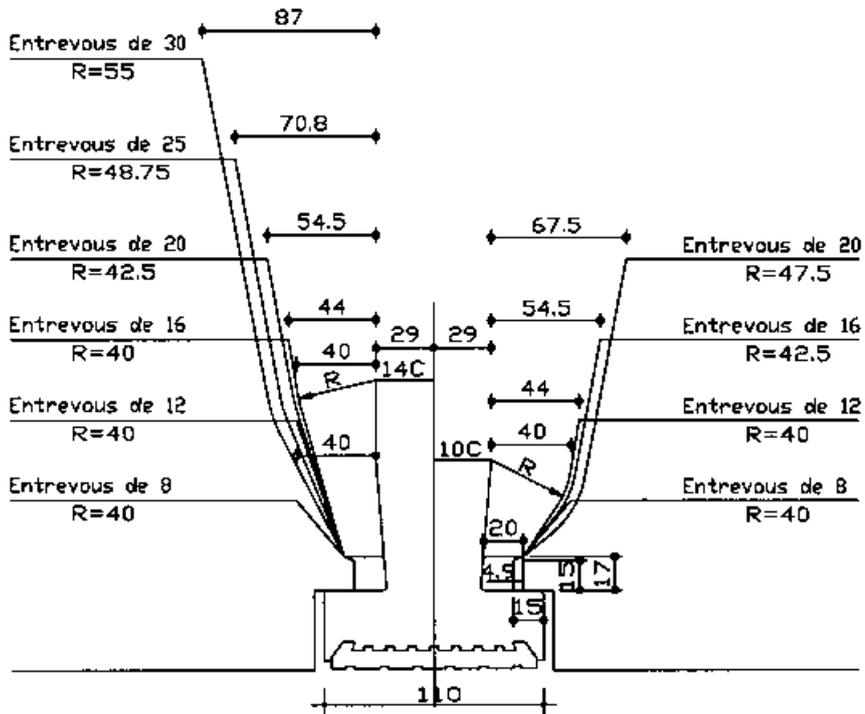


POUTRELLES FRG10R, FRG14R et FRG17R

ANNEXE 5) POUTRELLES ET ENTREVOUS DE COFFRAGE RESISTANT LONGITUDINAUX EN BETON OU EN TERRE CUITE.
 FORME ENVELOPPE MINIMALE DES SECTIONS DE CLAVETAGE DONNANT LIEU A LA DEROGATION COUTURE.

