

Avis Technique 3/11-687

Annule et remplace l'Avis Technique 3/07-520

Planchers

Floor

Fussboden

COFRADAL

Titulaires : ARCELORMITTAL CONSTRUCTION France
Zone industrielle Site 1
55800 CONTRISSON

Usines : ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION
10, rue bassin de l'industrie
67000 STRASBOURG

ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION
Route de St Leu
60000 MONTATAIRE

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 21 octobre 2011

Le Groupe Spécialisé n° 3 « Structures, Planchers et autres composants structuraux » a examiné, le 18 mai 2011, le dossier de demande de l'Avis Technique sur le procédé de plancher à dalles collaborantes, d'appellation COFRADAL, exploité par la société ARCELORMITTAL CONSTRUCTION. Il a formulé sur ce dossier l'Avis Technique ci-après. Le présent Avis annule et remplace l'AVIS n° 3/7-520.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Plancher à isolation intégrée comprenant un profil métallique, un isolant et une table de compression en béton. Quatre variantes sont proposées :

1. Les versions 180, 200, 230, et 260 (épaisseurs du plancher fini)
2. La version préfabriquée, entièrement préfabriquée en usine. Le plancher est formé de dalles préfabriquées posées jointivement et assemblées mécaniquement par un système de tenon mortaise complété en partie supérieure par un clavetage en mortier à retrait compensé.
3. La version prête à couler (PAC) dont la partie préfabriquée ne comporte que le profil, l'isolation et un treillis soudé, l'ensemble étant pré-assemblé. Le béton de la table de compression est dans ce cas coulé sur chantier.
4. La version "Décibel" pour laquelle le profil est perforé (perforation de type D) pour des raisons d'affaiblissement acoustique.
5. La version renforcée (R) est composée de talons supplémentaires.

Ces versions sont combinables, en fonction du choix de l'épaisseur totale du plancher, de l'option préfabriquée ou PAC, Décibel ou non, renforcée ou non. Les versions 180 R, et 180 R Décibel ne sont pas visées dans le présent Avis.

Les profils métalliques, de 0,60 m de largeur, sont réalisées avec de la tôle galvanisée. Le béton armé utilisé en table de compression complète le plancher pour constituer une épaisseur totale de 180, 200, 230 ou 260 mm. L'épaisseur nominale de la tôle galvanisée est de 1,00 mm, la hauteur des âmes métalliques constitutives de la tôle étant de 140 mm. L'épaisseur de la table de compression en partie médiane est selon les versions de 55 mm à 105mm.

1.2 Identification

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

2. AVIS

Cet Avis ne vaut que pour les fabrications dont :

- la conception et la mise en œuvre du procédé sont conformes à la description ;
- les conditions de fabrication, d'exécution, de calcul et d'emploi répondent au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières et font l'objet d'un suivi de fabrication par le CSTB.

2.1 Domaine d'emploi accepté

L'Avis est formulé pour les utilisations en France européenne (métropole + Corse), en étages courants et terrasses des bâtiments d'habitation, des bureaux, des bâtiments industriels ou commerciaux, ERP.

L'utilisation en zone sismique est limitée aux gammes PAC, PAC-R et PAC Décibel.

Le domaine d'emploi vise des planchers soumis à des charges excluant des chocs répétés ou importants ; ce domaine couvre une gamme étendue de portées et surtout de charges (réparties ou concentrées) et comprend notamment, le cas de charges permanentes relativement lourdes telles que les murs de façade ou de refend. Il exclut les charges variables d'exploitation dont la fonction $1 - \Psi_2$ excède le double des charges permanentes. L'Avis est notamment formulé pour des intensités de charges concentrées ou linéaires ne dépassant pas les limites indiquées dans le paragraphe 2.31 du Cahier des Prescriptions Techniques Particulières.

On admet que pour les éléments COFRADAL[®] les seules charges roulantes autorisées sont celles des parkings pour véhicules légers (moins de 30 kN par essieu et pour des vitesses inférieures à 20 km/h).

La pose des revêtements fragiles, ainsi que l'utilisation de ce procédé en support d'étanchéité ne sont pas visées par le présent Avis.

Les éléments suspendus ne sont pas visés par le présent Avis.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Aptitude à l'emploi

Stabilité

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

Sécurité au feu

Le procédé permet de respecter la réglementation applicable au domaine d'emploi accepté. Le plancher est constitué d'éléments incombustibles et ne présente pas de risques spéciaux ni par dégagement de fumées, ni par diffusion de gaz de distillation inflammables ou toxiques. Les emplois sont conditionnés par les degrés coupe-feu requis.

La résistance au feu du plancher (sans protection particulière) conformément aux critères énoncés dans l'arrêté du 22 mars 2004 du Ministère de l'Intérieur et sur la base du P.V. de classement RS02-092, peut être évaluée comme suit :

Pour les planchers bénéficiant d'une protection thermique par plafond suspendu, par plaques fixées directement en sous-face de plancher ou par projection de matériau isolant, le degré de résistance au feu doit être établi soit par un procès-verbal d'essai délivré par un laboratoire agréé soit au cas par cas par une appréciation de laboratoire agréé délivrée dans les conditions prévues de l'arrêté du 22 mars 2004, modifié par l'arrêté du 14 mars 2011. Sauf indications contraires du P.V. ou de l'appréciation du laboratoire agréé, la mise en œuvre de ces protections thermiques doit en outre être conforme aux DTU en vigueur (ex. : additif n° 2 du DTU 58.1 pour les plafonds suspendus). Il est à noter que les classements de résistance au feu ne préjugent pas de la durabilité dans le temps de ces protections.

La stabilité mécanique peut être estimée conformément aux règles définies dans la norme NF EN 1992-1-2, pour les versions 200, 230 et 260 de la gamme standard, et 230 de la gamme renforcée. Des dispositions de renforts permettant d'atteindre les durées de stabilité au feu courants sont précisées dans le Dossier Technique § 5.5, et en annexe.

Cas particulier des planchers pour lesquels une isolation en polyuréthane est appliquée en vide sanitaire : cette disposition ne peut être acceptée que pour les planchers pour lesquels aucune exigence de réaction au feu n'est requise.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Elle peut être normalement assurée si les planchers sont conçus et mis en œuvre conformément au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (§ 2.3 ci-après) et si les accessoires de levage (élingues et points d'ancrage) utilisés pour déplacer les éléments, sont parfaitement adaptés à la géométrie de ceux-ci et font l'objet de vérifications et épreuves réglementaires.

Isolation acoustique

L'appréciation de cette qualité peut être effectuée sur la base des essais réalisés au CSTB pour le COFRADAL 200 et le COFRADAL 200 Décibel qui fournissent les indications suivantes. Les autres versions du COFRADAL n'ont pas été examinées.

- pour le plancher COFRADAL[®] 200 sans plafond rapporté suspendu :
 - Indice d'affaiblissement acoustique $R_w(C; C_{tr})$: 58 (-1 ; -6) dB
 - Niveau de bruit de choc normalisé $L_{n,w}$: 78 dB
- pour le plancher COFRADAL[®] 200 Décibel sans plafond rapporté suspendu :
 - Indice d'affaiblissement acoustique du Cofradal 200 est R_w : 58(-2 ; -7) dB
 - Coefficient d'absorption α_w : 0.85

Isolation thermique

Le coefficient Up moyen de déperdition par transmission à travers les parois déperditives séparant le volume chauffé du bâtiment, de l'extérieur, du sol et des locaux non chauffés se calcule selon les règles Th-U.

Flexibilité

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

être calculés selon les indications données au paragraphe 2.31 du Cahier des Prescriptions Techniques Particulières ci-après.

Les planchers réalisés à l'aide des éléments COFRADAL® sont, par conception, des planchers souples. En conséquence, ils sont susceptibles d'entrer en résonance même pour des actions relativement faibles comme la marche ou la course, pour des portées supérieures ou égales à 5m.

Étanchéité entre locaux intérieurs

Dans le cas d'utilisation en locaux humides, des dispositions complémentaires d'étanchéités au droit des joints de dalles et en périphérie de salles d'eau sont à prévoir. En particulier il faut remplir l'espace entre la plinthe et le carrelage par un joint en mastic.

Finitions

Les percements et scellements à posteriori en sous-face sont possibles conformément aux dispositions prévues dans le § 8,6 du Dossier Technique.

Pour la pose de revêtements de sol, il convient de se reporter aux DTU et CPT des GS12 et 13 traitants de chaque type de revêtement.

Porte-à-faux

Dans le cas du plancher COFRADAL® 200, la réalisation de porte-à-faux ne peut être admise que si les dalles sont solidaires d'une structure en béton armé indépendante des dalles préfabriquées, à l'exception des dispositions prévues pour les porte à faux courts, dans le dossier technique au §8.5.

Dans version préfabriquée, structure préfabriquée en porte-a faux

Dans version PAC, la partie en console doit être étayée.

Autres informations techniques

Lors de la vérification du comportement en situation normale et en cas d'incendie la valeur caractéristique à prendre en compte pour la résistance à la compression du béton est au moins de 30 MPa.

Dans la version PAC, l'entreprise doit utiliser au minimum un béton de C30/37.

2.22 Durabilité - entretien

Pour les emplois indiqués en 2.1, la durabilité du plancher brut (c'est-à-dire plafond exclu) est équivalente à celle des planchers traditionnels utilisés dans des conditions comparables, sauf pour des utilisations sur locaux humides ou à atmosphère agressive, à moins que la sous-face du plancher ne soit entretenue et comporte une protection complémentaire obturant les joints. L'emploi en vide sanitaire accessibles et normalement ventilés est conditionné à une protection complémentaire de la tôle et à l'obturation des joints conformément aux indications du Dossier Technique. Les percements (fixation de réseaux, réservations) ultérieur à la pose ne sont pas autorisés.

Ce type de protection complémentaire convient pour les plancher ne nécessitant pas de vérifier un critère de réaction au feu. En revanche, la protection complémentaire n'altère pas la résistance au feu du plancher.

Si l'ensemble des constituants du complexe COFRADAL ne présente pas de sensibilité à l'eau, une étanchéité conforme aux règles DTU en vigueur est obligatoire pour toute utilisation du plancher comme support de toiture, couverture ou toiture-terrasse,...

L'entretien doit être apprécié en fonction des protections complémentaires éventuelles (voir paragraphe 3.3 du Dossier Technique).

2.23 Fabrication et contrôle

La fabrication des tôles et des dalles préfabriquées est effectuée dans l'usine ARCELOR CONSTRUCTION de Montataire Cette usine dispose d'un autocontrôle systématique du fabricant selon les modalités définies au Cahier des Prescriptions Techniques Particulières ci-après.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques Particulières

Le plancher COFRADAL® doit être calculé, fabriqué et mis en œuvre conformément aux prescriptions suivantes.

2.31 Conditions de conception et de calcul

Pour chaque projet, le Bureau d'étude d'Arcelor Mittal Construction doit fournir la note de calcul et le plan de pose avec les éventuelles armatures complémentaires.

Le plancher COFRADAL® est dimensionné en fonction du tableau d'utilisation décrit au paragraphe 5 du Dossier Technique établi par le demandeur. En plus, le plancher doit vérifier les prescriptions suivantes.

Réalisation des porte-à-faux

Ils doivent être réalisés comme indiqué dans la description (§ 5.5) à condition de disposer des armatures en chapeau (acier HA) ancrées au niveau de la paroi supérieure des dalles.

Conditions de déformation

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

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

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

Les déformations doivent être calculées en prenant en compte le risque de résonance du plancher pour les actions dynamiques, même si leur intensité est faible (marche ou course).

Ouvertures de fissures et cloquage

Dans le cas où le contrôle de l'ouverture des fissures sur appuis est requis (revêtement de sol fragile par exemple), les armatures de chapeau sur appui doivent être justifiées par un calcul en continuité, en vérifiant les ELS suivants :

- Ouverture des fissures en face supérieure, au niveau des appuis,
- Cloquage de la tôle sur appui.

Résistance au poinçonnement

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

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

La vérification du poinçonnement du plancher COFRADAL doit s'effectuer selon les dispositions décrites dans le paragraphe 5-4 du Dossier Technique.

Résistance à l'effort tranchant

Il convient de s'assurer que l'effort tranchant agissant ne dépasse pas 30 kN/ml de largeur de plancher.

Vérifications en phase de montage et de coulage du béton

Dans le cas de la mise en œuvre du plancher COFRADAL Prêts à couler (PAC et PAC Décibel), la résistance des éléments en phase coulage a été vérifiée expérimentalement.

Pour le Cofradal PAC, la pose des bacs sans étais ou entre 2 files d'étais est limitée aux portées inférieures à 2,00 m.

Pour le Cofradal PAC R, la pose des bacs sans étais ou entre 2 files d'étais est limitée aux portées inférieures à 1,75m.

Pour le Cofradal PAC décibel ou dans le cas de sous face apparente et de pose avec étais, la portée maximale entre étais ne doit pas excéder à 1,20 m.

Réalisation des trémies

Pour les trémies de petites dimensions (largeur inférieure à 30 cm dans le sens de la portée du plancher), les réservations doivent être prévues entre les talons, dans la partie centrale de chaque plateau, Cela doit être prévu à la fabrication lors du coulage du béton frais ou peuvent être réalisées sur place sur le plancher fini à l'aide d'une foreuse à condition de restituer les armatures sectionnées par des renforts d'armatures situées en périphérie de la trémie

Charges concentrées ou linéaires

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

- Les charges ponctuelles statiques pouvant agir sur le plancher sont limitée à 15 kN sur une platine de 100x100 mm.
- les charges linéaires statiques portées sur le plancher parallèlement aux dalles ne doivent pas être supérieures à 3,5 kN/m (cloisons légères au sens de la norme NF P 06-001), sauf dispositions particulières ;
- le plancher peut être soumis exclusivement à des charges statiques ou quasiment statiques. On peut considérer dans cette dernière catégorie les charges dynamiques comme dans le cas des charges roulantes pour les véhicules dont la charge maximale par essieu n'excède pas 30 kN, et dont la vitesse n'excède pas 20 km/h, celles-ci ne donnant pas lieu à des phénomènes de fatigue ou de chocs réétés..

Calcul sous action sismique

L'utilisation en zone sismique est limitée aux gammes PAC, PAC-R et PAC Décibel.

Les calculs de vérification de la résistance des planchers sous action sismique doivent être menés selon les règles en vigueur, conformément à l'arrêté du 22 octobre 2010.

Les planchers doivent en particulier assurer les fonctions tirant-buton et diaphragme.

Pour permettre la fonction liaison du plancher, celui-ci doit présenter dans toute section transversale une capacité de résistance ultime à la traction de 75kN/m de largeur au minimum en situation accidentelle.

Les dispositions constructives du dossier technique concernant les armatures sur appuis et les liaisons entre éléments préfabriqués doivent également être respectées pour assurer un bon comportement du plancher.

Le périmètre doit être connecté sur les appuis. Les modules entre eux doivent être également liaisonnés.

Pour la vérification de la connexion aux appuis, on doit vérifier $F_{pondéré} > Rk / (3 \cdot k)$, k étant le nombre de connecteurs prévus.

2.32 Conditions de fabrication et de contrôle

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

Une surveillance externe de la fabrication sera effectuée par le CSTB. Elle vise à vérifier la constance des dimensions, de la qualité des soudures, et de la production en général.

2.321 Contrôle de la résistance de la tôle

Une plaque d'environ 20 x 20 cm est découpée dans chaque bobine de tôle galvanisée prévue pour le profilage. A partir de cette plaque on prélève une éprouvette de 20 mm de largeur qu'on soumet à l'essai de traction. Pour déduire de cet essai la limite élastique de la tôle, on considère comme épaisseur de l'éprouvette, l'épaisseur nominale de calcul de la tôle nue. La limite élastique ainsi déterminée doit être, dans 95 % des cas, au moins égale à 320 N/mm². La traçabilité de la matière première peut permettre de déterminer cette valeur.

2.322 Contrôle dimensionnel après profilage

Ce contrôle qui est réalisé par le fabricant doit porter notamment sur les dimensions suivantes :

- Epaisseur de la dalle mesurée au milieu et en about de l'élément : la valeur nominale doit être respectée avec une tolérance de + 3mm et - 3 mm.
- Hauteur des ames latérales : la valeur nominale doit être respectée avec une tolérance de + 2 mm et - 1 mm.
- Longueur de la dalle : la valeur nominale doit être respectée avec une tolérance de + 10 mm et - 10 mm.
- Flèche maximale provisoire sous poids propre limitée à L/240

2.323 Réalisation et contrôle des soudures

La réalisation des soudures entre les retours de bacs aciers et le treillis soudé doit faire l'objet d'un autocontrôle systématique effectué dans l'usine productrice. La méthodologie d'exécution des soudures doit être conforme au mode opératoire de soudage décrit par le fournisseur agréé. Les matériaux constitutifs de la soudure doivent être systématiquement accompagnés de leurs Certificats de Contrôle.

Les soudures doivent être exécutées uniquement par des soudeurs qualifiés par un organisme agréé. Le contrôle de qualité des soudures effectué par le fabricant doit comporter un examen visuel de toutes les soudures exécutées. Les défauts constatés doivent être inscrits dans un registre de contrôle. En plus, des essais de résistance de soudures par traction doivent être réalisés à raison d'un essai par semaine de fabrication.

2.324 Contrôle de résistance du béton constitutif de la dalle

Le béton des éléments doit présenter une résistance caractéristique à la compression, valeur garantie du fractile 5 % avec un niveau de confiance de 95 % et mesurée sur cylindres à 28 jours d'âge au moins égale à 30 MPa.

2.325 Autres critères de fabrication

- Les encoches aux extrémités des planchers doivent présenter une surface rugueuse, au sens de l'EN 1992-1-1.
- La longueur des éléments de planchers doit tenir compte des tolérances de pose pour garantir un repos effectif de 50 mm minimum.

2.33 Conditions de mise en œuvre

- La réalisation des joints entre éléments nécessite une mise en œuvre particulièrement soignée.
- En raison de l'assemblage mécanique entre éléments réalisé par un système de tenon mortaise, il est indispensable de vérifier, avant le coulage du mortier en partie supérieure du clavetage, le positionnement correct des éléments entre eux.
- Les liaisons des éléments avec l'ossature doivent être assurées par des vis auto taraudeuses ou clouage sur les solives métalliques dans

le cas d'ossature métallique, ou par le dépassement du treillis soudé constitutif de la table de compression dans le cas d'ossatures en béton. Ces liaisons, dans le cas des gammes PAC, PAC-R et PAC-Decibel, peuvent être également assurées par les connecteurs prévus dans le cas d'emploi en zone sismique. Dans ce dernier cas de figure, la longueur d'ancrage du treillis dans le béton de chaînage est de 80 mm minimum et la longueur d'appui minimale doit être de 50 mm afin de tenir compte des écarts de positionnement inévitables sur chantier.

- Le maintien en position des aciers de renfort prévus dans les calculs doit être assuré par toutes dispositions permettant de respecter les enrobages prévus aux projets.

2.34 Documents d'exécution

Le fabricant doit porter, dans les documents d'exécution, les informations suivantes :

- le type d'armatures et leur position ;
- la longueur maximale de porte-à-faux pour le levage des éléments, au-delà d'une longueur de porte-à-faux de 1,50 m, une solution spécifique de levage devra être fournie
- L'étaieement éventuellement nécessaire (version PAC).

Conclusions

Appréciation globale

Pour cette fabrication, l'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement, dans la mesure où les conditions de fabrication et de contrôle font l'objet d'un suivi par le CSTB.

Validité

Cinq ans jusqu'au 31 mai 2016.

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

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Compte tenu de la faible raideur du plancher, le dimensionnement est imposé principalement par les limites en déformation plutôt que par la résistance du plancher. En cas d'utilisation en vide sanitaire, a sous face métallique des planchers étant protégée par un isolant polyuréthane, il est nécessaire de prévoir un entretien régulier.

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 3
N. RUAUX*

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe général

Plancher à isolation intégrée comprenant un profil métallique, un isolant et une table de compression en béton. Plusieurs versions sont proposées :

1. Les versions 180, 200, 230, et 260 (épaisseurs totale du plancher fini)
2. La version préfabriquée, entièrement préfabriquée en usine. Le plancher est formé de dalles préfabriquées posées jointivement et assemblées mécaniquement par un système de tenon mortaise complété en partie supérieure par un clavetage en mortier à retrait compensé.
3. La version prête à couler (PAC) dont la partie préfabriquée ne comporte que le profil, l'isolation et un treillis soudé, l'ensemble étant préassemblé. Le béton de la table de compression est dans ce cas coulé sur chantier.
4. La version "Décibel" pour laquelle le profil est perforé (perforation de type D) pour des raisons d'affaiblissement acoustique.
5. La version renforcée (R) est composée de talons supplémentaires.

Ces versions sont combinables, en fonction de l'épaisseur du plancher, de l'option préfabriquée ou PAC, Décibel ou non, renforcée ou non.

Les profils métalliques, de 600 mm de largeur, sont réalisées avec de la tôle galvanisée. Le béton armé utilisé en table de compression complète le plancher pour constituer une épaisseur totale de 180, 200, 230 ou 260 mm. L'épaisseur nominale de la tôle galvanisée est de 1,00 mm, la hauteur des âmes métalliques constitutives de la tôle étant de 140 mm. L'épaisseur de la table de compression en partie médiane et au droit des âmes varie selon l'épaisseur du plancher (voir schéma en annexe)

Une perforation de type E en sous face des profils métalliques, différente de la perforation des profils Décibel (type D), a pour but de limiter le risque d'accumulation d'eau sur la tôle. Elle est systématique pour la version PAC standard et peut être prescrite pour la version ordinaire.

Le plancher COFRADAL[®] est destiné à la réalisation des bâtiments industriels ou commerciaux, des logements individuels ou collectifs ou des parkings.

Les planchers COFRADAL[®] sont préfabriqués en atelier à des longueurs prédéterminées par ARCELORMITTAL CONSTRUCTION en fonction des plans de Bureaux d'études en béton armé fournis par l'entreprise de construction. La mise en œuvre sur l'ouvrage est réalisée selon le plan de calepinage et de pose établi par ARCELORMITTAL CONSTRUCTION

Les éléments de base composant le COFRADAL[®] sont :

- plateau en bac acier 140.600 usine ARCELORMITTAL CONSTRUCTION de Strasbourg et MONTATAIRE,
- béton,
- treillis soudé,
- renforts feu (aciers HA)
- âme isolante en laine de roche.

Les calculs de conception et de vérification du plancher COFRADAL[®] se font selon les règles en vigueur suivantes :

- Règles BAEL 91 révisé 99
- Règles EC4 chapitre 7

Concernant les justifications spécifiques au procédé (collaboration bac acier/béton notamment) les calculs et vérifications sont menés selon la méthode décrite ci-après (§ 5,3 du Dossier Technique).

2. Définitions des matériaux

2.1 Profil en bac acier

Le profil de base 140.600 est fabriqué dans des unités de production ARCELORMITTAL CONSTRUCTION, située à STRASBOURG et MONTATAIRE, à partir de tôles galvanisées selon le procédé Sendzi

mir, 275g/m² sur deux faces (NFA 36.322).

L'exécution est conforme à la norme 1090-2.

Selon la destination du procédé, les tôles utilisées peuvent être prélaquées selon la norme NFP 34-301.

Les caractéristiques mécaniques de ces profilés sont les suivantes :

- Limite élastique fe mini : 320 N/mm²
- Résistance à la traction : 390 N/mm²
- Allongement pour Re : 1 %
- Allongement à la ruine : 17 %
- Module d'élasticité Ea : 210000 N/mm²

L'épaisseur des tôles en acier galvanisé utilisée dans la réalisation des planchers COFRADAL[®] est de 1.00 mm ou 1,25 mm.

2.2 Béton

Le béton est constitué de sable, de granulats lourds dosés à 350 kg/m³ ayant une résistance minimale à la compression à 28 jours de 30 MPa. Les caractéristiques sont définies dans le tableau ci-dessous.

	Poids volumique Kg/m ³	Fc28 MPa	Ft28 MPa
C30/37	2350	30	2.40

2.3 Treillis soudé

Treillis soudé conforme à la norme NFA 35.016, type ST10 de maille : 200/200 et de diamètre 5.5/5.5 (section 1.19/1.19 cm²/ml).

La limite élastique du ST10 est de : 500 Mpa.

L'allongement sous charge maxi : 2,5 %.

2.4 Ame isolante

Ame isolante en laine de roche positionnée en fond de bacs métalliques et masse volumique minimale de 50 kg/m³.

2.5 Caractéristiques du plancher fini

Inertie mixte du plancher (cm⁴) selon la portée (m)

	5.00 m	6.00 m	7.00 m	7.50 m	8.00 m
Cof 180	2082				
Cof 180 déc	1736				
Cof 200	2655	3063	3176		
Cof 200R	3038	3500	3623		
Cof 200 déc	2369	2719	2868		
Cof 200 déc R	2611	3050	3275		
Cof 230	4921	5669	5771	5873	
Cof 230R	5276	6078	6197	6298	
Cof 230 déc	3391	4555	5232	5248	
Cof 230 déc R	3710	5016	5730	5773	
Cof 260	5293	6102	6204	6316	6380
Cof 260R	5830	6723	6837	6954	7000
Cof 260 déc	3641	4900	5623	5678	5745
Cof 260 déc R	4129	5632	6482	6495	6504
Cof 260 (1.25)	6805	7840	7947	8103	8115
Cof260 déc (1.25)	4518	6108	7034	7146	7170

3. Domaine d'emploi

3.1 Limitation du domaine d'emploi

Les planchers COFRADAL[®] ne sont utilisés qu'en travée simple (travée isostatique). Pour chaque projet, le Bureau d'Etude d'ArcelorMittal Construction fournit la note de calcul et le plan de pose avec les éventuelles armatures complémentaires.

3.2 Finition aspect

La finition en sous-face est celle d'un plateau métallique nervuré. Elle peut soit rester brute, soit venir recevoir une peinture, soit enfin servir de support à un faux-plafond de finition. Une protection complémentaire de la sous face peut être proposée pour des utilisations en ambiance humide (vide sanitaire).

La finition en surface de chaque élément bétonné en usine est celle d'une dalle en béton lissé ;

Les tolérances dimensionnelles seront conformes au § 2.321. L'entreprise de revêtement de sol devra tenir compte de ces tolérances entre deux éléments bétonnés en usine afin d'obtenir au final une planéité conforme au DTU 21-parement courant.

3.3 Durabilité - entretien

La durabilité du plancher COFRADAL est équivalente à celle des planchers traditionnels de même nature utilisés dans des conditions comparables.

Selon les définitions des ambiances intérieures des bâtiments ainsi que des expositions extérieures données dans les normes NFP 34-301 Annexe B et NFP 34-310 annexe B et C, le profil du plancher COFRADAL devra suivre les recommandations données en Annexe A de la norme NFP 34-301 dans le choix du revêtement de protection à prévoir.

Il pourra s'agir par exemple dans le cas d'ambiance à moyenne ou à forte hygrométrie, d'utiliser un profil galvanisé Z275 prélaqué par un revêtement de classe IV.

En cas d'utilisation sur vide sanitaire, il est nécessaire de prévoir une protection spécifique. La protection ne devra en aucun cas être altérée après la pose (fixation de réseaux en sous face, percements). La protection rapportée est constituée de la manière suivante :

1. par injection directe de mousse polyuréthane prise en sandwich entre la sous face du profil et une peau de toute nature apte à remplir la fonction de mise en forme souhaitée.

Constituants :

- Envers de bande en sous-face extérieure
- Mousse polyuréthane injectée
- Peau de mise en forme

Dans tous les cas le matériau isolant est interrompu en rive des plancher pour que le profil métallique repose directement sur le support, pour éviter le tassement d'appuis.

Les vides sanitaires seront accessibles et normalement ventilés.

Ce type de protection complémentaire convient pour les planchers ne nécessitant pas de vérifier un critère de réaction au feu. En revanche, la protection complémentaire n'altère pas la résistance au feu du plancher.

4. Description du système COFRADAL® 200

4.1 Principe de base

Le système constructif COFRADAL® repose sur la collaboration des matériaux acier (bac acier) et béton (dalle de compression).

L'acier situé dans la zone tendue (partie inférieure) joue le rôle d'armatures principales est formé par des plateaux en acier plat galvanisé ou prélaqué type 140.600 (largeur 600 mm et hauteur 140 mm) fabriqué dans l'usine ARCELORMITTAL CONSTRUCTION de Strasbourg et MONTATAIRE.

Une table de compression en béton (partie supérieure du COFRADAL®) est coulée en usine (version ordinaire) ou sur chantier (version PAC). La forme de la table en béton permet de mobiliser une partie des montants constitutifs du bac et les emboitements des lèvres des plateaux.

Cette emprise, avec en plus la présence d'un treillis soudé de type ST10 soudé sur les lèvres des plateaux, permet une collaboration intime sous forte surcharge sans glissement entre l'acier et le béton du système COFRADAL®.

Les résultats obtenus de tenue au feu tiennent compte de la présence entre les âmes métalliques de panneaux en laine de roche d'épaisseur 128 mm.

Tout l'ensemble préfabriqué en atelier spécialisé est transporté sur chantier où il reste à effectuer :

- le coulage de la table de compression (version PAC)
- des travaux d'étanchéité, de clavetage au mortier en retrait compensé et de chaînage réalisé en pourtour du plancher.

4.2 Détails constructifs

4.2.1 Dispositifs des appuis

Les éléments de COFRADAL® peuvent reposer sur plusieurs types d'appuis béton, acier ou bois.

L'appui standard est de 50 mm minimum. Sur cette largeur, la laine de roche est tenue en retrait, de manière à permettre un plein remplissage de béton en cet endroit.

La version non renforcée n'est pas autorisée pour le transfert de charges verticales au droit des talons.

La version « R » (renforcée) peut être utilisée pour assurer le transfert des charges verticales au droit des talons d'appuis et le long des nervures longitudinales.

Pour s'assurer que les modules ne glissent pas pendant cette phase de mise en œuvre, il y a lieu :

- Soit de prévoir une lisse d'étalement le long de l'appui,
- Soit de mettre une fixation ou rivet / plateau 140.600.

Voir détails de mise en œuvre en annexe

4.2.2 Liaison entre deux éléments

La liaison entre deux éléments est assurée par l'emboitement entre les âmes des plateaux rendues compatibles par une forme trapézoïdale « mâle – femelle » en tenon mortaise.

Un sens de pose est par conséquent donné par le bureau d'études ARCELORMITTAL CONSTRUCTION.

Chaque élément ainsi assemblé dans le sens transversal est susceptible de transmettre à son voisin des efforts verticaux et de limiter le déplacement d'une dalle par rapport à l'autre.

En version entièrement préfabriquée, entre deux éléments assemblés, un espace linéaire de largeur comprise entre 5 et 10 mm est laissé apparent sur le dessus du plancher.

Cet espace est rempli d'un mortier à retrait contrôlé afin de constituer un blocage entre les éléments.

Dans le cas d'emploi en zone sismique, pour les gammes PAC, les liaisons entre modules sont assurées par des connexions par vis auto-perceuses ou par des aciers HA positionnés dans les encoches prévues à cet effet (voir dispositions en annexe)

4.2.3 Fin de trame (éléments démodulés)

Lorsque le calepinage des modules laisse une zone inférieure à 600mm, celle-ci est traitée sur chantier.

Le profil métallique couvre la zone de fin de trame et est utilisé alors comme coffrage. Le bac doit être lié par l'intermédiaire de fixations mécaniques au dernier élément préfabriqué sur lequel il prend appui.

Ce lien est assuré par des vis 6.3 x 25 auto perceuses positionnées sur les 60 mm inférieurs des âmes du profil à raison d'une vis tous les 600mm et n'est destiné qu'aux phases de montage et de coulage du béton. Dans ces phases provisoires, le bac est supporté par des files d'étais. -étalement selon §2.31)-

4.2.4 Trémies

Dans la mesure où aucune âme n'est sectionnée, les trémies de sections inférieures à 200x200 mm ne nécessitent pas de renfort particulier, que celles-ci soient réalisées en usine ou sur chantier.

Celles de sections inférieures à 400mm font l'objet de renforts d'armatures en acier HA, en périphérie de la trémie (voir annexe).

Lorsqu'une âme est sectionnée, les dispositions constructives prévues en annexe s'imposent.

Jusqu'à une largeur de 1.0m, un chevêtre en acier HA intégré dans la partie béton couplé à un courrage des âmes sectionnées permettent un report des charges sur les âmes adjacentes.

Si les dimensions de la trémie sont supérieures strictement à 1.00 m et inférieures ou égales à 1,20m, il y a lieu dans ce cas de prévoir des chevêtres en béton armé prenant appui sur des bandes noyées intégrées dans les deux modules adjacents, ou tout autre élément indépendant du reste du plancher.

Pour les trémies supérieures à 1,20 m la (ou les) dalles(s) découpée(s) est (sont) supportée(s) par des appuis indépendants du reste du plancher (muret le long de la trémie, par exemple).

4.2.5 Bandes noyées

Des renforcements de la dalle sont nécessaires sous les charges linéaires supérieures à 3,5 kN/m ou sous les charges concentrées supérieures à 15 kN. Dans ce cas, soit des plateaux 140.600 éléments de base du système COFRADAL® peuvent être livrés sur chantier pour réaliser des bandes noyées par mise en place sur chantier du béton et des armatures appropriées (ces plateaux sont alors utilisés comme des coffrages perdus), soit la réalisation des bandes noyées est intégrée dans les éléments COFRADAL concernés.

4.2.6 Faux plafonds

Le système COFRADAL® 200 peut recevoir plusieurs types de systèmes de plafonds ou de faux plafonds couramment utilisés.

Un plafond peut être fixé directement sous les plateaux 140 600 ou sur une ossature secondaire comportant un plénum avec ou sans laine minérale, si le faux plafond n'est pas conçu comme un élément de protection au feu.

Dans le cas des autres charges suspendues une étude spécifique au cas par cas est nécessaire.

4.3 Armatures de renforts feu

Le système COFRADAL[®] présente plusieurs degrés coupe feu (avec stabilité au feu) possible en fonction des solutions adoptées (protection, faux plafond, renforts feu) ; dans le cas où la résistance au feu est assurée par des armatures de renforts, ces armatures de renfort sont en acier HA (haute adhérence) placées dans la partie béton entourant les montants des plateaux 140.600.

Pour la justification de la stabilité au feu du plancher COFRADAL[®] à une durée donnée, le calcul doit prendre en compte des caractéristiques de ces armatures de renfort à la température et à la durée correspondante suivant DTU feu béton. Des exemples sont donnés dans le paragraphe 5.5.

4.4 Plancher Cofradal Décibel

Le plancher décibel comprend une zone perforée (perforation de type D) en sous face des éléments (zone centrale de la tôle) sur une largeur de 400 mm. La perforation de type D consiste en des trous de diamètre 5 mm disposés en quinconce selon une trame de 10.5x12.5mm.

5. Méthode de calcul et tableaux d'utilisation

5.1 Principe de calcul

Le Cofradal a une épaisseur totale de 180, 200, 230 ou 260 mm.

Compte tenu des essais effectués, la portée du plancher COFRADAL[®] est limitée suivant le tableau ci-dessous :

Cof 180	Cof 200	Cof 230	Cof 260
5,00 m	7,00 m	7,50 m	8,00 m

La flèche à la pose sous poids mort du béton ne doit pas dépasser L/240.

Notations : Pp : poids propre du plancher
Cp : charge permanente rapportée
S : Surcharge du plancher
L : portée du plancher
fc28 : contrainte de compression du béton à 28 jours

Les limites ultimes de résistance sont obtenues par les résultats d'essai (flexion 4 points).

La limite d'utilisation (flèche) est obtenue par les essais (voir résultats des essais en annexe).

5.2 Choix du plancher vis-à-vis de sa capacité résistante

Les limites ultimes de ruine sont obtenues à partir des essais en laboratoire sur échantillons en grandeur réelle. Les courbes d'essais sont présentées en annexe.

Comme principe de sécurité par rapport aux modes de ruine, on adopte les coefficients de réduction suivant pour arriver à la valeur de résistance de calcul Ru :

- 1.5 de sécurité par rapport la valeur maximale d'essai.
- un coefficient supplémentaire de 1.2 adopté pour compenser l'absence de renseignements sur la durabilité des soudures vis-à-vis des charges faiblement dynamiques.

Le choix du plancher s'effectue à partir du respect de la condition suivante :

$$1,35 \times (Pp + Cp) + 1,5 \times S < Ru$$

Ru = charge totale d'essai (daN/m²) / 1,5 pour les charges statiques

Ru = charge totale d'essai (daN/m²) / (1,5 x 1,2) pour les charges faiblement dynamiques

Valeurs Ru (daN/m²)

Version STD	Cof180	Cof200	Cof230	Cof260 (1.00)	Cof260 (1.25)
5.0 m	1177	1323	1350	1363	1405
6.0 m		1184	1217	1255	1293
7.0 m		993	1029	1033	1063
7.5 m			920	977	1005
8.0 m				922	945

Version R	Cof200	Cof230	Cof260 (1.00)
5.0 m	1383	1480	1541
6.0 m	1259	1292	1333
7.0 m	1052	1095	1105
7.5 m		988	1047
8.0 m			990

Version Décibel	Cof180	Cof200	Cof230	Cof260 (1.00)	Cof260 (1.25)
5.0 m	1012	1265	1273	1275	1293
6.0 m		1074	1080	1095	1109
7.0 m		840	881	921	933
7.5 m			847	884	893
8.0 m				848	853

Version Décibel R	Cof200	Cof230	Cof260 (1.00)
5.0 m	1367	1460	1474
6.0 m	1223	1240	1267
7.0 m	1023	1055	1067
7.5 m		975	1021
8.0 m			977

La valeur Ru sous charges dynamiques est celle donnée dans les tableaux ci-dessus telle que Ru (dynamique) = Ru (statique) / 1,20

5.3 Vérification de flèches

Le choix du plancher s'effectue à partir des courbes d'essai Charge - Déplacement (voir tableaux ci-après).

Le principe de vérification est le suivant :

$Cp + S < Rdéf$

avec Rdéf donné dans le tableau ci-dessous.

Cp n'est pris en compte que lorsque ces charges sont postérieures à la mise en place du revêtement ou des cloisons.

Les limites de condition de fleches sont fixées pour :

- les cloisons maçonnées à :
L/500 pour L < 5m et 0.5 + L/1000 pour L > 5m (notées ci-dessous 350è)
- autres revêtements et cloisons :
L/350 pour L < 5m et 0.5 + L/700 pour L > 5m (notées ci-dessous 500è)

Le tableau ci-dessous donne pour chaque critère de flèche et selon la portée du plancher la charge admissible (en daN/m²)

	Flèche	5m	6m	7m	7.5m	8m
Cof 180	350è	650				
	500è	450				
Cof 180 déc	350è	542				
	500è	375				
Cof 200	350è	734	490	320		
	500è	590	396	263		
Cof 200 déc	350è	655	435	289		
	500è	533	354	240		
Cof 200 R	350è	840	560	365		
	500è	671	451	300		
Cof 200 R déc	350è	722	488	330		
	500è	602	401	285		
Cof 230	350è	1329	886	568	470	
	500è	1075	720	600	375	
Cof 230 déc	350è	916	712	515	420	
	500è	905	603	429	348	
Cof 230 R	350è	1425	950	610	504	
	500è	1212	814	678	424	
Cof 230 R déc	350è	1002	784	564	462	
	500è	994	662	471	382	
Cof 260 (1.00)	350è	1400	934	598	495	412
	500è	1164	780	488	406	324
Cof 260 (1.25)	350è	1800	1200	766	635	524
	500è	1493	1001	626	521	416
Cof 260 (1.00) déc	350è	963	750	542	445	371
	500è	950	633	450	365	281
Cof 260 (1.25) déc	350è	1195	935	678	560	463
	500è	1072	714	508	414	348
Cof 260 (1.00) R	350è	1542	1029	659	545	452
	500è	1278	857	536	446	356
Cof 260 (1.00) R déc	350è	1092	862	625	509	420
	500è	1023	682	485	408	332

5.4 Vérification du poinçonnement

Le treillis soudé du Cofradal 200 joue le rôle de treillis de répartition dans la vérification de non-poinçonnement sous charges concentrées.

La vérification au poinçonnement est menée de la façon suivante :

Si a et b sont les dimensions de la charge concentrée Q_u , le périmètre « uc » concerné par le cisaillement est : $uc = 2 \cdot (a + b) + 3,1416 \cdot hc$ (« hc » hauteur de la table de béton).

La vérification du non-poinçonnement :

$$Q_u = uc \cdot hc \cdot tpu$$

Avec tpu : le taux de cisaillement ultime du béton avec armature de répartition :

$$tpu = (0.045 + 1.3 \text{ rm}) f_{c28/1.5}$$

$$rm = 0.015$$

La relation $Q_u = uc \cdot hc \cdot tpu$ permet de fixer Q_u ou uc minimal à ne pas dépasser afin de justifier le non poinçonnement du plancher.

5.5 Vérification au feu

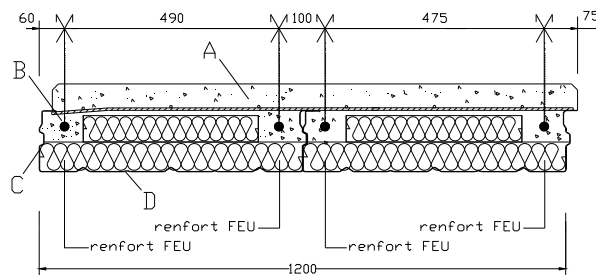
Le concept de calcul au feu du Cofradal est basé sur les éléments de justifications suivants :

Etude CSTB de 4 configurations :

- Les versions 200, 230 et 260 de la gamme « Standard » (STD).
- La version 230 de la gamme « renforcée » (R230).

Cette étude est réalisée conformément aux hypothèses des Eurocodes 1 et 2 et leurs annexes nationales [1 à 4]. L'objectif est de déterminer pour chacune des 4 configurations, en fonction de la portée, du chargement et du temps d'exposition (60 ou 120 minutes), le diamètre de l'armature de « renfort feu » à mettre en œuvre (seules deux types de barres sont utilisées pour cela : HA12 et HA16). Suivant les recom-

mandations du groupe spécialisé et afin de pouvoir étendre les résultats à la gamme « acoustique » dont les bacs acier sont perforés en sous face, on ne tiendra pas compte dans la justification mécanique des bacs acier.



Le dimensionnement de ces renforts feu en fonction de la portée, du cas de charge et de degré de stabilité au feu est donné en annexe.

5.6 Calcul sous action sismique

L'utilisation du COFRADAL, pour les versions de la gamme PAC, dans les zones de sismicité 1, 2, 3 et 4, au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010, est possible sous réserve que les conditions de mise en œuvre et le mode de fabrication des éléments soient conformes aux exigences ci dessous :

- Il existe un chaînage reliant l'ossature porteuse aux abouts des différents éléments. Ce dispositif permet de transmettre les efforts sismiques venant transversalement aux modules, directement aux ossatures.

- Il existe un chaînage reliant l'ossature porteuse aux bords latéraux des éléments d'extrémité. Ce dispositif permet de transmettre les efforts sismiques venant de la direction parallèle, directement aux ossatures.

Des dispositions constructives sont données afin de respecter les exigences ci dessus. Les sections d'armatures complémentaires doivent être conformes aux dispositions prévues pour les planchers à bacs collaborants.

5.7 Abaques et tableaux d'exploitation

Les valeurs limites d'utilisation du plancher COFRADAL, devront satisfaire les critères cités au § 5-2.

6. Fabrication

6.1 Préfabrication – Procédé standard

La fabrication est effectuée en usine fixe par des usines agréées du tenant du système. Il appartient à ces derniers de mettre en place un auto-contrôle de leur fabrication.

Les bancs sont métalliques éventuellement recouverts d'un matériau souple destiné à protéger la sous face des profils acier. Chaque profil acier a une largeur 600 mm.

La longueur est celle de l'élément à fabriquer.

Lorsque les éléments de plancher COFRADAL® 200 ont une largeur de 1200 mm (largeur standard), deux profils acier sont associés.

Phase 1 - Mise en place des profils acier

Pour maintenir ces derniers jointifs pendant la phase fabrication un clinchage des agrafes ou des rivets sont mis en place à raison d'une liaison par mètre linéaire.

Phase 2 - Mise en place du coffrage isolant

Un panneau en laine de roche préformé est utilisé comme coffrage ;

Les caractéristiques du matériau employé permettent de supporter le poids de la dalle béton rapportée en usine (cf phase 7)

Les dimensions de ce panneau sont compatibles avec celles du profilé métallique au fond duquel il prend place.

Sa relative souplesse permet d'épouser au mieux les nervures longitudinales du fond du profil, assurant ainsi l'homogénéité du complexe.

Pour un élément de plancher COFRADAL devant prendre appui sur 5 cm (appui minimum), les panneaux de laine de roche d'extrémité laisseront une longueur du talon de 6cm, laissant ainsi au chantier, une tolérance de + ou - 1 cm sur chaque longueur d'appui.

Phase 3 – Pose du treillis soudé et renforts éventuels

Le treillis soudé (cf. § 2.3) de largeur 600 ou 1200 (selon les éléments de plancher à fabriquer) est posé de façon à ce que les aciers bas soient perpendiculaires aux nervures du profil acier.

Le premier ainsi que le dernier « aciers bas » doivent se situer entre 20 et 100 mm de chaque about du profil acier.

La mise en place du renforcement à l'effort tranchant consiste à positionner sur la largeur d'un élément et sur 400 mm, un panneau de

treillis soudé de maille 200x200, décalé par rapport à celui en partie courante de 100 mm, de manière à ce que sur les 400 mm de chaque extrémité d'élément de plancher, le pas de soudure soit de 100 mm, ou alors de positionner dans cette zone d'appui 2 HA 6 supplémentaires. Les armatures de renforts feu, lorsqu'une exigence REI les nécessitent, sous mis en place à ce stade.

Phase 4 – Soudure du treillis soudé

Chaque contact entre les « aciers bas » du treillis soudé et les nervures du profil acier doivent faire l'objet d'un point de connexion assuré par une soudure par points.

La maille du treillis soudé noté au § 2.3 étant de 200 x 200, un élément de plancher de 1200 de largeur doit donc avoir trois points de soudure tous les 200 mm. Un élément de 600 de largeur en aura donc deux. Cette opération est réalisée soit manuellement, soit par une machine à souder automatique propre au système.

Phase 5 – Fermeture des abouts (version entièrement préfabriquée)

A chaque extrémité d'un élément doit être positionné un about qui vient coffrer le béton en cet endroit. Celui-ci peut être métallique ou en matériau souple.

Il peut être mis en place avant la fermeture des « joues de coffrage ».

Dans tous les cas, l'obturation de l'extrémité non bétonnée doit être assurée de manière à ce que sur chantier, le béton rapporté en périphérie du plancher COFRADAL[®] 200, ne vienne s'introduire à l'intérieur des éléments préfabriqués. L'étanchéité des abouts doit être telle que la finition des éléments soit en cet endroit propre.

Phase 6 – Mise en place des points de levage (version entièrement préfabriquée)

Le système de levage (pour la version bétonnée uniquement) consiste à venir placer préalablement au coulage du béton 4 ancrés de levage de type ancre universelle TPA FU de chez HALFEN ou similaire liées en phase provisoire à une réservation élastomère 1/3 hémisphérique.

La position des 4 points de levage doit être à 1,20 m (maximum) de chaque extrémité dans le sens de la longueur et à 10 cm de chaque extrémité dans le sens de la largeur. Quel que soit le fournisseur, les recommandations de mise en place et d'utilisation de ces ancrés doivent scrupuleusement être suivies.

Phase 7 – Bétonnage ((version entièrement préfabriquée)

Le bétonnage est mis en oeuvre par une « benne déverseuse » qui distribue la quantité de béton nécessaire par mètre linéaire de plancher à fabriquer.

La vibration du béton coulé est assurée soit par des vibreurs intégrés au banc de préfabrication, soit effectuée par une aiguille vibrante.

L'utilisation d'un béton autonivelant est une solution permettant d'éviter cette phase de vibration.

Une lisseuse vient ensuite surfer la partie supérieure du plancher de manière à obtenir pour chaque module un « parement courant » conformément au DTU 21 tableau 522 « tableau des parements des surfaces de dalles et planchers » (soit une planéité d'ensemble de 7 mm sous la règle de 2 m, une planéité locale rapportée à un régle de 0,20 m (hors joint) de 2 mm et un désaffleurement au droit des joints inférieur à 3 mm).

Le béton peut obtenir sa résistance naturellement ou par étuvage.

La composition du béton employé peut être propre à chaque usine licenciée. Les résistances caractéristiques minimales à la compression à 28 jours du béton sont, dans tous les cas, > 30 MPa.

Phase 8 – Codification

Chaque élément de plancher est muni d'une étiquette accrochée à celui-ci. Cette étiquette comporte les renseignements suivants :

- Codification du produit
- Identification de l'usine productrice
- Date de fabrication
- Repères clients

Phase 9 – Evacuation – Stockage

Lorsque le béton a atteint une résistance suffisante pour que les éléments puissent être manipulés, chaque pièce est évacuée sur une aire de stockage à l'aide d'un palonnier. Cette aire de stockage doit être propre et plane.

Les éléments seront empilés les uns sur les autres en interposant entre chacun d'entre eux, un matériau de type polystyrène incompressible d'au moins 15 mm à raison d'1 à chaque extrémité et 1 tous les 2 m au moins en partie médiane.

La largeur d'un intercalaire doit être au moins de 150 mm et la longueur doit correspondre à la largeur de l'élément de plancher qu'il supporte.

L'empilement des éléments de plancher COFRADAL[®] ne dépassera pas les 5 unités. L'utilisation de chevrons bois ou autre intercalaire en matériau rigide est à proscrire.

6.2 Autocontrôle

La fabrication du plancher COFRADAL[®] dans des sites ou ateliers agréés doit faire l'objet d'une procédure d'autocontrôle supervisée par un organisme reconnu.

L'autocontrôle concerne :

- Le profilé en acier galvanisé ou pré-laqué 140.600 (résistance, caractéristiques dimensionnelles)
- Le béton (résistance, composition...)
- Les armatures (résistance, dimensions, résistance des soudures)
- Le procédé de fabrication (conformité au paragraphe 5.1).

Nota : Les phases 1 à 4 peuvent faire l'objet d'une préparation préalable et autocontrôlée, indépendamment des unités de réalisation des phases suivantes.

Un contrôle régulier sera effectué mesurant la résistance à la traction des points de soudure sur le profil métallique.

Valeurs moyennes à respecter pour les soudures :

- suivant les essais "push out" : 632 daN,
- suivant essais de traction : 362 daN.

7. Colisage et transport

Les conditions dans lesquelles les éléments de plancher sont transportés sont identiques à celles dans lesquelles ils sont stockés (cf. § phase 8). Le maintien des éléments par des sangles doit prévoir des protections aux angles afin de ne pas altérer ces derniers pendant l'acheminement.

8. Mise en œuvre sur chantier

8.1 Levage

Version entièrement préfabriquée.

La manutention des éléments est effectuée par des élingues

Le levage s'effectue à l'aide d'élingues dont la longueur des brins est suffisante pour que l'angle formé par la distance entre les points d'ancrage et le crochet de la grue soit supérieur ou égal à 60 degrés.

Les mains de levage adaptées aux ancrés mises en place en usine sont de la responsabilité de l'entreprise de pose.

ARCELORMITTAL CONSTRUCTION fournit tous les éléments à l'entreprise nécessaires à la bonne exécution du levage.

Version PAC

Les éléments PAC sont conditionnés dans des colis palettisés. Chaque élément peut être manipulé manuellement ou par un engin de levage adapté.

8.2 Pose des éléments

Le sens de pose ainsi que les renseignements s'y afférant sont notés sur un document appelé « plan de pose » fourni au client par le fabricant ou le bureau d'études ARCELORMITTAL CONSTRUCTION.

Les éléments sont posés conjointement sur les appuis préalablement réglés de niveau ou sur lisse d'étaie.

Les appuis sur mur se font soit à sec, sur une surface bien dressée et de niveau, soit à bain de mortier. Dans certains cas particuliers, un étaie intermédiaire peut être nécessaire, cette disposition est indiquée sur le plan de pose du fabricant.

L'appui d'un élément doit être au moins égal à 50 mm de manière à ce qu'il y est une continuité de bétonnage dans l'épaisseur de l'appui (cf. § 4.2).

Un plan d'étaie est fourni par le fabricant pour la version PAC.

8.3 Solidarisation des éléments entre eux

La géométrie des profils des éléments de plancher COFRADAL[®] permet un emboîtement par recouvrement du type tenon mortaise afin de s'opposer aux mouvements relatifs verticaux entre éléments contigus (effets « touches de piano »). La nervure filante en forme de trapèze assure cette solidarisation transversale.

Pour les versions entièrement préfabriquées, les éléments liés laissent apparaître un joint d'une épaisseur de 6-10 mm (cf. § 3.22). Après mise en place des éléments de plancher, ce joint doit être rempli d'un mortier à retrait contrôlé.

Pour la version PAC, les bacs adjacents sont couturés par des vis tous les 1 mètre dans le sens longitudinal.

8.4 Réalisation des trémies

Les trémies de petite dimension (inférieures à 30 cm x 30 cm) peuvent être réalisées en usine par incorporation d'un négatif de type polysty-

rène ôtée sur chantier, soit réalisées par « carottage » sur chantier après durcissement du béton.

Ces réservations doivent se situer entre deux nervures métalliques et en aucun cas en sectionner une (sauf si un renfort d'armature est prévu –voir annexe–)

La coupure d'une nervure métallique nécessite la réalisation d'un report de charge. Pour cela, des dispositions spécifiques sont prévues par le Bureau d'études du fabricant qui les fournit au chantier.

8.5 Réalisation des porte-à-faux

Les porte-à-faux dans le sens de la portée sont réalisés en venant ancrer lors de la préfabrication des barres HA dépassantes, positionnées au dessus du treillis soudé et de longueur dépendant du porte-à-faux, de manière à reprendre les efforts de traction du porte-à-faux. La partie en porte-à-faux, réalisée en béton, étant à coffrer et à couler sur chantier.

Les porte-à-faux dans le sens perpendiculaire à la portée sont réalisés par des éléments de plancher sur lesquels le béton préfabriqué en usine n'a pas été mis en place. Sont utilisés autant d'éléments de ce type nécessaires à équilibrer le porte-à-faux.

Dans le cas où un élément de plancher COFRADAL[®] est utilisé comme coffrage, il doit dans ce cas être étayé sur l'ensemble de la zone sur laquelle le béton est coulé sur chantier.

8.6 Réalisation des plafonds

La sous-face métallique du plancher COFRADAL[®] permet l'accrochage de tout type de plafond rapporté. La mise en place s'opère en venant visser directement en sous face du plancher à l'aide de vis auto perceuse des plaques rigides, soit en fixant au préalable une ossature secondaire.

Rappel : les charges suspendues en sous face du plancher font partie intégrante des charges permanentes à prendre en compte dans le dimensionnement du plancher.

Lorsque un élément suspendu amène une charge de plus de 2 daN par point de fixation ou lorsque cette charge est supérieure à 15 daN/m², seule la zone se situant à 100 mm de part et d'autre de la nervure du profil peut être sollicitée (voir schéma). La limite est alors fixée par la limite d'arrachement sur une tôle de 1 mm donnée par le fabricant du système de suspente retenu (vis, rivets,...) ou de celle de la cheville fixée dans une zone bétonnée du plancher.

Si la charge est inférieure à 15daN/m² ou ramenant moins de 2 daN par point, celle-ci peut être fixée sur l'ensemble de la surface du profil.

Toute projection directe de matériau à même la sous face de plancher doit tenir compte de l'adhérence qu'offre un profil acier galvanisé.

8.7 Réalisation des sols

Les revêtements de sols doivent être exécutés conformément aux normes et DTU correspondants sous réserves des charges admissibles prévues au paragraphe 5-2 et 5-3 du dossier technique et des conditions de déformation associées à la nature de ces revêtements. La préparation pour l'application des sols tiendra compte du §2-3-1.

La pose amovible est aussi possible.

8.8 Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Pour le procédé proprement dit, elle est normalement assurée si les portées délimitées par les appuis n'excèdent pas les valeurs admissibles du plancher et si la longueur et la qualité d'appui sont conformes aux recommandations de pose.

Pour les systèmes préfabriqués, les systèmes de sécurité intégrés sont envisageables et restent sous le contrôle de l'entreprise de pose.

8.9 Bétonnage (version PAC)

Le bétonnage est effectué sur chantier à la pompe ou à l'aide d'une benne, en veillant à bien répartir le béton de manière à éviter les charges concentrées. Le béton est ensuite vibré.

Un soin particulier sera apporté par l'entreprise de pose avant coulage du béton afin de ne pas endommager le treillis soudé intégré au plancher.

Le plan d'étalement devra être scrupuleusement respecté.

(voir détail en annexe)

B. Résultats expérimentaux

Des Essais mécaniques de flexion du procédé Cofradal ont été réalisés de mars 2009 à décembre 2010 à l'usine de ARCELOR MITTAL CONSTRUCTION de Strasbourg sous contrôle de QUALICONULT.

Des Essais mécaniques de flexion du procédé Cofradal version PAC (sans béton, essais « phase coulage ») ont été réalisés en novembre 2010 à l'usine de ARCELORMITTAL CONSTRUCTION de Montataire sous contrôle de QUALICONULT.

Des essais mécaniques sous charges linéaires ont été réalisés en 2003 à l'usine de ARCELORMITTAL CONSTRUCTION .

Des Essais d'orientation au feu ont été exécutés au laboratoire du CSTB en décembre 2001 (PV n° RS 01-156).

Des Essais de résistance au feu ont été exécutés au laboratoire du CSTB en décembre 2002 (PV n° RS 02-092).

Des Essais de performances acoustiques ont été exécutés au laboratoire du CSTB en 2004 (PV n° AC04-60 et AC 04-60/2) et 2005 (PV n° AC05-148 et AC05-147).

Rapport d'étude n°26004514 du CSTB sur le comportement au feu du plancher Cofradal 200.

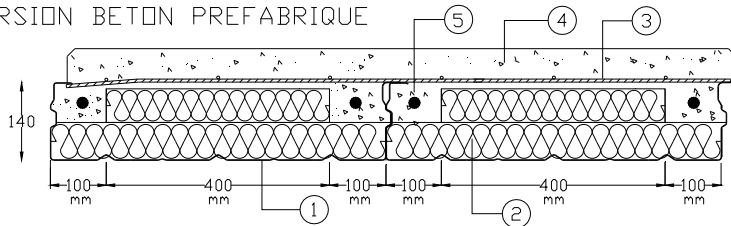
Rapport d'étude CSTB n°26031330 (février 2011) du comportement au feu des planchers Cofradal STD 200, 230, 260 et R230.

C. Références

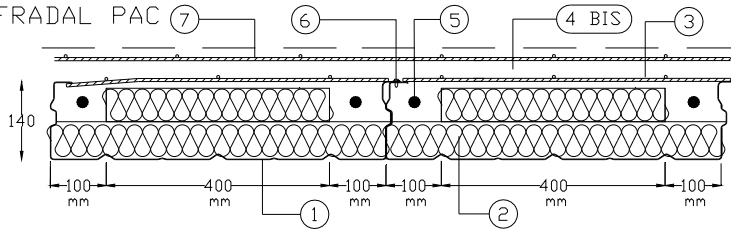
Environ 300 000 m² de plancher COFRADAL ont été posés à ce jour, la moitié en version préfabriquée et la moitié en version PAC. Destinations : Logements collectifs, maisons de retraite, immeubles de bureaux, centre hospitalier, Lycées, collèges,...r.

I - DECOMPOSITION GENERALE PLANCHER COFRADAL

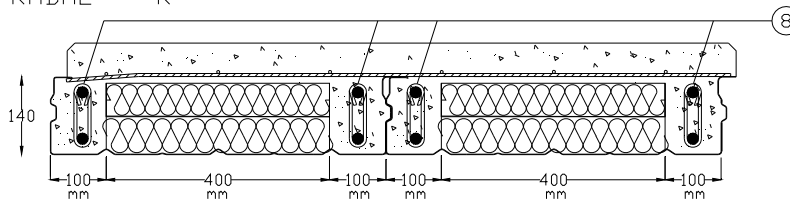
I-1 VERSION BETON PREFABRIQUE



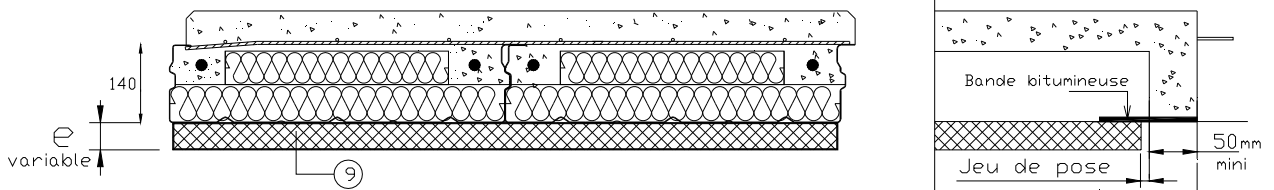
I-2 COFRADAL PAC



I-3 COFRADAL " R "



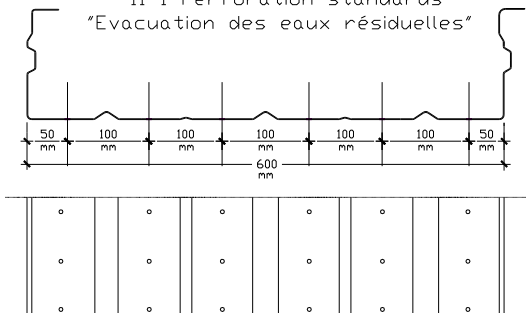
I-4 VERSION VIDE SANITAIRE (PREFA, PAC ou R)



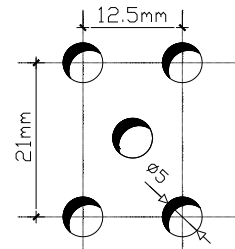
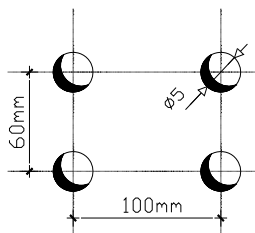
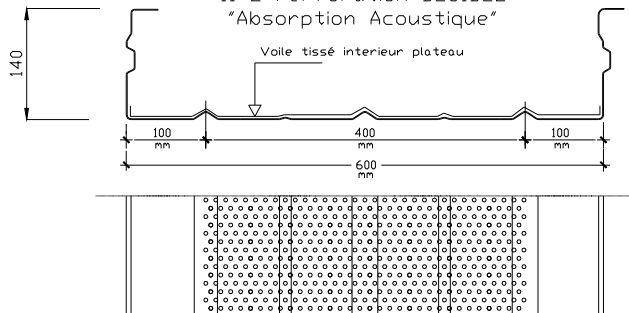
- ① Plaque métallique COFRADAL
- ② Laine de Roche
- ③ Treillis soudé, soudé aux plaques en usine
- ④ Béton coulage usine C30/37
- ④ BIS Béton coulage chantier C30/37
- ⑤ Renforts FEU
- ⑥ vis auto perceuses pour version PAC
- ⑦ 2eme nappe de treillis, pose sur chantier. (PAC)
- ⑧ Renforcement par poutres intégrées
- ⑨ POLYURETHANE pour Vide Sanitaire

II - PERFORATIONS DES PLATEAUX

II-1 Perforation standards
"Evacuation des eaux résiduelles"



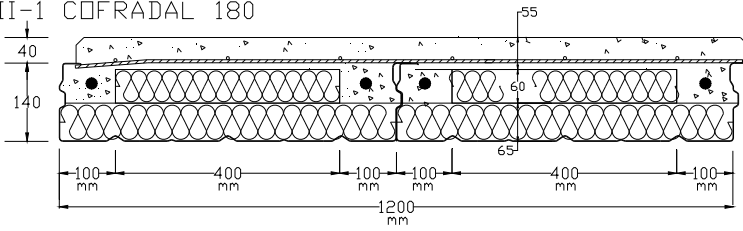
II-2 Perforation DECIBEL
"Absorption Acoustique"



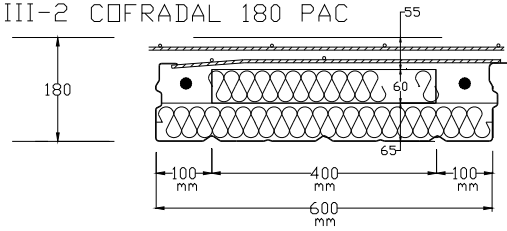
P1

III - PLANCHER COFRADAL - PRESENTATION GENERALE

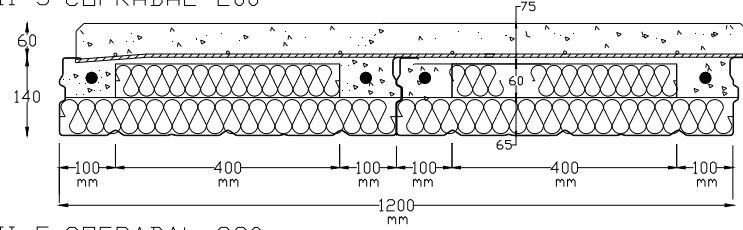
III-1 COFRADAL 180



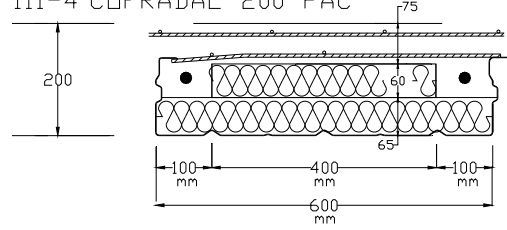
III-2 COFRADAL 180 PAC



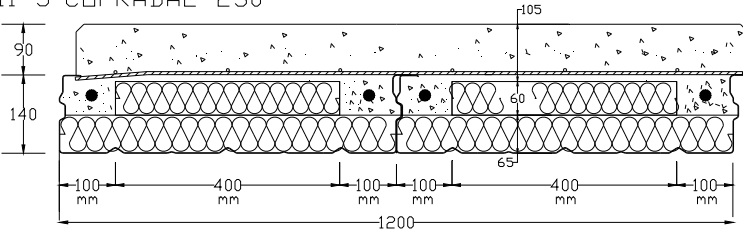
III-3 COFRADAL 200



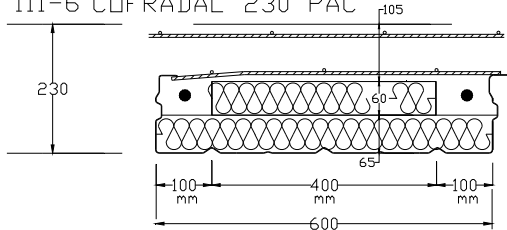
III-4 COFRADAL 200 PAC



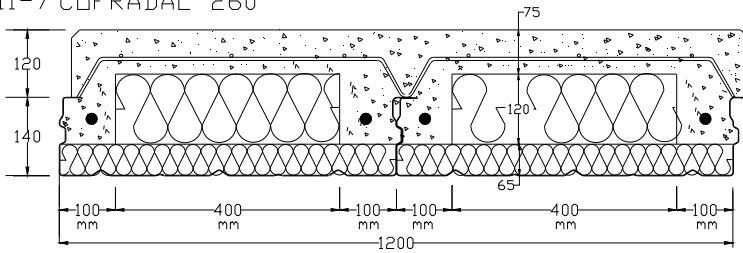
III-5 COFRADAL 230



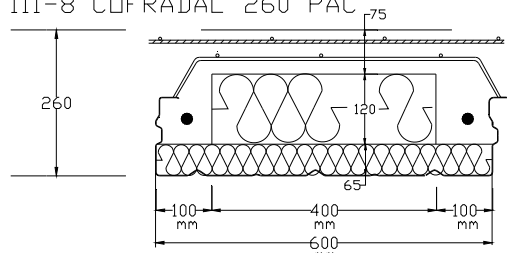
III-6 COFRADAL 230 PAC



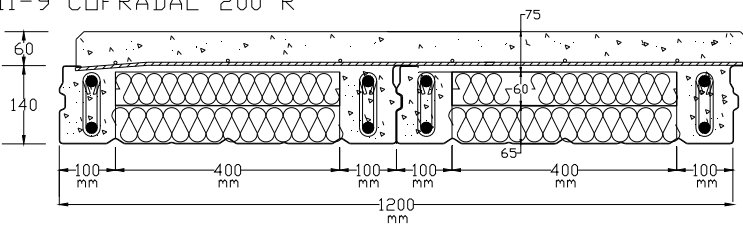
III-7 COFRADAL 260



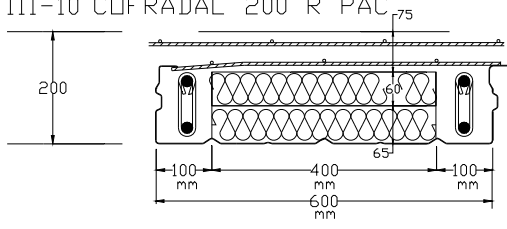
III-8 COFRADAL 260 PAC



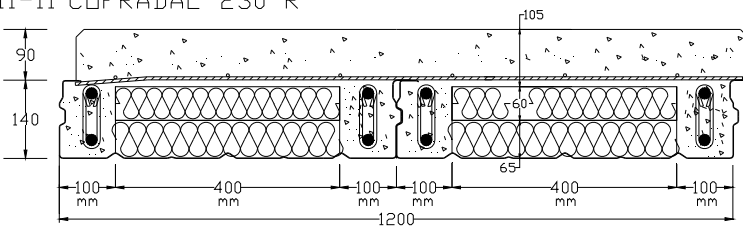
III-9 COFRADAL 200 R



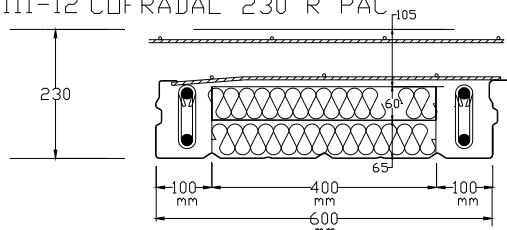
III-10 COFRADAL 200 R PAC



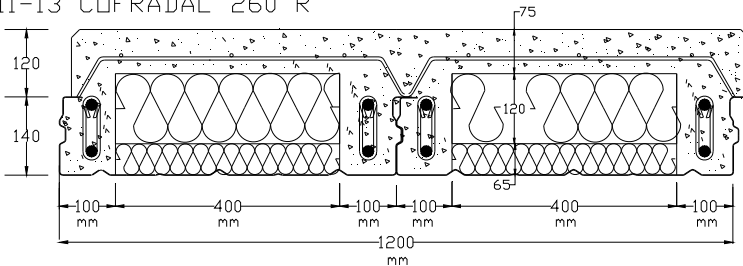
III-11 COFRADAL 230 R



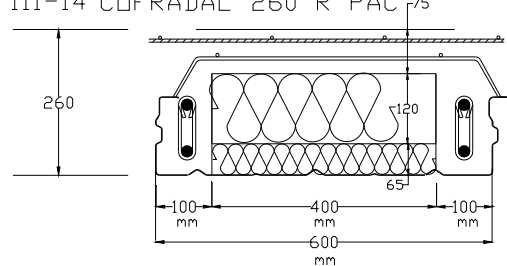
III-12 COFRADAL 230 R PAC



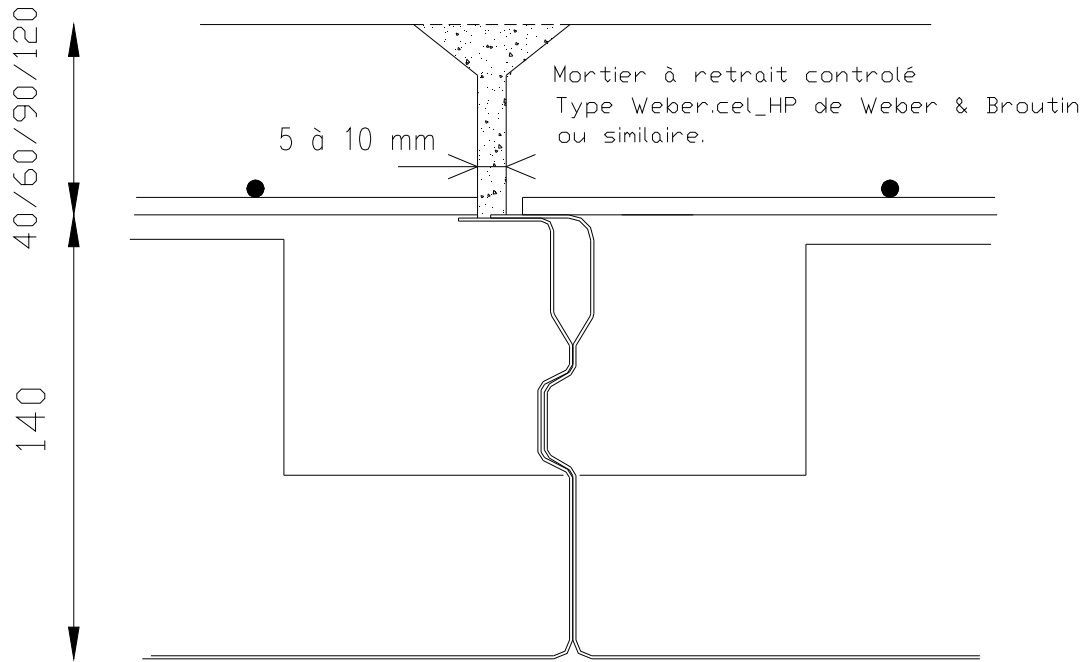
III-13 COFRADAL 260 R



III-14 COFRADAL 260 R PAC

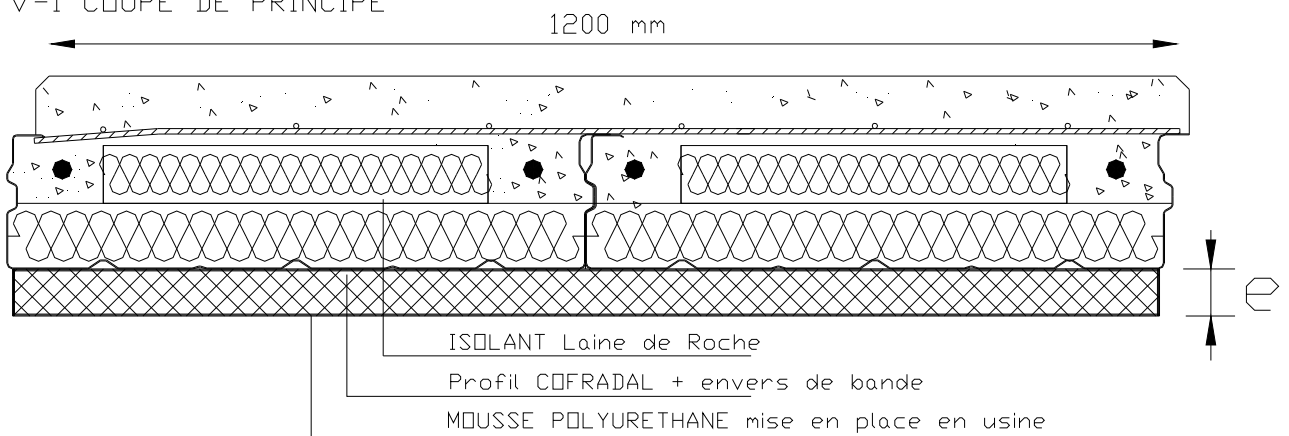


IV - Remplissage des JOINTS entre DEUX ELEMENTS PREFABRIQUES

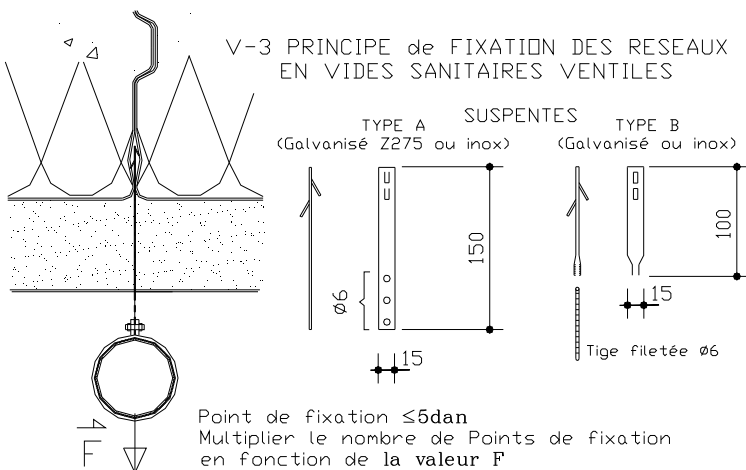


V - Dispositions en Vide Sanitaire

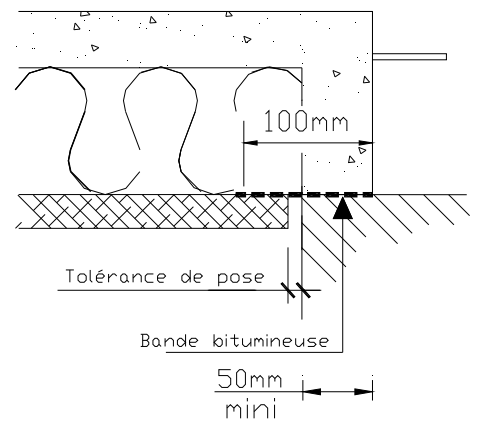
V-1 COUPE DE PRINCIPE



V-3 PRINCIPE de FIXATION DES RESEAUX EN VIDES SANITAIRES VENTILES



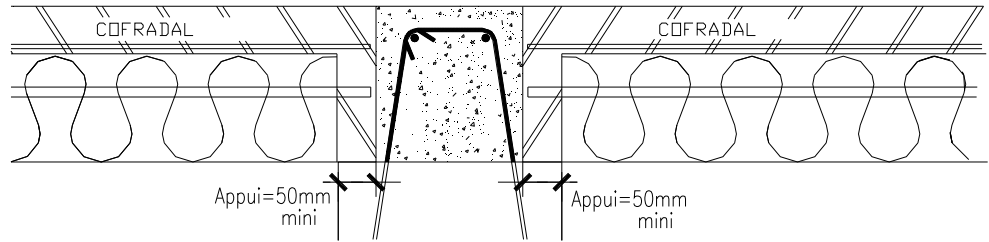
V-2 détail sur talon



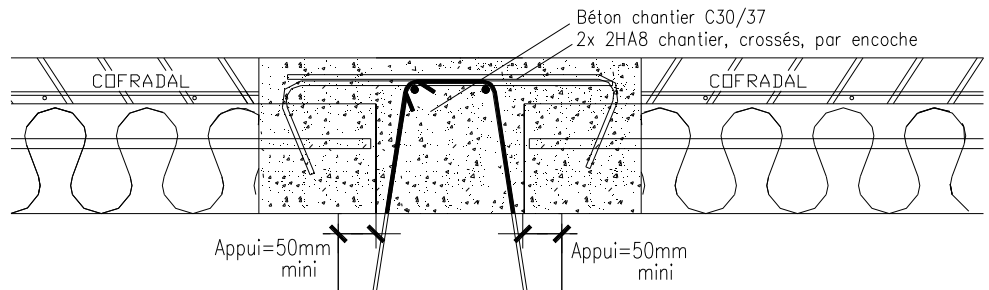
P3

VI - Appuis sur Poutre Béton

VI-1 Version
Béton
Préfabriqué

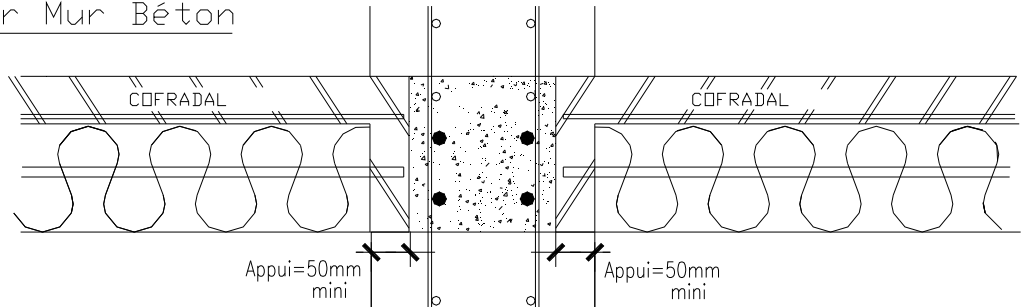


VI-2 dans encoche

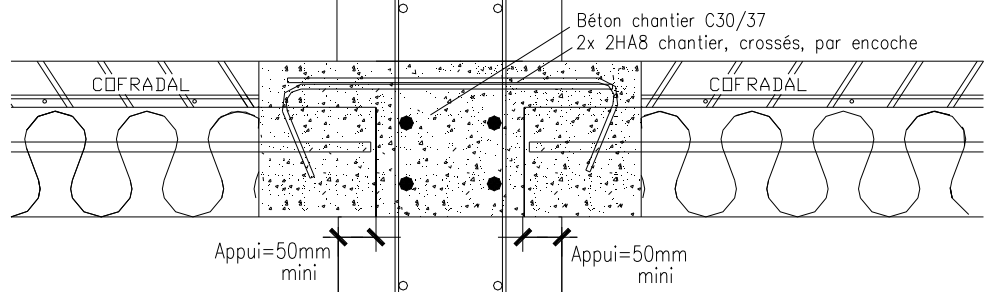


VII - Appuis sur Mur Béton

VII-1 Version
Béton
Préfabriqué

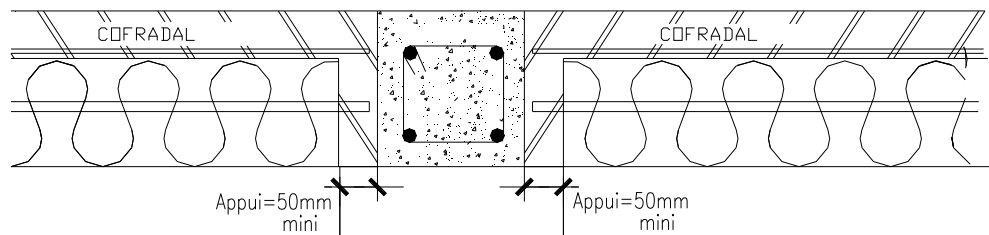


VII-2 dans encoche

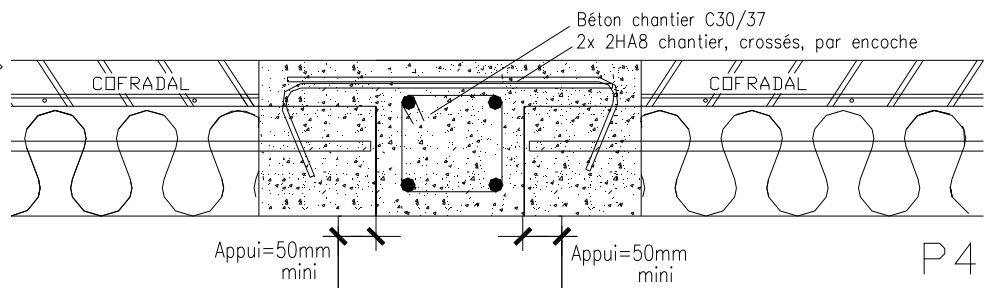


VIII - Appuis sur Maçonnerie

VIII-1 Version
Béton
Préfabriqué

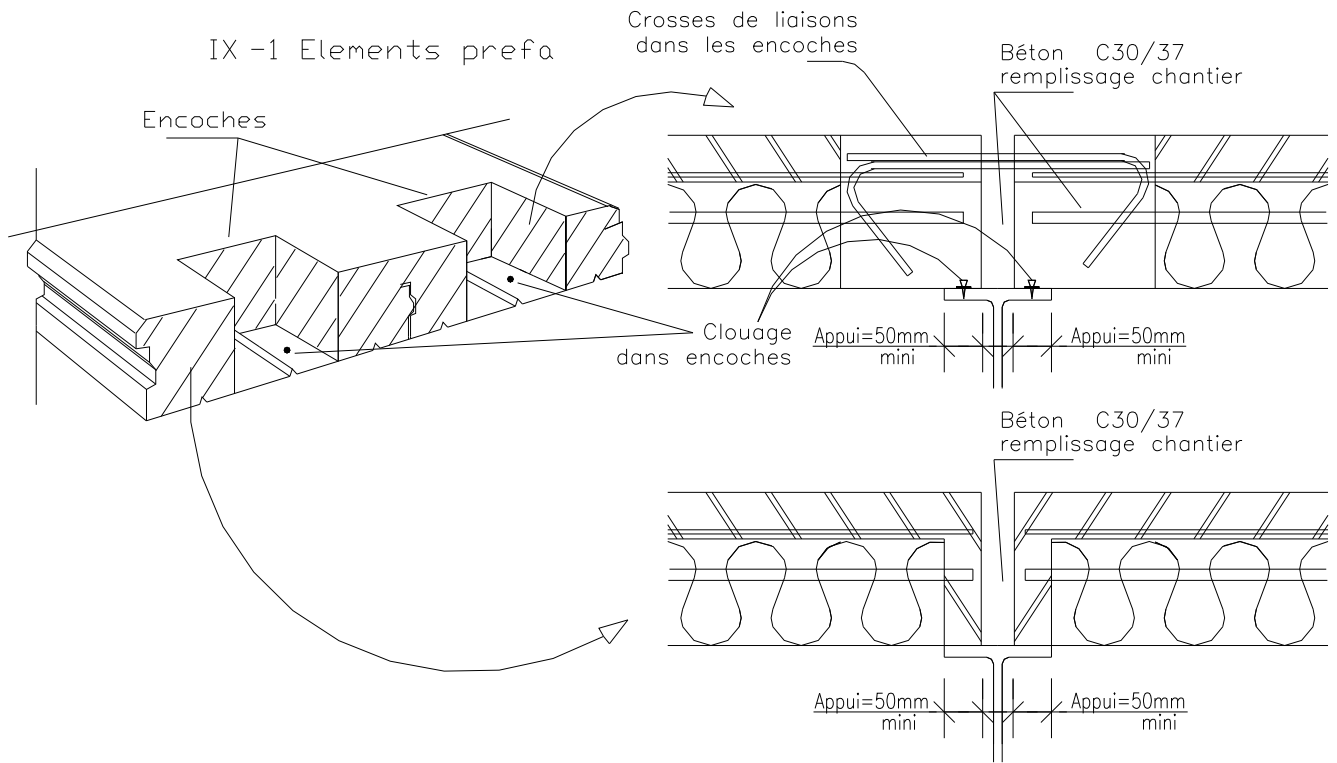


VIII-2 dans encoche



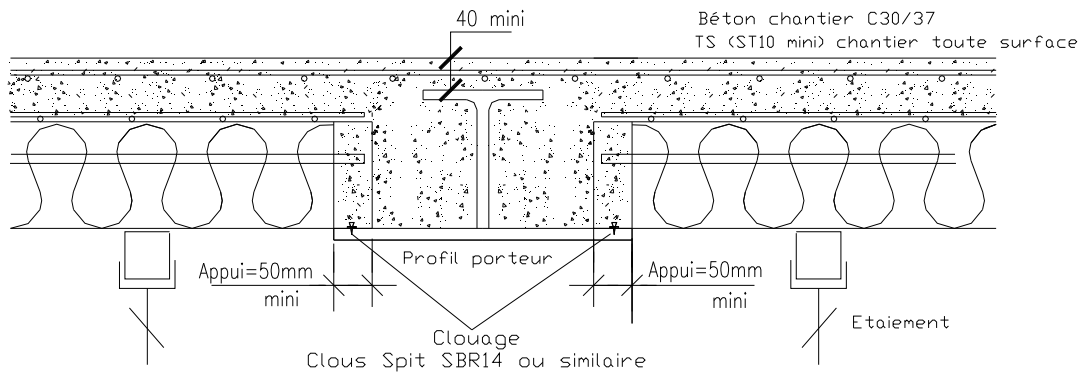
P4

IX - Appuis Préfa sur Poutres Métalliques

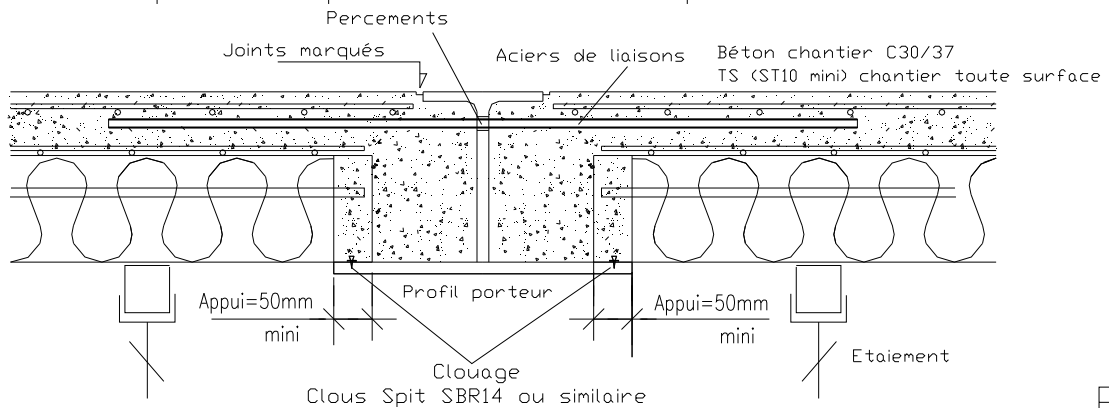


X - Appuis PAC sur Poutres Métalliques

X -1 Elements pac - chape 40mm au dessus de l'aile sup.



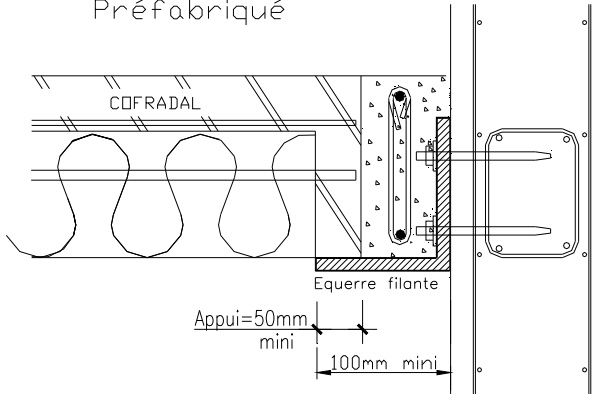
X -2 Elements pac - chape au nu de l'aile sup.



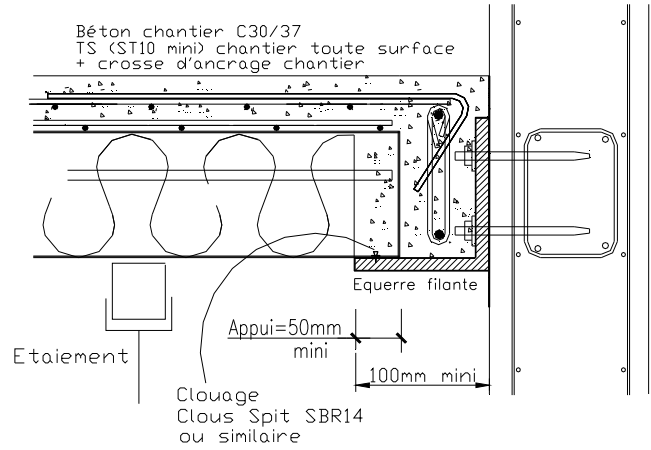
P5

XI - Détail d'appui sur cornière

XI-1 Version
Béton
Préfabriqué



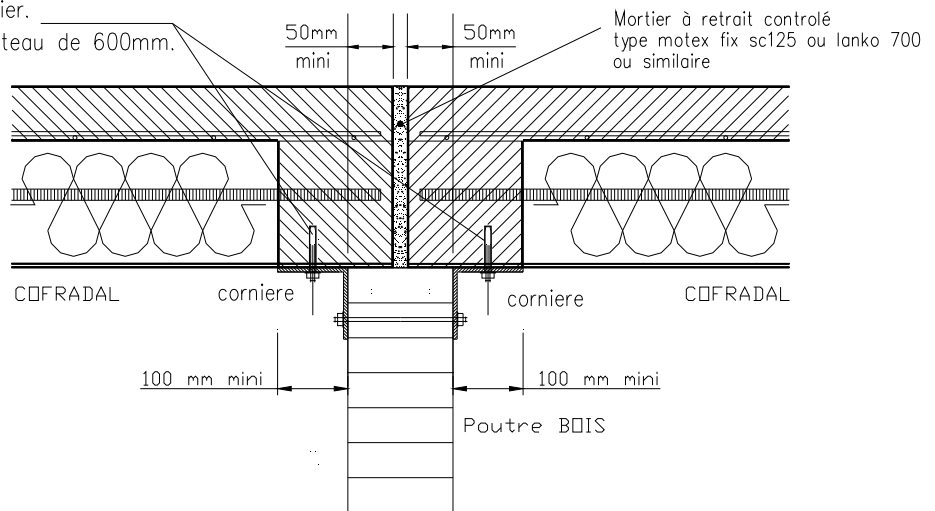
X-2 Version
P.A.C



XII - Configuration sèche en construction bois

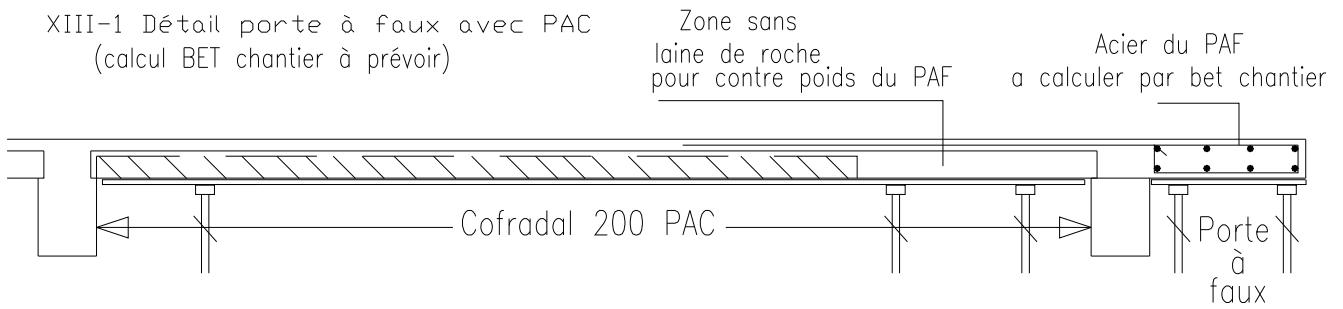
Fixations des Cofradal sur cornière par perçage + chevillage, à déterminer suivant efforts à reprendre, par le bureau d'études du chantier.

Minimum 1 fixation par plateau de 600mm.

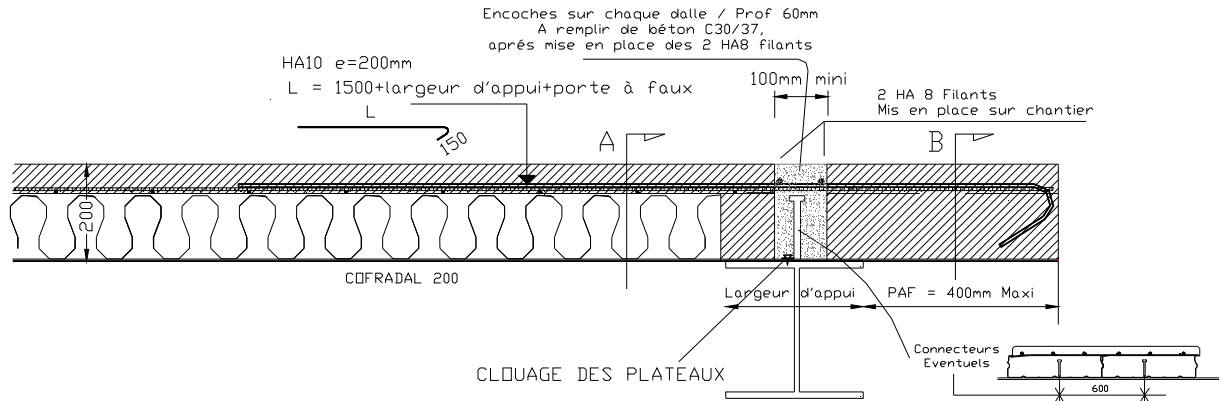


XIII - PORTE à FAUX

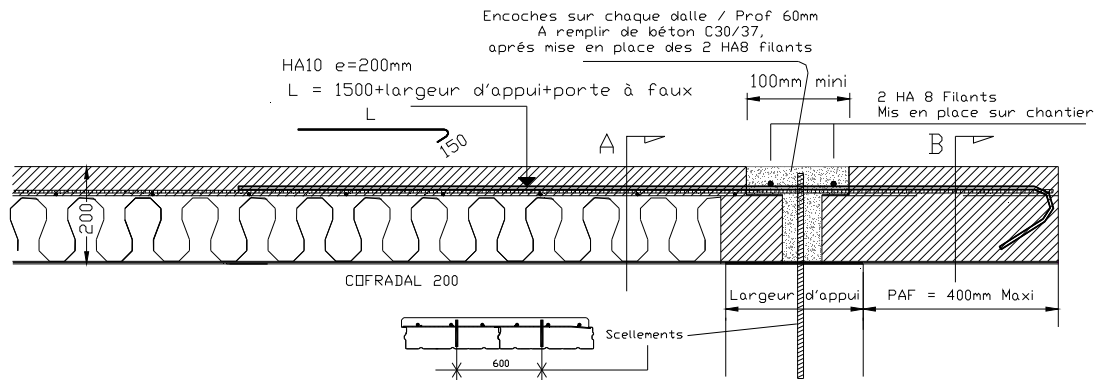
XIII-1 Détail porte à faux avec PAC
(calcul BET chantier à prévoir)



XIII-2 Detail Porte à faux élément prefa sur Appui Métallique

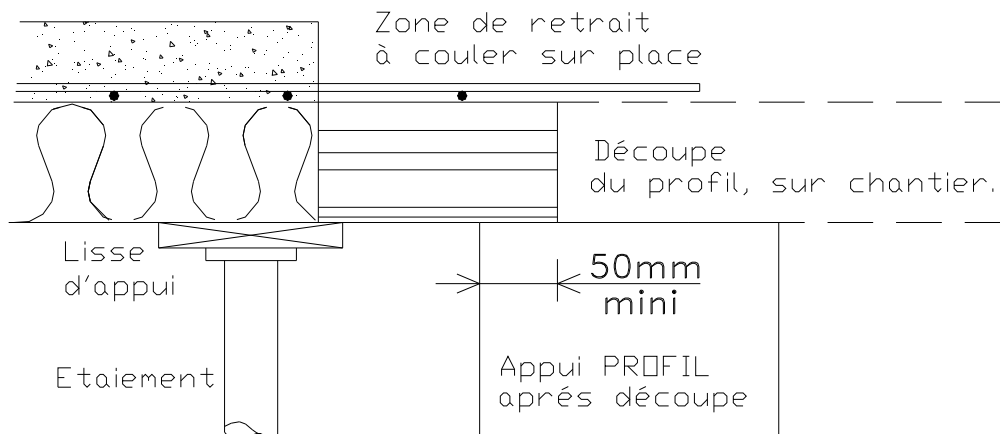


XIII-3 Detail Porte à faux élément prefa sur Appui Béton ou Maçonnerie



XIV - APPUIS EN BIAIS ou COURBES

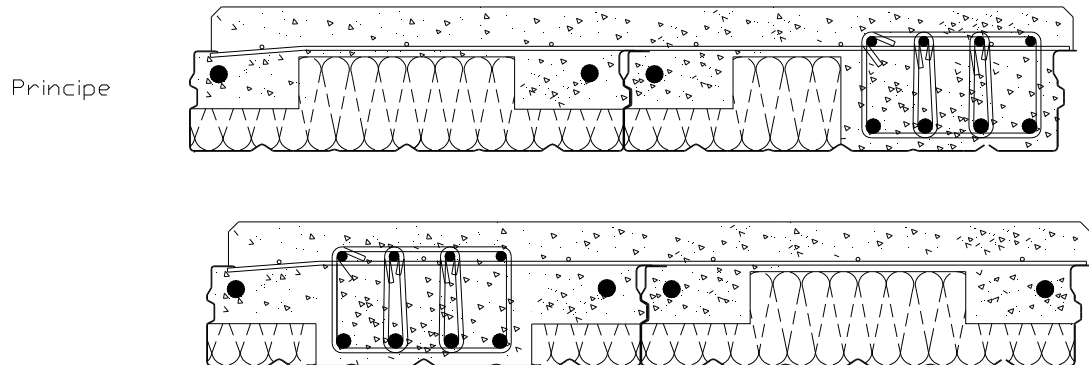
XIV-1 DETAIL DE POSE AVEC RETRAIT DE BETON PREFABRIQUE, POUR APPUI BIAIS ou COURBES



P7

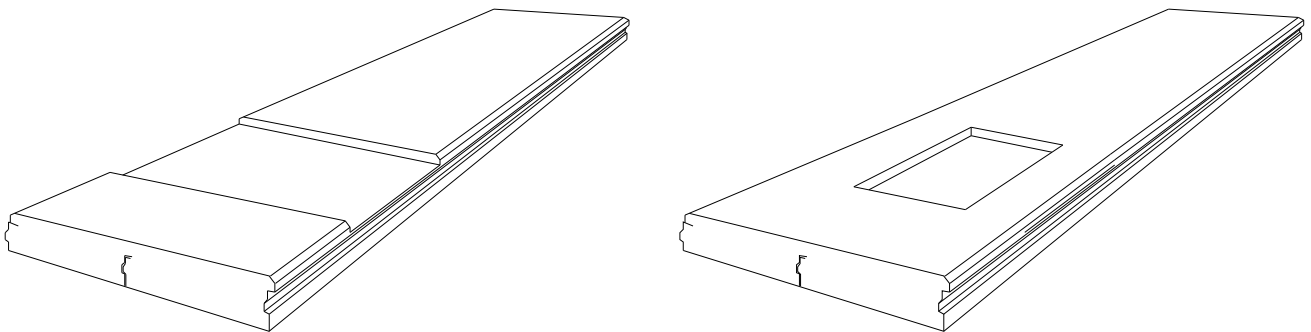
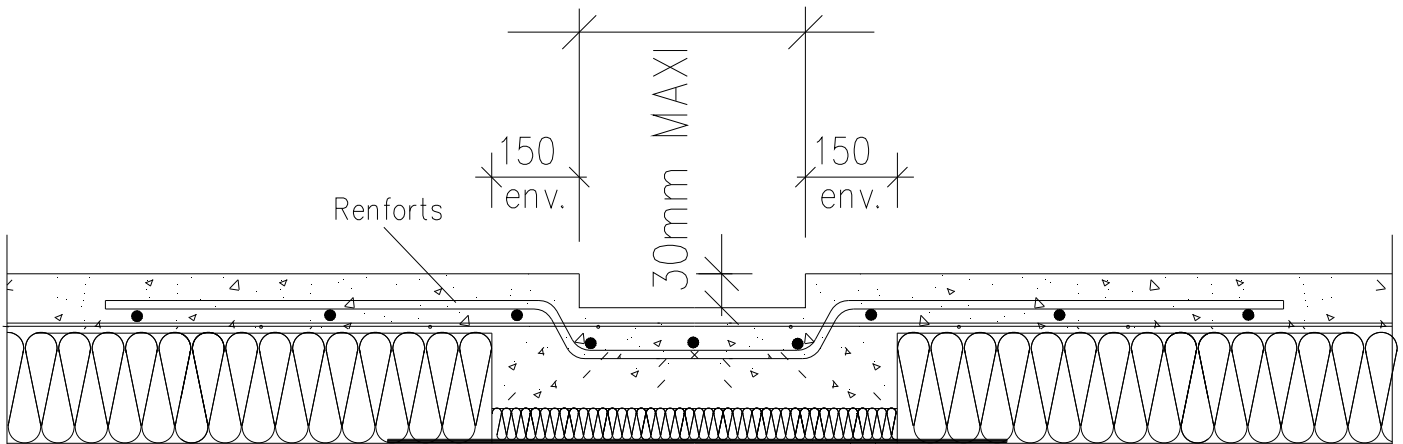
XV - BANDES NOYÉES

XV-1 Principe d'intégration d'une bande noyée
Restant soumis à l'approbation d' ArcelorMittal Construction



XVI - Principe de réalisation d'un décaissé

Dimensions du décaissé, soumises
à l'approbation
d' ArcelorMittal Construction

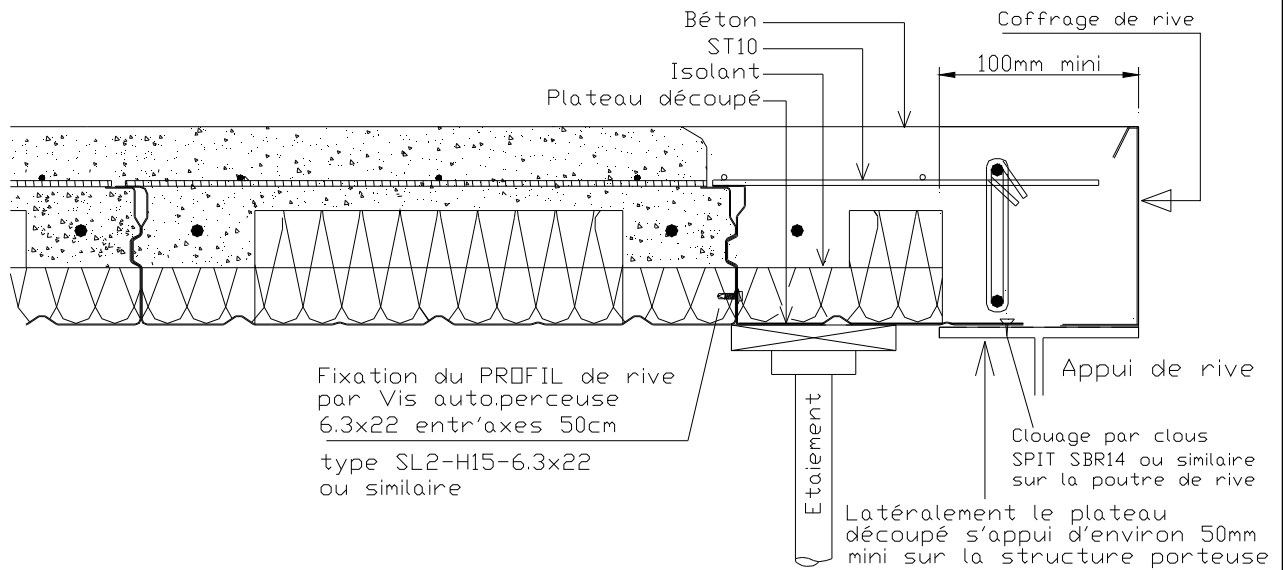


P8

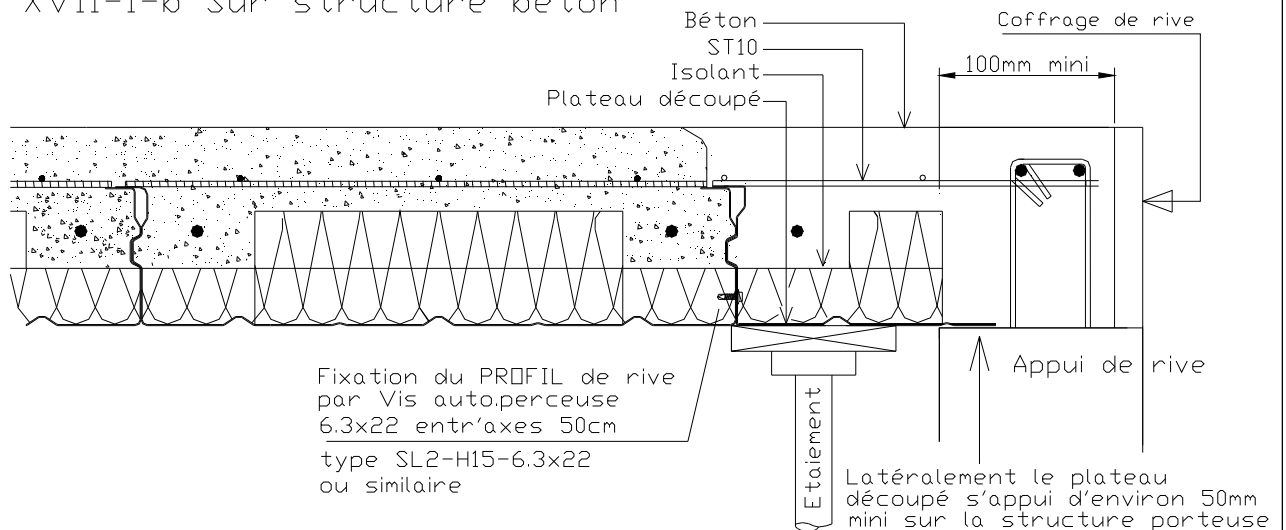
XVII - GESTION DES FINS DE TRAME

XVII-1 Par découpe plateau, en rive.

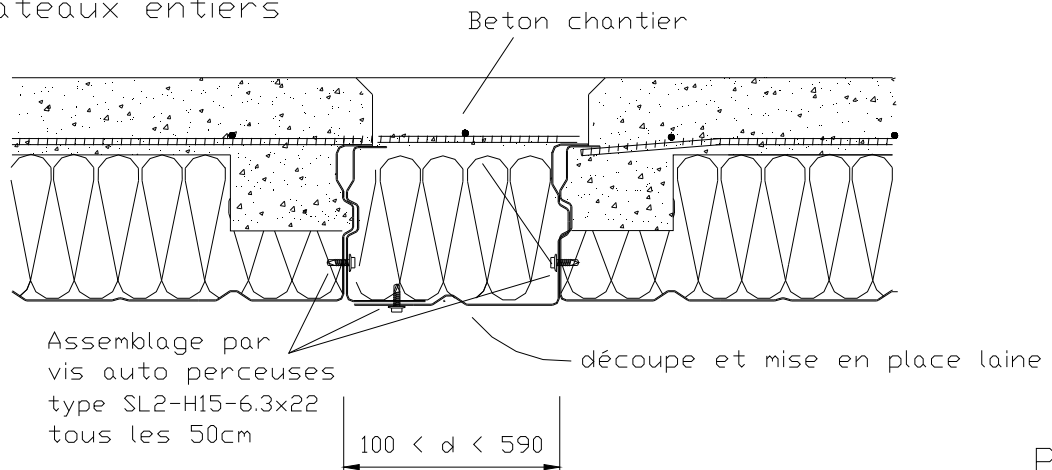
XVII-1-a Sur structure métallique



XVII-1-b Sur structure béton



XVII-2 Par interposition d'un plateau découpé et reconstitué. Entre 2 plateaux entiers

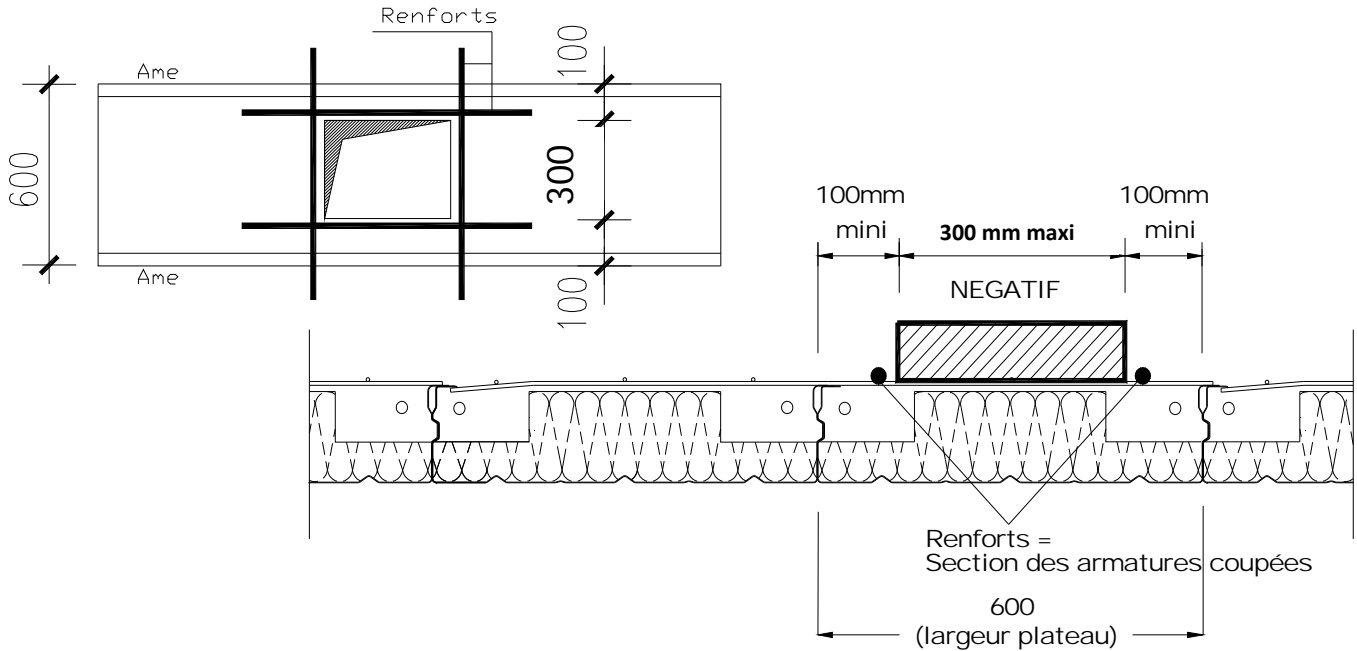


XVIII - PRINCIPE DE DISPOSITIONS POUR TREMIES

XVIII-1 – Aucune âme n'est sectionnée :

XVIII-1-a Les trémies de sections inférieures à 200x200mm ne nécessitent pas de renfort particulier, que celles-ci soient réalisées en usine ou à posteriori sur chantier.

XVIII-1-b Pour les trémies de dimensions >200mm et <300mm, les armatures sectionnées seront restituées, par des renforts d'armatures en périphérie de la trémie. Pour la réalisation de ces trémies à posteriori, après prise du béton, l'utilisation d'une foreuse est possible, à condition également de restituer les armatures sectionnées par des renforts d'armatures en périphérie de la trémie. Une bande de béton de 100mm minimum sera laissée entre la trémie et les âmes. Une réservation de 400 de largeur sera donc centrée sur un plateau.



XIX - FIXATION EN SOUS FACE

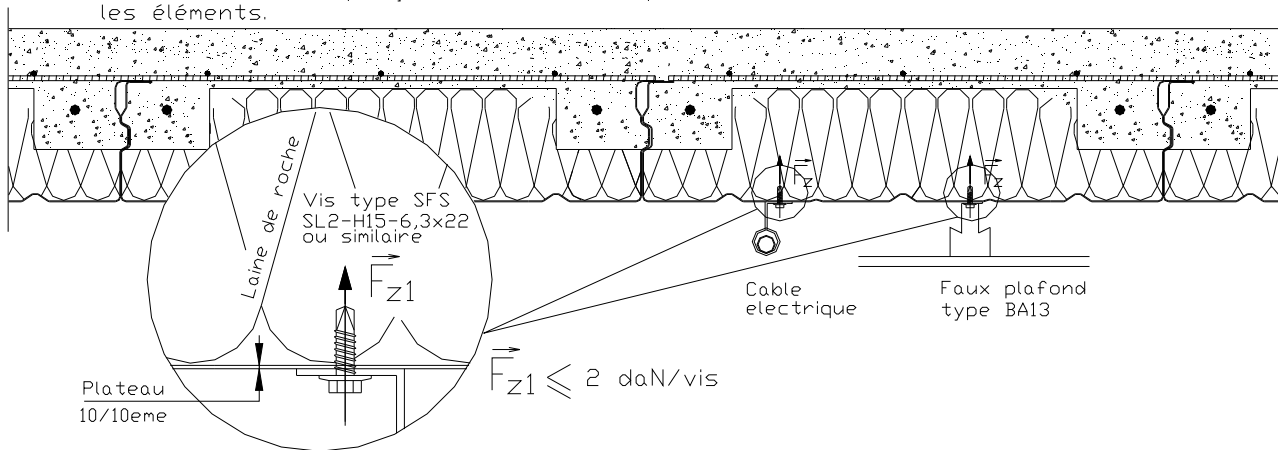
Caractéristiques plateau

Epaisseur = 1mm

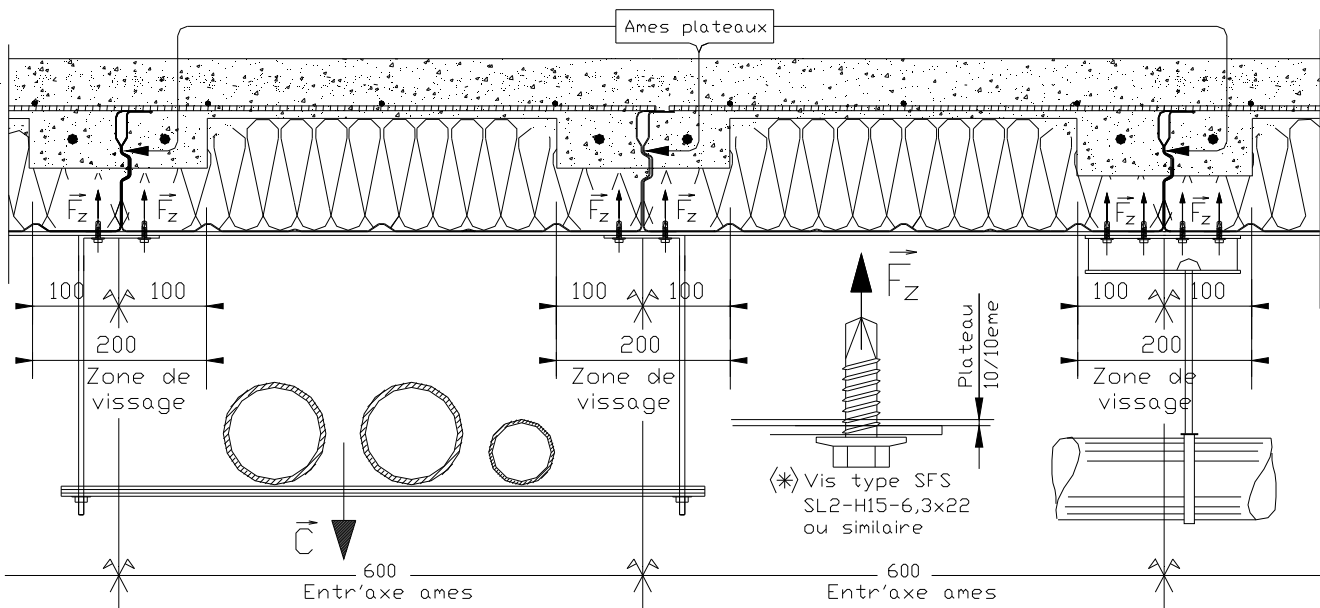
Valeur Re = 350N/mm²

XIX-1 PLAFONDS RAPPORTES, GAINES ELECTRIQUES, LUMINAIRES . . .

La mise en place s'opère en venant visser dans la partie métallique du plancher à l'aide de vis auto-perçuses (*), les suspentes et/ou l'ossature nécessaires à accrocher les éléments.



XIX-2 RESEAUX SUSPENDUS, HYDRAULIQUE, CLIMATISATION . . .



\vec{F}_z = Valeur d'arrachement donnée par le fabricant de vis.

\vec{C} = Valeur de la charge suspendue.

XIX-2-a VERIFICATION DES CHARGES

Les charges transmises au plancher par les éléments suspendus devront être signalées préalablement au fabricant, dans la décomposition des charges permanentes G, en daN/m².

XIX-2-b CHOIX DES VIS(*)

Le choix et le nombre des vis utilisées sera fonction de la charge \vec{C} ramenée sur chacune d'entre-elles et notamment de leur capacité à reprendre les efforts d'arrachement \vec{F}_z auxquels elles sont soumises

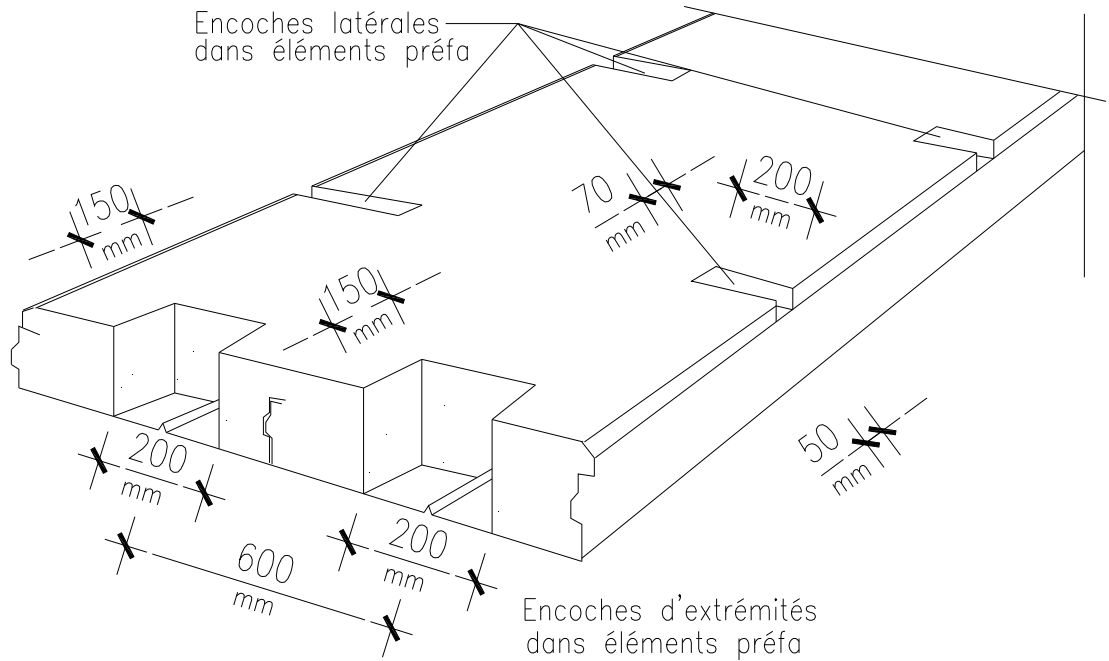
XIX-3 Fixations dans la partie béton

Il sera possible de venir se fixer dans la partie béton, à l'aide d'un mode de fixation approprié pour l'accroche éventuelle de charges plus lourdes.

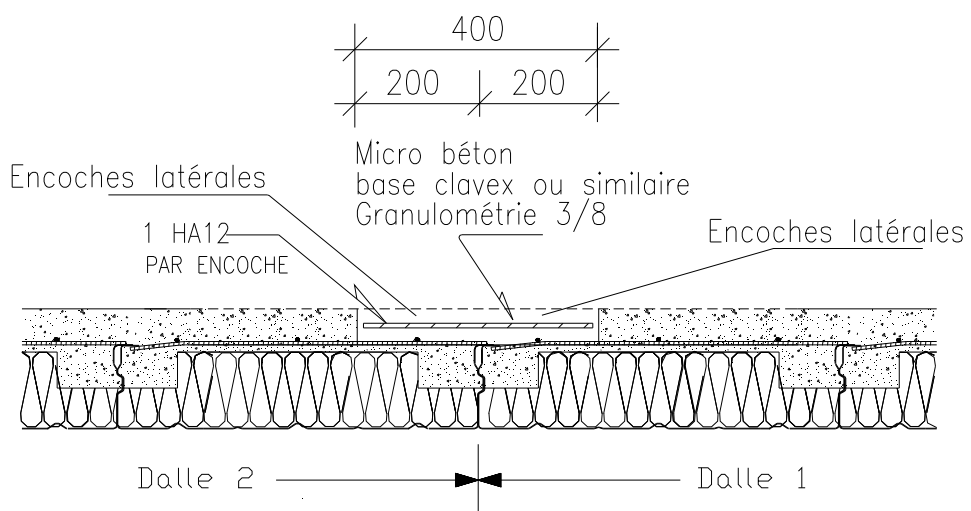
Celles-ci devront avoir été prises en compte dans les charges permanentes et soumises à l'approbation d'ArcelorMittal Construction.

XX - Dispositions diaphragme dans éléments avec
béton préfabriqués - Hors zones sismiques

XX-1 Visualisation des encoches

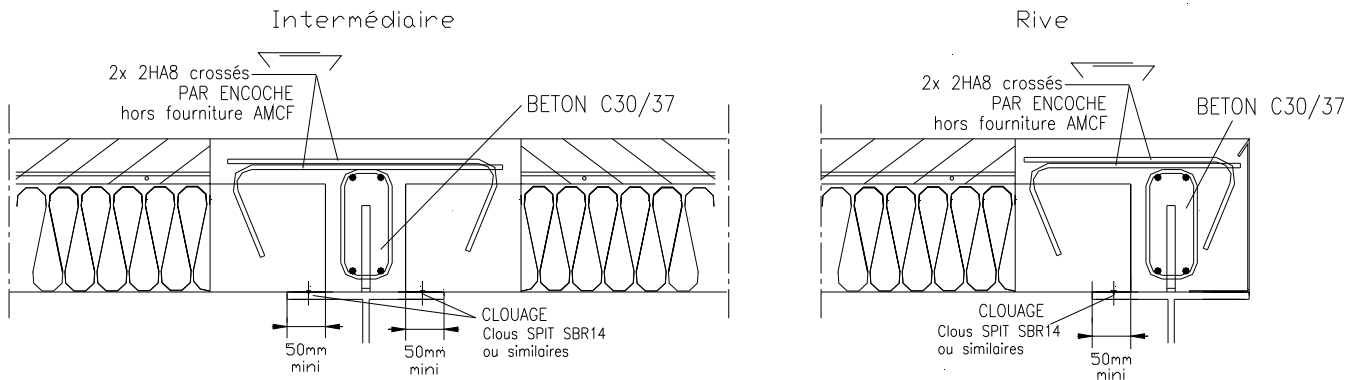


XX-2 Couturage des éléments entre eux - Encoches latérales

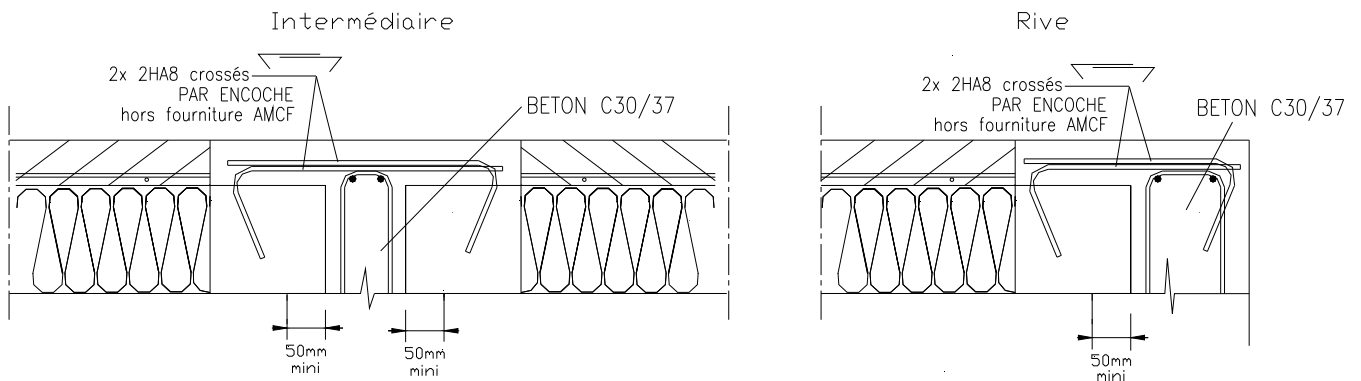


XX-3 Liaisons sur appuis

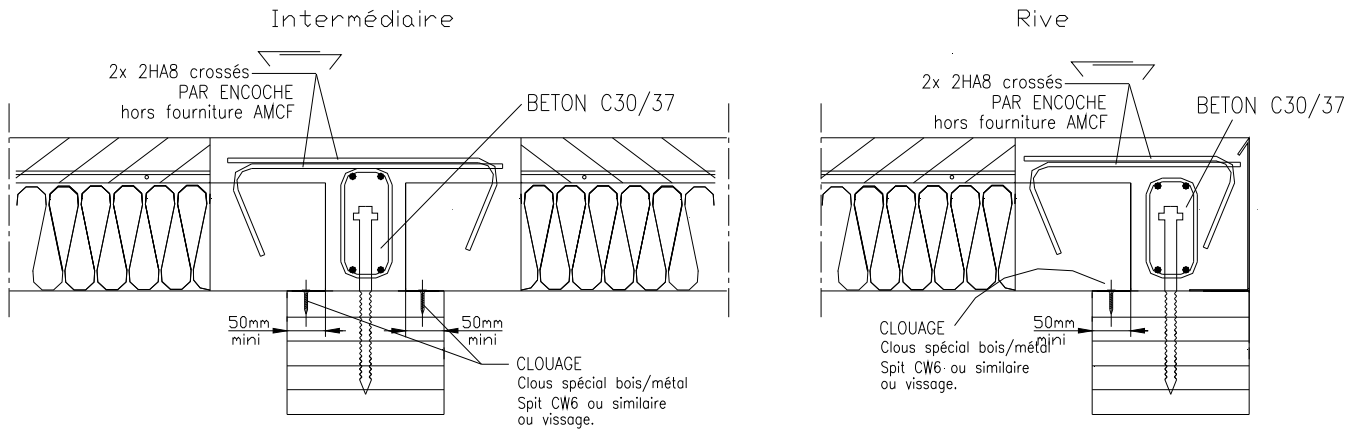
XX-3-a Coupes sens porteur dans encoches d'extrémités sur appui métallique



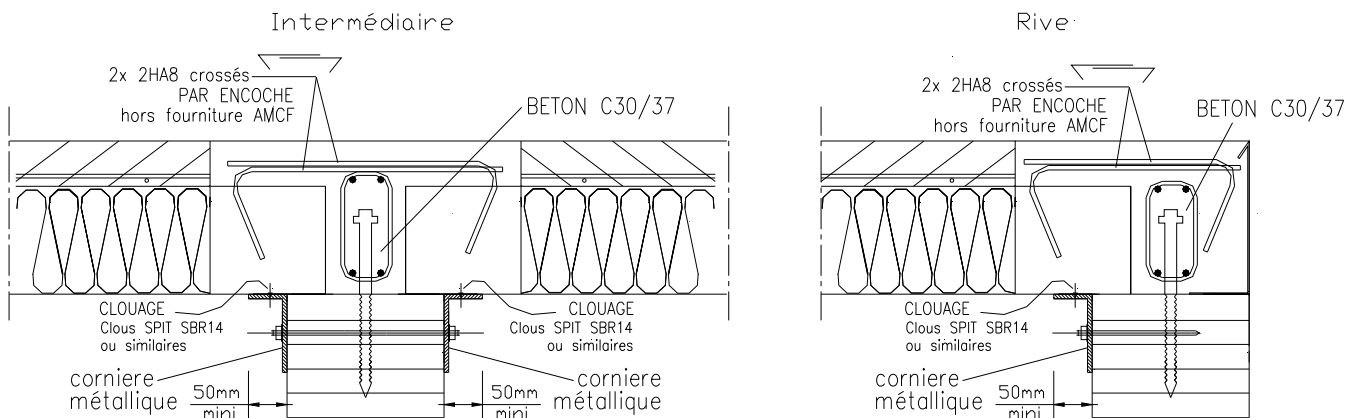
XX-3-b Coupes sens porteur dans encoches d'extrémités sur appui béton



XX-3-c Coupes sens porteur dans encoches d'extrémités sur appui bois



XX-3-d Coupes sens porteur dans encoches d'extrémités sur appui bois/métal

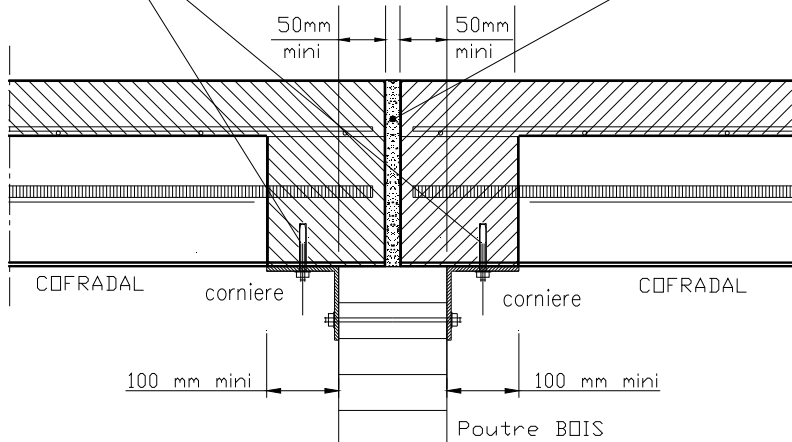


XX-3-e Coupe sens porteur pour configuration sèche en construction bois

Intermédiaire

Fixations Cofradal sur cornière par perçage + chevillage, à déterminer, suivant efforts à reprendre, par le bureau d'études du chantier. Minimum 1 fixation par plateau de 600mm.

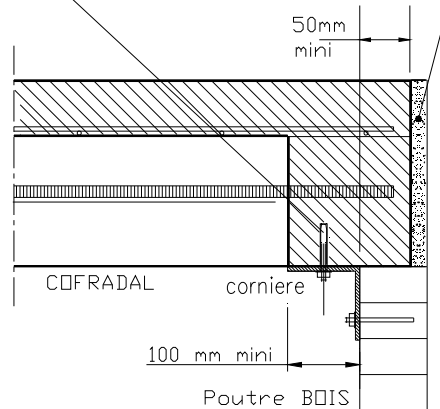
Mortier à retrait contrôlé type motex fix sc125 ou lanko 700 ou similaire



Rive

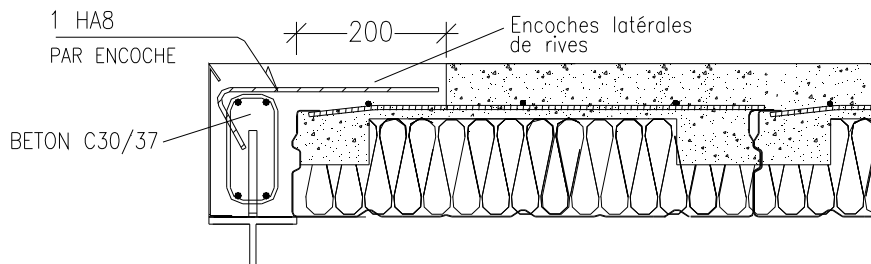
Fixations Cofradal sur cornière par perçage + chevillage, à déterminer, suivant efforts à reprendre, par le bureau d'études du chantier. Minimum 1 fixation par plateau de 600mm.

Mortier à retrait contrôlé type motex fix sc125 ou lanko 700 ou similaire



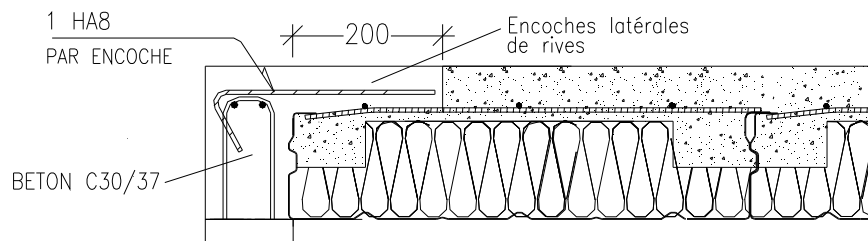
XX-3-f Coupe sens non porteur sur rive latérale métallique

1 HA8
PAR ENCOCHE



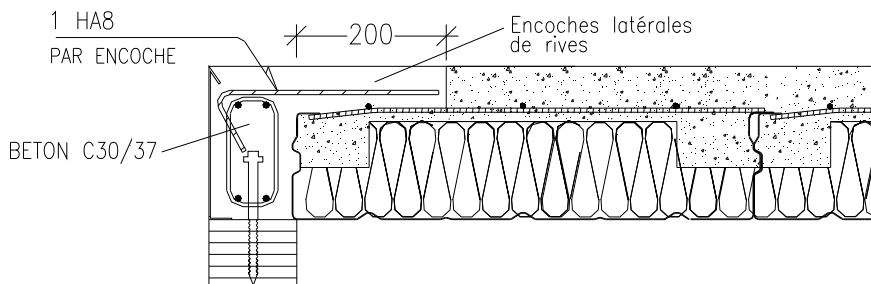
XX-3-g Coupe sens non porteur sur rive latérale béton

1 HA8
PAR ENCOCHE

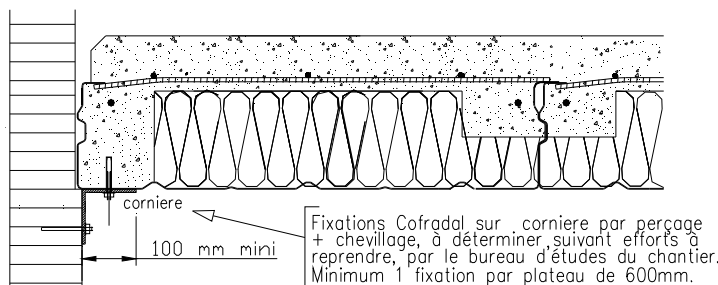


XX-3-h Coupe sens non porteur sur rive latérale bois

1 HA8
PAR ENCOCHE



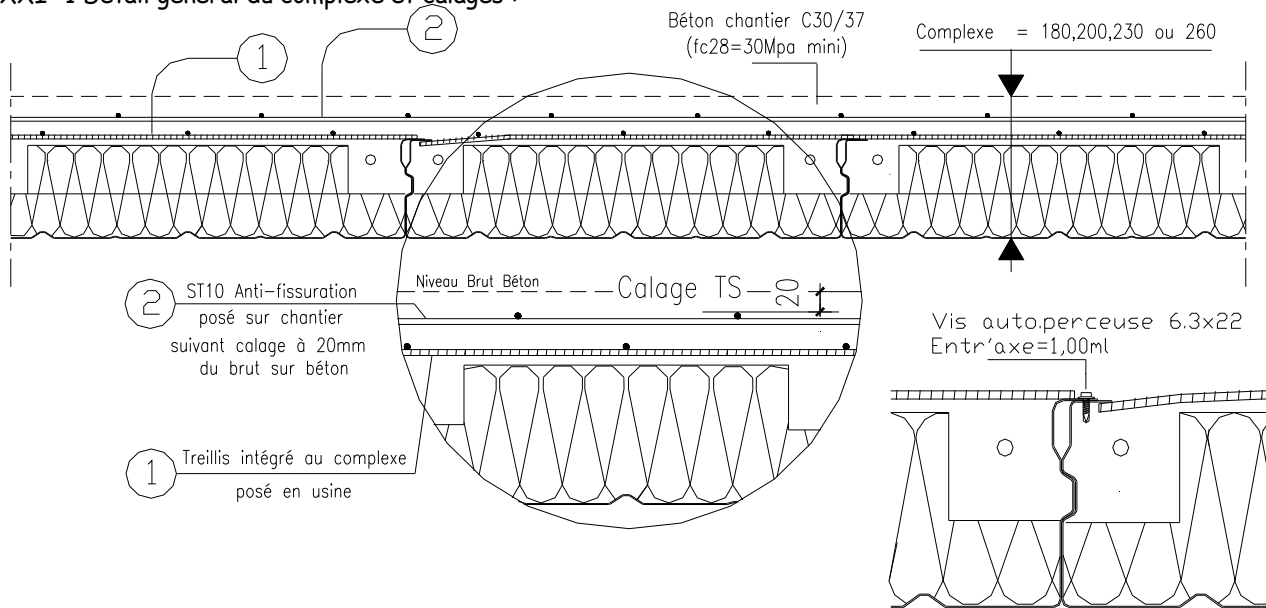
XX-3-i Coupe sens non porteur sur rive latérale construction sèche



Fixations Cofradal sur cornière par perçage + chevillage, à déterminer, suivant efforts à reprendre, par le bureau d'études du chantier. Minimum 1 fixation par plateau de 600mm.

XXI - Recommandations de pose du plancher COFRADAL Version P.A.C

XXI- 1 Détail général du complexe et calages :



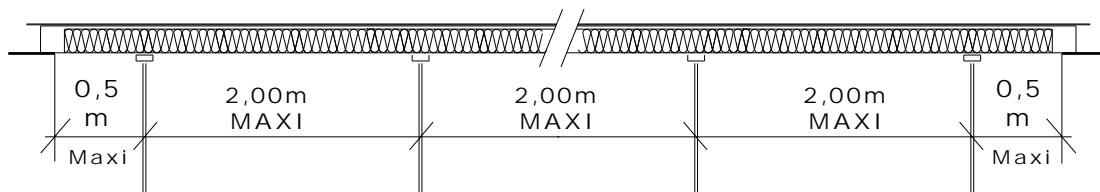
XXI-2 Etaisement :

En phase provisoire, la portée du plancher sera étagée.

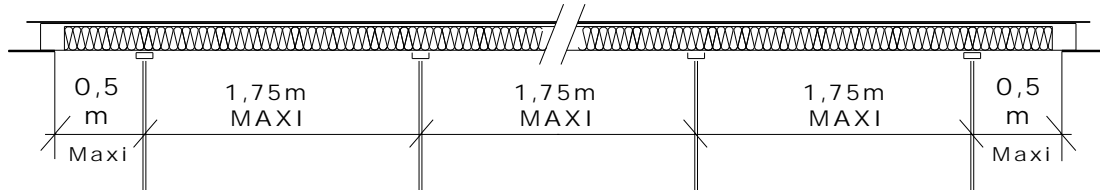
L'étaisement sera linéaire, régulier et les largeurs d'appuis suffisamment larges (largeur de la lisse > 5cm) afin de ne pas abîmer la sous-face du profil.

Un étaisement ponctuel est exclu, car il aurait pour effet le poinçonnement du profil et par conséquent la détérioration de la sous face.

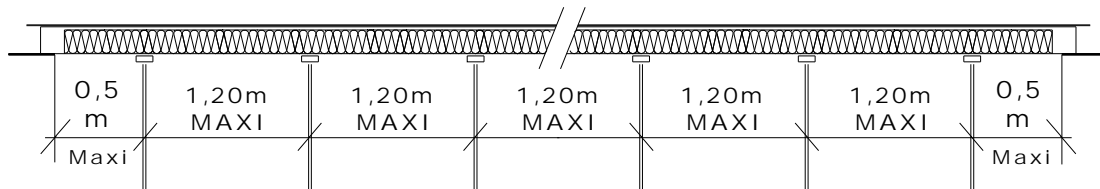
Pour VERSION "STD" - Sous face Galva (non vue)



Pour VERSION "R" - Sous face Galva (non vue)



Pour VERSION DECIBEL ET/OU PRELAQUEE



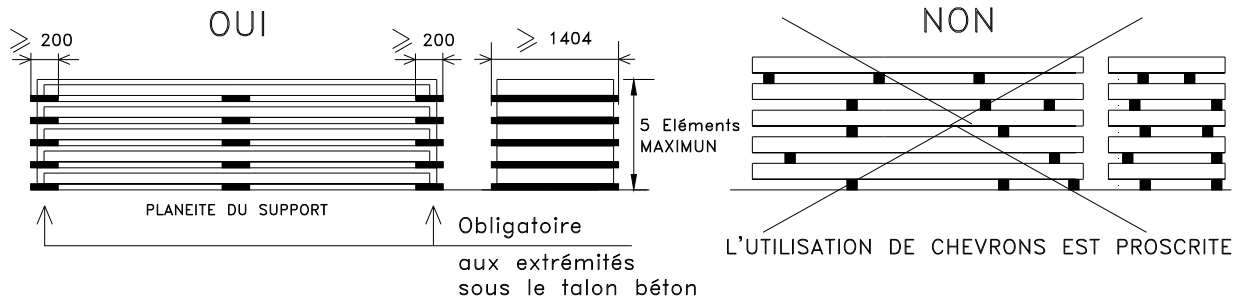
Etaisement pour PAC avec SOUS FACE restant APPARENTE (DECIBEL et/ou Pré laquée), dans le cas de finition pré-laquée, la sous face des plateaux est protégée durant la fabrication et le transport, d'un film plastique et d'une plaque protectrice d' AKILUX. Lors de la mise en œuvre des cofradal, standards ou décibel, il faudra impérativement enlever avant mise en place, le film plastique et la plaque d'AKILUX. Afin, de permettre l'évacuation d'eau éventuelle emmenée par les intempéries, et pour visualiser la liaison des plateaux en sous face à l'avancement.

IMPORTANT : Les files d'étaisement devront AVANT d'être plaquées contre les plateaux, être revêtues d'une bande protectrice, qui sera par exemple, découpée dans les AKILUX ayant servis à la protection pendant le transport. La protection étant indispensable, afin d'éviter toute détérioration des plateaux durant la phase de coulage et séchage du béton.

XXII - Recommandations de pose du plancher préfabriqué

XXII-1 Stockage

Le stockage des éléments est possible en respectant les préconisations suivantes

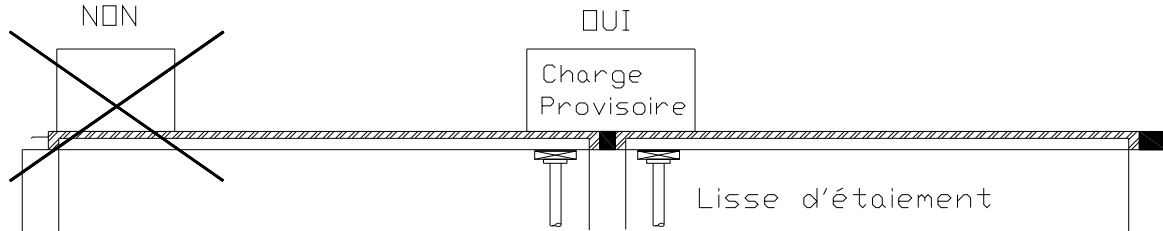


XXII-2 Manutention

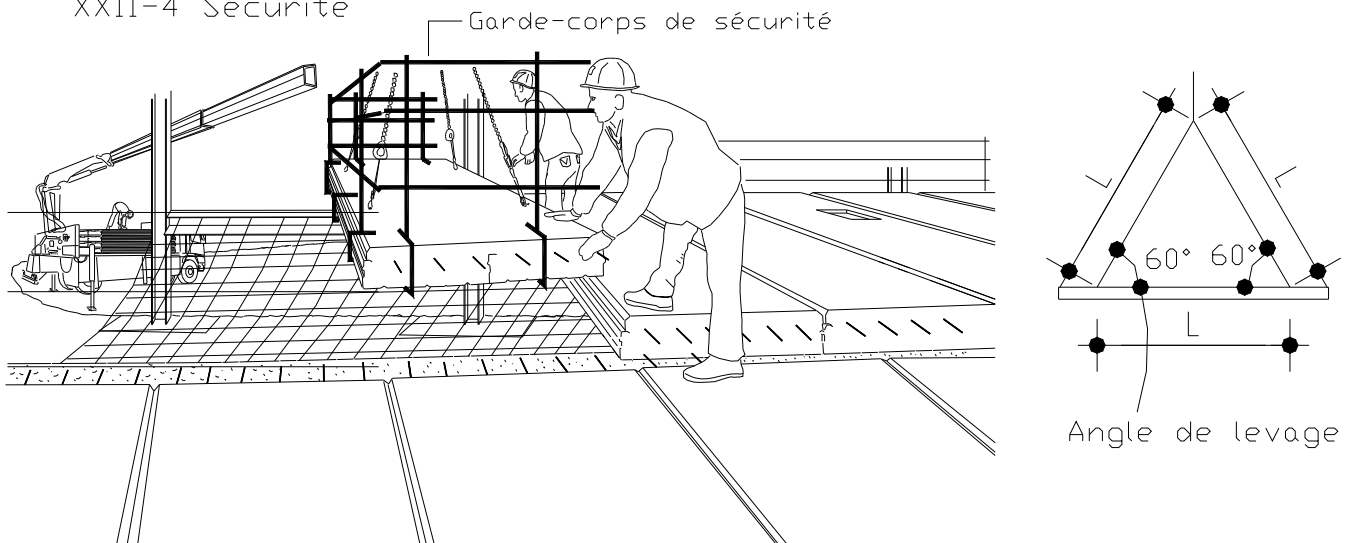
Les éléments de plancher "Cofradal", sont munis d'un dispositif de levage sécurisé, avec ancrs universelles TPA-FU (HALFEN).

XXII-3 Charges provisoires :

La mise en place d'une lisse d'étaie est impérative si des charges ponctuelles provisoires sont appliquées sur le plancher, avant prise définitive du béton de chaînages et du mortier des joints.



XXII-4 Sécurité



P17

Le tableau suivant présente les diamètres de barre de renfort feu à mettre en place dans les configurations étudiées en fonction de la portée de l'élément et de son chargement. Ce tableau est formé à partir des moments résistants précédemment calculés et d'une combinaison de charge en situation d'incendie de $G+0,7Q$. Cette combinaison correspond à un coefficient de 0,7 applicable pour les catégories C et D définies dans la NF EN1990 [14]. Cependant, pour d'autres catégories d'occupation où le coefficient serait plus faible, il est possible à partir des moments résistants de réduire certains diamètres de renfort.

STD	200	Portée [m]	Durée expo [min]	G	100	70	100	
				Q	250	350	500	
		5	60	Poids propre [daN/m ²] : 240				HA12
								HA12
		6	60				HA16	
							HA16	
		7	60			HA16		
						HA16		
	120							
	230	Portée [m]	Durée expo [min]	G	100	70	100	
				Q	250	350	500	
		6	60	Poids propre [daN/m ²] : 310				HA16
								HA16
		7	60				HA16	
							HA16	
		7.5	60			HA16		
						HA16		
120								
260	Portée [m]	Durée expo [min]	G	100	70	100		
			Q	250	350	500		
	6	60	Poids propre [daN/m ²] : 280				HA16	
							HA16	
	7.5	60				HA16		
						HA16		
	8	60			HA16			
					HA16			
120								
Renforcé	230	Portée [m]	Durée expo [min]	G	100	70	100	
				Q	250	350	500	
		6	60	Poids propre [daN/m ²] : 360				HA12
								HA16
		7	60				HA12	
							HA16	
		7.5	60			HA12		
						HA16		
120								