

HILTI

Homologation
Cahier des charges
d'utilisation en réhabili-
tation des connecteurs
accepté par
SOCOTEC sous le
N° PX 0091/4

X-HVB



Annule et remplace le
cahier des charges
PX 0091/2 de juillet 2004
Délivré en Sept. 2005
Limite de validité Août 08

Sommaire

1	Objet	3
2	Domaine d'emploi.....	3
2.1	Application visée	3
2.2	Avantages	3
2.3	Applications connexes	4
3	Constituants des planchers.....	4
3.1	Typologie des montages	4
3.2	Fournitures Hilti.....	5
3.3	Autres fournitures (non assurées par Hilti).....	7
3.4	Sols et plafonds.....	8
4	Etude des projets	9
4.1	Démarche de mise au point de la solution	9
4.2	Géométrie et résistance des IAO	9
4.3	Poids propre du plancher brut g_0	11
4.4	Performances acoustiques.....	12
4.5	Résistance des planchers à température normale	18
4.6	Déformation - Flèches.....	19
4.7	Résistance en cas d'incendie.....	19
5	Prescriptions particulières	21
5.1	Cotes minimale à prévoir	21
5.2	Connecteurs X-HVB à prévoir	22
5.3	Résistance de calcul des X-HVB	23
5.4	Disposition « en canard » des connecteurs.....	24
5.5	Chaînage médian (Montages A 1 et B1)	26
5.6	Ruptures phoniques usuelles	26
6	Mise en œuvre	27
6.1	Stockage des matériaux	27
6.2	Préparation des supports	27
6.3	Matériel spécifique de pose.....	28
6.4	Choix de la puissance de la cartouche de tir	29
6.5	Pose des X-HVB et contrôle après pose	30
6.6	Coulage	31
7	Qualification à la pose des connecteurs	32
8	Références	32
9	Validité du cahier des charges	32

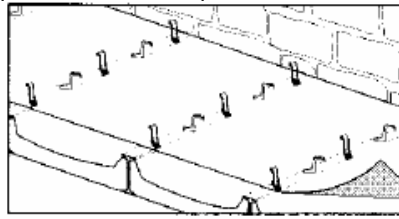
1 Objet

Ce cahier des charges traite de l'usage des connecteurs X-HVB en planchers, dans le cadre d'une opération de réhabilitation : on cloue ces connecteurs sur les semelles supérieures des poutrelles métalliques existantes et on coule une dalle de béton au-dessus. On obtient ainsi un plancher mixte acier-béton, grâce à la solidarisation assurée par les connecteurs entre les poutrelles et la dalle de béton, qui constitue une table de compression.

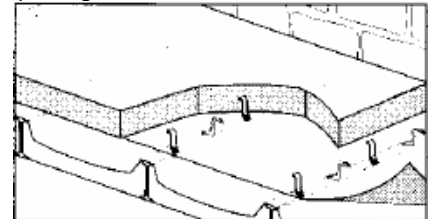
Le procédé permet donc de conserver les poutrelles et le remplissage en place entre ces poutrelles. Afin d'en détailler et d'en illustrer assez précisément les caractéristiques et les performances, il a été choisi, dans ce qui suit, de se référer essentiellement à la situation courantes de poutrelles IAO et d'augets plâtre. Pour autant, l'utilisation des connecteurs X-HVB peut être envisagée de manière plus large, quelque soit le type de remplissage présent entre les poutrelles, et les résistances annoncées pour ces connecteurs ne sont pas conditionnées par la nature de ce remplissage.



Plancher conservé



Connecteurs X-HVB cloués



Dalle de béton coulée

Le cahier des charges donne les principes généraux du procédé et les prescriptions de mise en œuvre des connecteurs. Les aspects calcul font l'objet d'une présentation détaillée séparée nommée ici Dossier Calcul.

Le cahier des charges exploite l'expérience acquise par Hilti à l'occasion des études abordées en liaison avec les équipes de projets et menées jusqu'aux chantiers où Hilti intervient comme formateur à la pose de ses produits.

Les prescriptions techniques énoncées s'imposent à tous les intervenants pour l'obtention des résultats attendus de la connexion X-HVB. Le cahier des charges ne prétend pas néanmoins contenir la liste exhaustive des prescriptions relatives à l'exécution d'un ouvrage particulier.

Hilti garantit la conformité de ses fournitures par rapport à une recommandation technique complète. Le cahier des charges se limite à une description sommaire des produits concernés.

Les services du support technique de Hilti émettent des recommandations appuyées sur des notes de calcul produites sur demande, à partir de l'utilisation de logiciels spécifiques. Les recommandations sont, par nature, des propositions présentées à l'appréciation des bureaux d'étude missionnés sur les opérations de construction. Les spécifications relatives aux ouvrages construits demeurent ainsi de la compétence et de la responsabilité des intervenants sur le chantier.

En tout état de cause, la responsabilité de Hilti ne sera pas recherchée en dehors de la fonction de connexion assurée par les connecteurs X-HVB. En particulier, la fixation des caractéristiques mécaniques des poutrelles IAO et les décisions relatives à l'étalement au coulage constitueront en toutes circonstances des paramètres de calcul établis par l'entreprise.

Le cahier des charges se réfère aux documents considérés comme les plus pertinents à la date de publication et notamment à la Norme Expérimentale XP P 22-391 (Eurocode 4 – DAN français de sept. 94). Il appartient aux utilisateurs de se reporter aux éditions en vigueur de ces documents.

HILTI propose également un cahier des charges accepté par SOCOTEC sous le n°PX 0091/1 qui traite de l'usage des produits X-HVB en plancher dans le cadre de constructions neuves.

2 Domaine d'emploi

2.1 Application visée

La technique X-HVB REHABILITATION concerne principalement les planchers d'immeubles anciens à poutrelles IAO (poutrelles en I à Ailes Ordinaires) appelées à former un plancher mixte par connexion avec une dalle en béton. Elle s'adresse à des planchers de locaux destinés à l'habitation ou assimilés, pour lesquels la charge d'exploitation a un caractère essentiellement statique.

2.2 Avantages

La technique X-HVB REHABILITATION augmente la capacité portante des planchers. Il s'agit pratiquement d'un avantage exclusif dans la mesure où les poutrelles IAO sont réputées inaptes au soudage.

La nouvelle charge de service permet donc la construction de planchers plus massifs, conformes aux normes du confort moderne.

Résistance augmentée

Le surpoids apporté par la table de béton est cumulable à celui des sols, cloisons, et aux charges d'exploitation.

Déformabilité moindre

Le plancher admet des sols ou des cloisons sensibles aux flèches.

Amélioration acoustique

L'augmentation rendue possible de la masse surfacique a un effet bénéfique sur l'isolement acoustique entre niveaux.

Entretoisement des poutrelles

On peut admettre des charges localisées majorées.

Raidissement de plaque

Chaque plancher raidi monolithe peut agir comme diaphragme horizontal ou incorporer des tirants.

Résistance au feu augmentée

En cas d'incendie, la défaillance de la section mixte est sensiblement plus tardive que celle de l'IAO seul.

2.3 Applications connexes

Les connecteurs fixés sur les potelets de pans dans le fer de consolidation peuvent les préserver contre le flambement en les liant avec les parois massives.

Le système X-HVB conserve tout son intérêt pour des poutrelles neuves en chevêtres ou en renfort. On se reporte alors au cahier des charges n° PX 0091/1 de juillet 2004 traitant l'emploi des X-HVB dans le NEUF.

Précautions

Les planchers acquièrent une capacité portante renforcée. Il convient de s'assurer que les murs porteurs et l'infrastructure en général peuvent admettre les surpoids envisagés.

Si nécessaire, il convient d'ajouter les structures complémentaires convenables (pans de fer rapportés).

Corrosion

La connexion X-HVB est applicable seulement sur des poutrelles en bon état, reconnues aptes après une inspection générale.

Des poutrelles IAO en bon état sont un signe d'agression faible du point de vue de la corrosion.

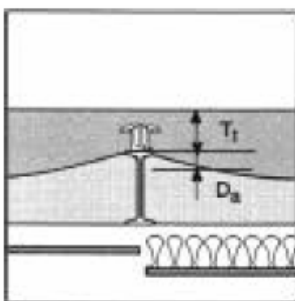
Dans ce cas, la durabilité de la connexion est rebutée préservée si le niveau d'exposition des planchers à la corrosion existant dans l'immeuble avant réhabilitation n'est pas modifié.

Dans le cas contraire, il convient de prendre les dispositions de préservation des poutrelles par le dessous et/ou empêcher la migration des agents de corrosion à travers la table de béton.

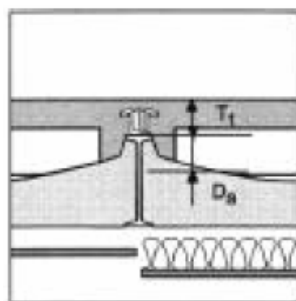
3 Constituants des planchers

3.1 Typologie des montages

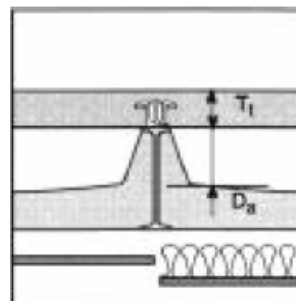
Les montages A, A1, B et B1 correspondant aux croquis ci-dessous couvrent pratiquement l'ensemble des applications courantes. On pourra procéder par analogie pour les planchers comportant d'autres types de remplissages entre poutrelles que les augets plâtre envisagés ici. Les appellations proposées peuvent faciliter la rédaction des documents du marché.



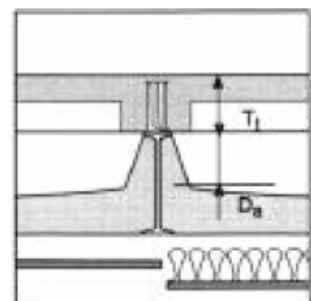
Montage A



Montage A1



Montage B



Montage B1

Les dessins révèlent l'importance des paramètres distinctifs T_1 et D_a pour le choix du montage le plus adapté. T_1 correspond au relèvement de niveau entre l'arase des poutrelles et la surface de la dalle de béton et D_a mesure la hauteur moyenne du volume libre entre la surface du plâtre et l'arase des poutrelles (appelée plus loin décaissement des augets).

Dans les montages A et A1, le poids du béton est supporté par les augets pendant le coulage.

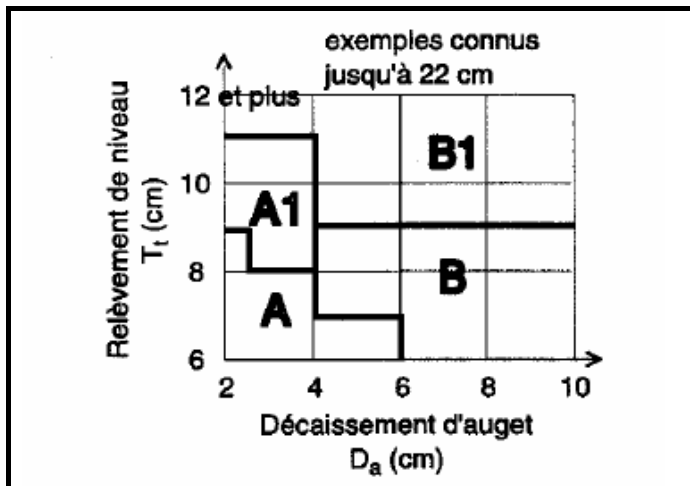
Le montage A est choisi pour sa simplicité de mise en œuvre en association avec des petits IAO. Le béton de remplissage du décaissement d'augets constitue cependant un surpoids sans contrepartie de résistance.

Dans le montage A1, le calage convenable des rehausses en blocs de polystyrène suppose une découpe assez soignée de chanfreins au profil des augets et l'emploi de moyens d'immobilisation pour éviter le soulèvement et le glissement des blocs (voir accessoires en 3.2 et dans le catalogue Hilti).

Dans les montages B et B1, le feuillard métallique « Cofralis » évite le chargement des augets et devient circulaire dès que ses extrémités sont clouées. Le feuillard est éventuellement entaillé en « H » au droit des saillies des fantons (crosses de maintien des augets). Cofralis entretoise les IAO qui doivent cependant se trouver maintenus latéralement par les augets sur au moins la moitié de leur hauteur.

Le montage B1 avec plaques-entrevois se justifie surtout pour des rehausses T_i importantes.

Economie



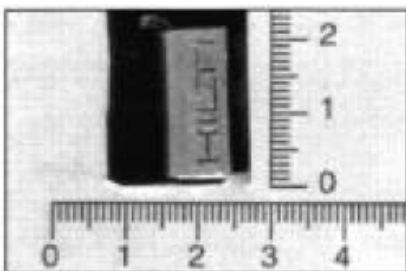
Lorsque ni le surpoids ni la résistance des augets ne sont en eux-mêmes des facteurs décisifs, le choix du montage privilégie les considérations d'économie, illustrées ci-contre en fonction des valeurs T_i et D_a qui déterminent le volume de matériaux (polystyrène ou béton) à mettre en œuvre.

Les possibilités d'organisation du chantier modifient les coûts relatifs des matériaux mis en œuvre. Le diagramme n'est donc qu'indicatif.

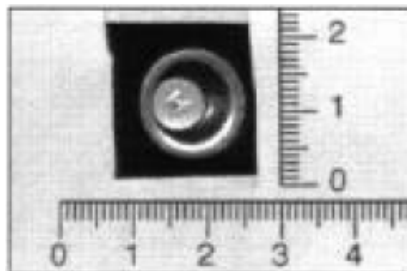
3.2 Fournitures Hilti

Toute référence au contenu de ce cahier des charges implique l'utilisation exclusive des éléments de connexion énumérés ci-après, identifiables individuellement par un marquage attestant l'origine des fournitures et leur conformité aux documents de contrôle de qualité convenus entre Hilti et SOCOTEC.

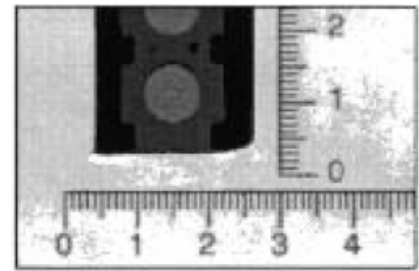
3.2.1 Marquages



Tête de connecteur X-HVB

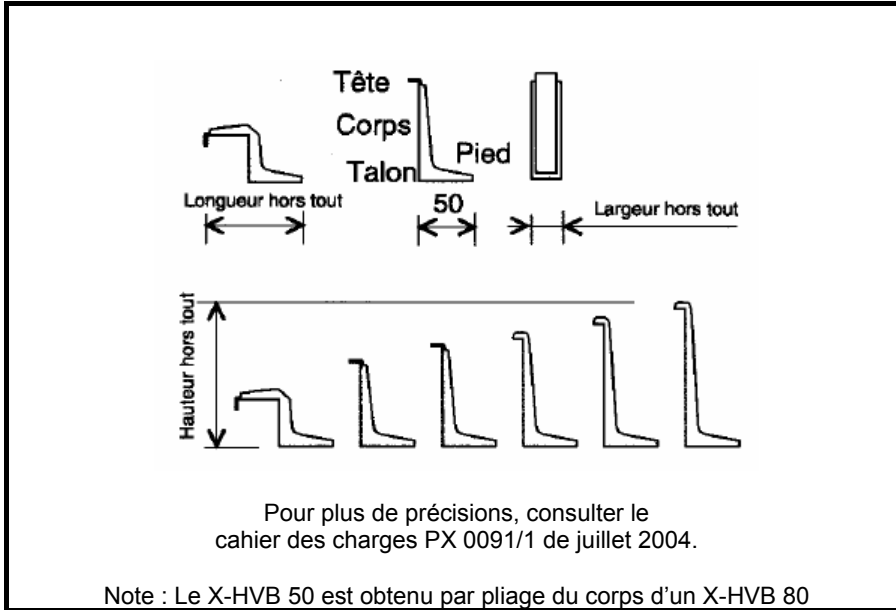


Tête de clou ENP ...



Charge explosive

3.2.2 Connecteurs X-HVB



La forme des connecteurs X-HVB a été définie dès 1982 par Hilti grâce à la collaboration de laboratoires spécialisés en construction mixte. Le succès du X-HVB 80 a conduit Hilti à élargir la gamme pour couvrir l'ensemble des besoins de la construction neuve et désormais aussi pour la réhabilitation grâce, notamment au X-HVB 50.

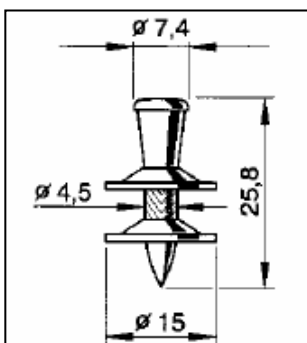
Les connecteurs X-HVB sont réalisés par emboutissage de tôle d'acier de nuance FeP04 A, NF EN 10130 (limité d'élasticité minimale $R_m = 295 \text{ N/mm}^2$).

Ils reçoivent après formage un traitement anti-corrosion dit zingué passivé d'épaisseur 3 μm .

Désignation X-HVB	50	80	95	110	125	140
Hauteur hors tout (mm)	52	80	95	110,5	125	141
Epaisseur tôle (mm)	2	2	2	2	2,5	2,5
Largeur hors tout (mm)	21,3	21,3	21,3	21,3	25,3	25,3
Longueur hors tout (mm)	85	60	60	62	62	62
Poids (N)	0,68	0,70	0,85	1,00	1,42	1,54
Code article	56 467	239 357	239 358	239 359	239 360	239 361
Conditionnement	Sacs de 250 pièces, groupage de 4 sacs en cartons palettisables					
Fixation	2 clous par connecteur					

3.2.3 Clous

La forme du pied des connecteurs X-HVB a été étudiée pour permettre leur fixation par des clous X-ENP-21 HVB utilisables par ailleurs pour assurer la fixation d'autres produits de bâtiment sur des supports métalliques.



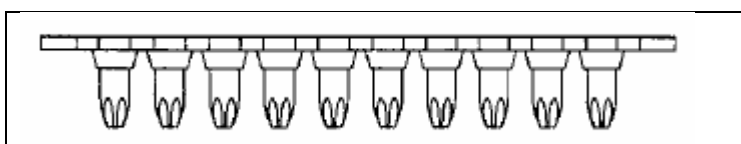
Chaque clou est équipé d'origine de deux rondelles engagées à force sur le corps, servant de guide en cours de pose et de moyen de serrage une fois le clou mis en place.

Le corps est fabriqué par frappe à froid de fil d'acier fin au carbone ($R_m = 2\ 200 \text{ N/mm}^2$ et $\text{HRC} = 58 \pm 1$) avec moletage de la tige puis protégé par zinc en épaisseur 8 micromètres.

Code article : 283 512
Mise en œuvre par piston X-76-P-HVB

3.2.4 Charge explosive

Le clou est mis en place par l'action d'un piston propulsé par une charge explosive choisie dans la gamme des charges fabriquée par Hilti pour de nombreuses applications. Les cartouches de sécurité à percussion annulaire de calibre 6,8/18 M sont conditionnées en bandes-chargeur de 10 unités. La puissance du tir est repérée par la couleur de la bande chargeur

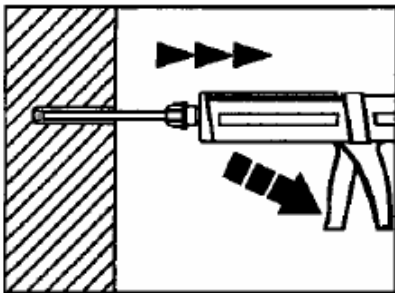


Couleur	Force		Code article
Rouge	Très forte	6	50 603
Noire	Ultra forte	7	50 604

3.2.5 Fournitures annexes

En marge des fonctions liées à la connexion, les produits Hilti apportent de précieux services sur chantier.

Scellements chimiques HY



Lorsque l'IAO de rive n'est pas lié au mur qu'il longe, une déformation du plancher risque de révéler une fissure d'angle.

Les scellements chimiques HY proposent une alternative à la réalisation d'une engravure filante ou par niches de la dalle dans le mur.

Par exemple, on pourra forer des trous de diamètre 10 mm tous les 50 cm et y sceller (avec la résine sans expansion et sans retrait) des fers HA8 agissant comme des broches ou à la manière d'ancrages de cisaillement vertical.

Vis et rondelles IF ou clous IDP

Ces fixations permettent l'immobilisation des rehausses de Cofralis ou dans la masse des augets avec la résistance juste suffisante pour empêcher leur désolidarisation par rapport au « coffrage » pendant le coulage.

3.3 Autres fournitures (non assurées par Hilti)

3.3.1 Film étanche (montages A et A1)

Il s'agit couramment d'un film polyane de 100 µm évitant la détrempe des augets. Il épouse la forme des augets et enveloppe la semelle supérieure des IAO.

3.3.2 COFRALIS ou similaire (montage B ou B1)

Ce produit assure le coffrage lisse (quasi plan) de la sous-face de la table de béton au niveau d'arase des IAO. Il se présente en bobineaux au format manportable adapté au chantier (voir fiche produit du fournisseur). Il s'agit d'un feuillard d'acier en épaisseur minimale 0,5 mm de nuance au moins C280 protégé par galvanisation avec ou sans prélaquage. Sa fixation est assurée à chaque extrémité par des clous identiques à ceux utilisés pour la pose des X-HVB, et à chaque pied de connecteur par les deux clous de pose des X-HVB.

3.3.3 Plaques ou entrevous de polystyrène – Coffrages

Les plaques découpées ou les entrevous de polystyrène expansé répondent à un objectif d'allègement du plancher et de gain de volume de béton mis en œuvre. Leur légèreté a comme contre partie leur instabilité au moment du coulage. Ils doivent être bloqués en position. Il convient de choisir des densités suffisantes de polystyrène afin d'éviter les détériorations excessives dues à la circulation des ouvriers avant et pendant le coulage du béton.

Le polystyrène sert également de coffrage de petites réservations en variantes avec des coffrages bois.

3.3.4 Béton

Sauf choix contraire du bureau d'études d'un béton de performances supérieures, il est fait usage d'un béton de classe B25 (pour planchers), livré en consistance plastique (le séchage ne s'opère que par la surface).

Le béton le plus utilisé est de masse volumique normale (2400 kg/m³). Dans des opérations particulières, il peut être envisagé l'emploi d'un béton léger B25 au moins et de masse volumique minimale 1750 kg/ m³.

3.3.5 Treillis soudé

Au minimum, il est fait usage d'un treillis soudé de type P80C posé sur l'ensemble du plancher avec recouvrements suffisants dans les deux directions. Le bureau d'études peut être amené à spécifier un treillis soudé de section supérieure en considération, entre autres, de la flexion du plancher entre poutrelles ou de la couture de la dalle avec la zone des connecteurs.

Le treillis est calé en position à mi-épaisseur de la table de béton (définie ici comme l'épaisseur de béton au-dessus des rehausses éventuelles) sans toutefois dépasser la hauteur des connecteurs.

3.3.6 Barres d'armatures béton armé

Leur spécification relève de l'initiative du bureau d'études, notamment pour assurer la liaison périmétrique de la table de béton éventuellement engravée dans les murs porteurs ou pour réaliser un chaînage transversal du plancher à mi-travée plus particulièrement pour les montages A1 et B1 en portées à partir de 5 mètres, ou pour transmettre les efforts de traction mis en jeu par le rôle éventuel du contreventement du plancher.

3.3.7 Poutrelles neuves, chevêtres, etc.

Ces constituants réalisent des fonctions locales particulières spécifiées par le bureau d'études.

3.4 Sols et plafonds

3.4.1 Réalisation des sols

La technique de construction des planchers X-HVB REHABILITATION vise à réaliser une forme en béton capable de recevoir tous types de sols avec ou sans interposition de couche résiliente. On se reporte alors au DTU 52-1 qui est d'application et qui prescrit les critères de déformation à respecter pour le calcul des planchers.

3.4.2 Réalisation des plafonds

Le plafond existant (l'enduit plâtre éventuel) peut ne pas nécessiter de réfection générale.

Généralement cependant, il est prévu un plafond rapporté neuf en plaques de plâtres vissées sur rails d'ossature maintenues par suspentes sous le plancher réhabilité. On se reporte au DTU 25-1 qui traite de ces ouvrages et aux documentations des fabricants. La constitution du plafond (type et épaisseur des plaques, espacement des rails, densité des fixation, etc.) dépend entre autres de la contribution attendue du plafond en situation d'incendie.

On cherche généralement à obtenir de hautes performances acoustiques en donnant une épaisseur appropriée au plénum et en prévoyant une couche à lés jointifs de laine minérale placée sur les rails avant vissage des plaques de plâtres, de manière à constituer un système MRM (voir section 4.4).

3.4.3 Protection au feu des semelles d'IAO

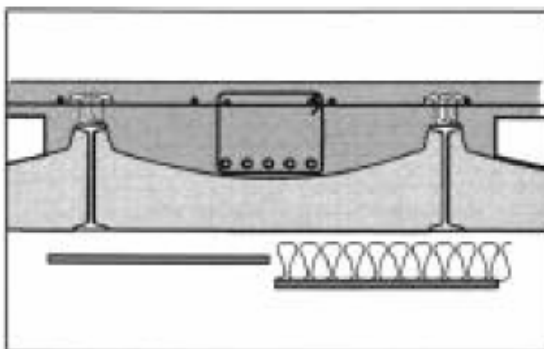
L'exigence de degré Coupe-feu peut conduire à protéger les semelles des IAO de l'exposition directe au feu par l'un des moyens énumérés ci-après :

- Plafond à plaques résistant au feu
- Projection générale
- Protection locale des semelles par bandes isolantes

La protection des augets n'est généralement pas nécessaire. On peut alors recourir à des protections localisées de performance suffisante et dont l'efficacité du maintien des dispositifs de fixation est assurée pendant le délai requis d'exposition au feu.

Lorsqu'il existe un enduit de plâtre d'épaisseur au moins 2 cm, filant sous les semelles inférieures des IAO, on pourra prendre en compte la protection assurée pendant la durée de stabilité de l'enduit en cas d'incendie, durée qui peut être évaluée par essai.

3.4.4 Bandes de renforcement protégées du feu



Certaines situations de projet rendent intéressante une solution de création de bandes noyées coffrées par les augets présentant un décaissement accusé. La présence de l'auget complétée par l'enrobage des barres d'armatures assure la conservation de la résistance de la bande noyée en cas d'incendie.

La dalle de béton doit alors être justifiée transversalement entre bandes, au moins en situation d'incendie.

4 Etude des projets

4.1 Démarche de mise au point de la solution

En réhabilitation, la conception est liée à l'existant. La convenance des poutrelles IAO à leur nouvelle fonction devra être confirmée après constat d'un état de conservation satisfaisant. La recherche de la bonne solution résulte de compromis et de l'ajustement des dispositifs utilisés en fonction des exigences du programme.

4.1.1 Choix d'une valeur cible pour le relèvement de niveau

L'**épaisseur de table T_t** est la valeur pilote à choisir dès le départ. Elle guide le **choix du montage** entre les possibilités A, A1, B et B1 et tous les dimensionnements ultérieurs. Elle devra être révisée en cas d'impossibilité de satisfaire une exigence.

4.1.2 Dimensionnement du système porteur

Reconnaissance de l'existant et rassemblement des données

On procède à un relevé général des cotes de l'existant. On prélève des échantillons nécessaires aux analyses.

La bonne manière consiste à confier à un laboratoire l'**analyse métallurgique** des échantillons d'IAO. Il est cependant possible de prendre en compte des valeurs forfaitaires pour les caractéristiques mécaniques du métal ce qui pénalise l'appréciation de sa résistance.

Pour la connaissance du **poids surfacique des augets**, un sondage est souvent nécessaire pour apprécier l'épaisseur moyenne à retenir : la sous-face de plâtre peut dissimuler les semelles inférieures des IAO.

Calculs de résistance, des déformations, de la stabilité au feu

La détermination du **poids surfacique du plancher** de base est une étape incontournable qui demande un examen attentif.

Le dimensionnement de la **connexion** et l'appréciation de la **capacité portante** du plancher sont alors conduits en application du présent cahier des charges. Certaines corrections d'hypothèses du projet peuvent s'avérer nécessaires dès ce stade.

En général, la **déformabilité** du plancher est réduite et ne remet pas en cause les options de départ.

La **stabilité au feu** des montages sans protection de sous-face des poutrelles IAO est appréciée par essai ou à partir d'un Avis de Chantier formulé par un organisme habilité. Une évaluation par le calcul des températures est proposée dans le Dossier Calculs à titre indicatif et dans l'attente d'une validation générales des formules, des coefficients et donc d'une méthode générale, approuvée pour la justification par le calcul.

4.1.3 Dimensionnements annexes

L'**isolement acoustique**, traité ci-après conduit à fixer des hauteurs de plénums à prévoir en plafonds, la constitution des sols flottants, et à choisir l'épaisseur des isolants acoustiquement efficaces à insérer en plafonds ou à prescrire sous la chape.

4.1.4 Détails constructifs

Lorsque les éléments du projet sont validés en partie courante, l'étape suivante consiste à examiner toutes les situations locales particulières pour traiter les difficultés, les points singuliers ou apporter les indications nécessaires au chantier.

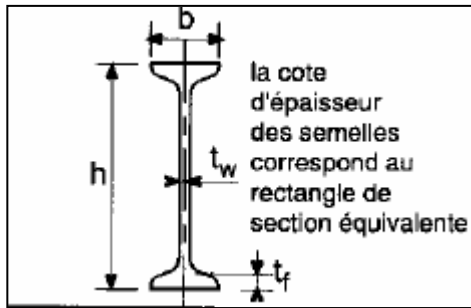
4.2 Géométrie et résistance des IAO

4.2.1 Identification

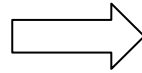
Les poutrelles IAO existent dans une grande variété de dimensions et de nuances de métal. Un catalogue d'archives de Profils en I à Ailes Ordinaires propose des IAO de hauteurs 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220 et 250 avec six à huit possibilités de largeurs d'ailes et d'épaisseurs t_f et t_w pour chaque hauteur. En fait, certaines poutrelles étaient réalisées à la demande.

Il est donc important de mesurer les cotes d'échantillons (mesures suivants norme NF A 45-210, nov. 83).

4.2.2 Géométrie des poutrelles



On s'efforce de noter l'époque ou les époques de construction par zones. On remplit un tableau contenant l'ensemble des relevés, permettant de définir quelle poutrelle (forme et qualité de métal ou date de production) correspond à une situation de calcul.



DONNEES DE CALCUL : Liste des cas à étudier

Localisation Repérage	h mm	b mm	tf mm	tw mm	masse kg/m	Entraxe mm	portée mm	Métal type	Observations
Exemple 1	180	52	11,5	8,6	20	660	6	A	

4.2.3 Caractéristiques forfaitaires du métal des IAO (suivant échantillons)

Il peut être admis d'attribuer un jeu de valeurs mécaniques aux poutrelles dont on connaît la date de fabrication. Cette pratique revient à introduire un coefficient d'incertitude minorateur sur la valeur probablement observable en cas d'essais.

Métal type	Date de fabrication (période)	Valeurs forfaitaires N/mm ²		Observation Traces de corrosion ? Fissures du métal ?
		σ_a	E	
Fer	Quelconque	65	170000	
Acier *	Entre 1891 et 1903	85	170000	
Acier *	Entre 1903 et 1915	100	170000	
Acier *	Après 1915	120	170000	

Remarque * : En cas de doute sur la nature du métal, on considère qu'il s'agit de fer et non d'acier.

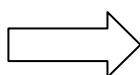
Pour la suite des calculs, on adoptera pour σ_e la valeur $1,7 \cdot \sigma_a$.

4.2.4 Caractéristiques mesurées en laboratoire

La bonne pratique consiste à prélever des échantillons d'IAO représentatifs de lots de poutrelles et à mesurer leurs caractéristiques mécaniques en laboratoire en application de la norme NF EN 10002-1.

Lorsque les essais mettent en évidence un palier de déformation plastique satisfaisant, allongement ductile de **12%** au moins, on pourra interpréter les résultats pour en dégager une valeur caractéristique de la limite d'élasticité f_y , utilisable pour les dimensionnements admettant un calcul plastique de la résistance des sections sous charges pondérées. Dans le cas contraire, on retient une valeur de contrainte de limite σ_e , associée à une procédure de vérification de la résistance des sections en élasticité, sous charges pondérées.

L'adoption pour f_y ou σ_e d'une valeur supérieure à 240 N/mm² devra être spécialement motivée.



DONNEES DE CALCUL : E (kN/mm²) et (σ_e ou f_y) (N/mm²)

Référence Echantillon	E IAO kN/mm ²	Valeurs d'essais			Jugement d'aptitude	
		Limite élastique N/mm ²	Résistance N/mm ²	Allongement à rupt. %	Elastique σ_e	Plastique f_y
Exemple	210	322	429	12,8	-	240

4.2.5 Résistance individuelle des IAO (pour information * seulement) Etalement

La résistance individuelle des IAO intervient en phase de coulage, lorsque les IAO ne sont pas encore entretoisés par la table de béton ayant fait prise.

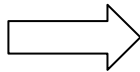
Pour les poutrelles à palier de ductilité inconnu ou insuffisant, on définit un moment résistant élastique basé sur le module de résistance élastique $W_{el,Rd}$ (ou I/v), en considérant une contrainte élastique limite conventionnelle égale à $0,83 \sigma_e$.

Pour les poutrelles qui l'autorisent, on calcule le module de résistance plastique et le moment ultime individuel de l'IAO en considérant une contrainte conventionnelle égale à $0,75 f_y$.

Pour l'appréciation du besoin d'étalement, il est nécessaire d'évaluer les charges additionnelles supportées par les poutrelles pendant l'opération de coulage du béton. Deux paramètres jouent un rôle principal : la quantité de béton excédentaire déversée sur l'aire d'influence d'une poutrelle et la charge représentant le poids du personnel de chantier. En réhabilitation, l'usage bien maîtrisé d'une pompe à béton permet un épandage efficace pratiquement sans accumulation. Il peut en être autrement à l'appréciation des responsables du chantier. On considère généralement que la charge additionnelle est représentée par une charge de chantier de $1,5 \text{ kN/m}^2$.

On en déduit la sollicitation de moment de flexion dans l'IAO, en pondérant par 1,35 les poids des matériaux existants et apportés (g_0 , tel que défini en 4.3) et par 1,5 la charge de chantier, chacune de ces actions étant évaluée sur la bande de plancher de largeur égale à l'entraxe des IAO.

Si la résistance individuelle des IAO est insuffisante, il convient d'étaier. Il faut étaier également si la réserve de contrainte de traction en fibre basse des poutrelles, utilisable en phase mixte, est trop faible.



DONNEES DE CALCUL : Etais ? OUI

ou

NON

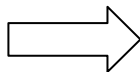
4.2.6 Résistance utiles des IAO en phase mixte

La table de béton liée aux IAO par les connecteurs X-HVB limite les risques de défaillance individuelle d'une poutrelle car elle redistribue les efforts, si nécessaire, en uniformisant les déformations entre poutrelles voisines.

Le mécanisme résistant peut ainsi être évalué en considérant une participation des IAO plus proche de leur résistance moyenne réelle.

Pour les calculs en élasticité, on se base sur une contrainte limite égale à σ_e .

Pour les calculs en plasticité on se base sur $f_y/1,1$.



DONNEES DE CALCUL : $\sigma_e =$

ou

$f_y/1,1 = (\text{N/mm}^2)$

4.3 Poids propre du plancher brut g_0

Il s'agit du poids de l'ensemble des matériaux portés par un IAO pendant le durcissement du béton.

4.3.1 Poids de l'IAO (pour mémoire)

4.3.2 Poids des augets ou des hourdis enrobés

L'épaisseur moyenne des augets est à apprécier en relevant sur place, par rapport aux semelles des IAO (dont on connaît la hauteur), le décaissement moyen de la surface du plâtre par rapport à la semelle supérieure et la retombée de la sous-face du plancher existant par rapport à la semelle inférieure.

A défaut de mesures, on considère une masse volumique du plâtre des augets égale à 1000 kg/m^3 .

Des cas réels ont mis en évidence des matériaux à base de plâtre moins denses (930 kg/m^3). Il est donc recommandé de déterminer la masse volumique par prélèvements.

NOTA: On rencontre des planchers existants où l'intercalaire est constitué par un habillage de plâtre autour d'un hourdis céramique à alvéoles transversales aux IAO. Par conséquent, seuls les sondages permettent d'avoir une certitude sur la constitution des planchers.

4.3.3 Poids du matériau de comblement

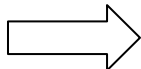
La géométrie de l'auget permet de déduire la masse surfacique moyenne du béton de comblement (parfois remplacé par la vermiculite) dans le montage A.

4.3.4 Poids de la table de béton

Il faut bien sûr prendre en compte également le poids de la table, donc du béton mis en oeuvre au mètre carré.

4.3.5 Données de calcul (voir Dossier Calculs)

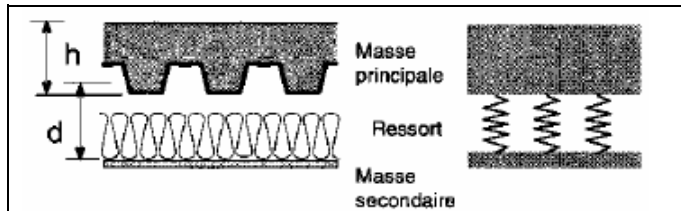
Les charges appréciées au mètre carré sont à ramener au mètre linéaire d'IAO.


 DONNEES DE CALCUL : $g_0 =$ (kN/m)

4.4 Performances acoustiques

La masse surfacique du plancher résistant atteint rarement la valeur de 500 kg/m^2 environ qui « dispense » ordinairement de s'assurer de l'isolement acoustique entre locaux superposés ou voisins.

Avec un montage léger, les hauts niveaux de performances exigés dans l'habitat requièrent un système MRM (Masse-Ressort-Masse) formé entre le plancher de base et les dispositions de plafond ou de sol.

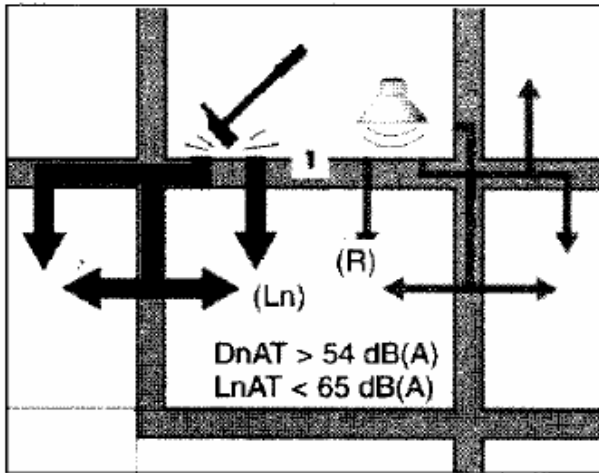


Dans un système MRM, on adjoint au plancher de base un deuxième écran, plus léger mais découplé avec interposition de laine de verre, apportant un complément précieux grâce à ses propriétés élastiques combinées avec son effet d'amortissement (dû à sa structure fibrée, poreuse) surtout dans les bandes de fréquence où le plancher porteur est « perméable aux sons ».

Des arrêts de coulage de la table de béton sont parfois nécessaires au droit de cloisons séparatives. Le Bureau d'Etudes acoustique précise les détails de raccordements au droit des liaisons entre les parois verticales séparatives (ou distributives) et les planchers (ou les plafonds).

Mémo : L'exigence de performance acoustique dans l'habitat

Le Code de la Construction et de l'Habitation ne s'applique qu'aux constructions neuves mais inspire les cahiers des charges des opérations de réhabilitation.



L'exigence concerne l'isolement in situ D_{nAT} et le niveau de bruit d'impact in situ L_{nAT} .

Compte tenu des transmissions latérales, les indices R et L_n du plancher (mesurés en laboratoires) doivent être plus favorables que les valeurs exigées in situ.

3 dB(A) d'écart semble un minimum qui conduit aux performances minimales des montages :

$$R_{\text{mini}} = 57 \text{ dB(A)} \text{ et } L_{n,\text{maxi}} = 62 \text{ dB(A)}.$$

Lorsqu'une performance d'isolement acoustique de type « logement » est spécifiée au projet, il convient de choisir l'une des solutions suivantes :

- réalisation d'un plafond du type plaque de plâtre fixée sur ossature à entraxe 0,6 m, suspendue sous le plancher au moyen de fixations (suspente clipsée, tige et attache) à entraxe 1,2 m environ; un feutre de laine de verre du type IBR est interposé par-dessus l'ossature de maintien des plaques de plâtre, perpendiculairement aux profilés;

- réalisation d'un sol flottant sur matériau résilient de type DOMISOL.

Grandeurs caractéristiques de la performance acoustique

Les exemples qui suivent de dispositions courantes mentionnent une prévision de leur efficacité appréciée principalement par les indices R et L_n en dB (A).

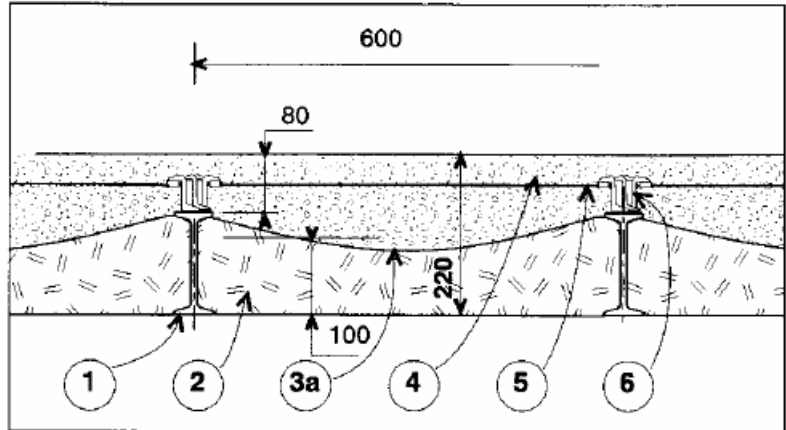
Plus R est grand, meilleur est l'isolement aux bruits aériens. Pour un montage donné, un accroissement de R est lié à une augmentation de l'épaisseur d'IBR ou du DOMISOL sous dalle flottante.

Plus L_n est faible, meilleur est l'isolement aux bruits d'impact. Une moquette ou, en général, les revêtements de sols souples améliorent sensiblement le niveau L_n . Ils n'ont pratiquement aucun effet sur R .

PERFORMANCES ACOUSTIQUES DES MONTAGES: A

Constitution du plancher de base

- 1 Poutrelle IAO 140 x 48
11,3 daN/m soit 19 daN/m²
- 2 Auget en plâtre 100 mm
d = 0,9 soit 90 daN/m²
- 3a Ecran de coulage (film)
0 daN/m²
- 4 Béton rapporté 120 l/m²
soit 282 daN/m²
- 5 Treillis Soudé
- 6 Connecteurs X - HVB 50



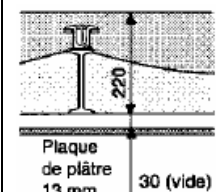
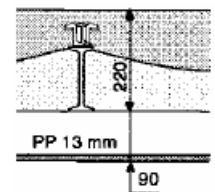
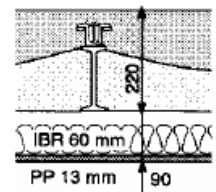
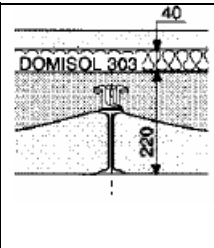
Caractéristiques du plancher de base

Masse surfacique totale M = 391 daN/m²

Indice d'isolement acoustique R = 52 dB (A)

Base de calcul de l'indice L_n entre 76 et 85 dB (A)

Systèmes M R M : MONTAGES A

Plancher A avec plafond ou chape flottante				
	Indice d'isolement	53 dB (A)	56 dB (A)	62 dB (A)

IBR : Feutre Bâtiment IBR, Laine de Verre Qualité TELSTAR

PP : Plaque de Plâtre Normalisée NFP 72 302 : DTU 25-41

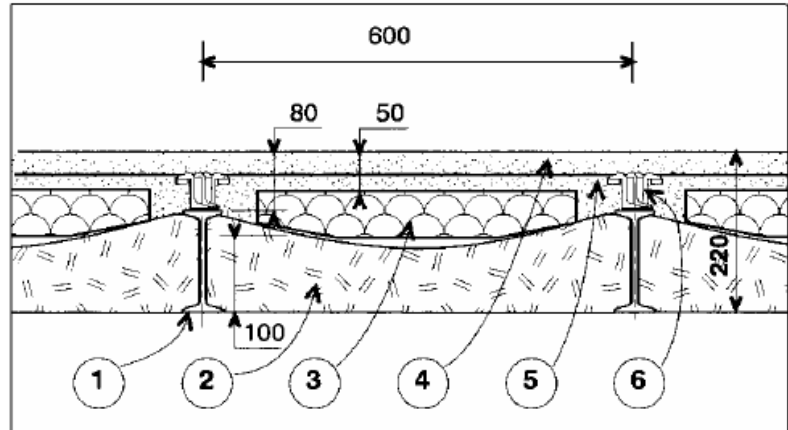
DOMISOL: Panneau Rigide en Laine de Roche; DTU 52-1

Nota: Cette page présente des prévisions de valeurs mesurables en laboratoire. (Réf. Etude ISOVER SAINT GOBAIN) : l'interprétation de ces données pour "obtention des performances réglementaires in situ relève de la compétence des bureaux d'études.

PERFORMANCES ACOUSTIQUES DES MONTAGES: A1

Constitution du plancher de base

- 1 Poutrelle IAO 140 x 48
11,3 daN/m soit 19 daN/m²
- 2 Auget en plâtre 100 mm
d = 0,9 soit 90 daN/m²
- 3 Réhausse d'allègement PSE
2 daN/m²
- 4 Béton rapporté 75 l/m²
soit 176 daN/m²
- 5 Treillis Soudé
- 6 Connecteurs X - HVB 50



Caractéristiques du plancher de base

Masse surfacique totale M = 287 daN/m²

Indice d'isolement acoustique R = 50 dB (A)

Base de calcul de l'indice L_n entre 76 et 85 dB (A)

Systèmes M R M : MONTAGES A1

Plancher A1 avec plafond ou chape flottante				
Indice d'isolement	51 dB (A)	53 dB (A)	60 dB (A)	56 dB (A)

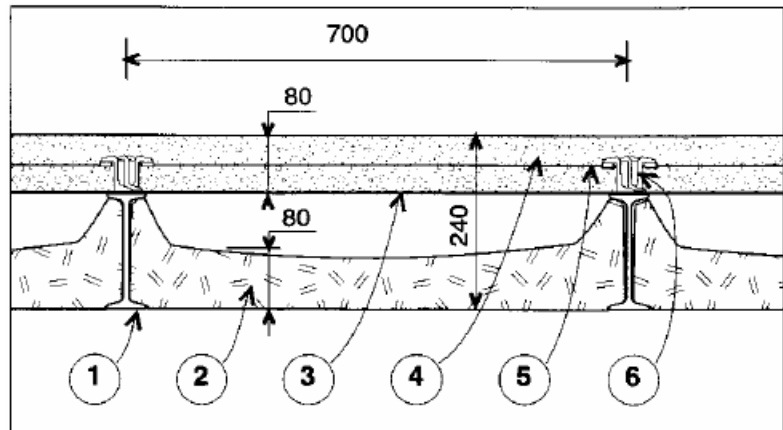
IBR : Feutre Bâtiment IBR, Laine de Verre Qualité TELSTAR
PP : Plaque de Plâtre Normalisée NFP 72 302 : DTU 25-41
DOMISOL: Panneau Rigide en Laine de Roche; DTU 52-1

Nota: Cette page présente des prévisions de valeurs mesurables en laboratoire. (Réf. Etude ISOVER SAINT GOBAIN) : l'interprétation de ces données pour "obtention des performances réglementaires in situ relève de la compétence des bureaux d'études.

PERFORMANCES ACOUSTIQUES DES MONTAGES: B

Constitution du plancher de base

- 1 Poutrelle IAO 160 x 50
13,3 daN/m soit 19 daN/m²
- 2 Auget en plâtre 80 mm
d = 0,9 soit 72 daN/m²
- 3 Coffrage diaphragme COFRALIS
5 daN/m²
- 4 Béton rapporté 80 l/m²
soit 188 daN/m²
- 5 Treillis Soudé
- 6 Connecteurs X - HVB 50



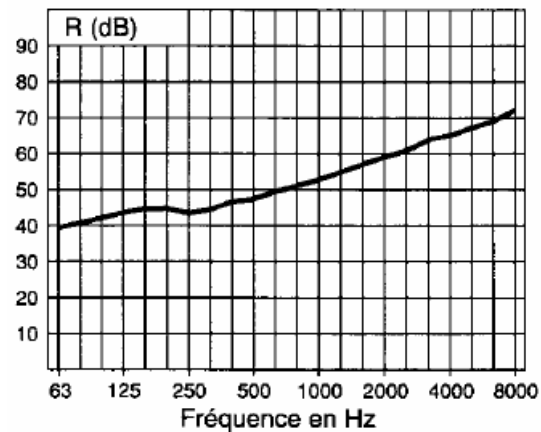
Coefficient de désolidarisation 0,3

Caractéristiques du plancher de base

Masse surfacique totale M = 284 daN/m²

Indice d'isolement acoustique R = 53 dB (A)

Base de calcul de l'indice L_n entre 76 et 80 dB (A)



Systèmes M R M : MONTAGES B

Plancher B avec plafond ou chape flottante				
Indice d'isolement	54 dB (A)	56 dB (A)	63 dB (A)	59 dB (A)

IBR : Feutre Bâtiment IBR, Laine de Verre Qualité TELSTAR

PP : Plaque de Plâtre Normalisée NFP 72 302 : DTU 25-41

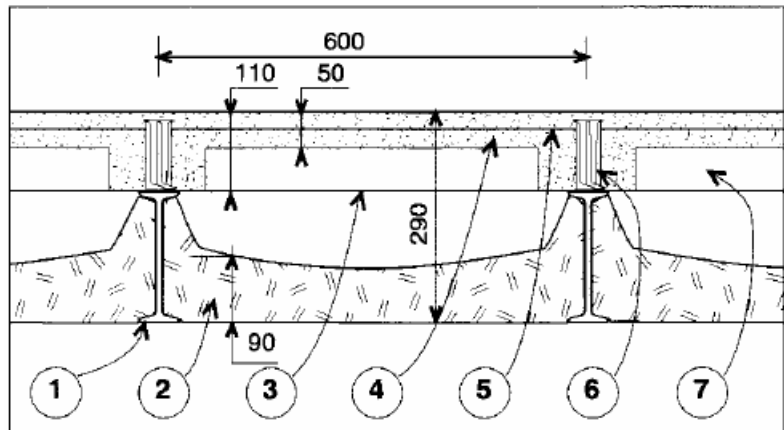
DOMISOL: Panneau Rigide en Laine de Roche; DTU 52-1

Nota: Cette page présente des prévisions de valeurs mesurables en laboratoire. (Réf. Etude ISOVER SAINT GOBAIN) : l'interprétation de ces données pour "obtention des performances réglementaires in situ relève de la compétence des bureaux d'études.

PERFORMANCES ACOUSTIQUES DES MONTAGES: B1

Constitution du plancher de base

- 1 Poutrelle IAO 180 x 60,5
22,7 daN/m soit 38 daN/m²
- 2 Auget en plâtre 90 mm
d = 0,9 soit 81 daN/m²
- 3 Coffrage diaphragme COFRALIS
5 daN/m²
- 4 Béton rapporté 68 l/m²
soit 159 daN/m²
- 5 Treillis Soudé
- 6 Connecteurs X - HVB 95
- 7 Intercalaire de remplissage PSE



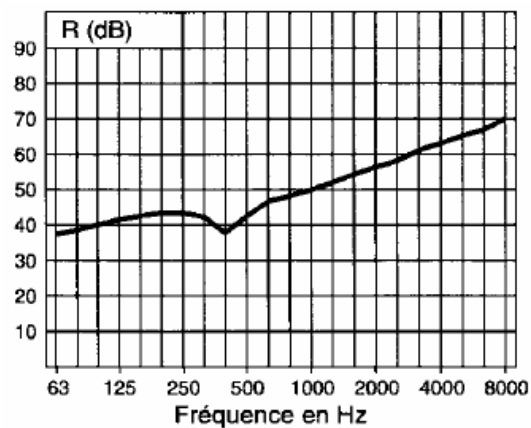
Coefficient de désolidarisation 0,3

Caractéristiques du plancher de base

Masse surfacique totale M = 283 daN/m²

Indice d'isolement acoustique R = 50 dB (A)

Base de calcul de l'indice L_n entre 76 et 85 dB (A)



Systèmes M R M : MONTAGES B1

Plancher B avec plafond ou chape flottante				
Indice d'isolement	51 dB (A)	53 dB (A)	60 dB (A)	56 dB (A)

IBR : Feutre Bâtiment IBR, Laine de Verre Qualité TELSTAR

PP : Plaque de Plâtre Normalisée NFP 72 302 : DTU 25-41

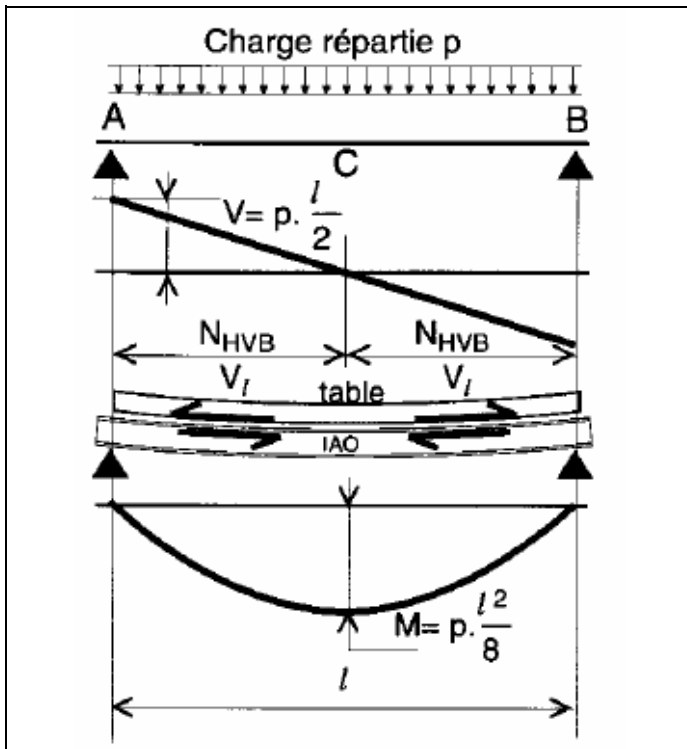
DOMISOL: Panneau Rigide en Laine de Roche; DTU 52-1

Nota: Cette page présente des prévisions de valeurs mesurables en laboratoire. (Réf. Etude ISOVER SAINT GOBAIN) : l'interprétation de ces données pour "obtention des performances réglementaires in situ relève de la compétence des bureaux d'études.

4.5 Résistance des planchers à température normale

Les méthodes de vérification de résistance sont esquissées ici et développées dans le Dossier Calculs. Les limites à l'espacement des connecteurs spécifiées en 5.5 sont cependant à respecter.

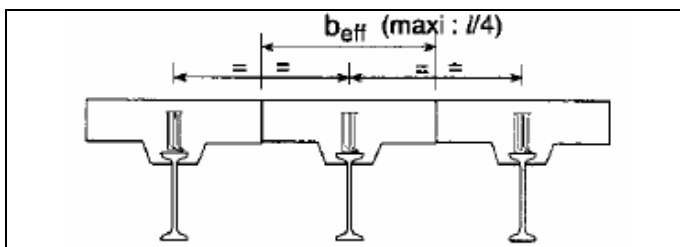
4.5.1 Poutrelles sur deux appuis, charges réparties



En réhabilitation, les poutrelles sont prioritairement à considérer comme reposant sur deux appuis simples. Il est en effet exceptionnel que les attaches (sur une poutre) de poutrelles en prolongement l'une de l'autre sur des travées voisines soient conçues et dimensionnées pour transmettre un moment de continuité. Par ailleurs, les scellements en murs porteurs offrent rarement une capacité de résistance permettant de considérer un encastrement même partiel des extrémités d'IAO. On a ainsi à vérifier des travées isostatiques.

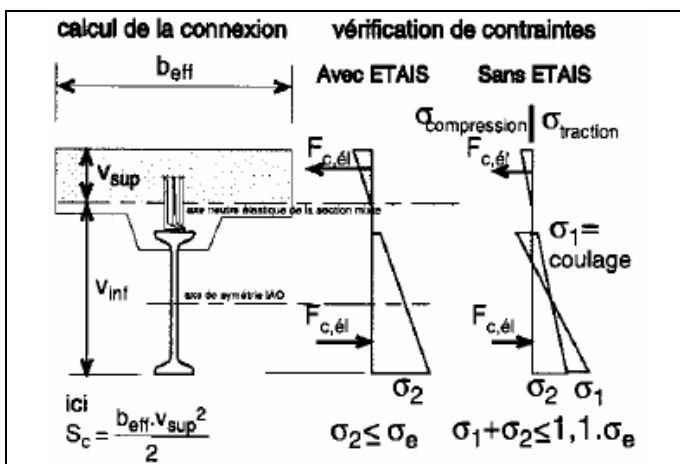
Les connecteurs X-HVB assurent, dans le montage mixte, la résistance au glissement longitudinal V, qui intervient entre l'IAO et le béton de table, depuis le point de moment maximal dans la poutre mixte vers chacune des extrémités. Ainsi chaque IAO reçoit 2.N_{HVB} connecteurs X-HVB où N_{HVB} à retenir pour le dimensionnement de la connexion est le plus grand des nombres N_{1HVB} et N_{2HVB} obtenus aux étapes suivantes de calculs. Un nombre plus élevé peut éventuellement résulter des vérifications de résistance en cas d'incendie.

4.5.2 Section mixte résistante



Dès lors que la portée de l'IAO dépasse 4 fois l'entraxe des poutrelles, on considère que chaque poutrelle est associée à une table de compression en béton de largeur b_{eff} égale à l'entraxe des IAO.

4.5.3 Etape 1 : ELASTICITE (connexion et vérification de contrainte pour IAO non ductiles)



On considère la section résistante rendue homogène en tenant compte d'un coefficient d'équivalence Acier/Béton: $n = E_{IAO} / E_{Béton}$ où
 - $E_{Béton}$ a la valeur 14000 N/mm² pour un B25 ;
 - E_{IAO} a la valeur particulière des IAO existants.

On néglige les aires de béton en dessous de l'arase des IAO et le béton tendu lorsque l'axe neutre est dans le béton. On détermine les grandeurs :

- I_{mix} moment d'inertie du montage homogénéisé par rapport au métal
- I_{mix} / V_{inf} et I_{mix} / V_{sup}
- S_c moment statique de l'aire du béton comprimé par rapport à l'axe neutre de la section mixte.

4.6 Déformation - Flèches

4.6.1 Flèche nuisible (ou flèche totale)

La limitation des déformations des planchers concerne la flèche nuisible, soit la variation de flèche du plancher sous les charges appliquées hors poids propre du plancher brut, risquant de compromettre la bonne tenue des revêtements de sols ou des cloisons.

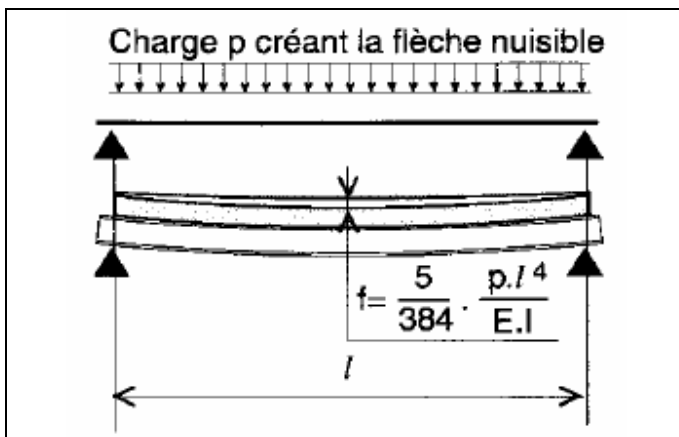
Il convient de limiter la flèche nuisible calculée à $l/350$ ou à $0,5 \text{ cm} + l/700$ (cas où l est supérieur à $3,5$ mètres). La limite est ramenée à $l/500$ ou à $0,5 \text{ cm} + l/1000$ (cas où l est supérieur à 5 mètres) dans les cas de mise en oeuvre de revêtements de sols ou de cloisons sensibles à la fissuration.

Dans le cas exceptionnel de démolition des augets, il convient de vérifier la flèche totale, limitée à $l/250$.

4.6.2 Repérage du point zéro de mesure des flèches

En réhabilitation, les travaux suppriment des charges initialement appliquées aux IAO et les poutrelles restent partiellement bridées par les augets. Il est donc illusoire d'espérer maîtriser l'appréciation des évolutions des flèches aux phases initiales de rechargement du plancher (pendant le coulage). On récupère un comportement conforme à la théorie après la constitution du plancher mixte. Le point zéro est repéré après coulage.

4.6.3 Calcul de la flèche nuisible

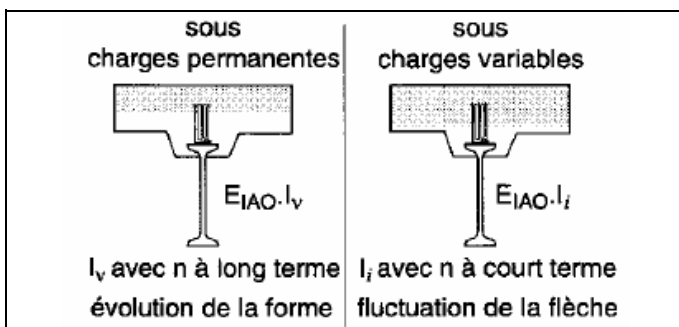


CHARGE DE CALCUL: On considère les combinaisons d'actions à l'Etat Limite de Service, appliquées sur le plancher après le coulage. Les charges ne sont pas pondérées.

RETRAIT: Lorsque le rapport de la portée à la hauteur totale du plancher ne dépassa pas 20 , on néglige la déformation due au retrait.

RIGIDITE DU PLANCHER: On se réfère au moment d'inertie de la section homogénéisée telle que calculée pour la résistance en élasticité.

La flèche nuisible est donnée par:
 $f = 5 \cdot p \cdot l^4 / (384 \cdot E_{IAO} \cdot I_{mix})$



Des méthodes plus fines sont admises qui distinguent parmi les charges celles qui correspondent à des équipements fixes justifiant la prise en compte de caractéristiques du béton à long terme de celles présentant un caractère fluctuant provoquant des déformations réversibles basées sur des caractéristiques «instantanées» du béton. Il convient de se conformer aux règles du béton armé.

Note: Les calculs sont conduits en admettant l'absence de glissement longitudinal entre les IAO et la table de béton. Ceci se justifie par le mode de détermination du nombre et de la répartition des connecteurs, tel que traité en 4.5.

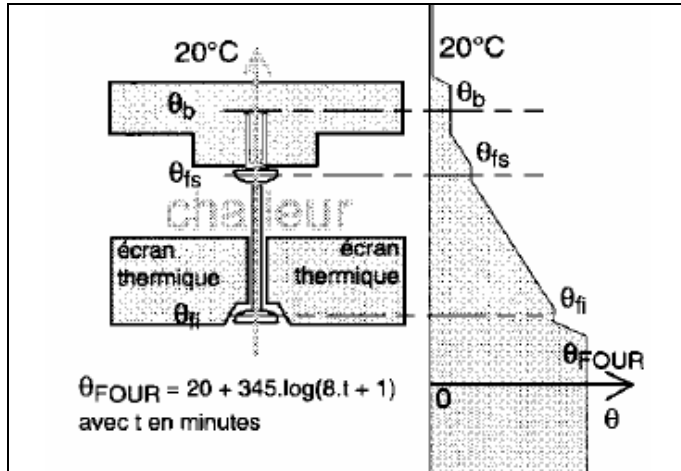
4.7 Résistance en cas d'incendie

La méthode présentée ici sommairement fait l'objet d'un développement dans le Dossier Calculs. La stabilité au feu des montages sans protection de sous-face des poutrelles IAO est appréciée par essai ou à partir d'un Avis de Chantier formulé par un organisme habilité. L'évaluation par le calcul des températures est proposée à titre indicatif, dans l'attente d'une validation générale des formules, des coefficients et donc d'une méthode générale, approuvée, pour la justification par le calcul de la stabilité du plancher.

La vérification de résistance du plancher en cas d'incendie est à apporter en l'absence de dispositions de protection au feu permettant d'éviter l'échauffement de l'aile inférieure de l'IAO au-delà de 350 °C pendant le délai requis d'exposition au feu (par la sous-face du plancher).

Il est escompté que les augets de plâtre assurent pendant le délai requis d'exposition la protection du contour de l'IAO, à l'exception de la sous-face de la semelle inférieure. Il convient de s'assurer que cette condition n'est pas compromise du fait des transformations.

On néglige le retard d'exposition au feu des IAO procuré par le délai de destruction du plafond éventuel.



REGIME THERMIQUE: On considère le régime thermique créé dans les sections résistantes du plancher par l'effet du flux de chaleur reçu par la sous-face des IAO et qui se propage vers la table de béton.

La partie inférieure de la poutrelle perd progressivement sa capacité à contribuer à la résistance à la flexion dans l'ensemble de la section.

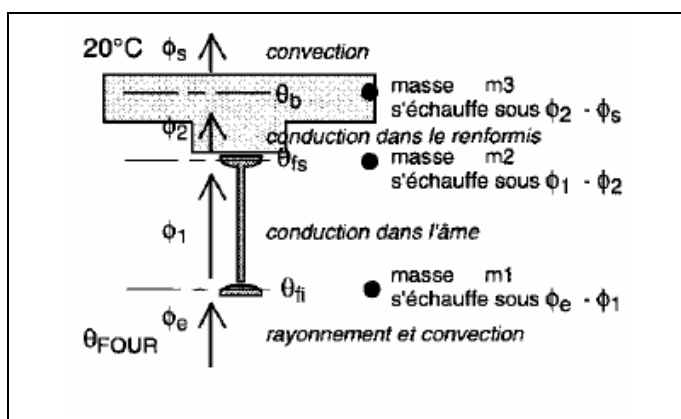
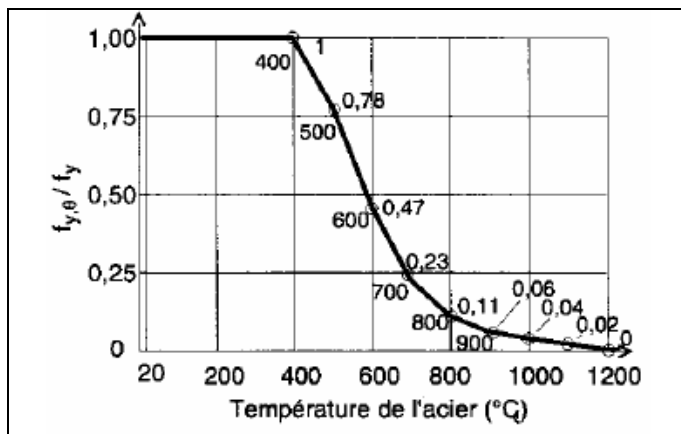
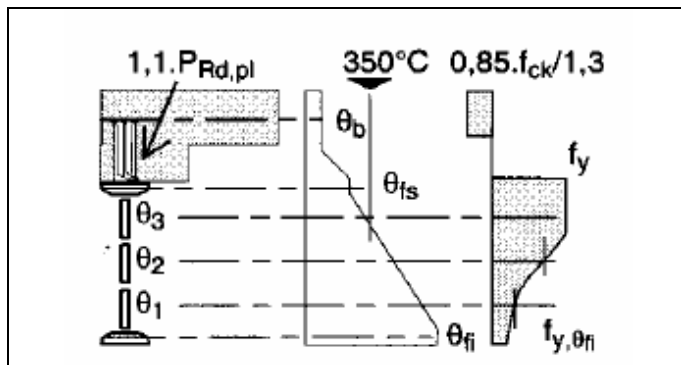
On vérifie qu'à l'issue du délai requis de résistance au feu du plancher, soumis à la combinaison d'actions prévue par l'Eurocode 1 partie 1 [9.4.2] pour la situation d'incendie :

- la ruine du montage ne se produit pas par épuisement prématuré de sa résistance ultime à la flexion ;
- la température de la semelle supérieure d'IAO, qui reçoit les fixations de connecteurs, n'atteint pas 350 °C.

CHARGES APPLIQUEES: On considère l'ensemble des charges permanentes et les charges d'exploitation évaluées à leur valeur fréquente (coefficient Ψ_1 donné de 0,5 pour l'habitation et les bureaux, de 0,7 pour les lieux de réunion, de 0,9 pour les bâtiments de stockage).

CARACTERISTIQUES DE CALCUL: Le caractère accidentel de l'incendie conduit à adopter des valeurs particulières des $\gamma_{matériaux}$ de : 1,3 au lieu de 1,5 pour le béton, 1 au lieu de 1,1 pour l'acier plastifié, 1,25/1,1 pour la connexion au lieu de 1,25 (pris dans $P_{Rd,pl}$).

PROPRIETES MECANQUES A CHAUD: Le béton n'atteint pas 350 °C et garde ses propriétés à température normale. Pour le métal de l'IAO, on adopte les coefficients minorateurs (donnés par l'EC4 partie 1.2 en projet pour l'ensemble des aciers de construction) pour le rapport $f_{y,\theta} / f_{y,20}$, de la limite d'élasticité à la température θ à la limite d'élasticité à température normale.



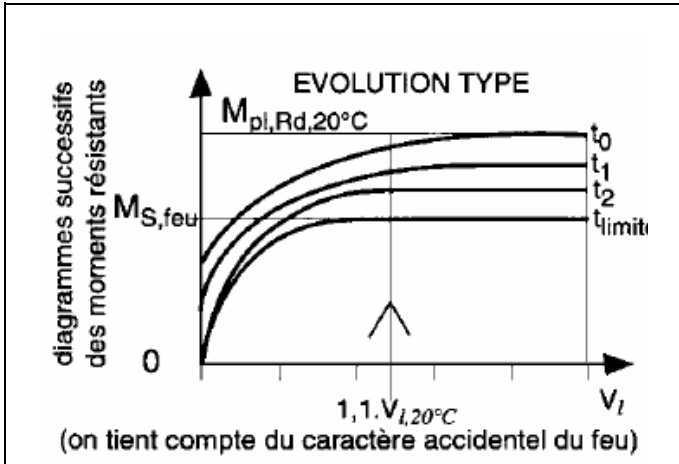
PREVISION DES TEMPERATURES

A partir du début de l'incendie, la distribution des températures dans la section résistante est calculée à intervalles réguliers ne dépassant pas 5 secondes.

Chaque aire élémentaire du montage reçoit un flux thermique entrant en provenance des parties inférieures et dissipe un flux sortant en direction de la surface du plancher.

On se réfère pour les calculs de flux thermiques et donc pour la détermination des variations de températures dues à la chaleur stockée, aux formules générales des transferts thermiques en utilisant les coefficients de conductivité thermique et de chaleur spécifique donnés dans l'EC4 partie 1.2.

Les approximations numériques à retenir sont celles qui conduisent à sous-estimer les débits des transferts de chaleur dans le montage. Pour les transferts de chaleur dans le montage, on définit les températures de trois aires élémentaires au moins (considérées comme à températures uniformes), les deux semelles de l'IAO et la table de béton. Pour l'évaluation des capacités de résistance de l'IAO, on précise les températures aux milieux de trois zones de l'âme avec interpolation linéaire de la température entre les semelles.

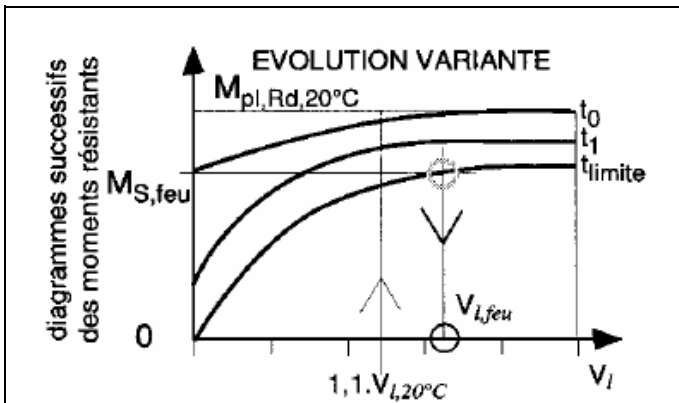


MOMENT RESISTANT A CHAUD DE LA SECTION

L'épuisement assez rapide de la résistance en traction de la semelle inférieure de l'IAO déplace l'axe neutre plastique de la section vers "interface acier-béton. Le montage travaille alors avec un degré de connexion de plus en plus élevé. La connexion complète est atteinte lorsque la résistance en traction de l'IAO, déduite des températures des aires actives de métal, devient inférieure à la résistance au cisaillement longitudinal de la connexion.

On détermine l'épaisseur de béton supposé comprimé à $0,85 \cdot f_{ck}/1,3$ et le point de passage de l'effort de compression dans le béton.

On détermine la position de la résultante des efforts élémentaires de traction développés par les aires partielles d'IAO. Le bras de levier permet le calcul du moment résistant instantané, qui doit rester supérieur au moment sollicitant.



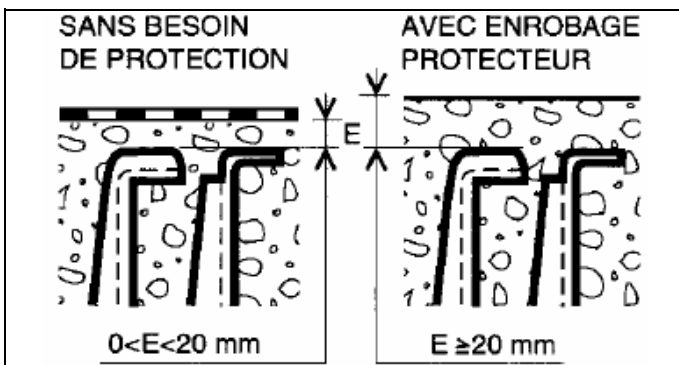
VERIFICATION DE LA CONNEXION

Il convient de s'assurer pendant le délai requis d'exposition au feu que l'effort de cisaillement longitudinal requis pour équilibrer le moment sollicitant en situation d'incendie, compte tenu du mécanisme résistant, reste au plus égal à la résistance des connecteurs X-HVB.

Cette vérification peut conduire à l'augmentation du nombre des connecteurs tel que calculé à température normale.

5 Prescriptions particulières

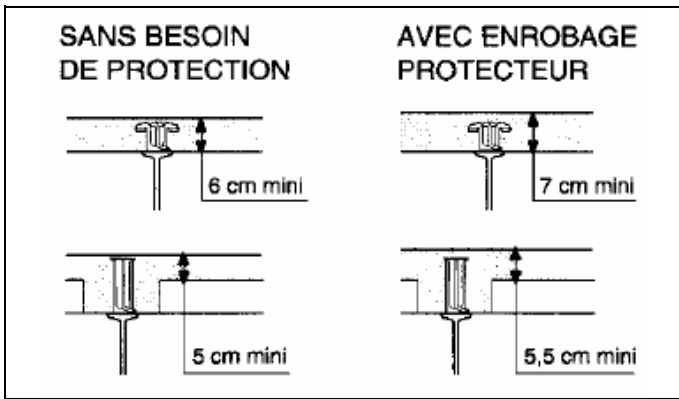
5.1 Cotes minimale à prévoir



ENROBAGE SUPERIEUR ET CORROSION

En l'absence de risque de corrosion par la surface du plancher (planchers non exposés ou protégés par un complexe d'étanchéité), l'affleurement des connecteurs X-HVB est admis en surface du béton brut.

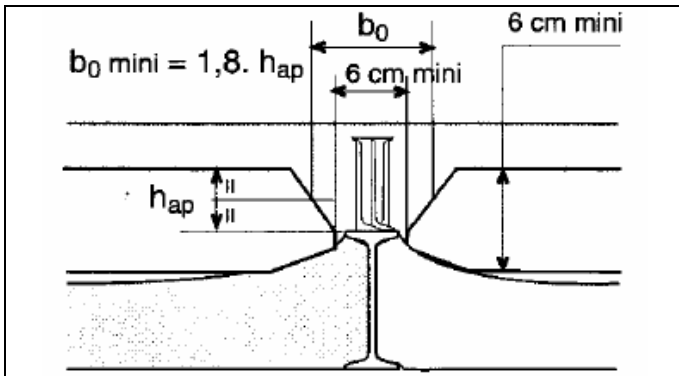
Dans le cas contraire (locaux humides...), la protection des connecteurs nécessite un enrobage minimal de béton au-dessus des X-HVB de 2 cm.



EPAISSEURS MINIMALES DE BETON

Indépendamment des besoins de résistance ou de rigidité du montage mixte, on ne retiendra pas une valeur inférieure à 6 cm ou à 7 cm en cas de risque de corrosion, pour le choix du niveau de réglage du coulage de la surface de béton au-dessus de l'arase des IAO.

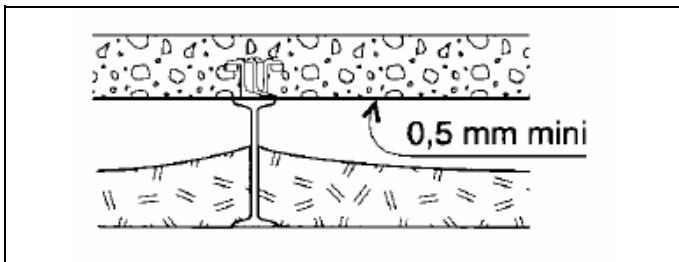
L'épaisseur de béton au-dessus d'entrevous ou de rehausses ou de nervures hautes de profils de coffrage ne sera pas inférieure à 5 cm (cas courant), ou à 5,5 cm dans le cas de risque de corrosion (3,5 cm d'ancrage et 2 cm d'enrobage).



REHAUSSE D'ALLEGEMENT

Dans le cas de rehausses d'allègement, on veillera à réserver un volume enveloppe minimal des pieds et des corps des X-HVB selon le dessin ci-contre (voir plus loin pour la résistance des X-HVB).

Sauf attention particulière portée sur la robustesse des pains ou des plaques mis en oeuvre et fixés en conséquence, l'épaisseur de polystyrène expansé ne sera pas inférieure à 6 cm.

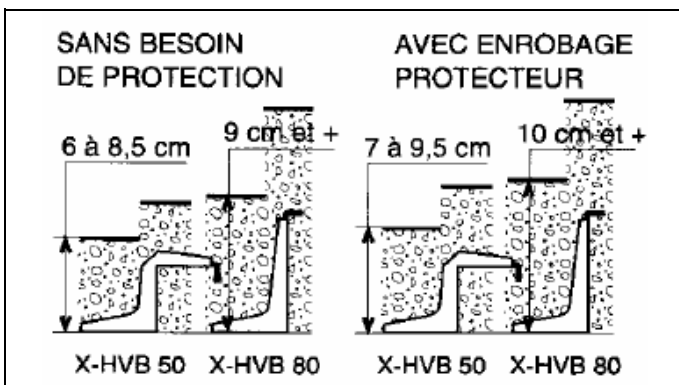


COFRALIS ET FILM DE PROTECTION

Dans les situations de chantiers courants (entraxes inférieurs à 1 mètre, augets en bon état) on pourra considérer comme admissibles une épaisseur minimale de 0,5 mm pour la tôle de Cofralis (en nuance C 280 mini) et/ou de 100 micromètres pour un polyane anti-détrempe du plâtre des augets

5.2 Connecteurs X-HVB à prévoir

5.2.1 Choix du modèle pour montages A et B



Si l'épaisseur T_t de la table est faible, on utilise le connecteur X-HVB 50.

Dès que l'épaisseur de table le permet, on choisit le connecteur:

X-HVB 80 à partir de 9 ou 10 cm ou si possible

X-HVB 95 à partir de 10,5 ou 11,5 cm

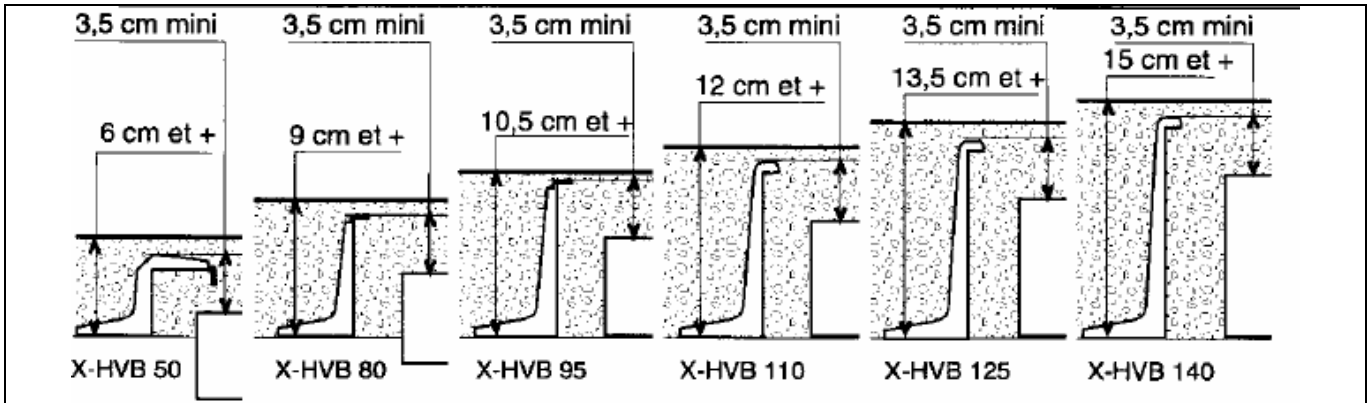
car la résistance de calcul des connecteurs X-HVB est maximale à partir de ce dernier modèle.

5.2.2 Choix du modèle pour montages A1 et B1

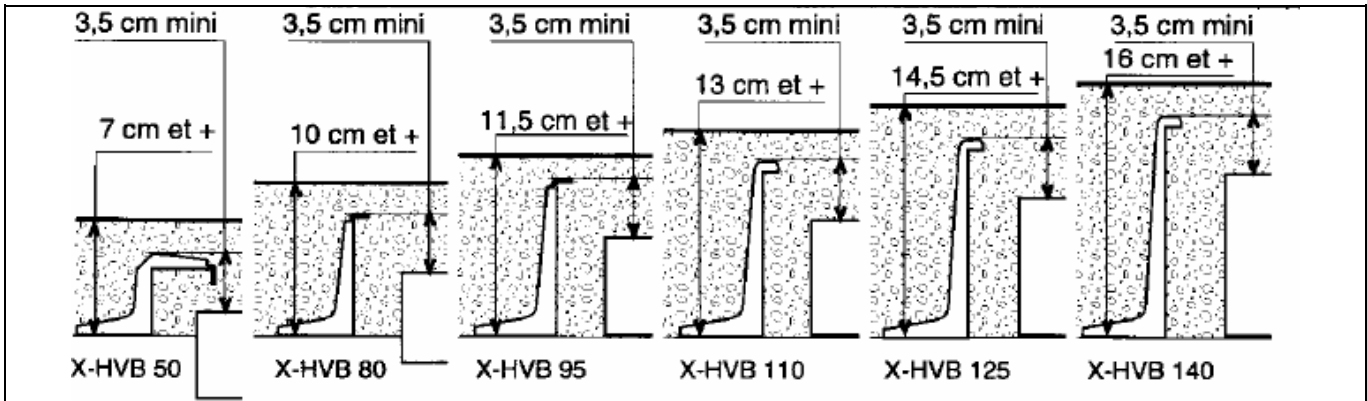
La tête des connecteurs doit pénétrer de 35 mm au minimum dans l'épaisseur de béton au-dessus des entrevous ou plaques d'allègement. De plus, leur résistance de calcul augmente si la pénétration est majorée.

On choisit alors un modèle de HVB de hauteur la plus proche possible de l'épaisseur T_t de la table.

SANS BESOIN DE PROTECTION



AVEC ENROBAGE PROTECTEUR



CAS PARTICULIER

Si la résistance du plancher peut être justifiée en ignorant totalement la participation du béton présent entre les renformis coulés en correspondance avec chaque IA0, le bureau d'études pourra spécifier des X-HVB de hauteur moindre.

5.3 Résistance de calcul des X-HVB

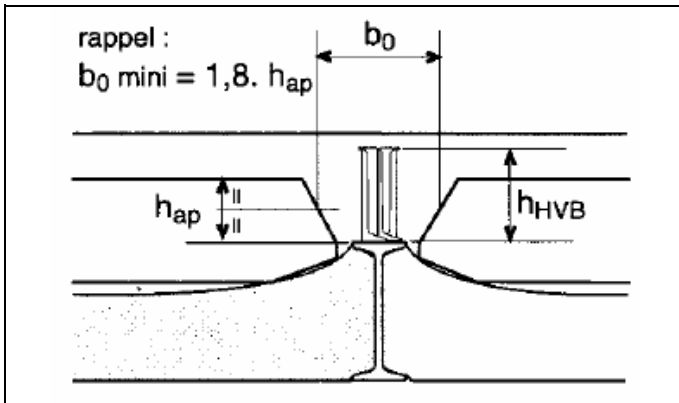
5.3.1 Résistance de calcul pour montages A et B

La valeur donnée dans le tableau tient compte du coefficient γ_V de 1,25 pour les dimensionnements température normale. Dans les montages A et B, les connecteurs pénètrent toute hauteur dans la dalle de béton. Il est tenu compte de la disposition en « canard ». Le Cahier des Charges PX 0091/1 de juillet 2004, qui concerne l'emploi des connecteurs X-HVB dans le Neuf, donne les valeurs de résistance à considérer pour d'autres dispositions utilisables en association avec des poutrelles modernes.

Modèle X-HVB	Résistance de calcul $P_{Rd,el}$ (kN) Calculs en élasticité		Résistance de calcul $P_{Rd,pl}$ (kN) Calculs en plasticité	
	Béton normal	Béton léger	Béton normal	Béton léger
X-HVB 50	14	12	18	16
X-HVB 80	14	12	18	16
X-HVB 95	22	20	28	25
X-HVB 110	22	20	28	25
X-HVB 125	24	20	30	25
X-HVB 140	24	20	30	25

Ces valeurs couvrent le domaine courant de résistance des bétons (f_{c28} de 25 à 50 N/mm²).

5.3.2 Résistance de calcul pour montages A1 et B1



Lorsque la table de béton est raccordée à la semelle supérieure des IAO par un renformis de largeur moyenne b_0 et de hauteur h_{ap} , la résistance de calcul des connecteurs, donnée dans le tableau ci-dessus, est affectée d'un coefficient de réduction k_r donné par l'expression:

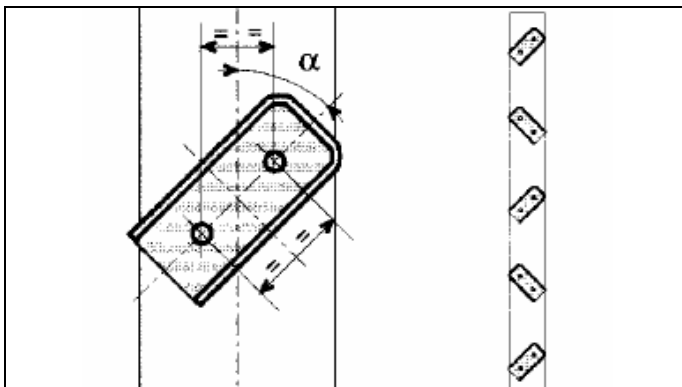
$$k_r = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_{ap}} \cdot \frac{h_{HVB} - h_{ap}}{h_{ap}}$$

(k_r limité à 1)

Exemples de valeurs de k_r obtenues

h_{ap} cm	b_0 cm	X-HVB 80	X-HVB 95	X-HVB 110	X-HVB 125	X-HVB 140
		4,5	9	0,93	1	1
6	11	non	0,64	0,92	1	1
7	13	non	non	0,64	0,87	1
9	16	non	non	non	0,41	0,59
10	18	non	non	non	non	0,43

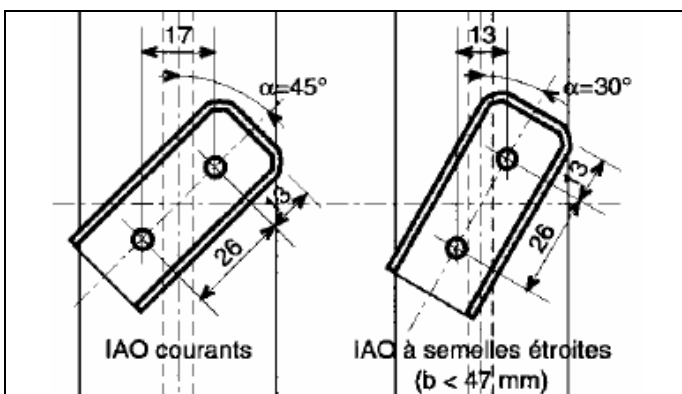
5.4 Disposition « en canard » des connecteurs



En réhabilitation de planchers avec IAO, il est recommandé de choisir la pose « en canard » où les X-HVB sont orientés obliquement par rapport à l'axe longitudinal des IAO. Le milieu du pied du connecteur est positionné au milieu de la semelle. Le sens d'inclinaison de part et d'autre de l'axe de l'IAO est alterné d'un X-HVB à l'autre.

Cette préférence est liée aux particularités des IAO.

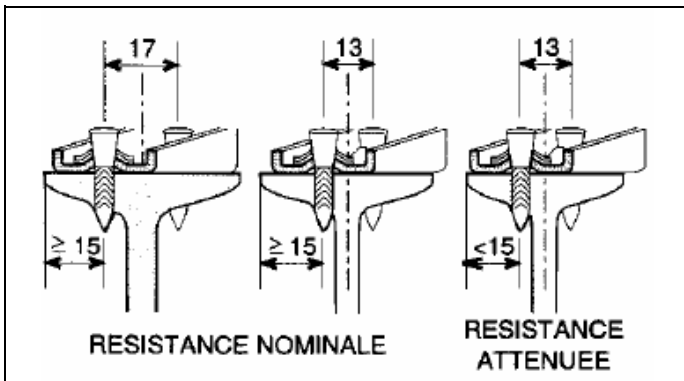
Les valeurs de résistance de calcul données en 5.3 sont utilisables pour l'angle α compris entre 30° et 45° , limites qu'il convient de respecter.



LIGNES D'IMPACT DE CLOUS DECALEES

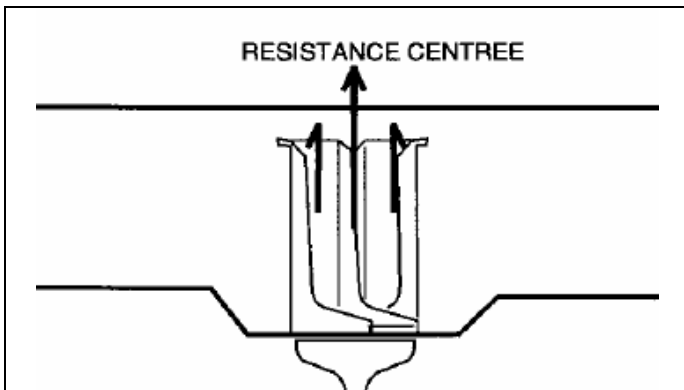
L'orientation oblique des pieds de connecteurs évite le risque de fendage de semelle de l'IAO, ce qui pourrait être redouté lorsque le métal présente une texture plus ou moins lignée. Le décalage des lignes d'impact des clous ne permet pas aux amorces de fendage de se développer.

L'angle préféré de 45° donne 17 mm de décalage. Lorsque la semelle est étroite on choisit un angle plus faible.



PINCE RECHERCHEE 15 MM

Les valeurs de performances des connecteurs sont données lorsque les clous sont implantés en respectant une pince de 15 mm par rapport aux arêtes des semelles des supports. Certaines poutrelles d'IAO présentent des semelles de largeur inférieure à 43 mm qui ne permettent pas le respect strict de la valeur de 15 mm, la pince restant au moins égale à 10 mm. On vérifiera alors que la sollicitation sur le connecteur X-HVB ne mobilise qu'une fraction, égale à $(\text{pince}/15)^2$ de la résistance nominale en élasticité du X-HVB définie en table pleine (montages A ou B).

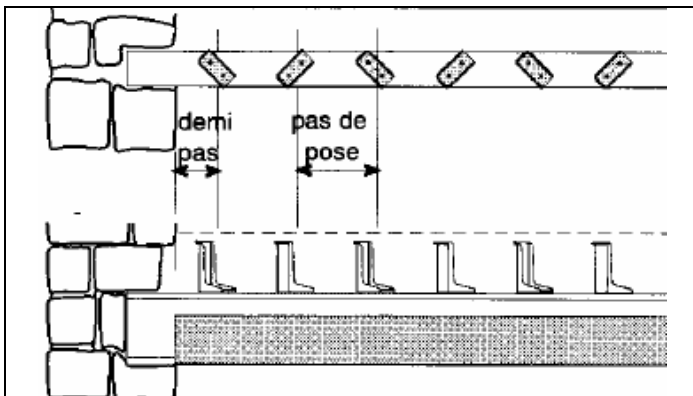


ALTERNANCE D'OBLIQUITE

La tête du X-HVB est la partie du connecteur qui assure la résistance à l'arrachement lorsque des efforts secondaires « verticaux » agissent entre l'IAO et le béton.

En alternant l'obliquité des connecteurs, on centre sur l'IAO la résultante des efforts secondaires éventuels, ce qui est généralement préférable.

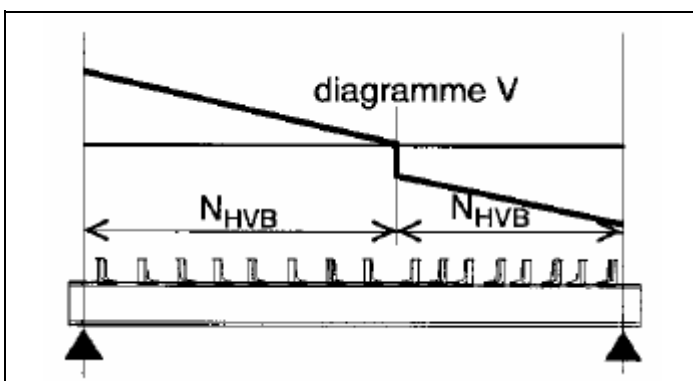
Répartition des connecteurs



Le nombre et la répartition des connecteurs à implanter sur les IAO sont déterminés par le Bureau d'Etudes et définis sur les plans.

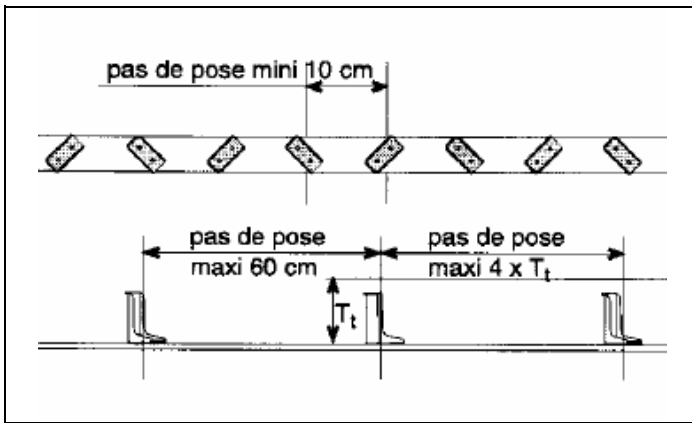
Dans le cas fréquent de charges uniformément réparties comme seul type de chargement du plancher, les X-HVB sont implantés symétriquement; les têtes des X-HVB sont dirigées vers l'appui le plus proche. En cas de chargement dissymétrique, il peut en être autrement.

Le pas de pose peut être fixe ou progressif.



BASE D'ORIENTATION DES CONNECTEURS

Le dessin ci-contre montre un cas de charge concentrée ajoutée aux charges réparties. De part et d'autre du point de moment maxi (correspondant au point d'effort tranchant nul), on place le même nombre de X-HVB, chaque groupe ayant la tête du X-HVB dans la même orientation, vers l'extrémité de l'IAO.



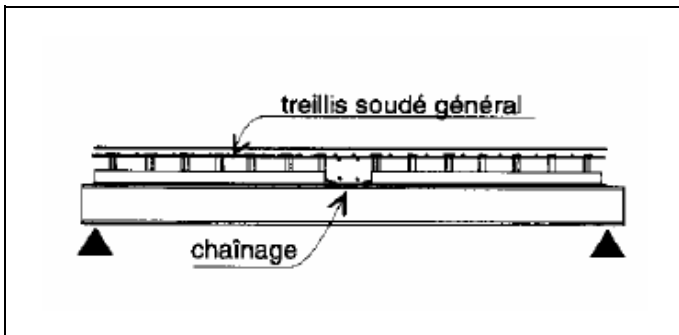
VALEURS LIMITES DU PAS DE POSE

Indépendamment des densités de répartition obtenues par le calcul, on définit un pas de pose d'au moins 10 cm (voir note) et au plus égal à la plus petite des deux quantités suivantes: 4 fois l'épaisseur de table T_t et 60 cm.

Ainsi lorsque T_t vaut 6 cm, le pas de pose le long de l'IAO ne peut être choisi qu'entre 10 et 24 cm, limites incluses.

Note: Un pas plus faible que 10 cm ne peut être retenu que sur la base d'essais préalables et satisfaisants d'essais de clouage.

5.5 Chaînage médian (Montages A 1 et B1)

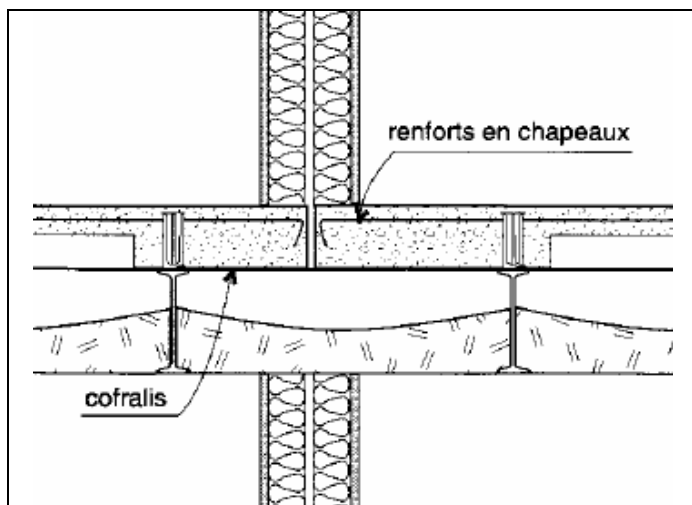


Il est recommandé de réaliser un chaînage médian lorsque la portée des IAO dépasse 5 mètres pour des montages A1 ou B1. On réalise ainsi entre les IAO un raidissement transversal plus efficace que la partie de béton au-dessus des rehausses.

En pratique ce chaînage est formé par entaille des plaques d'allègement (montage A1) ou par leur interruption (montage B1) de manière à réaliser une bande de 20 cm de largeur environ et d'épaisseur T_t .

On y dispose les barres usuelles en chaînages.

5.6 Ruptures phoniques usuelles



En réhabilitation, lorsqu'une cloison légère séparative d'appartements est implantée sur une aire de plancher parallèlement aux IAO, il apparaît couramment la nécessité de créer une rupture phonique évitant la transmission horizontale des bruits par la dalle de béton. Cette disposition très efficace ne peut pas être exploitée perpendiculairement aux IAO pour des raisons de résistance mécanique.

On procède à un arrêt de coulage au-dessus de Cofralis et on place un ISOREL mou avant la reprise du coulage.

Une rupture phonique trop proche d'un IAO peut s'avérer incompatible avec le critère de résistance de l'IAO concerné.

6 Mise en œuvre

6.1 Stockage des matériaux

Les matériaux nécessaires à la réalisation de $\pm 1000 \text{ m}^2$ de planchers courants correspondent à un encombrement réduit (la photo ci-dessous présente le quart du nécessaire). Toutes les fournitures sont livrées en emballages protecteurs qui dispensent de précautions particulières pour le stockage. La facilité de rangement et de manutention a cependant comme contrepartie un risque de perte ou de vol.



La photo présente, outre les fournitures, les coffrets de transport et de rangement pour deux équipements de mise en place des connecteurs. Avec deux coffrets, 12 pistons, 30 bagues d'arrêt, et les fournitures prévues sur les plans, l'équipe est autonome jusqu'à 12000 clous soit 6000 X-HVB, soit pour quatre journées pleines de pose intensive.

Les matériels maintenus en état de propreté après chaque utilisation sont à ranger dans leurs coffrets

En entreposage de longue durée, préférer un stockage à l'abri des intempéries dans un endroit sec. Une inspection s'impose sur des matériels et fournitures ayant séjourné plus d'un an en entrepôt

REGLES PARTICULIERES POUR LE TRANSPORT ET LE STOCKAGE DES CARTOUCHES

En cas de transport éloigné (expert no) certaines précautions sont à respecter pour limiter le nombre de charges explosives acheminées dans le même « convoi » ; consulter HILTI.

6.2 Préparation des supports



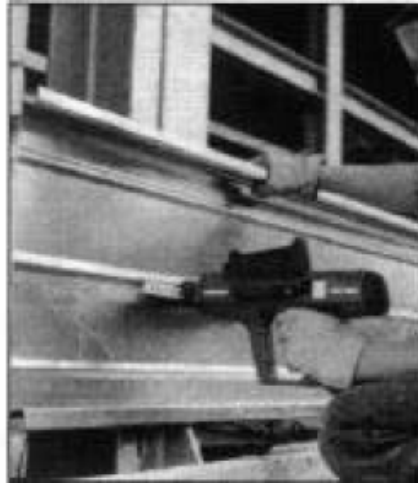
La photo montre une semelle d'IAO prête à recevoir des X-HVB en fixation directe ou à être recouverte par un feuillard Cofralis.

ENLEVEMENT DES DEBRIS: Il n'y a plus de gravois de démolition.

MISE A NU DU METAL: Les quelques restes de « rouille » non adhérente ont été décollés pour avoir une assise des connecteurs, plane et sans interposition de matière déformable ou feuilletée.

TRAITEMENT DE SURFACE: Inutile ici, il peut être recommandé pour corriger des phénomènes de corrosion *avancée*.

6.3 Matériel spécifique de pose



Le matériel DX, utilisé avec des adaptateurs particuliers peut également servir à la fixation de coffrages collaborants sur poutres métalliques pour la construction de planchers, de plateaux sur des poteaux ou de profils supports d'étanchéité sur des pannes en enveloppe des bâtiments ;

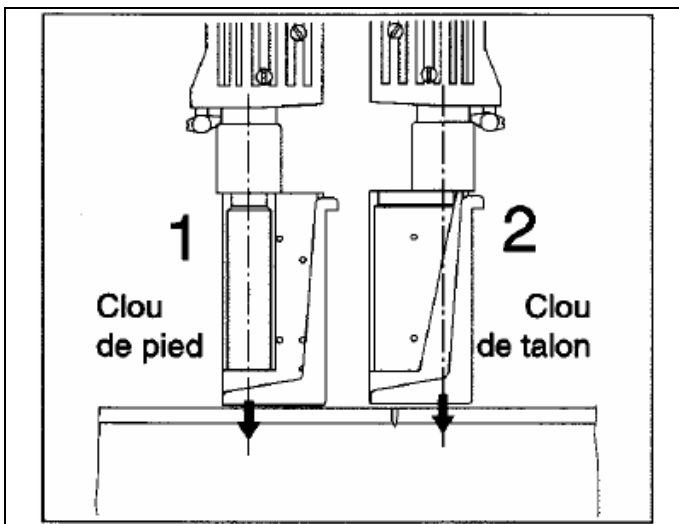
L'équipement d'adaptation spécifique aux connecteurs X-HVB (quel que soit le modèle de X-HVB), comprend un piston et une embase d'application des clous.



Sur tout chantier d'importance suffisante, il est recommandé de mettre en service deux matériels, l'un destiné à la pose du X-HVB avec mise en place du clou de pied, l'autre à la mise en place du clou de talon.

La durée de service d'un piston est d'environ 1000 clous, à condition d'utiliser (et de remplacer quand cela est utile) une bague d'arrêt amortisseur d'énergie en fin de course.

La photo ci-contre présente deux matériels DX avec des équipements identiques, chacun d'eux réglé pour l'opération à laquelle il est destiné.

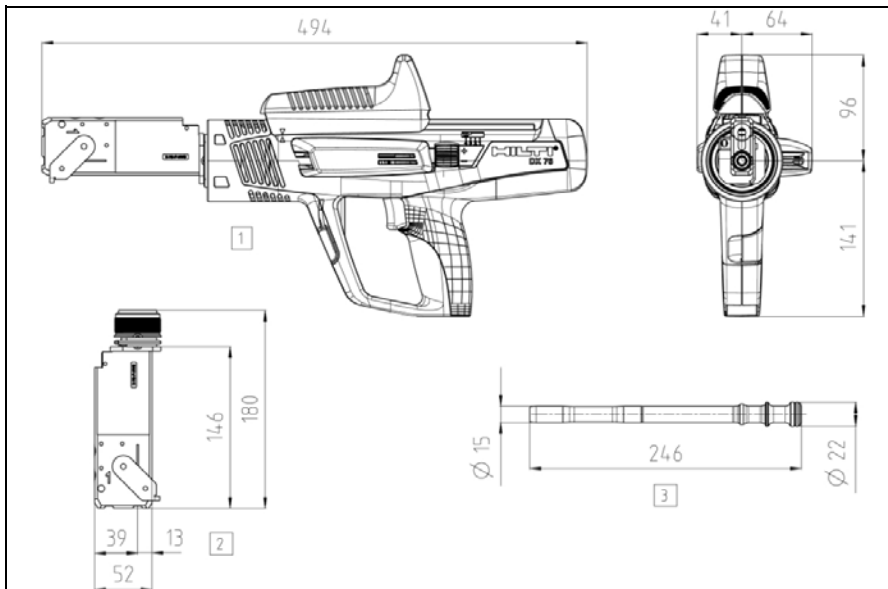


Les dessins ci-contre présentent deux équipements pour DX, l'un réservé par construction à l'opération d'implantation des connecteurs et du clou de pied, l'autre à la mise en place du clou de talon.

Remarques:

- Une embase ne comporte qu'un seul canon de guidage, dans l'axe du nez de fixation sur l'appareil.
- Quand on adapte un connecteur sur l'embase et qu'il reste maintenu par l'aimant prévu à cet effet, c'est que l'on est prêt à poser le clou de pied

Le matériel spécifique DX est d'un usage durable et aisé à maîtriser à condition de suivre scrupuleusement les recommandations d'emploi et d'entretien qui sont, avec les règles de sécurité, le contenu essentiel de la formation à la pose dispensée sur le site par HILTI à l'occasion du premier emploi.



EQUIPEMENT DX 76

APPAREIL 1
Poids: 4,2 kg

EMBASE 2
Poids: 1 daN

PISTON 3
Poids: 0,245 daN

Appareil à masselotte - catégorie « à tir indirect » classe A* selon NF E 71-100 munis de sécurités:

- sécurité de déclenchement
- sécurité contre les tirs intempestifs en cas de chute
- sécurité d'appui;
- sécurité de détente

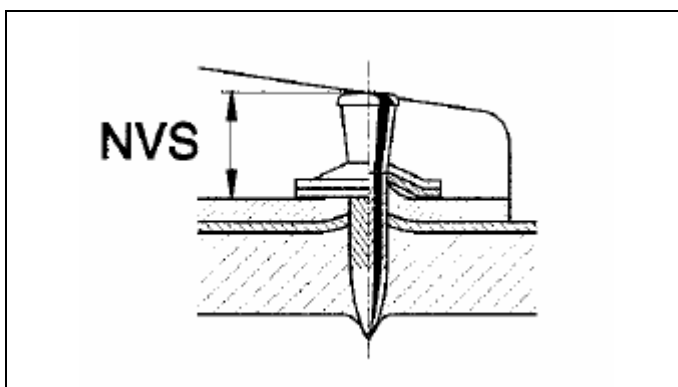
6.4 Choix de la puissance de la cartouche de tir

Les clous ENP assurent la résistance attendue par le connecteur X-HVB lorsque :

- Ils pénètrent suffisamment dans la semelle de l'IAO (qui doit présenter une épaisseur suffisante)
- la rondelle supérieure prouve, par son contact effectif avec la rondelle inférieure, un début de coincement du cône de la tête du clou donc un maintien en position avec serrage du pied du X-HVB sur le support.

6.4.1 Réglage du tir - Hauteur saillante de la tête du clou

Lorsque le tir est bien réglé, le clou entraîne dans sa course la rondelle supérieure qui s'appuie sur la rondelle inférieure qui plaque le pied de connecteur sur le support. Il faut s'assurer d'une pénétration suffisante du clou dans le support.



On obtient effectivement ce résultat lorsque la saillie NVS du clou (voir croquis ci-contre), mesurée à partir de la face supérieure du pied du X-HVB est au maximum de 9,8 mm.

On corrige une pénétration insuffisante en choisissant une cartouche de puissance plus élevée.



Le réglage de la puissance de tir est une opération à prévoir au début de tout chantier.

Il faut rester attentif à la régularité du résultat au fur et à mesure de l'avancement de la pose.

Une pénétration insuffisante peut également résulter d'une hétérogénéité de la matière ou d'une irrégularité de la surface de la semelle. Les corrections à apporter dépendent de la fréquence du problème rencontré.

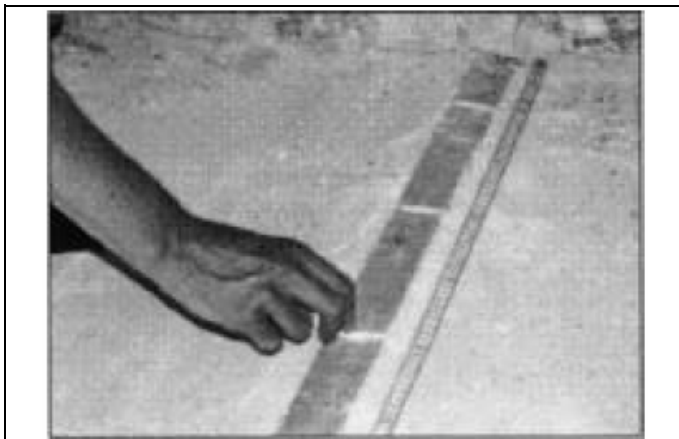
Lorsque la puissance de tir est trop élevée, c'est le piston qui vient en butée sur la rondelle supérieure. La résistance n'est pas compromise mais la durée de vie du piston est sérieusement réduite. Le mieux est d'ajuster la puissance de tir en la réduisant si la pénétration reste alors suffisante.

6.4.2 Tableau résumé des consignes de réglages

Observations	Mesure NVS (mm)	Consignes de réglage
 <p>Empreinte du pistolet sur la rondelle</p>	$8,2 \leq NVS \leq 9,8$	BON REGLAGE
 <p>Rondelles séparées</p>	$9,8 < NVS$	CHOISIR UNE CHARGE PLUS FORTE
<p>Rondelles écrasées</p>	$NVS < 8,2$	CHOISIR UNE CHARGE MOINS FORTE

6.5 Pose des X-HVB et contrôle après pose

Les connecteurs X-HVB doivent être posés en respectant le plan de pose établi ou validé par le bureau d'études. Le respect du nombre de X-HVB sur l'IAO concerné est impératif. Lorsque le pas est variable, c'est le respect du nombre de connecteurs au mètre qui prévaut sur la précision d'implantation d'un connecteur en particulier. Le centrage du milieu des pieds de X-HVB est à rechercher par rapport à l'axe de la semelle.

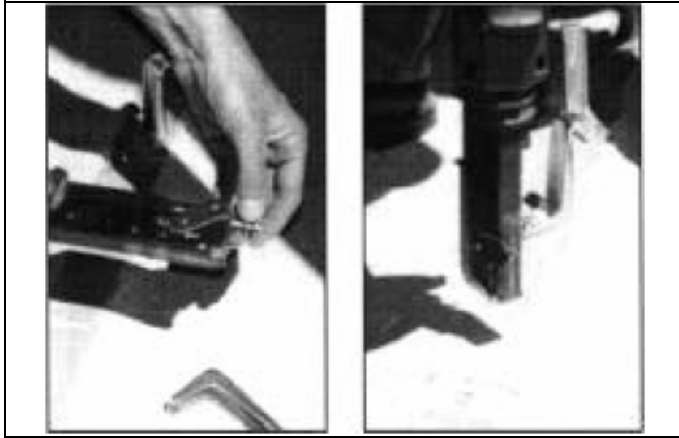


REPERES DE POSE – TRACAGE

Sur une semelle apparente, le centrage latéral est possible sans traçage de l'axe. Dans le cas de Cofralis, la semelle est repérée par un traçage préalable au bleu de l'axe sur les murs.

Le traçage des positions en long des connecteurs est vivement conseillé.

Lorsque le pas de pose est constant le long des IAO, une bonne pratique consiste à réaliser un gabarit qui évite le traçage et accélère la pose.

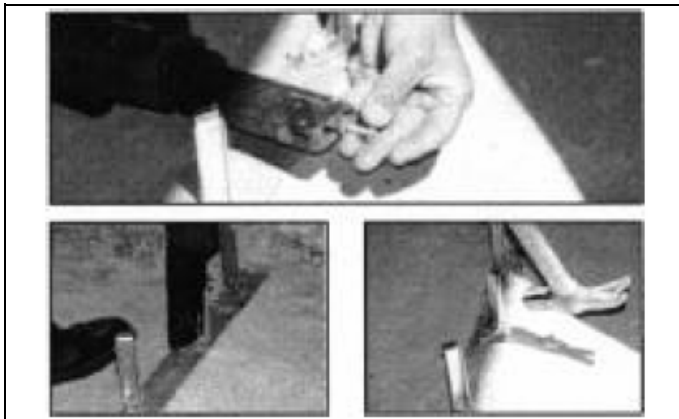


IMPLANTATION DES CONNECTEURS

Un clou engagé dans l'embase coulisse spontanément à la bonne profondeur sous l'action d'un aimant interne prévu à cet effet.

Un connecteur est plaqué contre la rive de l'embase et glissé jusqu'au contact du pied contre l'about de l'embase. Le X-HVB reste alors maintenu contre l'embase sous l'effet d'un aimant latéral (d'un seul côté).

Le connecteur étant en bonne place, l'appui sur l'appareil DX permet aux palpeurs de sécurité de vérifier la présence du support et on manoeuvre la gâchette.



DEUXIEME CLOU ET CONTROLE

Le deuxième poseur équipé pour la pose du clou de talon engage un clou dans l'embase, s'assure de l'absence d'anomalie, ajuste l'embase dans le connecteur en place, appuie le DX et tire le deuxième clou.

Il s'assure visuellement, et au besoin en procédant à une mesure de NVS, que les clous sont correctement mis en place.

Périodiquement, il vérifie avec un léger coup de marteau que les connecteurs posés ne sonnent pas creux. Les connecteurs douteux sont remplacés.

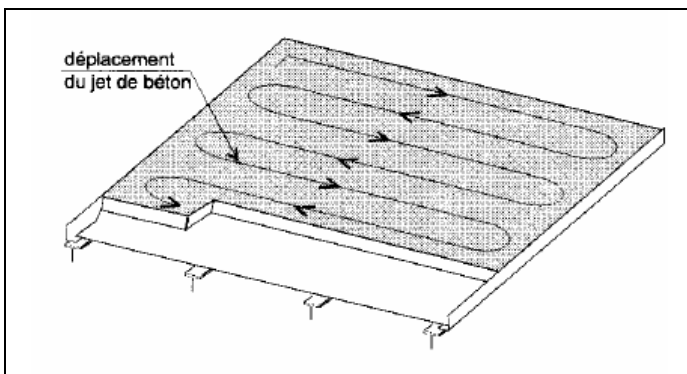
PROGRESSION DE LA POSE (indicatif)

Sur chantier dans le Neuf, prêt à recevoir les connecteurs, lorsque les semelles sont bien repérées, deux poseurs expérimentés posent « en instantané » 200 connecteurs à l'heure d'équipe. En réhabilitation la prudence s'impose dans une telle estimation car les rythmes sont contrariés par tous les aléas d'accès, de circulation, de régularité de réaction des supports etc.

6.6 Coulage

Le coulage peut intervenir aussitôt après la pose des connecteurs. Si la zone prête pour le coulage correspond à une partie « inaccessible » du chantier, il est possible d'attendre que plusieurs plateaux puissent être coulés en enchaînement.

Sauf raison particulière, le bétonnage concerne des plateaux entiers de plancher sans arrêt de coulage au milieu de locaux « entre murs ». On choisit souvent une technique d'aménagement du béton par pompage avec une bonne répartition primaire des quantités strictement nécessaires et réglage de la surface à l'avancement.



REPARTITION DE PREFERENCE PAR BANDES TRANSVERSALES

Le poids du béton frais est du même ordre de grandeur que le poids propre du plancher conservé. En évitant de charger les IAO l'un après l'autre, on prévient les éventuels désagréments, voire désordres, qui pourraient résulter de déformations non négligeables. décalées dans le temps d'une poutrelle à sa voisine.

7 Qualification à la pose des connecteurs

La pose des connecteurs doit être confiée à des personnes qualifiées.

La qualification est le résultat attendu d'une formation spécialisée, dispensée par un technicien de Hilti intervenant hors chantier lors de stages-démonstrations ou sur le chantier au démarrage des opérations (prévoir une demi-journée sur le planning).

Les poseurs désignés par l'entreprise sont renseignés sur les matériels qu'ils sont amenés à utiliser. Les consignes de sécurité sont précisément évoquées. Toutes indications relatives à l'entretien du matériel sont données pour un usage satisfaisant et durable.

Les poseurs sont entraînés à la pose correcte des connecteurs X-HVB et à la détection d'une qualité insuffisante dans la mise en oeuvre des connecteurs. Ils sont informés des moyens pratiques permettant le contrôle avant coulage.

Les renseignements sont apportés sur l'appréciation du besoin de remplacement des pièces d'usure du matériel et les poseurs sont entraînés aux opérations de maintenance.

La qualification, lorsqu'elle est acquise, est reconnue par un certificat de qualification délivré par le technicien ayant dispensé la formation.

8 Références

Année	Opération	Montage type	Surface m ²
2004	AGF - rue Taitbout - Paris 9e	Réha / A1	1700
2004	AGF - rue de Châteaudun - paris 9e	Réha / A1	1200
2004	Ecole de Barbizon	Réha / A	1000
2004	92, Bvd Haussmann - Paris 9e	Réha / A1	1500
2003	SRC - 180, Fbg St Antoine - Paris 12e	Réha / A	1200
2004	Institut Théophile ROUSSEL - Sartrouville	Réha / A1	600
2004	Grand Hôtel - Bordeaux	Réha / A1	500
2003	OPAC - Rue de Saussure - Paris 17e	Réha / A	1000
2003	AGF - Avenue de l' Opéra - Paris 1e	Réha / A	1500
2003	Carré d'Or - Champs Elysées - Paris	Réha / A1	1500
2003	Théâtre des Célestins - Lyon	Réha / A	1500

9 Validité du cahier des charges

A la date d'établissement de ce document, la durée de validation d'acceptation est limitée au 30 août 2008.

Hilti. Performance. Fiabilité.

Service client 0800 397 397

Hilti France | 1 rue Jean Mermoz | 78778 Magny les Hameaux | T +33 1 30 12 50 00 | F + 33 1 30 12 50 12 | www.hilti.fr