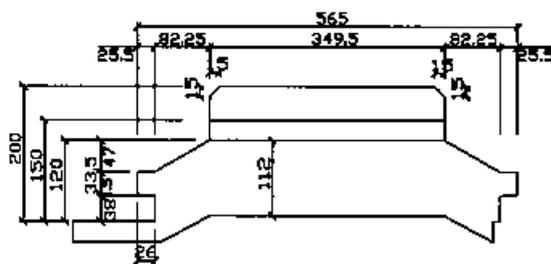


POUTRELLES FRG11 et FRG13

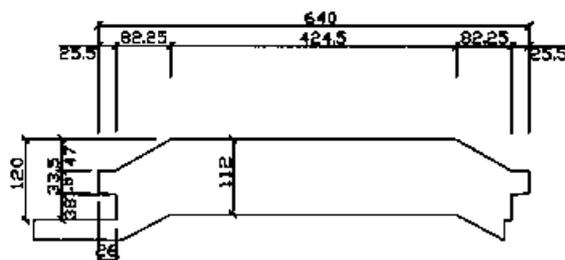


POUTRELLES FRG10C et FRG14C

ENTREVOUS POLYSTYRENE DECOUPES 'KNAUF'
PERMETTANT LA DEROGATION COUTURE



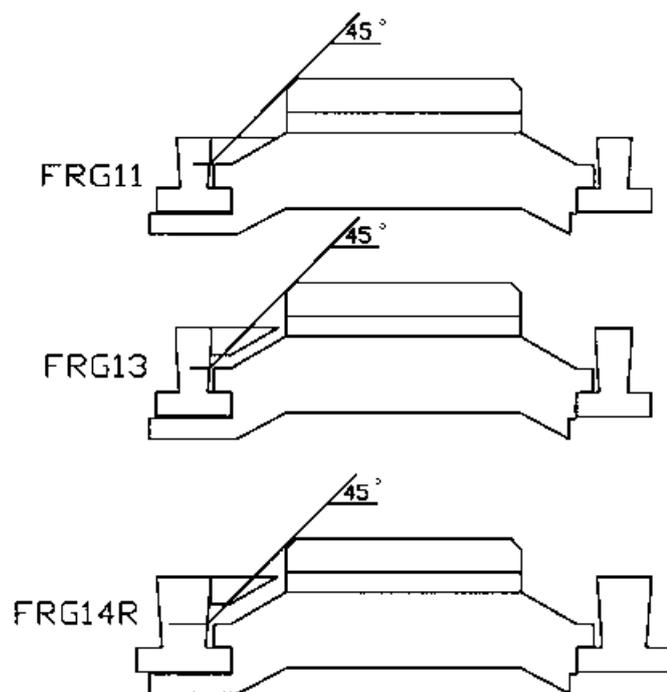
ENTREVOUS 12 ou 15 ou 20/56/103



ENTREVOUS 12/64/103

Masse volumique=21kg/m³

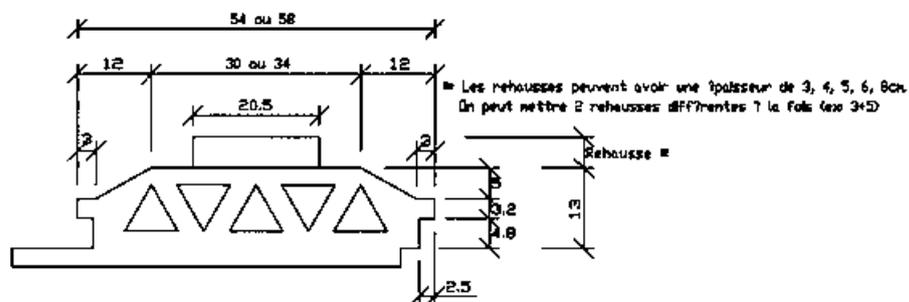
EXEMPLES DE MONTAGES:



Appui des entrevois sur talon=2.5cm

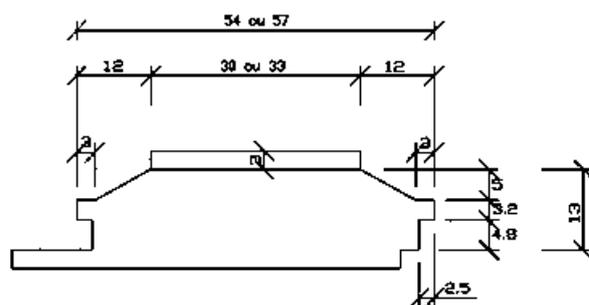
ANNEXE 6: ENTREVOUS DIVERS: EXEMPLES

ENTREVOUS POLYSTYRENE MOULES "VOUTISOL"
PERMETTANT LA DEROGATION COUTURE



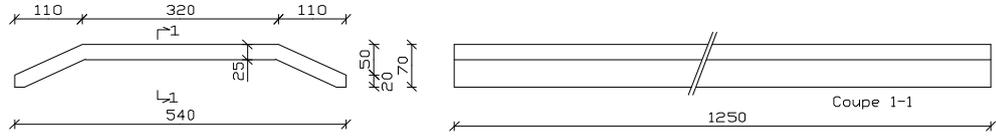
ENTREVOUS 12 ? 25/54 ou 58/60

ENTREVOUS POLYSTYRENE DECOURPES "HOURDISOL"
PERMETTANT LA DEROGATION COUTURE

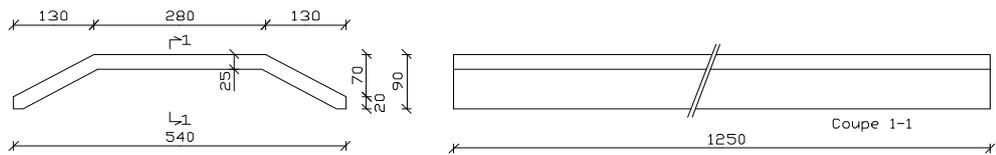


ENTREVOUS 12 et 15/54 ou 57/60

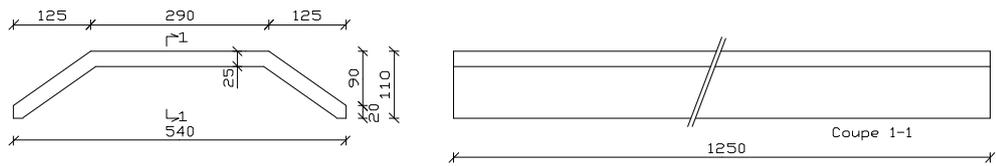
ENTREVOUS DE COFFRAGE "KOFFRAGGLO"
 PERMETTANT LA DEROGATION COUTURE



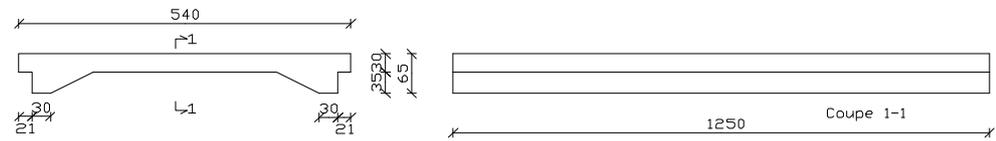
ENTREVOUS 7/54/125



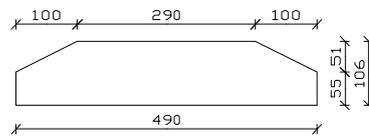
ENTREVOUS 9/54/125



ENTREVOUS 11/54/125

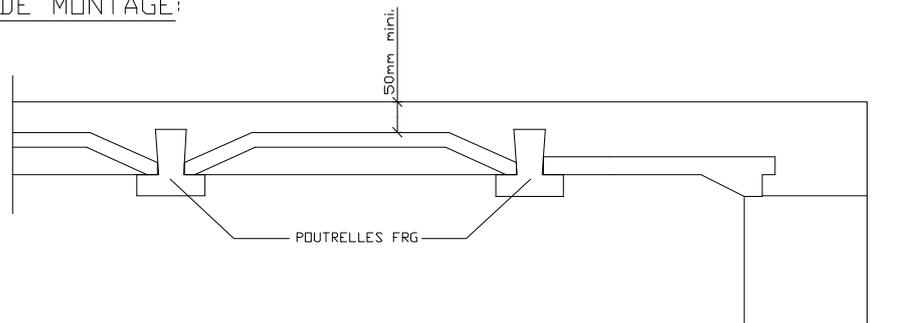


ENTREVOUS NEGATIF 6/54/125

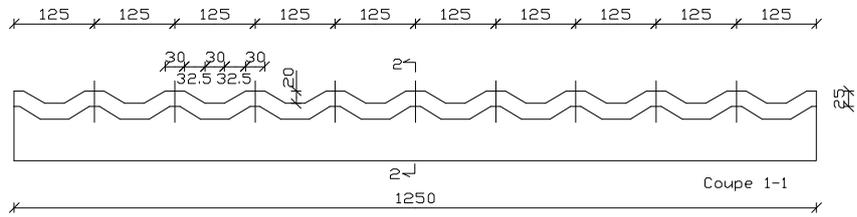
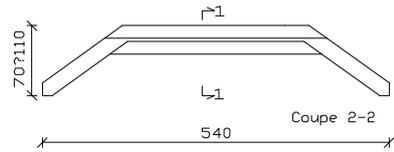


OBTURATEUR DE RIVE (Ep=25mm)

EXEMPLE DE MONTAGE:



ENTREVOUS DE COFFRAGE "KOFFRAGGLD ONDULE"
 PERMETTANT LA DEROGATION COUTURE



EXEMPLE DE MONTAGE:

