

Avis Technique 3/07-510

Annule et remplace l'Avis Technique 1/03-800

Mur à coffrage intégré
Incorporated shuttering wall
Wand mit integrierte Schalung

Bilame

Titulaire : SARL BATAÏA PREFA
Impasse Fourneyron
Zone Industrielle Nord
F-82000 Montauban

Tél. : 05 63 92 61 61
Fax : 05 63 03 21 11

Internet : www.battaia.com
Email : battaia.prefa@wanadoo.fr

Usine : Même adresse

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 3 août 2007



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

Le Groupe Spécialisé n° 3 de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné le 26 mars 2007 le procédé de mur à coffrage intégré « BILAME » exploité par la société BATAIA PREFA. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après, formulé pour les utilisations en France Européenne. Cet Avis annule et remplace l'Avis Technique n° 1/03-800.

1. Définition succincte

Procédé de mur à coffrage intégré constitué de deux parois minces préfabriquées en béton armé, maintenues espacées par des raidisseurs métalliques verticaux et servant de coffrage en œuvre à un béton prêt à l'emploi, pour réalisation de murs articulés ou encastrés.

Des aciers de liaison sont insérés en œuvre dans le béton coulé sur place ; les panneaux de coffrage peuvent être associés à des éléments structuraux complémentaires coulés sur place ou préfabriqués auxquels ils peuvent être reliés par des aciers de continuité pour constituer des poutres-voiles, poutres ou poteaux.

Les panneaux sont destinés à la réalisation de murs intérieurs et de murs extérieurs complétés en œuvre soit par un système d'isolation thermique par l'extérieur soit par un doublage intérieur isolant.

Les menuiseries sont rapportées en œuvre. Les huisseries métalliques peuvent être incorporées

Revêtements

- **extérieur** : parement de la paroi extérieure en béton brut ou complété par un revêtement mince type peinture ou parement du système d'isolation extérieure.
- **intérieur** : finitions classiques sur béton lisse ou finitions classiques sur doublage isolant selon le cas.

2. AVIS

L'Avis porte uniquement sur le procédé tel qu'il est décrit dans le Dossier Technique joint, dans les conditions fixées au Cahier des Prescriptions Techniques (§2.3).

2.1 Domaine d'emploi accepté

Murs d'ouvrages, de locaux d'habitation, bureaux, établissements recevant du public, locaux industriels pouvant comporter plusieurs niveaux de sous-sol, en situation immergée ou non. Les limites de hauteur résultent de l'application des règles de dimensionnement approuvées, définies ci-après.

Possibilité d'emploi en zone sismique moyennant les dispositions constructives définies dans le Dossier Technique et complétées par les prescriptions techniques correspondantes ci-après.

Les systèmes associés à ce procédé de mur, tels que les systèmes de planchers alvéolés ou à prédalles en béton armé raidies par des raidisseurs métalliques, les systèmes d'enduits sur isolant et les systèmes de doublage non traditionnels, qui relèvent d'Avis Techniques spécifiques, ne sont pas visés par le présent Avis.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Satisfaction aux lois et règlements en vigueur et autres qualités d'aptitude à l'emploi.

* Stabilité

La stabilité des ouvrages à laquelle peuvent être associés, dans les limites résultant de l'application du Cahier des Prescriptions Techniques ci-après, les murs réalisés selon ce procédé, peut être normalement assurée.

Pour la construction en zone sismique, la résistance aux efforts tangents des jonctions de rives de panneaux constituant des pans de contreventement ne peut être prise en compte que moyennant l'adjonction en œuvre d'aciers de liaison.

* Sécurité au feu.

Les durées des critères d'exigence coupe-feu ou stabilité au feu d'un mur réalisé selon le procédé BILAME peuvent être justifiées par application des règles de calcul FB (DTU P 92-701) à l'ensemble du mur considéré comme homogène de ce point de vue. En particulier, les éléments comprimés doivent être traités comme des éléments comprimés standards (art. 7.1 et 7.3 des règles FB), les éléments fléchis perpendiculairement à leur plan comme des prédalles (art. 7.4 des

règles FB) et les poutres comme des poutres standards (art. 7.5 des règles FB).

* Prévention des accidents lors de la mise en œuvre et de l'entretien.

Le système permet de l'assurer normalement.

* Isolation thermique

Elle est assurée par le système d'isolation thermique rapporté, par l'intérieur ou l'extérieur. La vérification est à effectuer selon les « Règles Th-U », en se référant, le cas échéant, à l'Avis Technique visant ce système.

* Isolation acoustique

A défaut de résultat expérimental, l'indice d'affaiblissement acoustique d'un mur peut être estimé en appliquant la loi de masse à l'ensemble des parois coffrantes et du béton coffré, considéré comme homogène de ce point de vue.

En ce qui concerne l'isolement des façades vis à vis des bruits provenant de l'espace extérieur, on estime que le mur de 20 cm de béton, dont l'indice d'affaiblissement acoustique $R_{A,itr}$ peut être estimé à 54 dB pour un bruit de route, permet d'assurer les isolements prévus par la réglementation en vigueur.

Pour l'application des « Exemples de solutions » destinés à faciliter l'application de la NRA (Nouvelle Réglementation Acoustique) on assimilera ce mur à un mur homogène de même épaisseur en béton coulé sur place.

* Etanchéité des murs extérieurs

Dans le cas de l'isolation par l'extérieur, elle peut être considérée comme normalement assurée moyennant, grâce à un bétonnage très soigné (utilisation de goulottes de bétonnage notamment) en particulier au voisinage des points singuliers (allèges, raccordements entre panneaux...) l'absence de tout vide entre parois coffrantes et une mise en œuvre de l'ouvrage d'isolation extérieure conforme aux prescriptions de l'Avis Technique spécifique ou du DTU dont il relève.

Dans le cas d'isolation par l'intérieur, elle peut également être considérée comme normalement assurée moyennant les mêmes précautions compte-tenu de la présence en parement extérieur d'une garniture de mastic apte à assurer, au droit des joints, la continuité de l'étanchéité de la paroi extérieure.

Moyennant le choix de l'organisation appropriée, par application des critères définis dans le Dossier Technique, l'étanchéité des ouvrages et bâtiments du domaine d'emploi accepté peut être considérée comme normalement assurée.

Dans le cas où les joints sont inaccessibles, l'étanchéité des ouvrages avec pression hydrostatique repose sur celle du béton seul. Dans d'autres cas, l'étanchéité (ou l'imperméabilité dans le cas de murs soumis au seul ruissellement d'eau) dépend en partie, de l'organisation du dispositif d'étanchéité des joints.

* Risques de condensation superficielle

Le système d'isolation thermique par l'extérieur, associé à ce procédé dans les façades à isolation par l'extérieur, permet d'éviter les ponts thermiques courants ; les risques de condensation superficielle sur ces murs sont donc très limités.

Les façades à isolation rapportée à l'intérieur comportent, à leur jonction avec un mur de refend et avec un plancher, les mêmes ponts thermiques que les systèmes de murs traditionnels de même configuration, qui risquent de favoriser l'apparition de condensations.

* Confort d'été

Pour la détermination de la classe d'inertie thermique quotidienne des bâtiments, qui constitue un facteur important du confort d'été, les murs extérieurs de ce procédé appartiennent à la catégorie des parois lourdes à isolation rapportée à l'extérieur ou à l'intérieur. Leur inertie est déterminée au moyen des règles TH-I.

* Finitions-Aspect

Les finitions prévues sont à l'extérieur soit celles d'un enduit sur isolant, soit les finitions classiques sur béton ; à l'intérieur on trouve, en

correspondance, soit les finitions classiques sur béton soit les finitions du parement du doublage isolant. Leur comportement ne devrait pas poser de problème particulier si leurs conditions de mise en œuvre satisfont au Cahier des Prescriptions Techniques ci-après. Il ne peut être cependant totalement exclu que, malgré la présence nécessaire d'aciers de liaison, de fines fissures, sans autre inconvénient que leur aspect, se manifestent au droit de certains joints entre panneaux de coffrage non revêtus. En cas d'absence d'aciers de liaison dans les jonctions intérieures, une fissuration du mur au droit des joints est probable.

2.22 Durabilité-Entretien

Moyennant les précautions de fabrication et de mise en œuvre, et les limitations précisées dans le Cahier des Prescriptions Techniques, les murs de ce procédé ne devraient pas poser de problème particulier de durabilité. Il est entendu que, pour les ouvrages d'isolation associés, il y a lieu de se référer, cas par cas, soit à l'Avis Technique spécifique dont ils relèvent lorsqu'ils ne sont pas traditionnels, soit au DTU les concernant lorsqu'ils sont traditionnels. Dans le cas de garniture de mastic disposée dans les joints extérieurs des façades à isolation intérieure, sa réfection est à prévoir selon une périodicité de 15 à 20 ans.

2.23 Fabrication

Réalisée en usine fermée spécialement équipée, la fabrication des panneaux de coffrage, qui fait appel pour l'essentiel aux techniques de la préfabrication lourde bénéficie de la précision que permet ce mode classique de fabrication.

Le retournement de la moitié de panneau coulé en première phase constitue l'opération la plus délicate du point de vue de la précision d'assemblage des deux lames ; la précision requise est obtenue moyennant le contrôle régulier et l'ajustement, si nécessaire, des paramètres de la machine de retournement.

2.24 Mise en œuvre

Effectuée par des entreprises en liaison dès la phase de conception avec le fabricant titulaire de l'Avis, qui leur livre les panneaux de coffrage accompagnés du plan de pose complet, elle présente d'importantes différences par rapport aux méthodes traditionnelles définies dans le DTU n° 23.1, entre autres :

- présence de raidisseurs segmentant le volume à bétonner ;
- épaisseur du béton de remplissage pouvant être inférieure à 12 cm ;
- absence de vibration du béton ;
- limitation à l'épaisseur du seul voile coulé en œuvre des sections de continuité en rives des panneaux ;
- relative difficulté de mise en place d'aciers de continuité horizontaux dans les jonctions verticales.
- impossibilité d'observer la qualité du bétonnage.

Ces caractéristiques engendrent des limitations précisées dans le Cahier des Prescriptions Techniques ; elles nécessitent en outre de l'entreprise de mise en œuvre des précautions particulières et un entraînement des équipes de montage. Le titulaire de l'Avis fournira aux entreprises un Cahier des charges de montage et mettra à leur disposition, sur leur demande, des possibilités de formation du personnel. Il leur diffusera le contenu du présent Avis Technique et notamment le domaine d'emploi accepté et les prescriptions techniques dont il est assorti.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques.

2.311 Conditions de conception

Le dimensionnement des ouvrages incombe au Bureau d'Etude Technique du chantier sur la base du Dossier Technique et des prescriptions suivantes, et la vérification des calculs doit être effectuée par un Bureau d'Etude Technique partenaire du titulaire, à savoir MSI à Montauban (82) :

- 1- Les justifications de calcul de stabilité et de résistance des murs doivent prendre en compte la présence des joints entre panneaux de coffrage et donc n'être arrêtées qu'après calepinage de l'ouvrage.
- 2- Pour la détermination de la capacité résistante en section courante du mur à coffrage intégré, la résistance équivalente à la compression prise en compte pour l'épaisseur totale du mur correspond à :

$$f_{c,eq28} = \min(f_{c,p} - 3.10^{-4} E_{v,n}; f_{c,n})$$

avec :

$f_{c,p}$ = résistance caractéristique du béton des parois préfabriquées

$f_{c,n}$ = résistance caractéristique du béton du noyau coulé en place

$E_{v,n}$ = module élastique différé du béton du noyau coulé en place

Cette résistance sera prise en compte pour l'ensemble des éléments intégrés dans le mur à coffrage intégré (poteau, poutre, poutre voile...).

- 3- Dans le cas des murs de rives en sous-sol, sauf à rétablir par armatures rapportées la continuité des raidisseurs, les jonctions horizontales des panneaux sont à considérer comme articulées. Les armatures de flexion de ces murs doivent être incorporées dans le voile de coffrage tendu. Des poteaux verticaux, disposés à un espacement compatible avec un effet de plaque, peuvent utilement être utilisés en renfort, le cas échéant.

Compte tenu de ce que la contrainte maximale de compression est localisée dans la paroi coffrante comprimée par la flexion, la vérification de la sécurité à l'ELU peut être effectuée en combinant les contraintes sur la paroi la plus comprimée provenant des charges verticales appliquées à la section équivalente $b_{eq} = b_p + 0,3.b_n$ (avec b_p la section des parois préfabriquées et b_n la section du noyau) et les contraintes de flexion engendrées sur cette même paroi par l'effort de flexion (poussée des terres), la résistance caractéristique de cette paroi étant $f_{c,p}$.

- 4- Sauf justification explicite de la stabilité des panneaux, les joints horizontaux entre panneaux doivent se situer au droit des planchers, et en aucun cas entre deux planchers.
- 5- Les valeurs d'enrobage nominal sont déterminées à partir des valeurs d'enrobage minimal définies en tenant compte des tolérances d'exécution (Figure ci-dessous) :

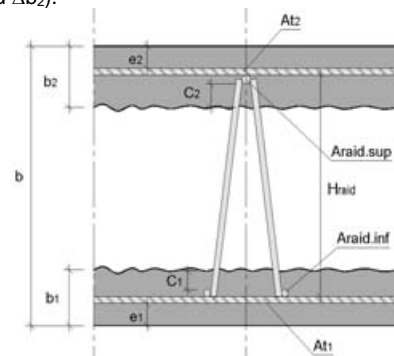
- Soit Δe_1 la tolérance sur l'enrobage en 1^{ère} face
- Soit Δe_2 la tolérance sur l'enrobage en 2nde face
- Soit Δc_1 la tolérance sur l'enrobage du raidisseur en 1^{ère} face
- Soit Δc_2 la tolérance sur l'enrobage du raidisseur en 2nde face
- Soit ΔH_{raid} la tolérance sur la hauteur du raidisseur

On en déduit la tolérance sur les épaisseurs de parois :

$$\Delta b_1 = \sqrt{\Delta e_1^2 + \Delta c_1^2}$$

$$\Delta b_2 = \sqrt{\Delta e_1^2 + \Delta e_2^2 + \Delta c_2^2 + \Delta H_{raid}^2}$$

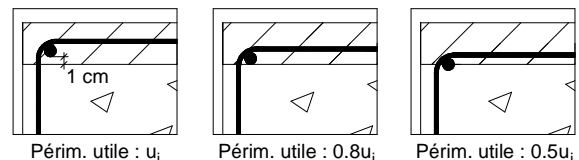
L'épaisseur nominale de la première ou de la seconde paroi préfabriquée est donc égale à la somme de son épaisseur minimale et de (Δb_1 ou Δb_2).



Pour le procédé visé (non certifié), les valeurs minimales à respecter, toutes tolérances épuisées, sont :

- épaisseur minimale de chaque paroi (b_1 et b_2) : 65mm
 - enrobage minimale intérieur pour chaque paroi (c_1 et c_2) : 20mm
- De plus, la dérogation sur l'enrobage des armatures (réduction de 1cm de l'enrobage si $f_{c,p} \geq 40\text{MPa}$) n'est pas applicable et la tolérance sur l'enrobage des raidisseurs et des armatures est de +/- 5 mm maximum.

- 6- Si l'enrobage intérieur des armatures de structures est supérieur à 1 cm, le périmètre utile u_i (cf. art. A.6.1.3. des règles BAEL) n'est pas minoré. Si l'armature est tangente à l'interface de reprise, u_i est multiplié par 0,8. Si l'armature est sécante au plan de reprise, u_i est multiplié par 0,5.



- 7- Hauteur de bétonnage : A défaut de justification particulière, la

hauteur maximale de chute du béton des murs n'excèdera pas 3 m quelque soit l'épaisseur de béton coffré. Lorsque les hauteurs de panneaux sont supérieures à cette hauteur maximale et ne permettent donc pas le bétonnage par trémie disposée en tête de panneau, le bétonnage doit être réalisé par introduction d'un tube souple dans le vide coffré (lorsque l'épaisseur du vide le permet) ou par une lumière pour trémie latérale respectant cette même hauteur limite. Dans ce cas on doit s'assurer du bon remplissage des murs à coffrage intégré par l'examen des joints verticaux entre panneaux, par le contrôle du volume du béton déversé ainsi que par une observation directe par les ouvertures éventuelles dans les panneaux.

- 8- La vitesse de bétonnage devra respectée la vitesse maximale de bétonnage recommandée à l'annexe B (informative) du projet de norme prEN 14992 :2006.
- 9- L'utilisation des du procédé BILAME en poutre ou en élément sollicité perpendiculairement à son plan n'est admise qu'après vérification du monolithisme de l'ensemble de la section. Cette vérification consiste à comparer la contrainte de cisaillement traversant l'interface béton préfabriqué / béton coulé en place à la valeur limite τ_{ulim} calculée de la façon suivante :

La liaison par le béton seul est systématiquement renforcée par les raidisseurs traversant le plan de reprise. Par conséquent, suivant l'article 6.2.5 de l'EN 1992-1-1, la valeur limite de la contrainte de cisaillement τ_{ulim} est telle que :

$$\tau_{ulim} = \min (v_{Rdi} ; 0,5 v_{fcd}) \text{ et } v_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \rho \cdot f_{yd} (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha)$$

avec :

f_{cd} : valeur de calcul de la résistance en compression du béton de remplissage ($\alpha_{cc} \cdot f_{c,p} / \gamma_c$)

f_{ctd} : valeur de calcul de la résistance en traction du béton de remplissage ($\alpha_{ct} \cdot f_{t,n} / \gamma_c$)

f_{yd} : limite d'élasticité de calcul des aciers

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{c,n} / 250)$$

c tel que :

- cas des charges à caractère principalement statiques : $c = 0,35/2$

- cas des charges dynamiques ou de fatigue : $c = 0,35/4$

$$\mu = 0,6$$

α : inclinaison des diagonales dans le plan longitudinal

ρ : pourcentage des armatures transversales ancrées de part et d'autre du plan de reprise, calculé comme présenté à l'Annexe I

Le plan de reprise peut être renforcé en resserrant les raidisseurs ou en disposant des raidisseurs de renforts pour augmenter la valeur de ρ .

Si la valeur limite de la contrainte de cisaillement est telle que : $\tau_{ulim} > 0,07 \cdot f_{c,eq28} / \gamma_b$, alors il est nécessaire de disposer des armatures transversales d'effort tranchant.

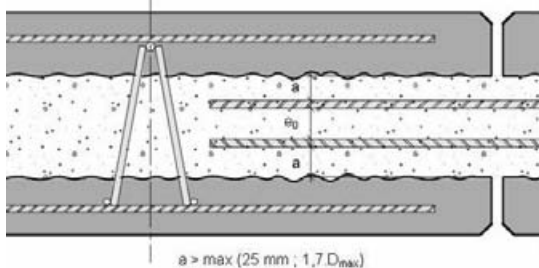
Cette vérification doit être contrôlée par le Bureau d'Etudes Techniques MSI à Montauban (82).

10- Limitation des sections d'éclissage

Lorsqu'elles sont mises en œuvre dans la partie coulée en place, le nombre maximal de barres est de 2 par lit et le diamètre maximal ϕ_{max} est donné par l'expression suivante :

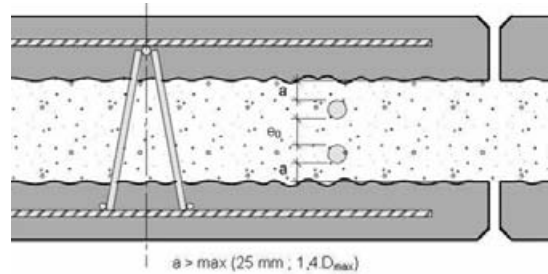
$$\phi_{max} = \frac{b_{n,min} - e_0 - 2 \max(25mm; 1,7 \cdot D_{max})}{2}$$

pour l'éclissage des armatures horizontales :



$$\text{et } \phi_{max} = \frac{b_{n,min} - e_0 - 2 \max(25mm; 1,4 \cdot D_{max})}{2}$$

pour l'éclissage des armatures verticales :



avec :

$b_{n,min}$ l'épaisseur minimale du noyau de béton coulé en place, toutes tolérances épuisées.

$e_0 = 0$ si les armatures sont accolées et

$= 1,7 D_{max}$ si elles sont espacées

Ces dispositions permettent d'assurer, toutes tolérances épuisées un espace de 2.5 cm entre les armatures d'éclissage et les peaux intérieures.

Les deux armatures peuvent être remplacées par une seule de section équivalente.

En zone fléchie, les longueurs de recouvrement des armatures d'éclissage seront majorées de 20% pour prendre en compte les tolérances de positionnement des armatures dans le noyau.

11- Dispositions parasismiques

- Stabilité d'ensemble : A défaut de justifications par le calcul, les murs à coffrage intégré peuvent être assimilés à un voile banché de section homogène équivalente à condition de respecter les dispositions et justifications suivantes.
- Liaisons entre murs à coffrage intégré en zone courante : Les liaisons horizontales sont prosrites et pour les liaisons verticales : réalisation de poteaux au droit des joints, dans lesquels sont incorporées des armatures horizontales de continuité ancrées au-delà des raidisseurs de rives. Les poteaux doivent comporter au moins une face accessible avant bétonnage et visible après décoffrage.
- Liaisons entre murs à coffrage intégré au droit d'une dalle : Afin de s'assurer du non glissement du voile par rapport à la dalle sous les sollicitations dynamiques, le joint doit être vérifié au cisaillement conformément à l'Art. 11.8.2.1.3 des règles PS92 sur la base du noyau du mur à coffrage intégré.
- Liaisons à l'intersection de deux ou plusieurs murs à coffrage intégré : Les intersections de voiles nécessitent systématiquement la mise en œuvre d'un chaînage vertical. Ce chaînage peut être incorporé dans le mur à coffrage intégré ou mis en œuvre par le biais des armatures de coutures. Le choix entre ces deux solutions sera fonction de la section du tirant, de l'épaisseur du mur à coffrage intégré et des contraintes de mise en œuvre. Les dispositions minimales des règles PS92 doivent être respectées, notamment les dispositions de l'Art. 11.4.3.
- Exigences relatives au façonnage des armatures : Les armatures transversales des poutres et poteaux doivent respecter les dispositions constructives définies dans les règles PS92.

12- On ne peut rapporter des armatures de poteau inaccessibles entre panneaux de coffrage que lorsque l'épaisseur du béton coulé en œuvre est au moins de 14 cm.

13- Dans le cas d'utilisation en poutres voiles de plusieurs panneaux de murs à coffrage intégré sur une seule travée, l'effort résistant à l'effort tranchant au droit des joints doit être vérifié. Cette vérification doit être contrôlée par le le Bureau d'Etudes Techniques MSI à Montauban (82).

A défaut de justifications de la résistance de la liaison, chaque panneau de BILAME doit correspondre à une travée de poutre voile.

14- Dans le cas de calfeutrement des joints de murs, tenir compte pour la justification des BILAMES de la réduction de section de béton au droit de ces joints.

15- On doit disposer un cordon d'étanchéité à l'extrémité d'un voile coffrant, en l'absence d'autre dispositif d'étanchéité spécifique rapporté s'opposant au cheminement éventuel d'infiltrations corrosives pour les aciers traversant le plan de contact entre voile coffrant et béton coffré.

16- Les produits de traitement des parois et de traitement des joints seront mis en œuvre conformément aux prescriptions des cahiers de charges des fournisseurs, tant pour la préparation des supports que pour les dispositions propres de mise en œuvre. En particulier les supports seront préparés de manière à être plans, exempts de laitance, dépoussiérés et secs.

17- La forte compacité du béton des panneaux doit être prise en compte lors du choix du type de revêtement qui sera appliqué sur le support (lasure, peinture, imprégnation, plot de colle pour fixation des plaques de placoplâtres, ...)

2.312 Conditions de fabrication

Compte tenu de la minceur des voiles de coffrage, les raidisseurs métalliques doivent être fabriqués avec une grande précision pour respecter les exigences d'enrobage minimal.

Ces raidisseurs doivent faire l'objet d'une certification par un organisme extérieur. Le diamètre minimal est de 5mm pour les armatures de base et de 7mm pour l'armature supérieure. Les critères de certification sont les suivants :

- hauteur déclarée avec une tolérance de +/-2mm sur cette dimension,
- résistance des soudures :

Ce contrôle porte sur la résistance des soudures du treillis aux aciers longitudinaux inférieurs et supérieurs. Il s'agit de la résistance au cisaillement d'une seule soudure sollicitée par traction exercée sur une diagonale du treillis, l'effet éventuel de la seconde soudure de la boucle étant neutralisé par le sciage préalable de la boucle.

Statistiquement, avec un fractile de 5% et un niveau de confiance de 90%, les résistances de ces soudures doivent être supérieures aux valeurs données, en fonction des diamètres des diagonales, dans le tableau ci-après :

Tableau n° 1

Ø des Diagonales (sinusoïdes)	Résistance de la soudure R [daN]	Force disponible à la limite élastique F _s [daN]
Ø 5 mm	980	982

Le béton des panneaux de coffrage doit faire l'objet d'un contrôle régulier.

2.313 Conditions de stockage et de transport

Le stockage des raidisseurs et leur manutention entre le lieu de stockage et leur mise en place dans le moule ne doivent pas altérer leurs qualités techniques et dimensionnelles.

La manutention des éléments, dans une position verticale, s'effectue uniquement par les boucles de levage, incorporées dans les deux parois de l'élément, prévues à cet effet. En aucun cas la manutention ne peut s'effectuer par d'autres armatures.

Lors du transport à plat des panneaux, on doit limiter la charge sur le panneau le plus sollicité.

Lors du transport vertical des panneaux, on doit prévoir des cales prenant simultanément l'appui des deux voiles.

Sur chantier, les panneaux de coffrage doivent être stockés verticalement sur des cales prenant simultanément l'appui des deux voiles.

Le stockage sur chantier des éléments doit être effectué sur une aire régulièrement plane et stable à la charge de l'entreprise ; l'aire de livraison doit être facile d'accès pour les camions.

2.314 Conditions de mise en œuvre

Pour la stabilité en phase provisoire, le dimensionnement des douilles doit être réalisé pour la valeur de vitesse de vent spécifiée dans les DPM. En l'absence de vitesse de vent spécifiée dans les DPM, une valeur de 85 km/h, quelle que soit la direction du vent, sera retenue (en référence à la norme NF P 93 350 relative aux banches, art. 6.3.1.6).

Le bétonnage en œuvre doit être réalisé conformément aux prescriptions des paragraphes 2.311.7 et 2.311.8 ci avant.

Avant de procéder au bétonnage, les parois coffrantes doivent être humidifiées, au jet d'eau par exemple ; tout excès d'eau en pied de coffrage doit être évacué avant bétonnage. On doit s'assurer avant bétonnage, que les dispositifs d'étanchéité des coffrages en rive basse et dans les joints ont été correctement mis en place.

Si l'utilisation de coupleurs d'armatures est prévue, ces derniers doivent bénéficier d'un certificat délivré par l'AFCAB.

Dans le cas de joints pour lesquels l'étanchéité des ouvrages avec pression hydrostatique est assurée par le béton seul, les zones coulées en place au droit des joints verticaux doivent être vibrées.

Les joints non étanchés entre panneaux de coffrage et entre ceux-ci et les planchers doivent être rebourrés avec soin au mortier.

Le désaffleurement éventuel entre panneaux de coffrage doit être traité avec un mortier de ragréage avant la mise en œuvre des revêtements.

Les systèmes d'isolation par l'extérieur et les systèmes d'isolation par l'intérieur doivent être mis en œuvre conformément aux Avis Techniques qui les concernent.

Conclusions

Appréciation globale

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

Validité

6 ans, jusqu'au 31/03/2013

Pour le Groupe Spécialisé n°3
Le Président

J.D. ANTROPIUS

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

La principale différence que présente le procédé par rapport à la solution traditionnelle de béton banché réside dans la discontinuité des armatures incorporées dans les voiles coffrants au droit des joints verticaux comme des joints horizontaux entre panneaux coffrants. Des dispositions spécifiques d'armatures rapportées permettent de compenser dans une certaine mesure cette discontinuité mais leur application, qui nécessite du soin, ne doit en aucun cas être improvisée lors du montage des murs. C'est pourquoi l'Avis prescrit de n'effectuer les justifications de calcul de l'ouvrage qu'après avoir procédé au découpage des murs en panneaux, la démarche inverse étant prohibée. Dans le même esprit, le domaine d'emploi accepté est limité au cas où les joints horizontaux entre panneaux sont situés au droit des planchers.

Ce sont les joints entre coffrages qui apparentent le plus ce procédé aux systèmes de panneaux préfabriqués, particulièrement dans le cas de murs de façade à isolation intérieure qui appellent un traitement spécifique de ces joints du point de vue de leur étanchéité à l'eau. Il est cependant noté qu'en raison de la fréquence des raidisseurs verticaux, les variations d'ouverture susceptibles d'affecter les joints tant verticaux qu'horizontaux et donc de solliciter la garniture de mastic correspondante ne peuvent être que très limitées dans des murs de façades ainsi réalisés, ce qui est favorable à la durabilité de cette garniture.

La présente révision complète les dispositions d'utilisation du BILAME courant pour l'utilisation du BILAME pour réalisation de murs encastrés et/ou enterrés.

Les raidisseurs doivent faire l'objet d'une certification par un organisme extérieur. Cette certification porte sur le contrôle de la hauteur et de la résistance des soudures des raidisseurs.

En l'absence de certification de fabrication des murs à coffrage intégré BILAME, il est rappelé que :

- l'épaisseur minimale d'une paroi préfabriquée est de 65mm,
- l'enrobage minimal des raidisseurs est de 20mm,
- la dérogation sur l'enrobage des armatures (réduction de 1cm de l'enrobage si $f_{c,p} \geq 40\text{MPa}$) n'est pas applicable,
- la tolérance sur l'enrobage des raidisseurs et des armatures est de +/- 5 mm maximum.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°3

M. CHENAF

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Destination et principe

Le procédé de mur à coffrage intégré « BILAME » est destiné à la réalisation de parois, porteuses ou non porteuses pour murs d'infrastructures, murs de refends, longrines incorporées, murs de façades, acrotères, murs de sous-sol, murs de clôtures, etc... Il permet également la réalisation de murs de soutènement, de silos à grains ou à engrais, de murs coupe-feu, de murs de bassins ou de piscines, d'ouvrage soumis à une pression hydrostatique extérieure ainsi que les murs enterrés soumis ou non à des pressions hydrostatiques destinés entre autres à la réalisation de carnaux, garages souterrains, galeries de liaison, sous-sols sur un ou plusieurs niveaux. Ces derniers se caractérisent par la combinaison ou non des critères suivants :

- L'importance des sollicitations à reprendre
- Liaisons mécaniques à assurer entre les murs et d'autres parties d'ouvrage, comme l'encastrement sur une fondation ou un radier ou l'encastrement des bilames dans les angles (murs de soutènement, murs de bassins, de piscine et de silos)
- L'étanchéité qui est assurée en partie courante et au niveau des joints horizontaux et verticaux compte tenu de la destination des ouvrages et/ou des locaux abrités.

L'étanchéité des murs est assurée soit par une étanchéité rapportée soit par un traitement de surface soit par le mur lui-même moyennant des dispositions constructives décrites dans le dossier technique en fonction du type d'ouvrage.

Le « Bilame » est constitué de deux parois préfabriquées en béton armé (lames) d'une épaisseur minimale de 6,5 cm, reliées par des raidisseurs métalliques espacés de 60 cm maximum et armés d'un ferrailage identique à celui du mur en béton armé. Des armatures de liaison ou de continuité sont rajoutées dans la partie coulée en place (sur chantier) ainsi que dans les jonctions entre panneaux.

Des armatures de type poteau, poutre, longrine, encadrement d'ouverture, sont généralement incorporées aux panneaux ; les armatures de jonction et des compléments d'armatures éventuels sont rapportés en œuvre avec le béton de remplissage ; de même les huisseries, menuiseries, gaines, boîtiers et réservations de toute nature peuvent être incorporées.

L'encastrement du bilame dans le radier ou la semelle, est réalisé par des armatures en attente dans la fondation ou intégrées au bilame.

L'encastrement entre bilame dans les angles ou avec d'autres ouvrages est réalisé par des armatures intégrées aux bilames ou disposées dans le béton coulé en place.

La finition du Bilame est une finition brute de décoffrage. Les lames étant coulées sur des tables métalliques, le parement est glacé, exempt de bullages, prêt à recevoir un revêtement fin. Par ailleurs, le procédé permet un parement architectural sur une ou deux faces.

2. Matériaux

Les matériaux mis en œuvre sont :

- Le béton pour les lames préfabriquées.
- Le béton de remplissage (mis en œuvre sur chantier).
- Les aciers pour armatures : treillis soudés, armatures assemblées, raidisseurs métalliques.
- Les matériaux de jointement.

2.1 Le béton des lames préfabriquées

2.1.1 Composition

Granulats :

Sable roulé 0/4 et gravillons roulés 4/14

Ciment :

Ciment Calcia - Usine Couvrot - ciment type CPA - CEM I 52.5 CP2 NF - Dosage minimal : 350 kg/m³

Adjuvants (Fournisseur AXIM) :

- Superplastifiant et réducteur d'eau (de l'ordre de 0.8% du poids de ciment).
- Accélérateur de prise ou de durcissement suivant les saisons.

2.1.2 Résistance mécanique

35 MPa à 28 jours.

2.1.3 Outil de fabrication

Centrale LIEBHERR BETOMIX 2,0 TL, pilotée par automate ADLER.

2.2 Le béton de remplissage

B.P.E conforme à la norme NF EN 206-1 et de résistance caractéristique au moins égale à 30 MPa.

- Granulats 0/15 (0/8 pour épaisseur de béton coffré < 10 cm).
- Consistance : fluide S4 (affaissement minimal au cône d'Abrams selon la norme).

La consistance fluide est obtenue par ajout d'un superplastifiant (E/C limité à 0.45).

2.3 Aciers pour armature

- Dans les lames, armatures type treillis soudés Adets – ST20.
- Raidisseurs : armatures de liaison par chaînage sinusoïde homologué des Etablissements ARCELOR ou similaire
 - Pas de la sinusoïde : 20 cm
 - Hauteur de 11 à 30 cm (pour panneaux de 18 à 39 cm d'épaisseur)
 - Diamètres de barres :
 - Barre du haut : Ø 8 mm - nuance : doux
 - Barre du bas : Ø 5 mm - nuance : H.A.
 - Sinusoïde : Ø 5 mm - nuance : doux

Pour un Bilame standard de largeur 2,45 m et de hauteur 2,5 m, il est prévu 4 armatures de liaison (voir croquis).

- Les armatures complémentaires à la reprise des sollicitations sont des barres en acier nuance Fe E500 crantées.

2.4 Boucles de manutention

Deux boucles minimum par élément en acier doux nuance Fe E235 en diamètre 10 mm minimum, dimensionnées au cas par cas (voir croquis). Ces boucles sont fixées par soudage sur la cage d'armatures.

2.5 Douilles

Incorporation de douilles de diamètre 16 de chez Mandelli ou Technique Béton. Ces douilles sont scellées dans la paroi intérieure des panneaux et permettent la fixation des étais « Tire-pousse » pendant le montage et le bétonnage.

2.6 Écarteurs

Ils sont constitués de tronçons de barres HA Ø12 dont les extrémités sont coiffées par un capuchon en PVC de 4 cm de hauteur.

2.7 Matériaux de jointement

- Membrane d'étanchéité auto-adhésive.
- Mortier de ragréage.
- Mousse polyuréthane imprégnée de bitume ou de caoutchouc synthétique.
- Mastic pour joints.

Ces produits sont mis en œuvre conformément aux recommandations dont ils font l'objet.

3. Conception du « BILAME »

3.1 Type de liaison

3.1.1 Rotule entre panneaux

Ce type de liaison n'est pas utilisable pour les ouvrages nécessitant une étanchéité garantie par le béton.

3.1.1.1 Joint vertical droit, d'angle droit et en T

L'armature de couture disposée dans le noyau permet de transmettre les cisaillements d'un voile à un autre. La section d'armature de cette couture est fonction des armatures horizontales disposées dans le bilame (pages 28/29).

3.1.2 Rotule couturée entre panneaux

Ce type de liaison est utilisable pour les ouvrages nécessitant une étanchéité garantie par le béton réalisé avec un système d'encastrement en pied de panneau de type B.

La mise en place des coutures en abouts de bilames permet de garantir un coutrage optimal de la liaison avec le panier d'armature.

L'ensemble de ces solutions nécessite une fenêtre de tirage en partie inférieure du bilame pour permettre la bonne mise en place du panier d'armature de liaison.

3.1.2.1 Joint vertical droit

L'armature de couture disposée dans le noyau permet de transmettre les cisaillements d'un voile à un autre. Les armatures en about de chaque bilame assurent la couture du panier d'armature de liaison.

3.1.2.2 Joint d'angle droit vertical

Cette solution est basée sur le même principe que la solution ci-dessus. Elle permet en même temps la réalisation des armatures de poteau à disposer à l'intersection de deux murs.

3.1.2.3 Joint d'angle vertical en T

Ces solutions sont basées sur le même principe que la solution « joint vertical droit ». Elles permettent en même temps la réalisation des armatures de poteau à disposer à l'intersection de trois murs.

3.1.2.4 Joint horizontal droit

Même principe que la solution joint vertical droit (lumière non indispensable).

3.1.3 Encastrement entre panneaux

3.1.3.1 Joint vertical droit

La continuité du moment et du cisaillement entre deux panneaux le long d'un joint vertical est assurée par la mise en oeuvre d'une clé mécanique réalisée par le croisement des paniers d'armatures.

Le décalage entre les deux parois sera fonction de la section d'armature à recouvrir. Il permet de conserver une hauteur utile de flexion suffisante pour permettre la transmission du moment.

3.1.4 Encastrement en pied de panneau

3.1.4.1 Encastrement avec continuité de bétonnage aux jonctions murs/fondations

Ces solutions reposent sur l'intégration des armatures d'encastrement dans le bilame ou avant la pose du bilame afin de pouvoir bétonner le noyau et la fondation sans reprise du bétonnage. Ce principe constructif est particulièrement adapté à la réalisation d'ouvrages étanches.

SOLUTION A2 (Figure page 39)

Elle est particulièrement adaptée à la réalisation des murs séparateurs ou des murs sur fondations avec débords devant être encastrés en pied.

Des cadres intégrés au bilame dépassent en pied du bilame.

Des armatures assurent la continuité de l'encastrement avec la fondation ou le radier.

SOLUTION A3 (Figure page 39)

Elle se différencie de la solution précédente par l'intégration partielle des armatures d'encastrement dans le bilame.

Cette solution permet de travailler avec des diamètres supérieurs à 12 mm.

Le moment d'encastrement mobilisable reste optimal.

La peau extérieure assure le coffrage du radier ou de la fondation.

SOLUTION A4 (Figure page 40)

Les armatures d'encastrement sont rapportées dans le noyau coulé sur place.

L'armature sortant du bilame assure la couture de l'encastrement et participe à la reprise des efforts en pied de bilame.

Le panier d'armature est disposé dans le noyau du bilame avant la pose de ce dernier.

Cette solution est moins efficace que les solutions précédentes, elle ne permet pas de préserver un bras de levier optimal, néanmoins elle n'est pas limitée par le diamètre des aciers d'encastrement. Elle peut être retenue en variante de la solution A2 et A3.

3.1.4.2 Encastrement avec reprise de bétonnage aux jonctions murs/fondations (Solution type B)

Ces solutions se différencient des précédentes par l'existence systématique d'une reprise de bétonnage à l'encastrement. En général, elles ne permettent de mobiliser qu'un moment résistant réduit à l'encastrement à cause de la réduction de hauteur utile du mur. Néanmoins, des solutions particulières permettent le cas échéant de rétablir le moment résistant optimum du mur en coffrant une partie sur chantier.

La continuité de l'encastrement entre le bilame et la fondation est assurée par des armatures en attente dans la semelle déjà coulée. Ces armatures viennent en recouvrement avec les aciers placés dans les parois du bilame.

Dans le cas particulier, où le moment d'encastrement est repris par des armatures en attente situées dans la fondation et entre deux panneaux coffrants, on limitera la densité et les diamètres des aciers en attente dans la fondation. (Donné par BET).

Un soin particulier sera apporté au remplissage de joints de calage en pied de bilame et à la mise en place d'un système empêchant les fuites de laitance (bastaings ou joints *Compriband* ou équivalent), gage du bon fonctionnement de l'encastrement.

Un contrôle systématique du remplissage des joints sera effectué après remplissage des murs. Les joints qui n'auront pas été remplis au bétonnage seront à bourrer au mortier de réparation sans retrait.

Lorsqu'une étanchéité est requise, ces solutions nécessitent un traitement spécifique de la reprise de bétonnage.

SOLUTION B1 (Figure page 40)

La continuité de l'encastrement entre le bilame et la fondation est assurée par des armatures en attente dans la fondation ou le radier.

Le dimensionnement des armatures d'encastrement sera basé sur une hauteur utile égale à l'épaisseur totale du bilame réduite de 7 à 8 cm en fonction des diamètres.

Le calage des bilames en pied devra se faire sur des cales de 2 à 3 cm minimum pour garantir le bon remplissage des joints en pied afin de pouvoir transmettre les efforts de compression de la zone comprimée du bilame vers la fondation ou le radier. Ces joints en pied pourront être coffrés à l'aide de bastaings pour éviter les fuites de laitance.

Cette solution peut aussi être retenue pour la réalisation d'une liaison type rotule en pied de bilame.

SOLUTION B2 (Figure page 41)

Cette solution permet de préserver un bras de levier optimal. Elle est particulièrement adaptée aux murs encastrés de grande hauteur.

Elle nécessite le coffrage du pied sur la hauteur de scellement.

Elle nécessite les mêmes dispositions de calage en pied de bilame que la solution B1.

SOLUTION B3 (Figure page 41)

Cette solution diffère des précédentes par la réalisation d'un gousset lorsque l'encastrement est particulièrement sollicité.

Elle nécessite le coffrage du pied sur la hauteur du gousset.

Pour cette solution la hauteur utile pour le calcul des armatures d'encastrement, ne prendra pas en compte l'épaisseur de la paroi extérieure.

3.2 Stabilité

3.2.1 Prescriptions communes

3.2.1.1 Bases de calcul

Les bilames sont dimensionnés selon les règles usuelles de la résistance des matériaux et du béton armé en flexion simple ou composée avec le cas échéant vérification de la stabilité de forme.

Le dimensionnement des murs courants se fera sur la base des règles usuelles du béton armé : DTU 23.1. Art 4.3.3 et BAEL, et du Fascicule 74, lorsqu'il s'agit d'ouvrages de type réservoirs en béton.

Les liaisons doivent assurer la continuité mécanique entre :

- La fondation et le bilame
- Entre deux bilames
- Le bilame et les ouvrages avoisinants

Les calculs seront réalisés par le BET du chantier et les points particuliers tels que la vérification du cisaillement à l'interface paroi préfabriquée / béton coulé en place (pour l'utilisation en poutre et en mur sollicité perpendiculairement à son plan) et la vérification de l'effort tranchant résistant au droit des joints (pour l'utilisation en poutre-voile), sont contrôlés par le bureau d'études MSI à Montauban (82), BET qui a une longue expérience de la conception des bilames.

Pour la détermination de la capacité résistante en section courante du bilame, la résistance équivalente à la compression prise en compte pour l'épaisseur totale du mur correspond à :

$$f_{c,eq28} = \min(f_{c,p} - 3.10^{-4} E_{v,n}; f_{c,n})$$

avec :

$f_{c,p}$ = résistance caractéristique du béton des parois préfabriquées

$f_{c,n}$ = résistance caractéristique du béton du noyau coulé en place

$E_{v,n}$ = module élastique différé du béton du noyau coulé en place

Cette résistance est prise en compte pour l'ensemble des éléments intégrés dans le bilame (poteau, poutre, poutre voile...).

Au niveau des joints entre bilame, ou entre un bilame et une autre structure (radier...) la résistance caractéristique équivalente $f_{c,eq28}$ à 28 jours, prise en compte est égale à $f_{c,n}$.

Au droit des joints entre éléments de bilame ou entre élément et parties coulées en place, la section résistante à la compression est calculée en considérant l'épaisseur totale du mur, réduite des chanfreins éventuels, si :

- le joint présente une épaisseur nominale ≥ 3 cm, ou
- la pose est réalisée sur un mortier de calage de résistance au moins égale à la valeur $f_{c,n}$ prise en compte dans les calculs.

Dans le cas contraire, la section résistante est réduite à la section de béton du noyau.

La hauteur utile du mur prise en compte dans les calculs est évaluée en fonction des dispositions prises pour le remplissage effectif des joints de calage, déduction faite des enrobages et des positions relatives des armatures. Les dispositions propres à chaque élément sont décrites dans les paragraphes correspondants.

3.2.1.2 Armatures minimales

Les conditions minimales présentées dans cette section sont valables quelque soit la position de l'élément dans l'ouvrage.

Chaque paroi préfabriquée comprend au minimum 1,2cm²/ml d'armatures dans les deux directions, avec un espacement maximum des armatures inférieur ou égal à 33 cm. Dans la direction parallèle aux raidisseurs, la section d'armatures des raidisseurs est prise en compte dans cette section minimale.

Pour les parois devant assurer une étanchéité, sur la base des dispositions prévues par le Fascicule 74, la paroi en contact avec l'eau comprend au minimum :

- 0,125 % de la section totale de béton dans les deux directions
- Diamètre des armatures supérieur ou égal à 8 mm pour la paroi en contact avec l'eau ou le milieu agressif.
- Espacement maximum des armatures dans les deux directions inférieur ou égal 20 cm.

3.2.1.3 Epaisseurs minimales

L'épaisseur minimale toutes tolérances épuisées des parois préfabriquées des « Bilames » est de 6,5 cm.

L'épaisseur nominale du noyau coulé en place est supérieure ou égale à 7 cm.

3.2.1.4 Enrobage des armatures

L'enrobage des armatures est choisi en fonction de la nature agressive ou non du milieu ambiant dans lequel sera placé le mur.

Il est au moins égal à 3,0cm pour les façades exposées, et 1 cm pour des parois qui sont situées dans des locaux couverts et clos et qui ne sont pas exposées aux condensations.

3.2.1.5 Enrobage des raidisseurs

L'enrobage minimal des raidisseurs est de 20mm.

3.2.1.6 Calepinage

Les joints de calepinage horizontaux et verticaux sont positionnés de façon à ne pas réduire la raideur du voile dans son sens porteur privilégié.

Pour les murs dont la flexion se fait dans un plan vertical, les joints horizontaux sont disposés en proximité immédiate des diaphragmes (dalles, poutres, couvertures contreventées,...). Les joints verticaux sont sans incidence.

Pour les murs dont la flexion se fait dans un plan horizontal, les joints verticaux sont disposés en proximité immédiate des raidisseurs (refends, poteaux, goussets,...). Les joints horizontaux sont sans incidence.

3.2.1.7 Principes constructifs

Murs et poteaux

Les armatures en attente et les armatures de liaison sont disposées de manière à respecter les enrobages définis dans les règles BAEL en fonction de l'exposition du mur. Cet enrobage c_g est compté à partir de la face intérieure des parois coffrantes.

La bonne mise en œuvre de poteaux à base de bilame nécessite la prise en compte de trois paramètres :

- Le respect de l'enrobage intérieur du cadre du poteau pour assurer la résistance du bilame lors du bétonnage pour les poteaux en bilame ne comportant pas de raidisseurs.
- Le respect de l'enrobage des armatures longitudinales.

Si cette dernière condition n'est pas respectée, la section longitudinale peut être mise en œuvre dans la partie coulée à condition de respecter les conditions ci-dessous.

- La limitation des sections d'éclissage en fonction des épaisseurs de bilame. La section maximale des armatures d'éclissage ou des armatures en attente sera fonction de l'épaisseur du bilame. (Ces armatures seront calculées par le BET du chantier)

Poutres voiles

Pour le cas de figure où les armatures sont coupées au droit d'un joint, ces dernières doivent être éclissées dans le noyau. La section maximale des armatures d'éclissage sera fonction de l'épaisseur du bilame.

Les recouvrements d'armatures dans le cas de l'éclissage de la section du tirant seront majorés de 20% afin de prendre en compte les tolérances de positionnement des armatures dans le noyau.

Une attention particulière sera portée sur la vérification de la bonne mise en place de la section d'éclissage par contrôle visuel dans les fenêtres de tirage avant bétonnage.

3.2.1.8 Dispositions parasismiques

Stabilité d'ensemble

Les bilames peuvent être assimilés à un voile banché de section homogène équivalente à condition de respecter les dispositions et justifications exposées dans les paragraphes suivants.

Liaisons entre murs à coffrage intégré en zone courante

Les liaisons horizontales sont prosrites et pour les liaisons verticales : réalisation de poteaux au droit des joints, dans lesquels sont incorporées des armatures horizontales de continuité ancrées au-delà des raidisseurs de rives. Les poteaux doivent comporter au moins une face accessible avant bétonnage et visible après décoffrage (cf. figure page 31).

Liaisons entre murs à coffrage intégré au droit d'une dalle

Afin de s'assurer du non glissement du voile par rapport à la dalle sous les sollicitations dynamiques, le joint doit être vérifié au cisaillement conformément à l'Art. 11.8.2.1.3 des règles PS92 sur la base du noyau du mur à coffrage intégré.

Liaisons à l'intersection de deux ou plusieurs murs à coffrage intégré

Les intersections de voiles nécessitent systématiquement la mise en œuvre d'un chaînage vertical. Ce chaînage peut être incorporé dans le

mur à coffrage intégré ou mis en œuvre par le biais des armatures de coutures. Le choix entre ces deux solutions sera fonction de la section du tirant, de l'épaisseur du mur à coffrage intégré et des contraintes de mise en œuvre. Les dispositions minimales des règles PS92 doivent être respectées, notamment les dispositions de l'Art. 11.4.3 rappelées ci-dessous.

A chaque extrémité de mur est prévu un chaînage vertical (CV) en acier FeE500 ainsi qu'au droit de toute ouverture et de chaque intersection de murs. Ces chaînages sont disposés de la manière suivante :

- Tous les chaînages verticaux sont continus sur toute la hauteur de l'étage, de plancher à plancher et se recouvrent d'étage à étage avec armatures de couture au droit des recouvrements.
- Les chaînages horizontaux (CH) des planchers sont continus, ils sont définis à l'article 11.5 des règles PS 92.
- Les chaînages des linteaux (CL) sont constitués en acier FeE500 et ancrés de 50 diamètres.

Les chaînages minimaux des zones courantes d'un mur principal sont :

CV : quatre armatures $\phi 10$ à haute adhérence (HA) avec des armatures transversales constituées de cadre en $\phi 6$ espacés d'au plus de 10 cm.

CL : deux armatures $\phi 10$ HA.

Au niveau le plus bas du bâtiment et sur une hauteur d'étage on dispose les chaînages minimums verticaux CV suivants au bord de chaque trumeau : quatre armatures HA $\phi 12$ ligaturées avec des armatures transversales en $\phi 6$ espacés de 10 cm au plus. Des chaînages verticaux identiques doivent être disposés pour tout niveau avec changement de section et ou de contreventement appréciable.

Exigences relatives au façonnage des armatures

Les armatures transversales des poutres et poteaux doivent respecter les dispositions constructives définies dans les règles PS92.

3.22 Prescriptions particulières aux éléments essentiellement sollicités dans leur plan

3.221 Murs courants

Les joints en pied sont généralement de type « articulés ».

Les sollicitations doivent être équilibrées au droit des joints selon les règles usuelles du BAEL, en considérant :

- la résistance caractéristique du béton de remplissage,
- les armatures ancrées au-delà du joint,
- la section utile résistante aux efforts, qui dépend des conditions de réalisation des joints (cf. prescriptions communes paragraphe 3.211).

3.222 Poteau

La distinction avec le bilame utilisé comme voile se fera en fonction du critère classique à savoir :

- Longueur supérieure à 5 fois l'épaisseur
- Longueur inférieure à 5 fois l'épaisseur

Dans le cas des poteaux isolés, un calage de 3cm minimum en pied de poteau est à prévoir. Un contrôle systématique du remplissage du joint est effectué après remplissage du poteau. Les joints qui n'auront pas été remplis au bétonnage sont à bourrer au mortier de réparation sans retrait.

Si le béton est surabondant et que le poteau ne doit pas être renforcé par des armatures en compression, le bilame poteau peut être ferrillé comme un bilame classique. Il sera systématiquement fermé par des U.

Si le poteau doit être renforcé par des armatures comprimées, le bilame est ferrillé classiquement comme un poteau.

L'espacement des lits d'armatures est limité à 15cm pour permettre un bon remplissage du noyau du bilame.

La section d'armature mécanique est intégralement intégrée dans le bilame lors de sa fabrication en usine. Seules les armatures d'éclissage sont à rajouter sur le chantier.

3.223 Poutre

Le calcul d'une poutre à base de bilame s'effectue selon les principes usuels de calculs du béton armé.

La section mécanique est prise égale à la section complète de la poutre à base de bilame. Les parties coulées en place et préfabriquées étant considérées comme monolithiques.

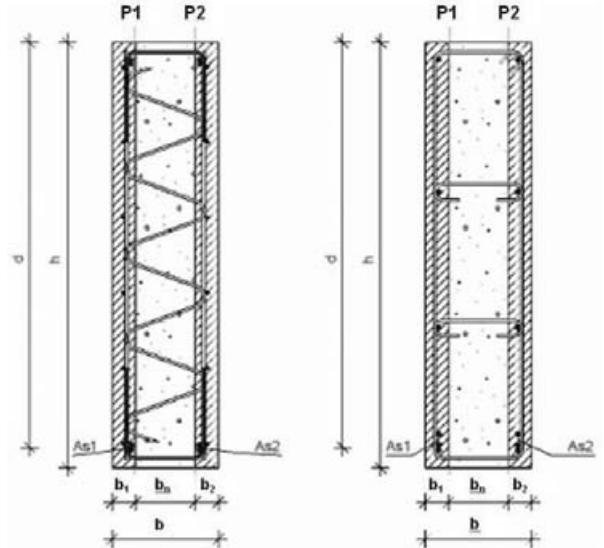
La totalité de la section mécanique de la poutre est intégrée en usine pour les armatures de flexion en travée.

Deux vérifications complémentaires sont cependant nécessaires :

- Vérification de l'intégrité de la section
- Vérification des bielles d'about et ancrage pour les cas où les poutres ne sont pas appuyées sur les meneaux. (armatures à vérifier par le BET du chantier)

Intégrité de la section

Cette vérification consiste à s'assurer du monolithisme de l'ensemble de la section par la détermination des contraintes de cisaillement qui s'exercent à l'interface des parois préfabriquées et du béton coulé en place, et par la mise en place d'aciers de couture.



Effort traversant le plan de cisaillement P1 (en kN/ml) :

$$F_1 = \max \left[\frac{V_u \cdot b_1}{z \cdot b} ; \frac{V_u \cdot A_{s1}}{z \cdot A_s} \right]$$

Effort traversant le plan de cisaillement P2 (en kN/ml) :

$$F_2 = \max \left[\frac{V_u \cdot b_2}{z \cdot b} ; \frac{V_u \cdot A_{s2}}{z \cdot A_s} \right]$$

avec :

- V_u = effort tranchant maxi ELU en kN
- $A_s = A_{s1} + A_{s2}$ en cm^2
- $z = 0,9 \times d$ en m

On en déduit la contrainte de cisaillement maximum qui s'exerce sur les plans de couture (en MPa) :

$$\tau_{uc} = 10^{-3} \cdot \frac{\max(F_1; F_2)}{0,6 \cdot h}$$

Avec h (en m) la hauteur totale de la poutre.

La liaison par le béton seul est systématiquement renforcée par les raidisseurs traversant le plan de reprise. Par conséquent, suivant l'article 6.2.5 de l'EN 1992-1-1, la valeur limite de la contrainte de cisaillement τ_{ulim} est telle que :

$$\tau_{ulim} = \min (v_{Rdi} ; 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}) \text{ et } v_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \rho \cdot f_{yd} (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha)$$

avec :

- f_{cd} : valeur de calcul de la résistance en compression du béton de remplissage ($\alpha_{cc} \cdot f_{c,p} / \gamma_c$)
- f_{ctd} : valeur de calcul de la résistance en traction du béton de remplissage ($\alpha_{ct} \cdot f_{t,n} / \gamma_c$)
- f_{yd} : limite d'élasticité de calcul des aciers
- $v = 0,6 \cdot (1 - f_{c,n} / 250)$

c tel que :

- cas des charges à caractère principalement statiques : $c = 0,35/2$
- cas des charges dynamiques ou de fatigue : $c = 0,35/4$

$\mu = 0,6$

α : inclinaison des diagonales dans le plan longitudinal

ρ : pourcentage des armatures transversales ancrées de part et d'autre du plan de reprise, calculé comme présenté à l'Annexe I

c et μ dépendent de la rugosité de la surface de reprise. Leur valeur a été déterminée en considérant une surface de reprise de type « lisse » avec une pénalisation d'un facteur $\frac{1}{2}$ sur le coefficient c pour tenir compte de phénomènes de retrait.

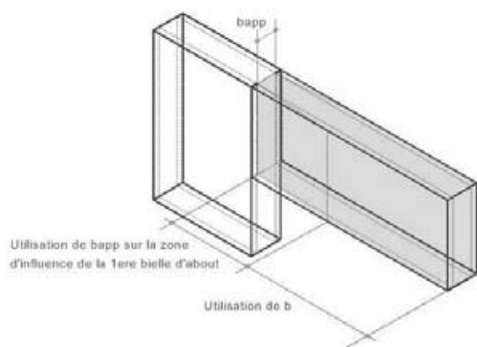
Le plan de reprise peut être renforcé en resserrant les raidisseurs ou en disposant des raidisseurs de renforts pour augmenter la valeur de ρ .

Si la valeur limite de la contrainte de cisaillement est telle que : $\tau_{ulim} > 0,07.f_{c,eq28}/\gamma_b$, alors il est nécessaire de disposer des armatures transversales d'effort tranchant.

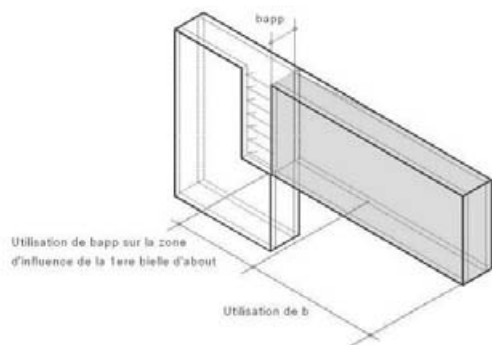
Appuis

Au niveau des appuis (sur la première bielle), la largeur b_{app} est calculée selon le type d'appui :

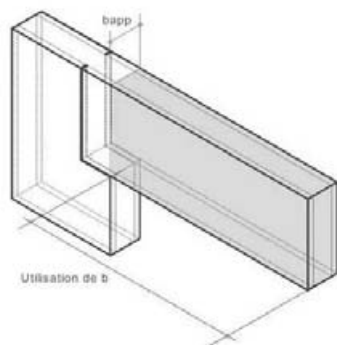
- cas 1 : $b_{app} = b_n$ correspond à l'épaisseur du noyau du mur à coffrage intégré



- cas 2 : $b_{app} = b - b_1 - ch_1$ ou $b - b_2 - ch_2$ correspond à l'épaisseur totale réduite d'une épaisseur de paroi et du chanfrein éventuel



- cas 3 : $b_{app} = b - ch_1 - ch_2$ correspond à l'épaisseur totale réduite des chanfreins éventuels



La valeur de b_{app} permet ensuite le calcul du ferrailage de cisaillement sur appui et la vérification de la bielle d'about.

avec :

- b épaisseur totale du mur à coffrage intégré
- b_n épaisseur du noyau coulé en place
- b_1 épaisseur de la première paroi coffrante
- b_2 épaisseur de la seconde paroi coffrante
- ch_1 épaisseur des chanfreins de la première paroi coffrante
- ch_2 épaisseur des chanfreins de la seconde paroi coffrante

La réalisation du joint d'appui doit être conforme aux prescriptions communes (cf paragraphe 3.211)

3.224 Poutre voile

Les poutres voiles réalisées tout ou partie en bilames sont réalisées après pré-dimensionnement du BET, qui devra vérifier :

- La stabilité d'ensemble de la poutre voile
- La vérification aux points singuliers (joints)
- La vérification de la faisabilité de mise en œuvre des armatures

Stabilité d'ensemble

Une des vérifications effectuée pour le calcul des poutres voiles consiste à s'assurer, lorsque son âme n'est pas raidie par des nervures (voiles perpendiculaires, planchers latéraux, ...) que son épaisseur (inertie transversale) est suffisante vis-à-vis du déversement.

Or la présence des joints dans la poutre voile en bilame peut diminuer cette inertie.

La vérification consiste à vérifier que le noyau coulé en place est seul suffisant pour donner à la poutre voile en bilame l'inertie nécessaire pour assurer le non déversement.

Si la condition n'est pas satisfaite, le noyau au droit des joints devra être augmenté soit :

- Par l'épaississement de la poutre voile
- Par l'ouverture partielle ou complète des joints

Vérification au droit des joints

La vérification des joints consiste à s'assurer de leur aptitude à transmettre les cisaillements (efforts tranchants) qui transitent dans la poutre voile vers les appuis.

On doit vérifier que :

$$V_{Edi} \leq V_{Rdi}$$

avec : V_{Edi} : l'effort tranchant sollicitant maximal le long de la poutre-voile à l'ELU,

V_{Rdi} : l'effort tranchant résistant au droit du joint déterminé conformément à l'Annexe II.

Le choix du type de joints entre bilame formant tout ou partie d'une poutre est fonction de la capacité résistante V_{Rdi} à atteindre.

L'armature de liaison des joints sera déterminée en conséquence.

La section des armatures de liaison sera au moins égale à la section d'armatures horizontales et verticales nécessaire pour la poutre voile, dont elle assurera le recouvrement, conformément au chapitre E.5.4 de l'Annexe E.5 du BAEL 91 révisé 99.

3.23 Prescriptions particulières aux éléments essentiellement sollicités perpendiculairement à leur plan

3.231 Prescriptions communes

Ils sont dimensionnés aux ELU et ELS, en fissuration peu préjudiciable, préjudiciable ou très préjudiciable (suivant les conditions fixées par les DPM).

Le monolithisme du bilame est à vérifier.

Les armatures de flexions de la partie courante du mur sont disposées dans les peaux du bilame.

Monolithisme

La présence de deux plans de reprise de bétonnage nécessite d'établir le monolithisme de la section.

La contrainte tangente à l'interface paroi / béton coulé en place est prise conventionnellement égale à :

$$\tau_{uc} = 1,1 \cdot \frac{Vu}{l \cdot b}$$

L'effort tranchant Vu étant évalué pour une bande de largeur l , b étant l'épaisseur totale du mur.

Néanmoins lorsque la section droite du mur est entièrement comprimée, et lorsque la vérification en stabilité de forme du mur est non dimensionnante, la contrainte de cisaillement τ_{uc} à l'interface paroi / béton coulé en place peut être évaluée par la formule :

$$\tau_{uc} = \frac{Vu \cdot S}{l \cdot I}$$

S étant le moment statique de la section d'épaisseur b_1 (ou b_2) par rapport au centre de gravité de la section, et I le moment d'inertie de la section de hauteur b supposée homogène.

Si on considère une largeur unitaire $l = 1$, alors τ_u s'écrit :

$$\tau_{uc} = 6 \cdot Vu \cdot b_1 \cdot (b - b_1) / b^3 \text{ (ou } \tau_{uc} = 6 \cdot Vu \cdot b_2 \cdot (b - b_2) / b^3 \text{)}$$

Cette contrainte peut alors être comparée à la valeur de la contrainte maximale de cisaillement calculée grâce à la méthode présentée au paragraphe 3.223 pour la vérification de l'intégrité de la section des poutres. Si nécessaire des armatures de renfort doivent être mises en place.

Traitement du plan d'étanchéité

Ce paragraphe traite des murs à coffrage intégré soumis à la pression hydrostatique. L'étanchéité peut être assurée par le béton seul, ou par une étanchéité rapportée.

Sur la base des dispositions prévues par le Fascicule 74, l'épaisseur minimale du noyau de béton coulé en place est de 15 cm pour les ouvrages de classe A (étanchéité assurée par la structure seule) et de 12 cm pour les ouvrages de classes B (étanchéité assurée par la structure complétée par un revêtement d'imperméabilisation) et C (étanchéité assurée par un revêtement d'étanchéité). Pour les piscines, cette épaisseur minimale est de 12 cm.

Etanchéité par le béton (ouvrages de classe A) :

Pour assurer une étanchéité par le béton d'un mur à coffrage intégré soumis à une pression hydrostatique, les liaisons entre le mur et la fondation ou le radier doivent être encastrées.

Les liaisons verticales ou horizontales entre deux panneaux doivent être de type couturées ou encastrées afin de bloquer la fissuration provoquée par le retrait du béton.

L'enrobage des armatures pour la paroi en contact avec l'eau est de 3 cm.

Les reprises de bétonnage verticales pour les ouvrages nécessitant un bétonnage en plusieurs phases sont systématiquement réalisées en partie courante du mur à coffrage intégré par la mise en œuvre dans le noyau du mur d'une tôle galvanisée d'arrêt de bétonnage permettant d'augmenter le chemin critique de l'eau. Ce dispositif d'arrêt de bétonnage n'est pas nécessaire si la reprise se trouve à une distance des joints supérieure à 3 fois l'épaisseur et si la largeur du mur est supérieure à 6 fois son épaisseur.

Si les joints sont traités avec une étanchéité rapportée de type bande d'étanchéité pour joints à haute flexibilité collée sur les lèvres du joint et garantissant l'étanchéité au contact d'eaux en pression, les liaisons verticales peuvent être de type classiques rotulées. Le joint est à mettre en œuvre en règle générale sur la face en contact avec l'eau. Néanmoins il peut travailler en sous-pression moyennant des dispositions de mise en œuvre particulière définies par les fabricants.

Plan d'étanchéité rapportée (ouvrages de classe B et C) :

La réalisation du plan d'étanchéité par le biais de ce procédé permet de calculer le mur à coffrage intégré en fissuration non préjudiciable. L'étanchéité est mise sur la face en contact avec l'eau. Les exigences concernant les enrobages, les épaisseurs des murs et les liaisons verticales couturées ou encastrées, liées à l'étanchéité par le béton ne sont plus appliquées.

La finition des joints est réalisée en fonction de la destination de l'ouvrage (Voir paragraphe 3.4).

3.232 Murs enterrés de hauteur supérieure à 3m

Le cas courant correspond au mur travaillant en flexion verticale entre fondation et planchers ou entre deux planchers. Cependant le mur peut aussi être conçu pour travailler en flexion horizontale entre refend moyennant un calepinage horizontal.

La reprise de sollicitations dans les deux directions peut être envisagée à condition d'adopter des dispositions constructives adéquates.

La liaison avec les fondations est usuellement conçue comme une liaison articulée avec des armatures de reprise disposées dans la partie coulée en place; sauf cas particuliers d'encastrement dans un radier.

Les armatures de reprise au niveau des planchers sont disposées dans le béton coulé en place.

Dans le cas des joints classiques (non soumis à la flexion) on se reportera aux liaisons de type rotule.

3.233 Murs de soutènement

Les armatures de reprises en pied peuvent être intégrées dans le bilame (liaison encastrée dans reprise de bétonnage) ou dans la partie coulée en place (liaison encastrée avec reprise de bétonnage).

Les joints verticaux non soumis à la flexion sont armés à l'aide des armatures de liaison de type rotule.

Un drainage ou des barbacanes seront mis en œuvre selon les règles de l'art. Dans le cas contraire, les murs sont soumis à une pression hydrostatique et les prescriptions du paragraphe 3.231 concernant le traitement du plan d'étanchéité sont appliquées.

3.234 Murs de silos ou de magasin de stockage

Pour le dimensionnement des panneaux destinés aux silos, on doit appliquer les « Règles professionnelles de conception et de calcul des silos en béton », en respectant les prescriptions communes des murs à coffrage intégré.

Les liaisons en pied sont encastrées (avec ou sans reprise de bétonnage), les liaisons verticales ou horizontales entre panneaux sont fonction de la conception de l'ouvrage.

3.235 Murs de bassin ou de piscine

Ils sont dimensionnés aux états limites ultimes de résistance et aux états limites de service (cas de fissuration très préjudiciable du béton de l'ouvrage).

Ce type d'ouvrage réalisé en bilame est considéré comme un ouvrage de CLASSE A au regard des définitions du Fascicule n° 74 lorsque l'étanchéité est assurée par le béton seul.

Lorsque l'étanchéité est réalisé par une membrane d'étanchéité (de type liner), la fissuration n'est plus préjudiciable.

Les prescriptions du paragraphe 3.231 concernant le traitement du plan d'étanchéité sont appliquées : étanchéité par le béton ou membrane d'étanchéité rapportée type liner.

Les bilames sont encastrés sur le radier par une solution mécanique du type A ou B. Le choix de cette dernière se fera en fonction des contraintes de chantier et de la solution d'étanchéité qui sera retenue.

Pour les ouvrages libres en tête, les liaisons d'angles seront encastrées. Pour les solutions bloquées en tête par une dalle ou des tirants les liaisons d'angle pourront être soit :

- articulées pour les ouvrages dont l'étanchéité n'est pas assurée par le béton seul,
- couturées ou encastrées pour les ouvrages dont l'étanchéité est assurée par le béton seul.

3.236 Murs de galerie, garages souterrain

Le cas courant correspond au mur travaillant en flexion verticale entre fondation et dalle de couverture. L'ensemble de l'ouvrage fonctionnant comme une structure fermée.

Les encastresments en pied de bilame seront réalisés par une solution de type A ou B.

Les liaisons verticales seront articulées.

La liaison entre les murs et la dalle de couverture sera considérée comme encastrée.

3.237 Murs coupe feu

Ils sont dimensionnés aux ELU (suivant les conditions fixées par les DPM).

Le mur coupe feu réalisé à l'aide de bilame peut être réalisé suivant plusieurs principes statistiques :

- Mur en console encastré en pied complètement indépendant des structures avoisinantes
- Mur de remplissage entre poteau béton porteur
- Mur rotulé en pied et en tête fixé à la charpente avoisinante

3.3 Stabilité au feu des structures

Les durées des critères d'exigence coupe-feu ou stabilité au feu d'un mur bilame sont justifiées par application des règles de calcul FB (DTU P 92-701) à l'ensemble du mur considéré comme homogène. En particulier, les éléments comprimés doivent être traités comme des éléments comprimés standards (cf. art. 7.1 et 7.3 des règles FB), les éléments fléchis perpendiculairement à leur plan comme des prédalles (cf. art. 7.4 des règles FB) et les poutres comme des poutres standards (cf. art. 7.5 des règles FB).

3.4 Etanchéité

3.41 Murs courants en superstructure

Pour les murs courants en superstructure, on distinguera la paroi extérieure soumise aux intempéries de la paroi intérieure.

3.411 Face extérieure

a) Murs de façade revêtus

Les murs isolés par l'extérieur ou revêtus d'un bardage ne nécessitent pas de traitement particulier du joint entre les bilames. Néanmoins une bande d'arrêt en mousse type GUTTA IMPRIMOUSSE ou toute autre bande de mousse polyuréthane à cellules ouvertes sera nécessaire uniquement pour assurer le blocage de la laitance lors du bétonnage.

b) Murs de façade bruts de fabrication, peints ou lasurés

Les murs restant brut de décoffrage ou lasurés nécessitent le traitement du fond de joint à l'aide d'un élastomère de première catégorie type SIKAFLEX CONSTRUCTION ou tout autre mastic élastique de classement SNJF F 25 E, mono composant à base de polyuréthane qui polymérise sous l'action de l'humidité de l'air est prévu pour le traitement des joints de façades préfabriquées exposées.

L'épaisseur du mastic doit être au moins de 2cm. La compatibilité du mastic élastomère et du cordon de fond de joint devra être vérifiée.

Le chanfrein doit rester marqué.

Dans tous les cas on veillera à la compatibilité du produit de traitement du joint et de la lasure ou peinture utilisée.

c) Mur de façade avec enduits

Cas des enduits hydrauliques

Les murs traités à l'aide d'un enduit hydraulique ou équivalent doivent faire l'objet des mêmes traitements de fond de joints que les murs restant bruts de décoffrage, peints ou lasurés. La compatibilité du mastic élastomère et de l'enduit hydraulique devra être vérifiée.

Cas des enduits d'imperméabilisation (RPE)

Les murs traités à l'aide d'un RPE ou équivalent qui couvrent les joints ne doivent pas faire l'objet des mêmes traitements de fonds de joints que les murs restant bruts de décoffrage, peints ou lasurés. La zone du chanfrein peut être remplie à l'aide d'un mortier.

Dans les deux cas, le chanfrein peut rester marqué. S'il est recouvert par l'enduit, le joint doit être complètement fermé et recouvert d'un entoilage.

3.412 Face intérieure

Pour les locaux ne présentant pas de contraintes particulières le traitement du joint est réalisé à l'aide d'un enduit souple type KATAROC PREDALLES.

Le joint peut aussi rester non traité si ce dernier vient à être masqué par un bardage ou un doublage ou si les contraintes architecturales ne nécessitent pas sa fermeture. Un système de d'obturation de type cordon de mousse pourra être mise en place comme fond de joint à la pose des murs, pour empêcher les fuites de laitance lors du bétonnage.

3.42 Murs courants en infrastructure

3.421 Face extérieure

a) Face accessible

Pour parer aux infiltrations provoquées par les eaux de ruissellements, les joints verticaux et horizontaux en contact avec le remblai sont traités avec un mortier type SIKA MONOTOP 612 F ou un mortier de réparation mono-(ou bi-) composant à base de ciment (et de résine) et complétés d'une bande bitumineuse auto-adhésive type SIKA MULTISEAL ou une bande bitumineuse auto-adhésive à froid, résistante à la déchirure et à l'eau, et apte à protéger le joint du contact direct des terres et des eaux de ruissellement.

Un drainage sera systématiquement mis en œuvre pour collecter les eaux de ruissellements.

b) Face non accessible

Dans le cas où cette paroi n'est pas accessible, le traitement du joint extérieur se fera par la mise en œuvre au montage des bilames d'un joint GUTTA IMPRIMOUSSE sur le chant de la paroi extérieure, ou toute autre bande de mousse polyuréthane à cellules ouvertes imprégnée et autocollante. L'étanchéité du joint sera complétée par un bétonnage en continu dans la zone du joint vertical.

3.422 Face intérieure

La face intérieure sera traitée selon les mêmes critères que les parements intérieurs des murs en superstructure.

3.43 Murs avec pression hydrostatique

3.431 Face extérieure contre terre

a) Paroi accessible

Les joints verticaux et horizontaux sont fermés avec un joint souple type SILYGUTT 3B, ou tout autre mastic élastique de classement SNJF F 25 E, apte à résister aux pressions hydrostatiques. Le joint est protégé par l'application d'une bande bitumineuse auto adhésive à froid, résistante à la déchirure et à l'eau, et apte à protéger le joint du contact direct des terres et des eaux de ruissellement.

b) Paroi non accessible

Les joints extérieurs ne sont pas traités. Seul un cordon d'étanchéité de mousse imprégnée sur le chant de la paroi extérieure est mis en place. Le béton du noyau coulé en place combiné à la paroi intérieure accessible assurent seuls l'étanchéité dans la masse. Les aciers de liaisons d'encastrement entre panneaux sont disposés de façon à être enrobés d'au moins 3cm de béton coulé en place. Les solutions de type B pour la définition du plan d'étanchéité ne sont pas compatibles avec ce cas de figure.

3.432 Face intérieure

a) En contact avec l'eau

Les joints verticaux et horizontaux sont fermés avec un joint souple type SILYGUTT 3B appliqué sur un FOND DE JOINT SIKA, ou tout autre mastic élastique de classement SNJF F 25 E apte à résister aux pressions hydrostatiques.

Dans le cas d'un contact avec de l'eau potable, les joints sont fermés avec un mastic apte à résister aux pressions hydrostatiques et ayant un agrément d'alimentarité.

Le joint horizontal entre le bilame et le radier peut présenter une engravure afin de pouvoir traiter de manière correcte le contact béton préfabriqué / béton coulé en place.

b) En contact avec un milieu agressif

Les joints verticaux et horizontaux sont fermés avec un joint souple type SIKAFLEX PRO 3WF appliqué sur un SIKA PRIMAIRE 3, ou tout autre mastic élastique de classement SNJF F 25 E, mono-composant à base de polyuréthane, et apte à résister aux pressions hydrostatiques et au contact de solutions agressives telles que les eaux usées, les lisiers et les purins.

Le joint horizontal entre le bilame et le radier peut présenter une engravure afin de pouvoir traiter de manière correcte le contact béton préfabriqué / béton coulé en place.

3.44 Murs CF

Les murs coupe feu non exposés aux intempéries, ne nécessitent pas de traitement particulier du joint si ce dernier est inférieur à 2cm.

3.45 Murs de silos ou magasin de stockage

Pour le traitement des joints en contact avec de la matière à stocker on veillera à la comptabilité sanitaire de la nature des matériaux constituant le joint et des éléments stockés (agrément d'alimentarité à vérifier)

Les joints pour les silos de stockage de céréales sont réalisés avec un enduit ciment type SIKA MONOTOP 612F ou un mortier de réparation mono-composant à base de ciment.

3.46 Traitement de la tête des bilames

Les têtes de murs exposées aux intempéries sont protégées contre les infiltrations d'eau le long des plans de reprise de bétonnage entre les parois et le béton coulé en place par :

- Un chaperon béton
- Une couverture métallique

3.5 Finitions et aspect

Tous les panneaux présentent une surface brute de décoffrage.

3.51 Etat de surface

L'état de surface courant correspond à une surface brute de décoffrage contre moule.

Une des deux faces du bilame peut présenter un aspect structuré grâce à l'utilisation de matrice caoutchouc type REKLY ou équivalent.

Cependant la matrice doit respecter les conditions suivantes :

- Matrice de forme régulière (permettre le aboutage des matrices caoutchouc sur les tables de coffrages et permettre le calepinage de ces zones)

3.52 Teinte

L'homogénéité de la teinte des bilames n'est pas un paramètre qui peut faire l'objet d'une garantie.

4. Fabrication des Bilames

4.1 Caractéristiques des Bilames

- Largeur mini : 1,00 m
- Largeur maxi : 2,78 m
- Hauteur mini : 1,00 m
- Hauteur maxi : 8,00 m
- Epaisseur : voir tableau 1 en annexe
- Poids propre du bilame : 300 kg/m² (pour des lames de 6 cm d'épaisseur), le poids des armatures complémentaires venant en plus.

4.2 Etapes de la fabrication

Le mur Bilame est réalisé sur un site de la société titulaire, sur des tables métalliques fixes, à l'aide d'un outil assurant le retournement automatique des lames.

Les opérations de fabrication se déroulent de la façon suivante :

1^{ère} lame :

- 1) Projection manuelle d'un décoffrant par pulvérisation.
- 2) Pose des joues de coffrage de la première lame ainsi que des inserts, douilles, réservations et mannequins.
- 3) Fabrication du béton dans la centrale située sur le même site (voir rubrique béton).
- 4) Acheminement du béton par camion toupie.
- 5) Coulage du béton à l'aide du camion toupie et amenée du béton au travers d'une goulotte.
Le coulage se fait de façon continue ; le béton est réparti au râteau. Vibration si nécessaire à l'aide d'une aiguille vibrante électronique.
- 6) Mise en place de la totalité du ferrailage préalablement débité, monté dans l'atelier situé sur le site et muni des cales d'enrobage.
- 7) Insertion dans le béton frais des écarteurs assurant l'épaisseur du mur fabriqués suivant l'épaisseur prescrite et contrôle de l'enrobage des aciers.
- 8) Durcissement pendant 12 heures minimum avec chauffage éventuel suivant les conditions météorologiques.

2^{ème} lame :

- 9) Fabrication dite première lame sur un banc parallèle mais sans pose du ferrailage et des écarteurs.

Assemblage :

- 10) Transport, retournement et mise en place de la première lame munie de son ferrailage dans le béton encore frais de la deuxième ; centrage et réglage.
- 11) Enlèvement du pont de retournement.
- 12) Séchage et durcissement pendant 12 heures minimum avec chauffage éventuel suivant les conditions météorologiques.
- 13) Démoulage et stockage à plat sur aire prévue à cet effet. L'opération est effectuée à l'aide d'un pont roulant avec introduction de barres de levage en tube carré dans l'espace entre lames.

Livraison :

- 14) Opérations de transport et livraison du produit par semi-remorque, les panneaux étant transportés à plat. Transports verticaux possibles à la demande du client et pour les bilames à finition architectonique.

Contrôles de fabrication

Les contrôles de fabrication se situent à plusieurs niveaux.

Contrôles des matériaux mis en œuvre

- Contrôle des bétons :
Contrôles réalisés par des laboratoires extérieurs en ce qui concerne la formulation, les caractéristiques mécaniques ; contrôles internes sur la qualité des granulats du béton sorti de centrale, de la production en général.
- Contrôle des armatures :
Contrôles internes sur la fabrication des armatures en atelier.

Contrôle de qualité

La totalité de la production est contrôlée, avant expédition, par rapport aux limites des tolérances de fabrication décrites ci-dessous. Le contrôle porte sur :

- les dimensions des lames,
- la qualité du parement,
- la position des réservations,
- la conformité des armatures,
- la rectitude des parois.

Les tolérances de fabrication sont les suivantes :

- Tolérance longueur/largeur : +/- 10 mm.
- Tolérance planéité : 3 mm/m.
- Tolérance sur l'épaisseur des parois : -0/+5mm.
- Tolérance sur l'épaisseur des bilames : +/- 5 mm.
- Tolérance sur la position des réservations : +/- 10 mm
- Tolérance sur la rectitude des arêtes : +/- 5 mm
- Tolérance sur l'enrobage des armatures et des raidisseurs : +/- 5 mm

5. Manutention et transport

5.1 Manutention en usine

Les panneaux sont manutentionnés avec des ponts roulants, en position à plat par l'intermédiaire de tubes métalliques positionnés horizontalement dans le vide du bilame.

5.2 Transport

Les panneaux sont transportés à plat ou verticalement sur semi-remorques (environ 80 m² / voyage). Ils sont déchargés sur site et stockés sur chantier à plat ou verticalement par l'entreprise chargée de la mise en œuvre.

6. Mise en œuvre

6.1 Manutention et mise en œuvre sur site

Dans le cas des panneaux déchargés et stockés à plat, ces opérations s'effectuent par l'intermédiaire de barres positionnées entre les lames, ces dernières étant accrochées à quatre élingues. En cas de livraison et stockage verticaux, ces opérations s'effectuent à l'aide des crochets intégrés aux panneaux.

6.11 Relevage du panneau

Le panneau est déposé sur un plan incliné (tas de sable par exemple) de manière à pouvoir être repris en tête par les crochets de levage.

La largeur et la position de la partie saillante des boucles est telle que le crochet de l'élingue ne porte pas sur les têtes des lames.

6.12 Mise en place du panneau

Le panneau suspendu verticalement par les boucles de levage (après le retournement) est positionné à son emplacement et maintenu en place par des étais tire-pousse fixés au mur par l'intermédiaire de tirefonds vissés dans des douilles Vemo incorporées à la fabrication de l'élément.

6.13 Ferrailage

Pose des aciers complémentaires de liaison (joints verticaux ou horizontaux) ou aciers complémentaires de structure.

6.14 Coulage du béton de remplissage

Après pose des Bilames composant le mur (y compris les opérations de réglage) et pose des aciers, on procède à la mise en œuvre sans vibration du béton de remplissage fluidifié, par passes horizontales d'environ 0,80 m de hauteur.

6.15 Traitement des joints

Traitement des joints suivant leur exposition déterminée par la destination des panneaux (cf paragraphe 3.4)

7. Conditions d'exploitation du procédé

Les prestations de la société BATTÁIA sont les suivantes :

- Avant mise en fabrication :

Le calepinage des panneaux est effectué par la Société BATTĀĪA et soumis à l'approbation du BET du Maître de l'Ouvrage par le biais de l'entreprise. La conception et les calculs structuraux sont faits par le BET titulaire du marché, sur la base des spécificités du procédé. Le BET MSI de Montauban contrôle les calculs d'armatures lorsque des points particuliers se présentent (utilisation en poutre, en poutre-voile sur plusieurs travées, en mur sollicité perpendiculairement à son plan).

- Fabrication des pièces :

Les panneaux BILAMES sont fabriqués à partir de plans et détails approuvés : plans de calepinage, détails d'assemblage, plans de ferrailage. La fabrication et la livraison s'effectuent suivant les procédures décrites dans le dossier technique.

- Livraison et pose des pièces sur site :

La prestation de la société BATTĀĪA s'arrête à la livraison sur chantier. Le déchargement et la pose des panneaux sur chantiers sont de la responsabilité de l'entreprise qui doit les effectuer suivant les prescriptions du Maître d'œuvre, du Bureau d'études et du dossier technique, diffusées à la commande par le titulaire de l'Avis.

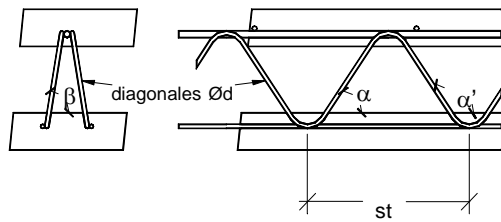
Celui-ci propose une assistance technique à la pose des premiers éléments et au coulage du béton complémentaire de remplissage.

B. Références

A ce jour, la société BATTĀĪA a réalisé plus de 350 000 m² de Murs Bilames.

Annexe I. Exemples de calcul de ρ_α

Avec les raidisseurs courants de section triangulaire, type Treillis Warren



$$\rho_\alpha = \rho_{\alpha'} = (2 \cdot A_d \cdot \sin\beta) / (st \cdot e)$$

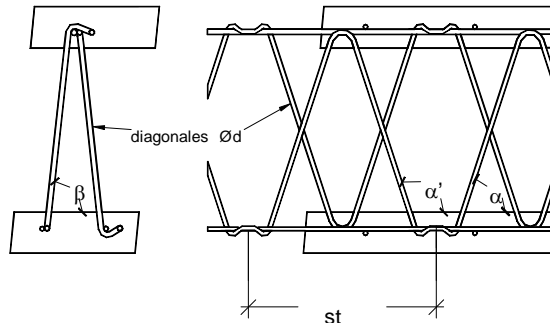
avec : A_d : sections d'une diagonale (m²)
 e : espacement des raidisseurs (m)
 st : pas de sinusoïde (m)
 β : inclinaison des diagonales dans le plan transversal

Par exemple pour :

- Espacement des raidisseurs = 60cm
- Diagonales \varnothing 5 mm
- Pas de la sinusoïde $st = 20$ cm
- $\beta = 86^\circ$, soit $\sin \beta = 0.997$

On obtient $\rho_\alpha = \rho_{\alpha'} = 0.0326 \%$

Avec les raidisseurs courants de section triangulaire avec double sinusoïde



$$\rho_\alpha = \rho_{\alpha'} = (2 \cdot A_d \cdot \sin\beta) / (st \cdot e)$$

avec : A_d : sections d'une diagonale (cm²)
 e : espacement des raidisseurs (m)
 st : pas de sinusoïde (m)
 β : inclinaison des diagonales dans le plan transversal

Par exemple pour :

- Espacement des raidisseurs = 60cm
- Diagonales \varnothing 6 mm
- Pas de la sinusoïde $st = 30$ cm
- $\beta = 86^\circ$, soit $\sin \beta = 0.997$

On obtient $\rho_\alpha = \rho_{\alpha'} = 0.0313 \%$

Annexe II. Principe de calcul des efforts résistants au niveau des liaisons entre murs à coffrage intégré

DETERMINATION DES EFFORTS SOLLICIANANTS

Contreventement

Cas 1 : reprise d'une charge ponctuelle horizontale sur un mur développant une bielle de compression.

Cas 2 : reprise d'une charge linéaire horizontale sur un mur développant n bielles de compression.

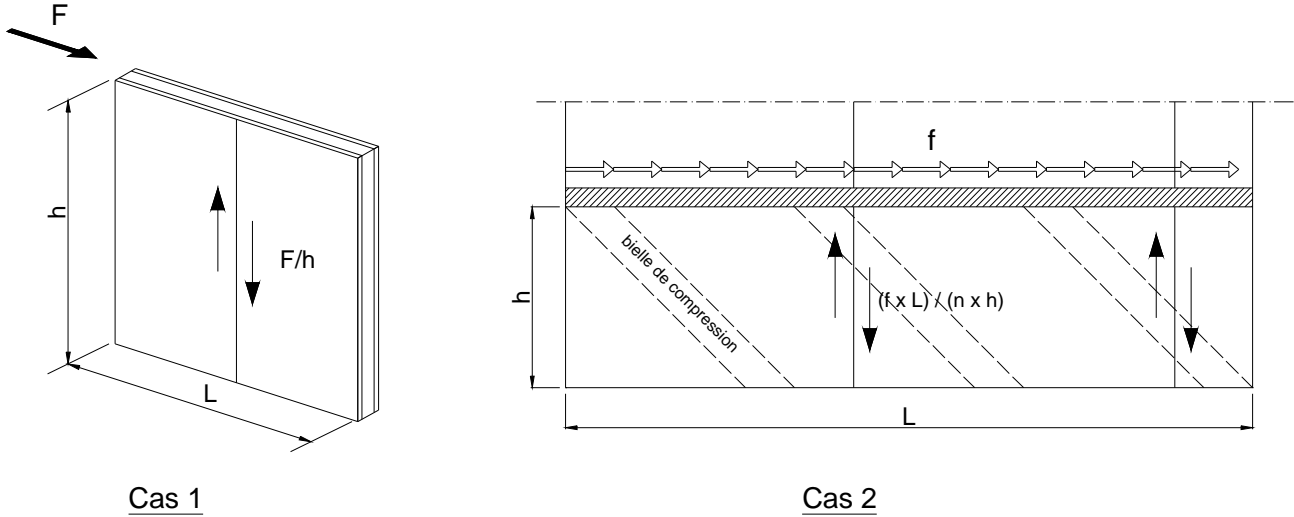


Figure II-1 : Effort sollicitant dans le cas d'un contreventement

Poutre voile

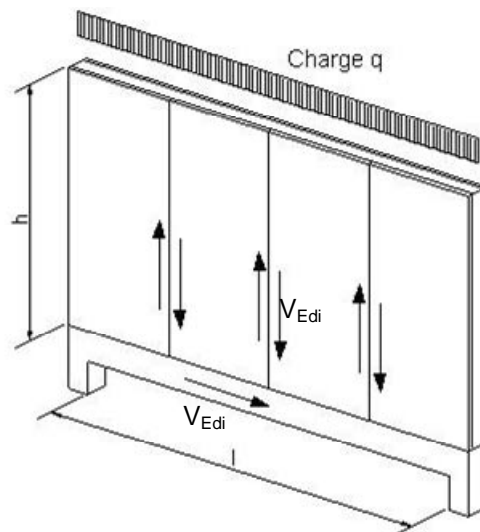


Figure II-2 : Effort sollicitant dans le cas d'une poutre-voile

$$V = q \cdot l / 2 = V_{\max}$$

$$V_{\text{Edi}} = V / \min(h ; l)$$

DETERMINATION DES EFFORTS RESISTANTS

Plans de rupture possible :

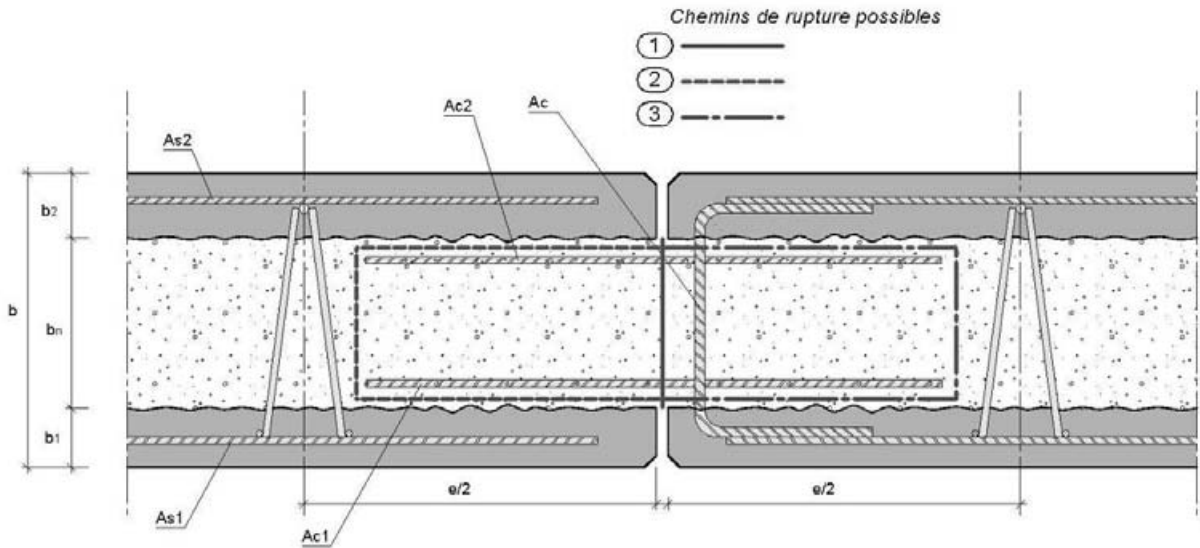


Figure II-3 : Schémas des chemins de rupture potentiels

En partant de la formule générale de l'Eurocode :

$$V_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha)$$

Nous obtenons pour le plan de rupture 1 :

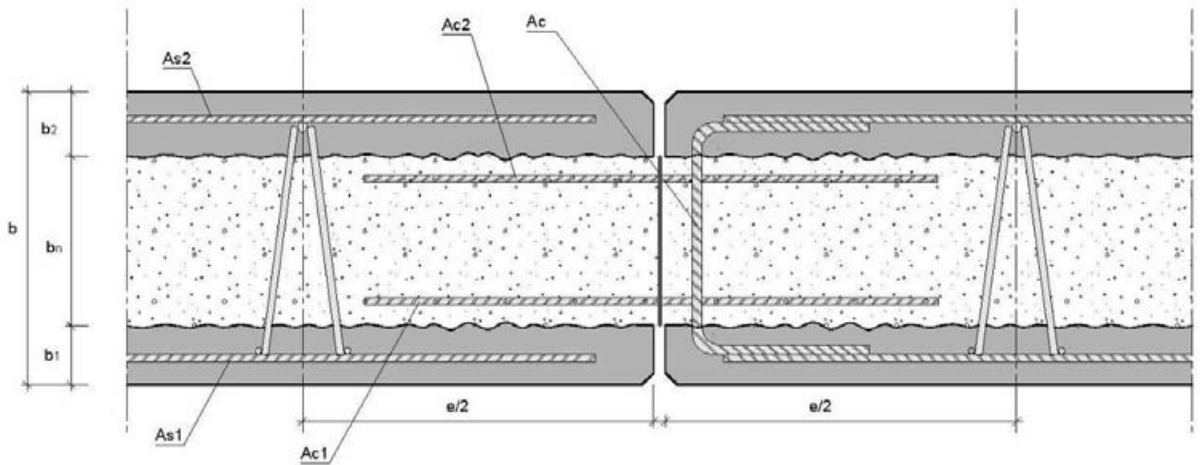


Figure II-4 : Chemin de rupture 1

$$V_{Rd1} = \left(c \cdot \frac{f_{t,n}}{\gamma_c} + \mu \cdot (\sigma_n + \rho \cdot \frac{f_e}{\gamma_s}) \right) \cdot S_n$$

avec : $\rho = \frac{(A_{c1} + A_{c2})}{S_n}$

Pour ce cas de figure nous prendrons :

ELU	Fond.	Accid.
c	1	0,5
μ	0,9	0,45

Nous obtenons pour le plan de rupture 2 :

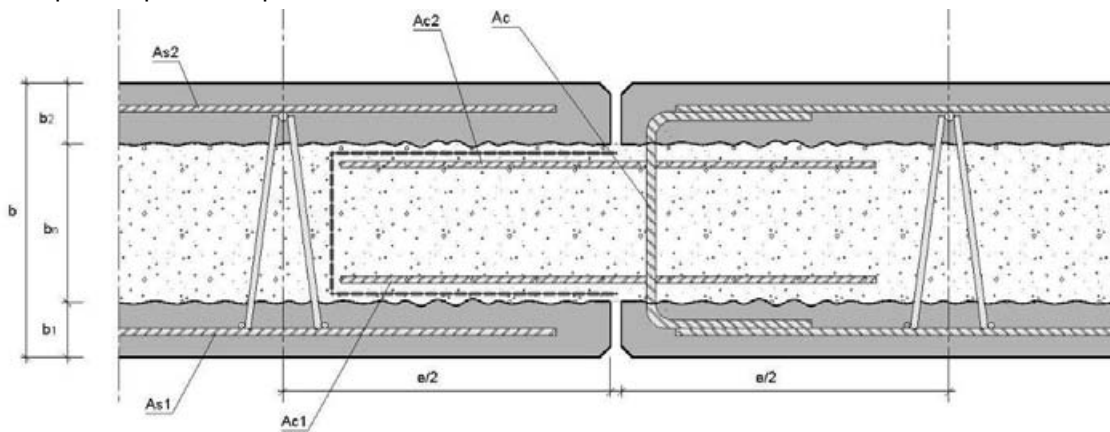


Figure II-5 : Chemin de rupture 2

$$V_{Rd2} = (c_a \cdot \frac{f_{t,n}}{\gamma_c} \cdot b_n + c_b \cdot \frac{f_{t,n}}{\gamma_c} \cdot 2 \cdot x + \mu \cdot \sigma_n \cdot b_n) \cdot l$$

avec x la distance de l'about d'armature à l'axe du joint

Pour ce cas de figure nous prendrons :

ELU	Fond.	Accid.
c_a	1	0,5
c_b	0,35/3	0,35/6
μ	0,9	0,45

Nous obtenons pour le plan de rupture 3 :

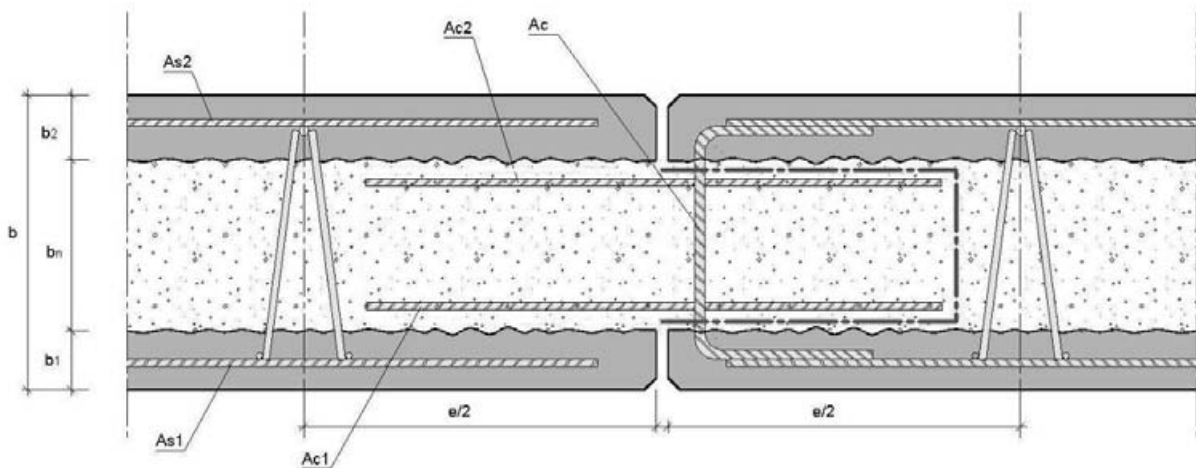


Figure II-6 : Chemin de rupture 3

$$V_{Rd3} = (c_a \cdot \frac{f_{t,n}}{\gamma_c} \cdot b_n + c_b \cdot \frac{f_{t,n}}{\gamma_c} \cdot 2x + \mu \cdot (\sigma_n + \rho \cdot \frac{f_e}{\gamma_s}) \cdot b_n) \cdot l$$

avec : x la distance de l'about d'armature à l'axe du joint

$$\rho = \frac{2A_c}{S_n}$$

Pour ce cas de figure nous prendrons :

ELU	Fond.	Accid.
c_a	1	0,5
c_b	0,35/2	0,35/4
μ	0,6	0,3

Tableaux et figures du Dossier Technique

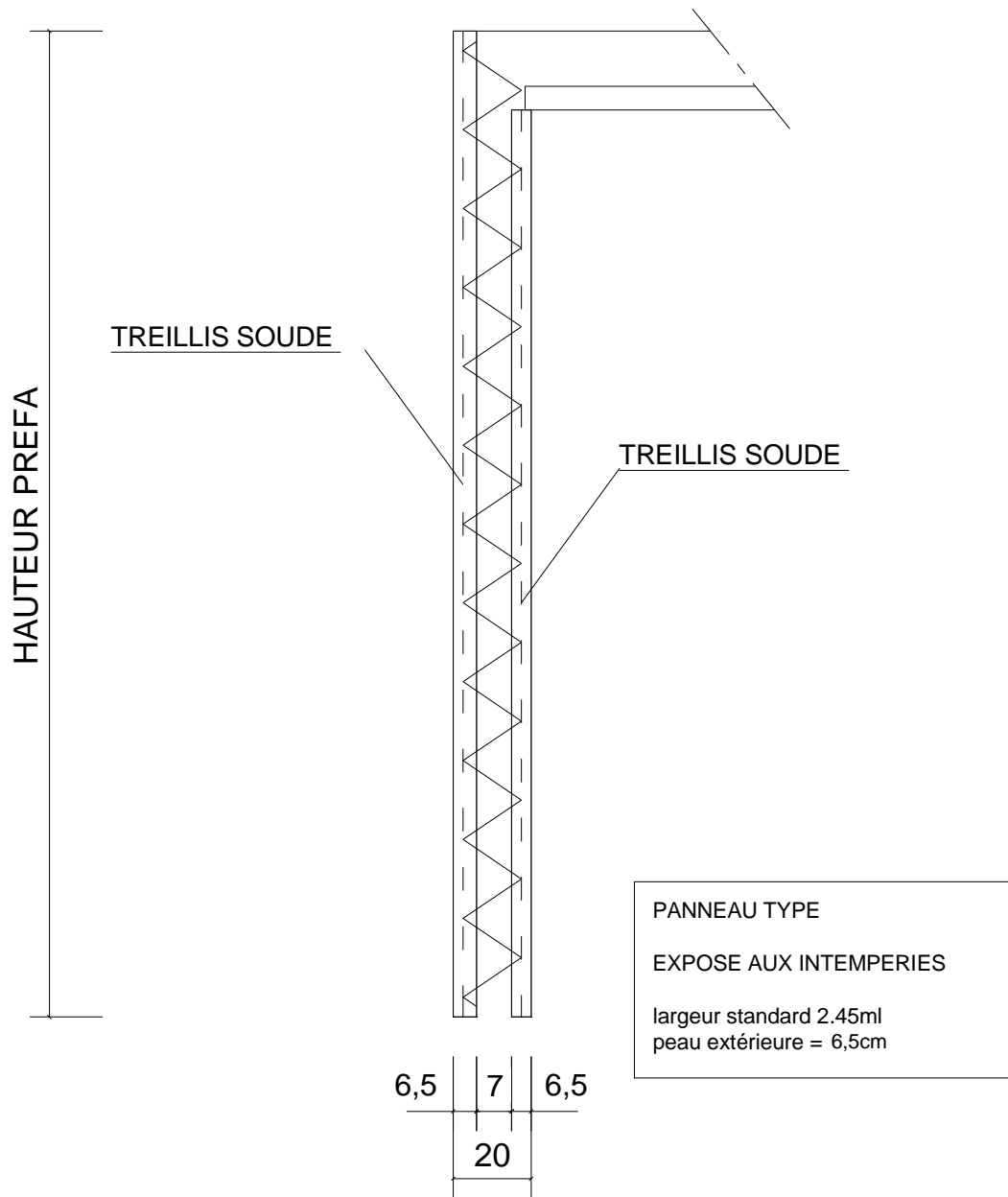
Tableau 1

Epaisseur du bilame (mm)	Epaisseur des parois (mm)			Ecartement des parois (mm)		Hauteur du raidisseur (mm)
	Extérieure exposée aux intempéries (A)	Extérieure non exposée (A*)	Intérieure (B)	Cas extérieure exposée (A)	Cas extérieure non exposée (A*)	
200	65	65	65	70	70	Δ140
220	65	65	65	90	90	Δ150
240	65	65	65	110	110	Δ170
250	65	65	65	120	120	Δ180
300	70	70	70	160	160	Δ230
360	80	80	80	200	200	240
400	80	80	80	240	240	300

Tableau 2 - Liste non exhaustive de chantiers ayant utilisé du Bilame

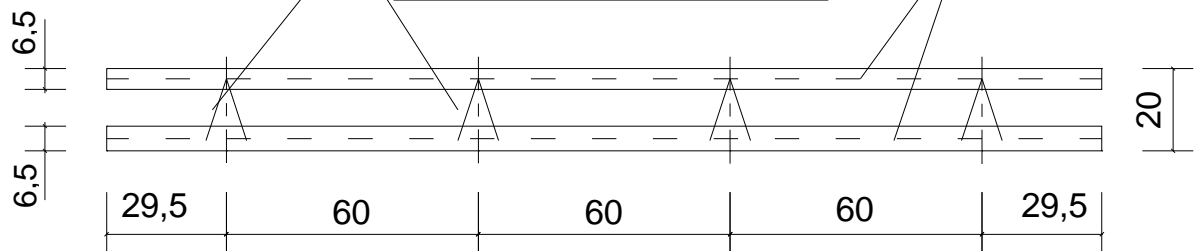
CLIENTS	ARCHITECTES	BUREAU D'ETUDE	BUREAU DE CONTROLE	CHANTIER	LIEU
SOGEA	R. DAGES	MAHENC SALVAGNAC ERT	SOCOTEC	CLINIQUE ST JEAN	TOULOUSE
RICHARD SATEM	BRUNET SAUNIER	RECALDE	SOCOTEC	BANQUE DE FRANCE	MONTPELLIER
SOCOTRAP THB	DESGREZ	OTCE	APAVE	HOPITAL DUCUING	TOULOUSE
HARRANGER	GPE COOP ATLANTIQUE	GUIBERT	CEP LA ROCHE	CENTRE CIAL BEAULIEU	LA ROCHELLE
I	PAINTANDRE COLZANI	SERIGE	SOCOTEC	IUT	BLAGNAC
BOURDARIOS BATAIA	SONNET RASPAUD	MAHENC SALVAGNAC	SOCOTEC	CCI	MONTAUBAN
NICCO FEDER MARBOURIN	BRUNERIE	SIC	BETEM	LECLERC	ROQUES/GARONNES
NICCO	PATARAZLIEV	LINOUE		SCI JOGA	TOULOUSE
BOURDARIOS	BRUNERIE	ERT	CEP	LECLERC	ST ORENS
			CEP	LECLERC	BLAGNAC
PLACIA	CAPELIER BOURDIOL	BEL	DGST	CENTRE DE LA PETITE ENFANCE	AGDE
SOGEA		ROFAX MAHENC SALVAGNAC	SOCOTEC	ISITV	TOULON
SPIE TONDELLA	GROUPE AXE	PLANTIER	SOCOTEC	ESPACE P. FABRE	CHAMBERY
ISSEUIL	BERNARD JOUBERT	SERIGE	CEP	PHARE DE CAHORS	CAHORS
DUMEZ	ARSENE HENRY TRIAUD	ATCE	SOCOTEC	NELLE ENSERB	BORDEAUX
RICHARD SATEM	LECHAT	VIAL		COLLEGE DU MONT DUPLAN	
AEMP	DE SANTI ZOPPIS	MAHENC SALVAGNAC	APAVE	CLINIQUE PT DE CHAUMES	MONTAUBAN
SAES	MARTINIC GOMBERT	SAES		ZAC DE L'HERS	TOULOUSE
BATAIA	SONNET	MAHENC SALVAGNAC	SOCOTEC	TALCO	MONTAUBAN
EI-BISSEUIL	CORLOUER & LINARES	MAHENC SALVAGNAC SIC	AINF	HOTEL DE POLICE	TOULOUSE
CULETTO	DE SANTI-ZOPPIS	BOURDARIOS	QUALI CONSULT	HOTEL DE POLICE	MONTAUBAN

COUPE VERTICALE

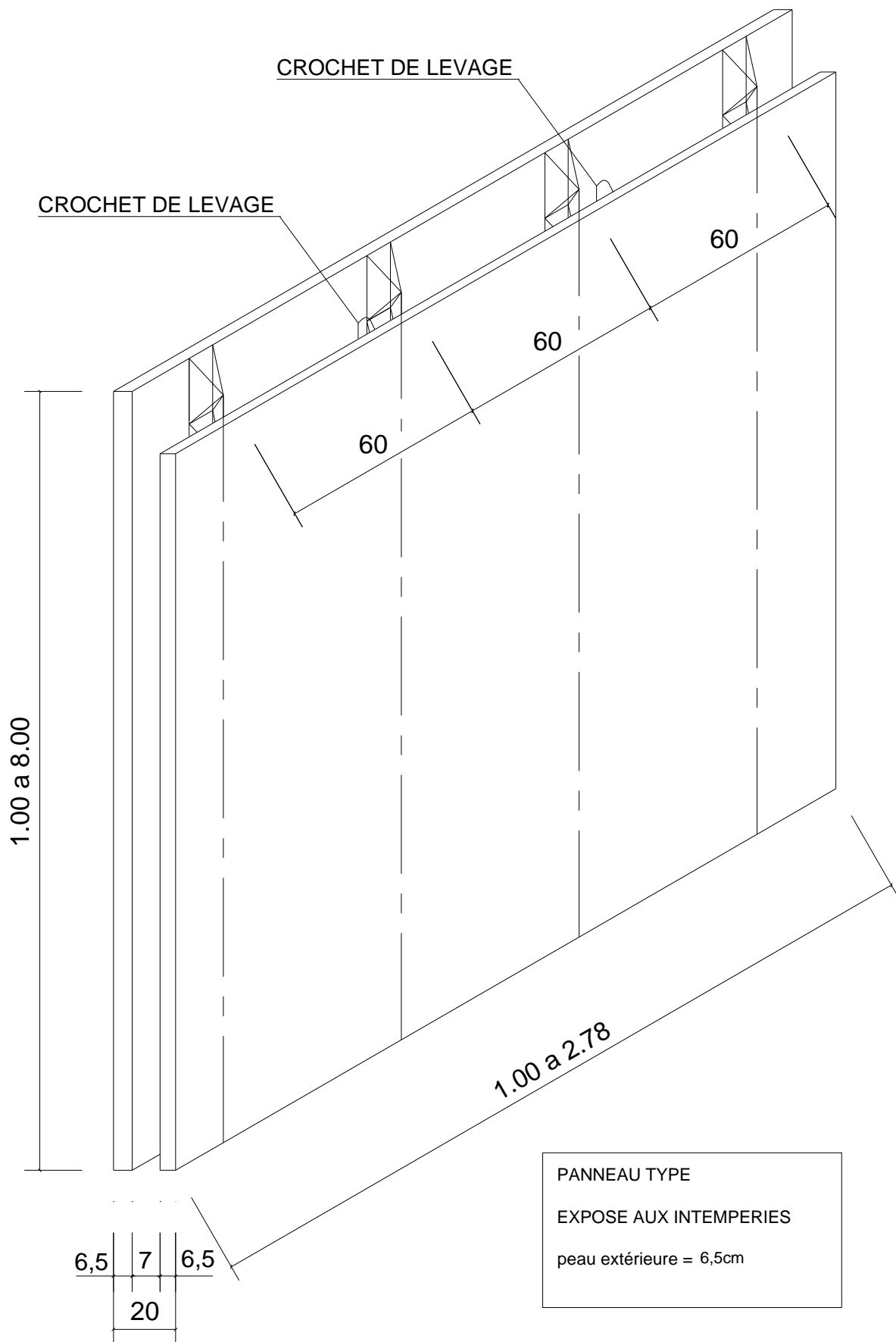


LIAISONS VERTICALES

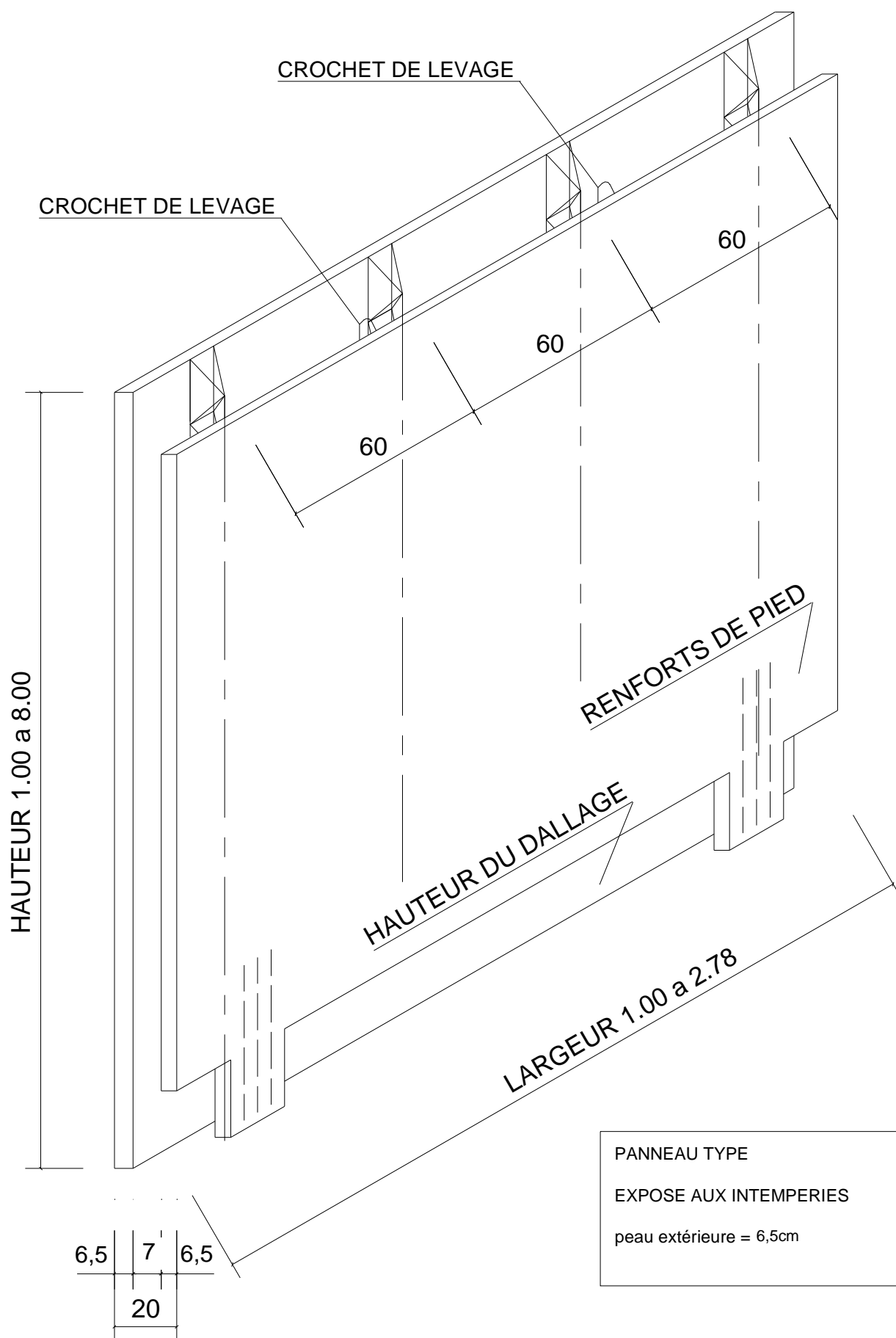
COUPE HORIZONTALE



LIAISONS VERTICALES

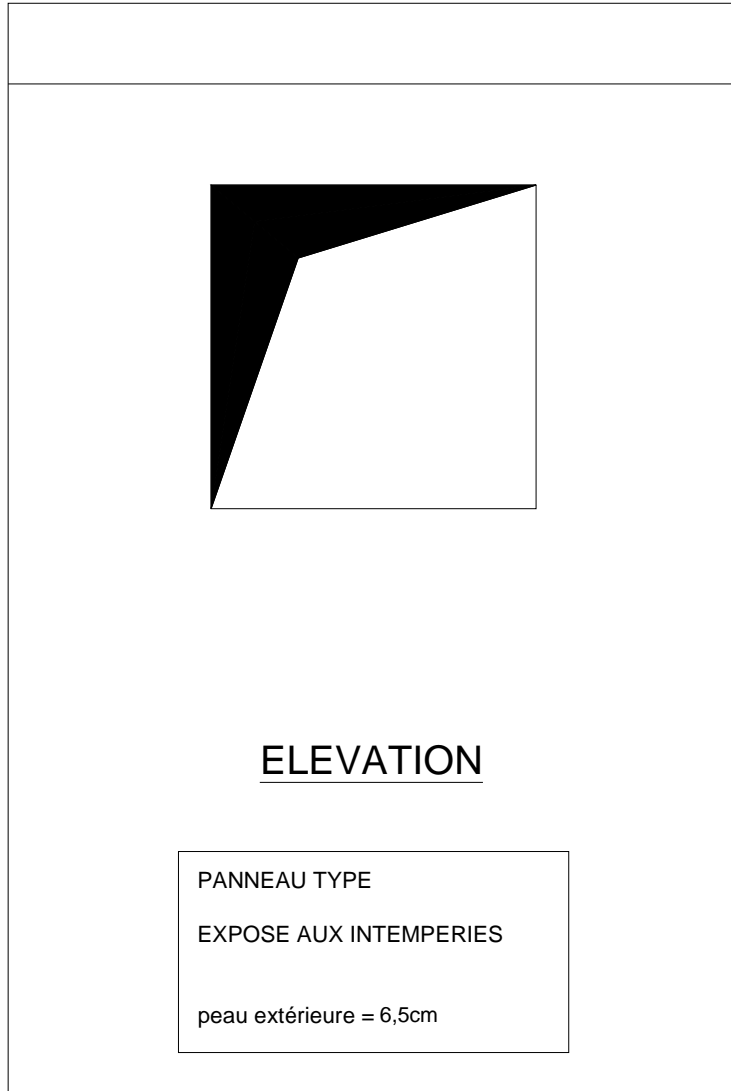
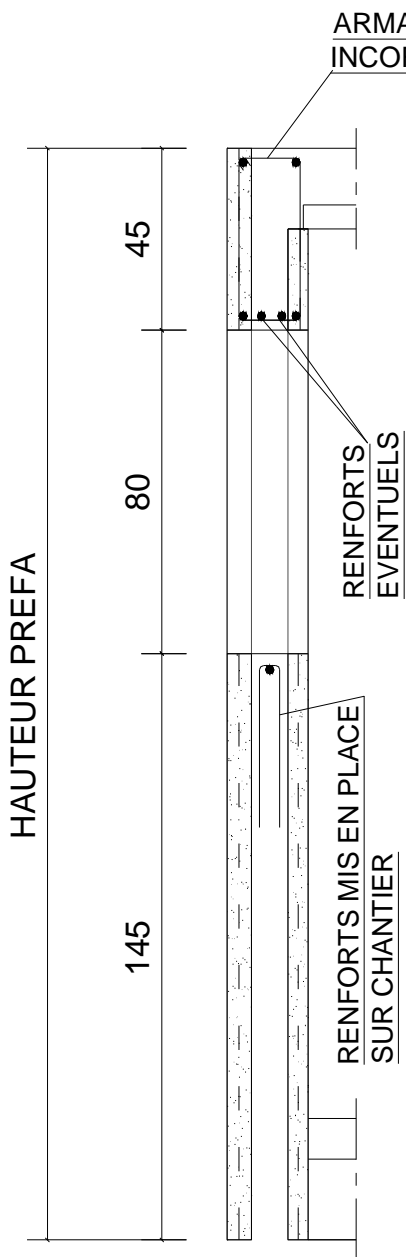


BILAME AVEC PIED

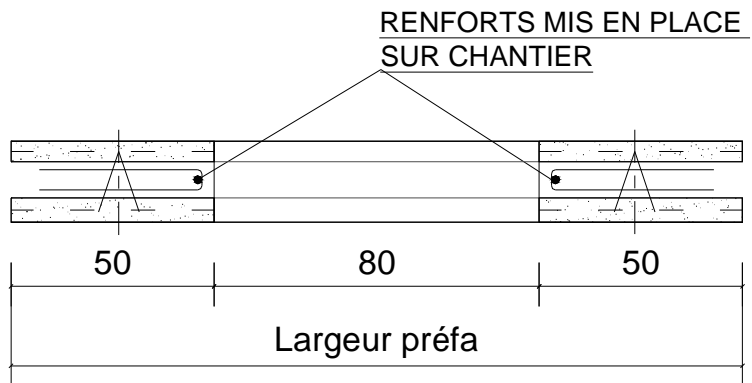
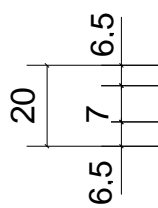


PANNEAU TYPE
EXPOSE AUX INTEMPERIES
peau extérieure = 6,5cm

PRINCIPE D'OUVERTURE DANS BILAME

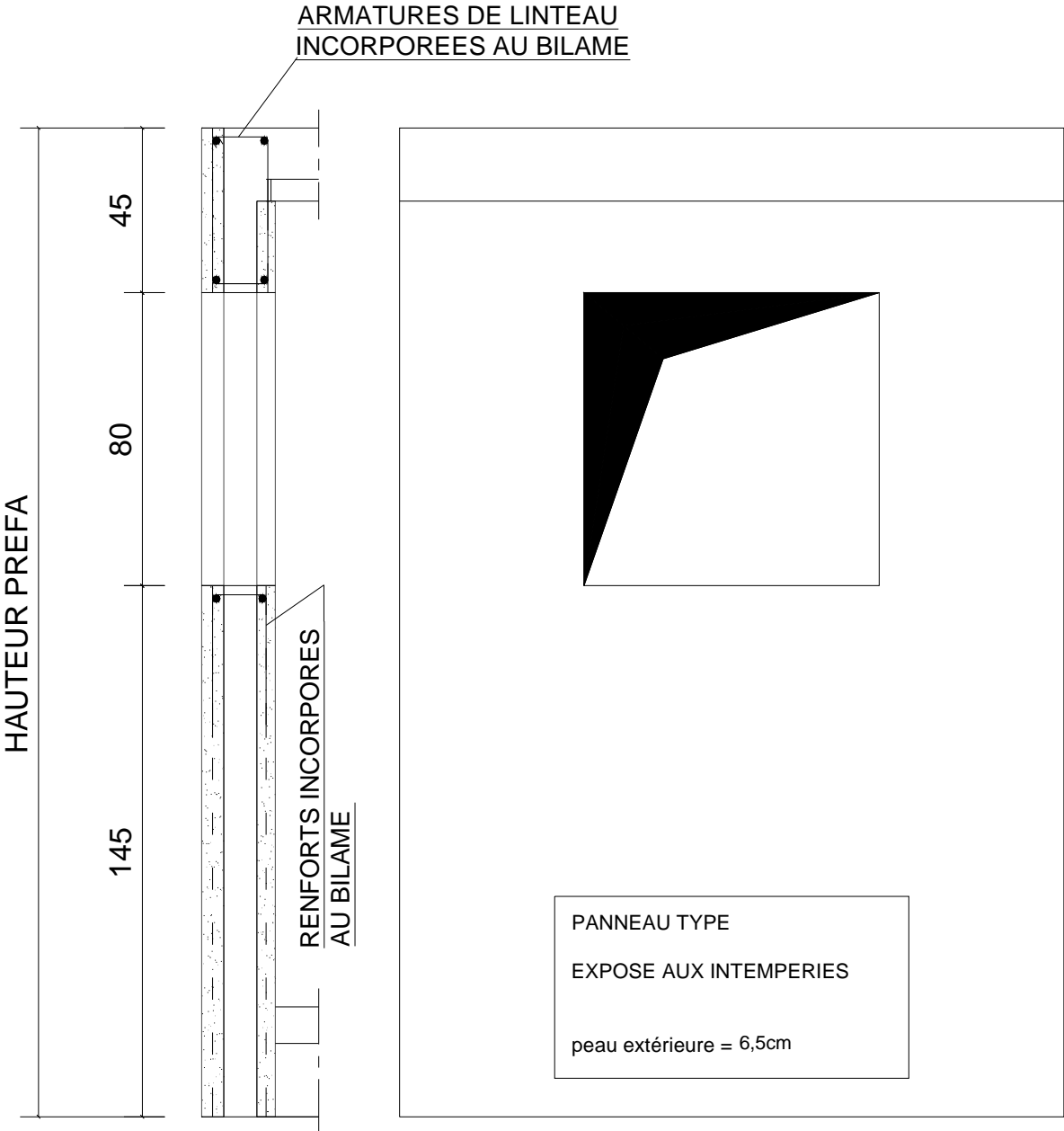


COUPE VERTICALE

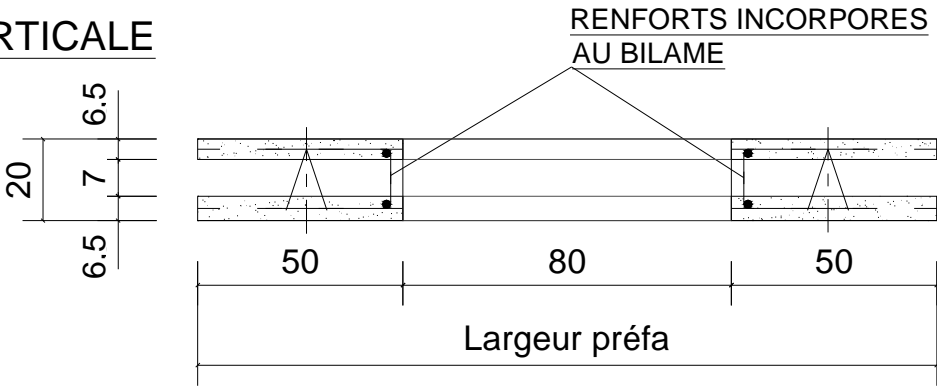


COUPE HORIZONTALE

PRINCIPE D'OUVERTURE DANS BILAME

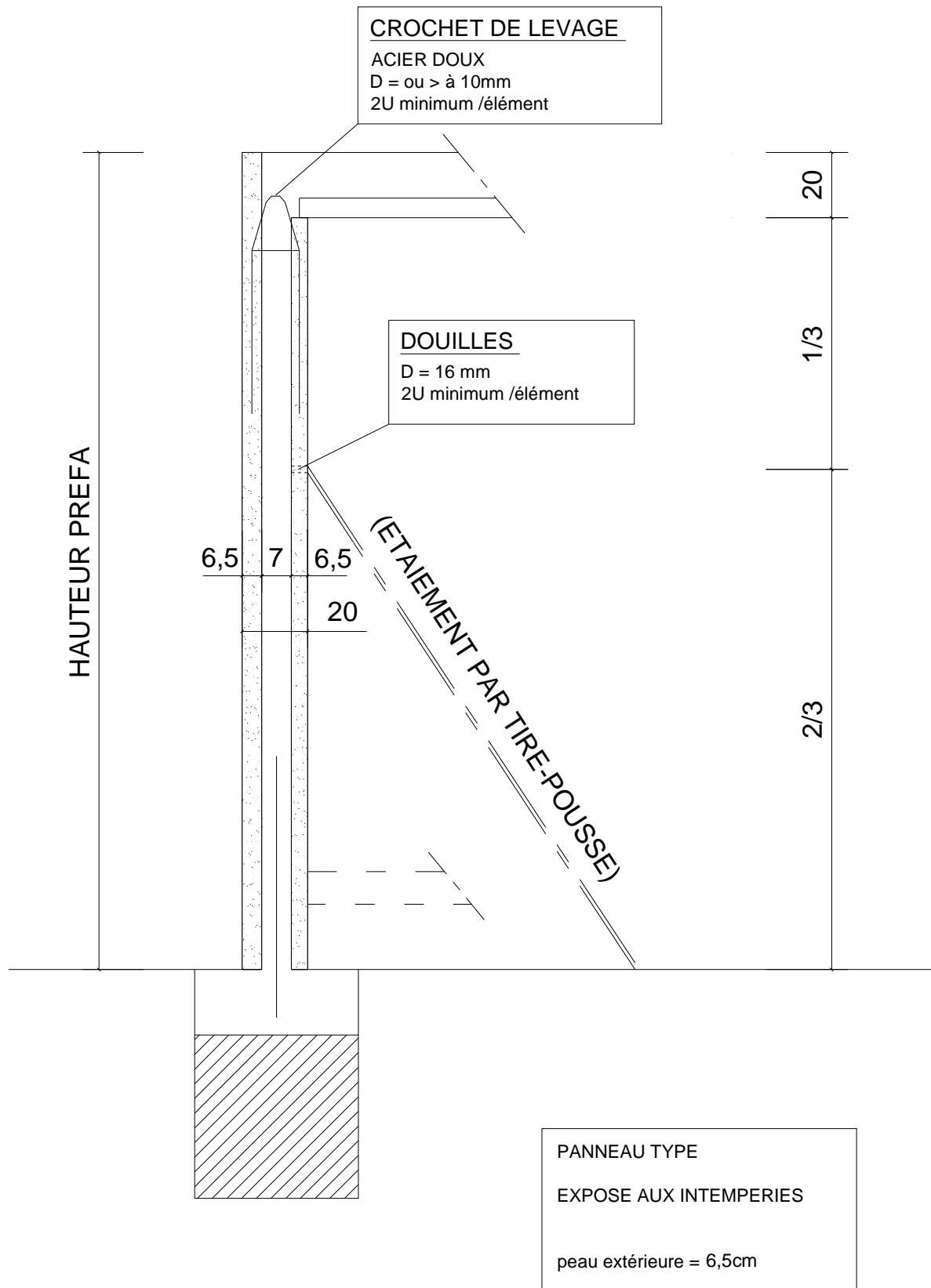


COUPE VERTICALE



COUPE HORIZONTALE

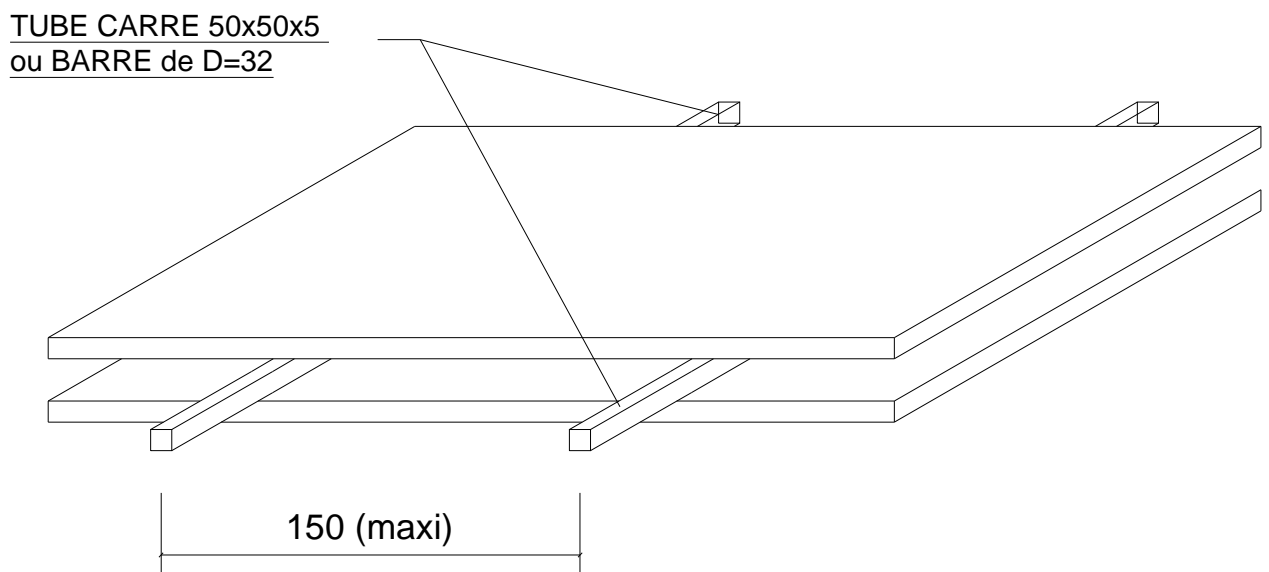
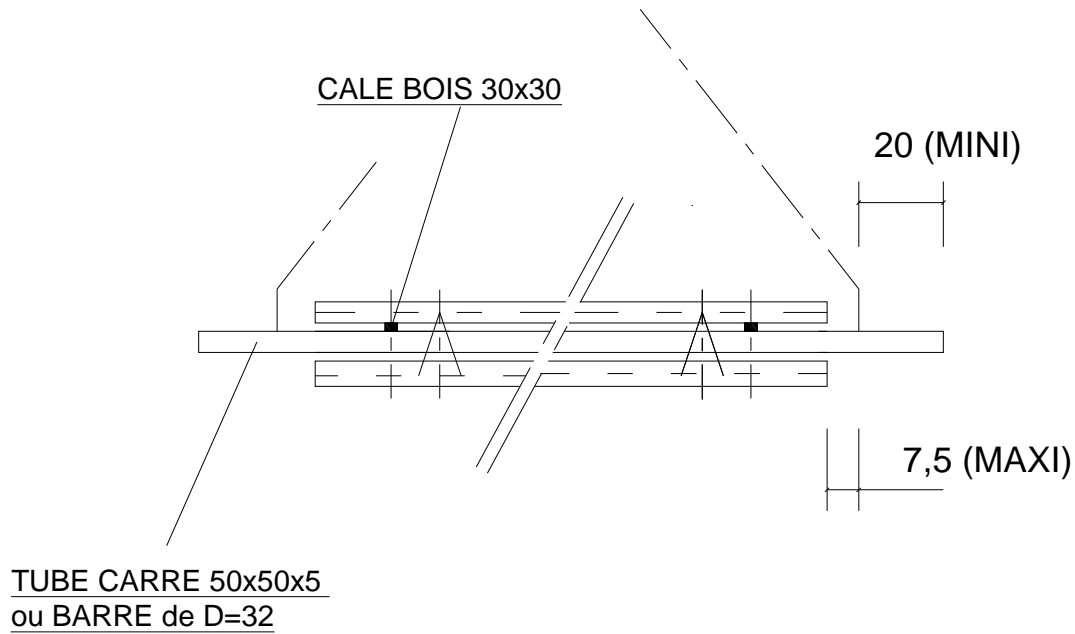
PRINCIPE D'ETAIEMENT SUR CHANTIER



DETAIL de LEVAGE du BILAME

(du stock vers le transport)

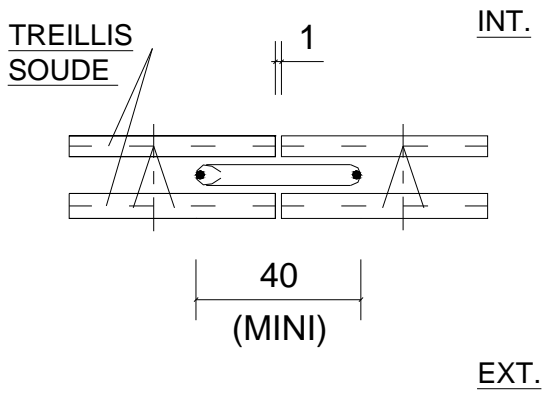
COUPE HORIZONTALE



DETAILS POSE

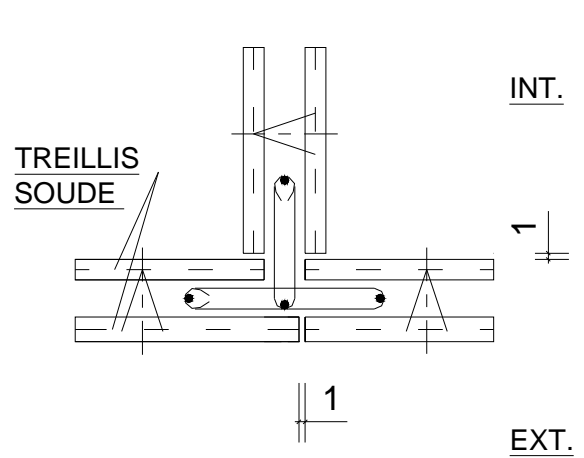
JOINT ENTRE BILAMES

VUE DE DESSUS



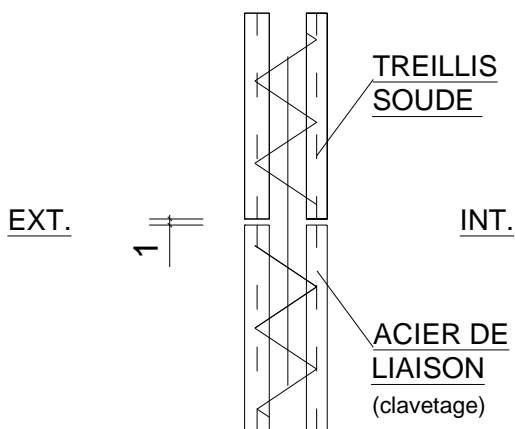
JOINT ENTRE BILAMES

VUE DE DESSUS



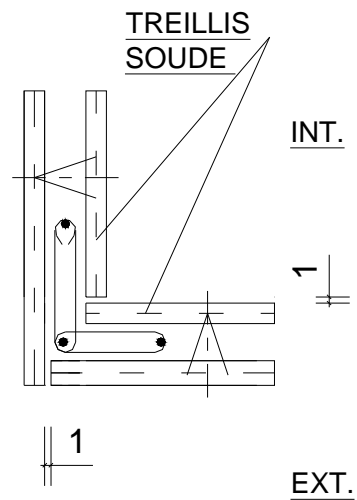
JOINT ENTRE BILAMES

ELEVATION



JOINT ENTRE BILAMES

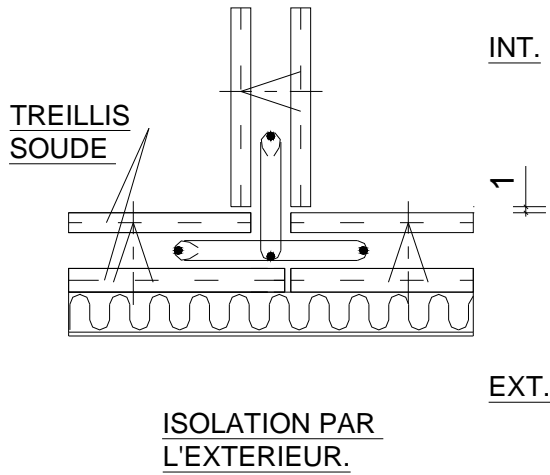
VUE DE DESSUS



DETAILS POSE

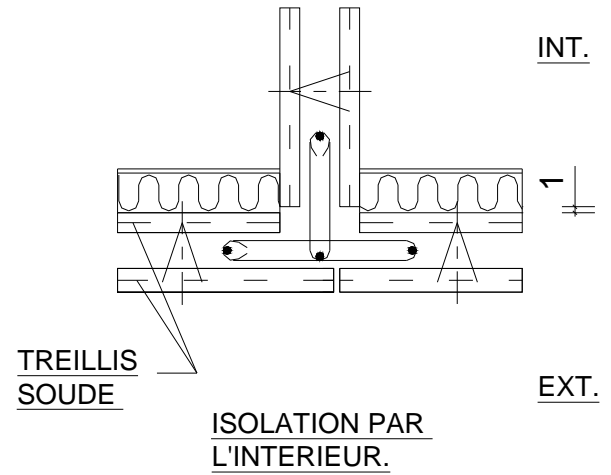
JOINT ENTRE BILAMES

VUE DE DESSUS



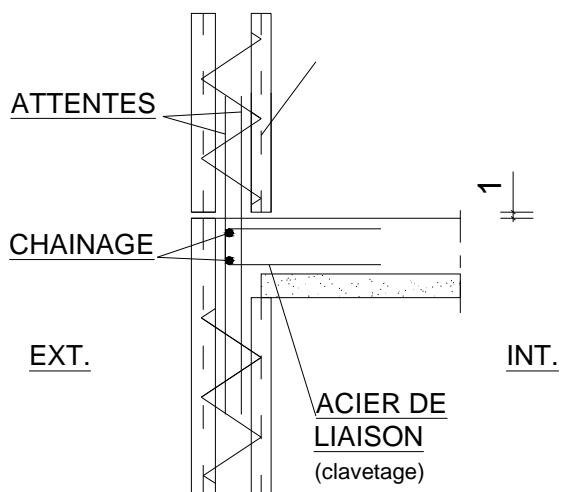
JOINT ENTRE BILAMES

VUE DE DESSUS



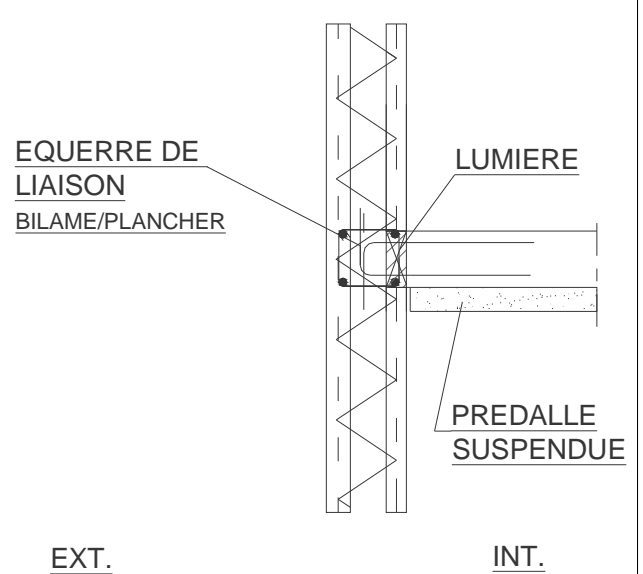
POSE PREDALLE SUR PEAU INTERIEURE

ELEVATION



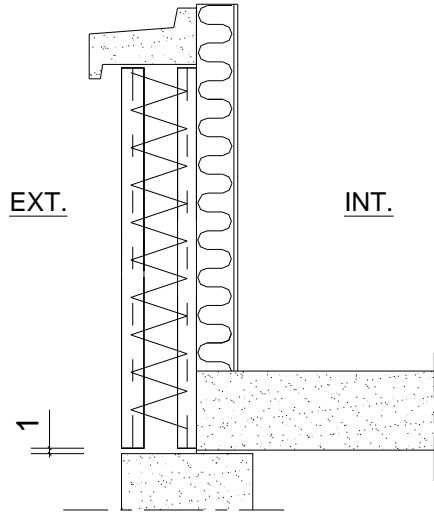
POSE PLANCHER PREDALLE SUSPENDUE

ELEVATION



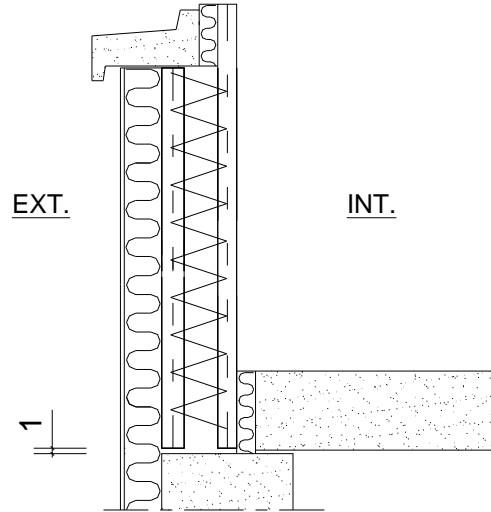
DETAILS POSE

POSE APPUI



ISOLATION PAR L'INTERIEUR.

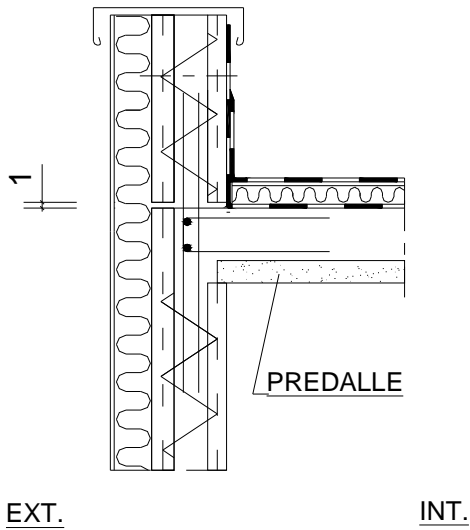
POSE APPUI



ISOLATION PAR L'EXTERIEUR.

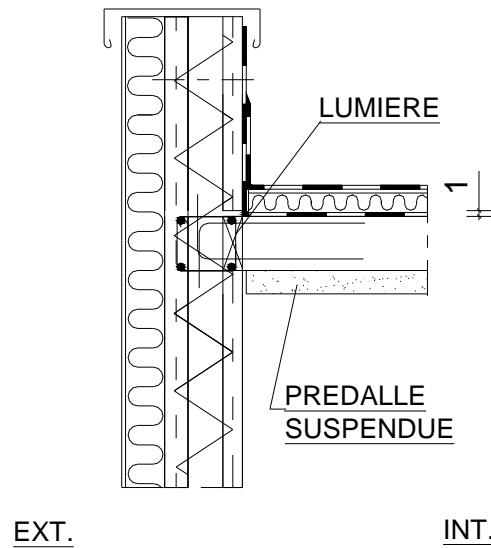
ACROTERE

ELEVATION



ACROTERE

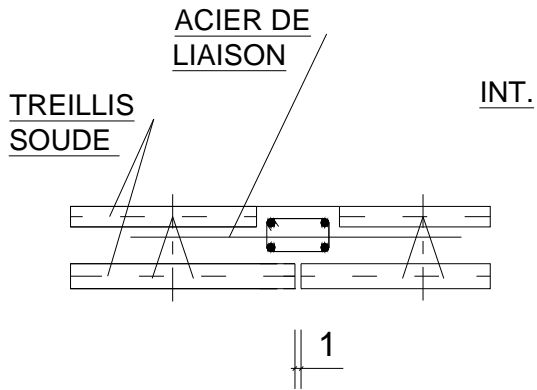
ELEVATION



DETAILS POSE

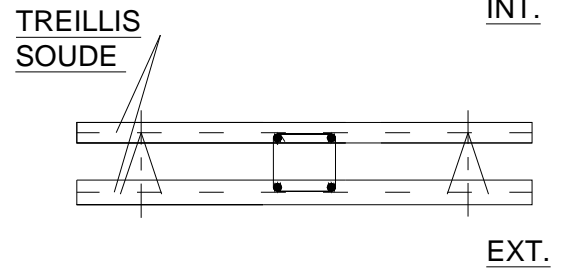
POTEAU entre DEUX
ELEMENTS
JOINT EN ZONE SISMIQUE

VUE DU DESSUS



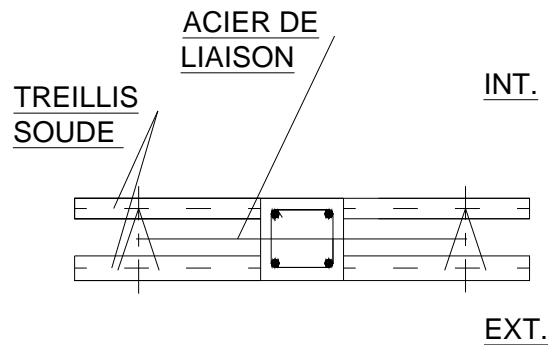
POTEAU DANS
L'EPAISSEUR du MUR

VUE DE DESSUS

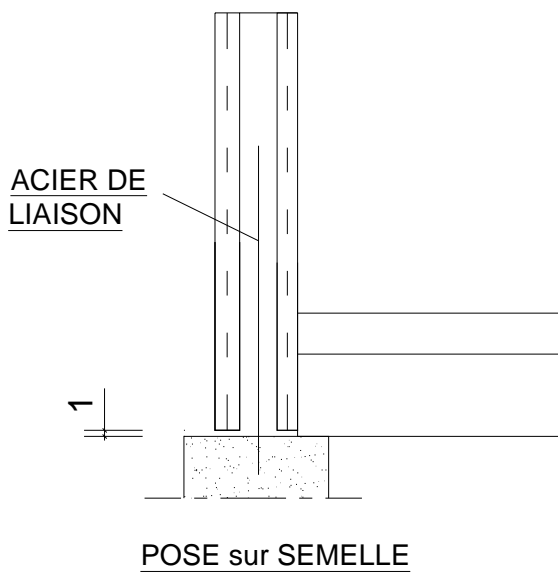


POTEAU DANS
L'EPAISSEUR du MUR

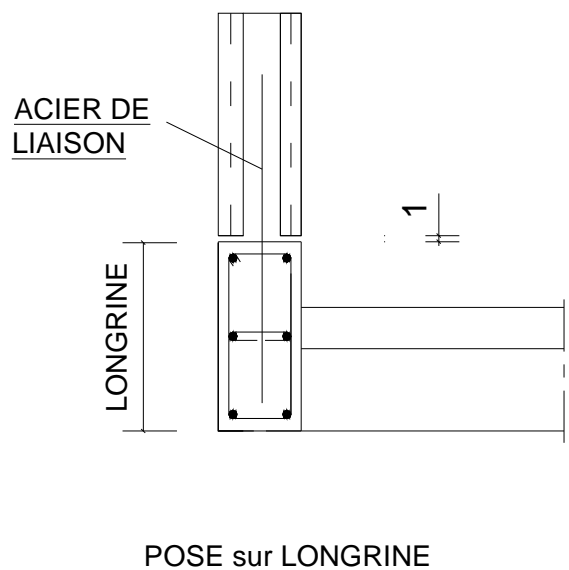
VUE DE DESSUS



PIED DE BILAME

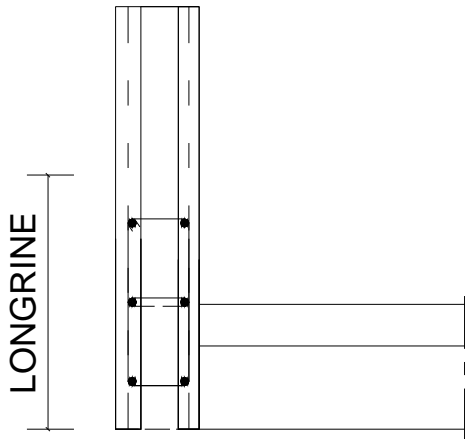


PIED DE BILAME



DETAILS POSE

PIED DE BILAME

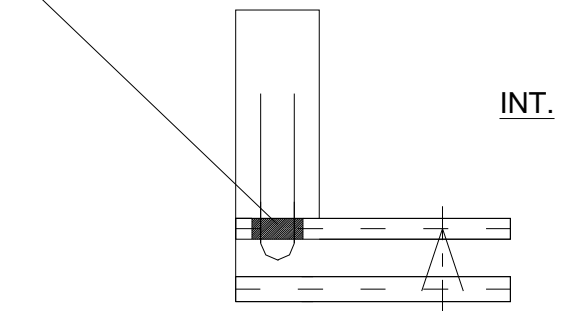


LONGRINE NOYEE EN PIED

BILAME / MUR BANCHE

VUE DE DESSUS

LUMIERES PONCTUELLES POUR PASSAGE ACIERS

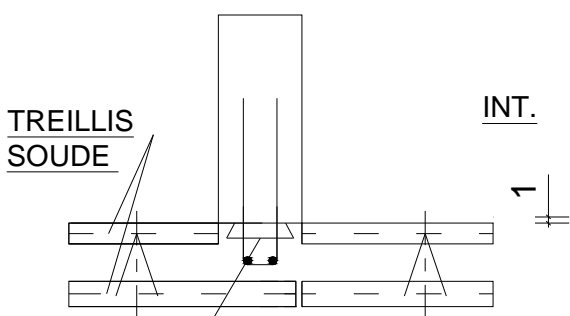


INT.

EXT.

BILAME / MUR BANCHE

VUE DE DESSUS



TREILLIS SOUDE

INT.

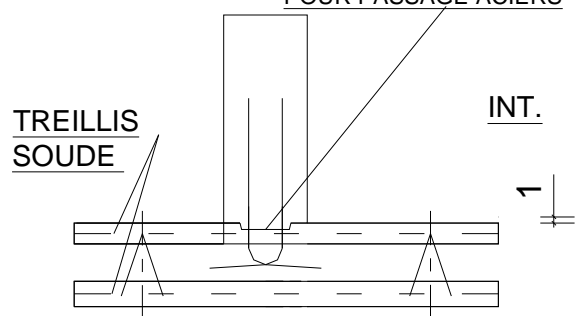
STABOX sur CHANTIER

EXT.

BILAME / MUR BANCHE

VUE DE DESSUS

DEFONCE de 2cm A CASSER S/CHANTIER POUR PASSAGE ACIERS



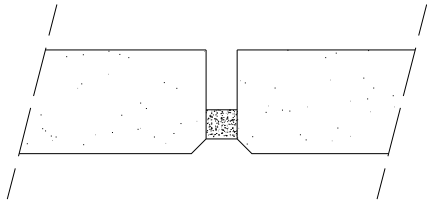
TREILLIS SOUDE

INT.

EXT.

DETAILS JOINTS

JOINT INTERIEUR



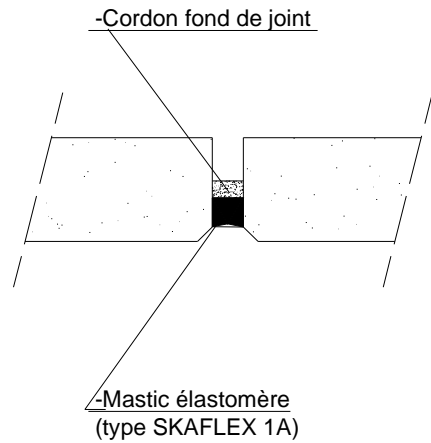
JOINT NON APPARENT:

-Mortier de Ragréage

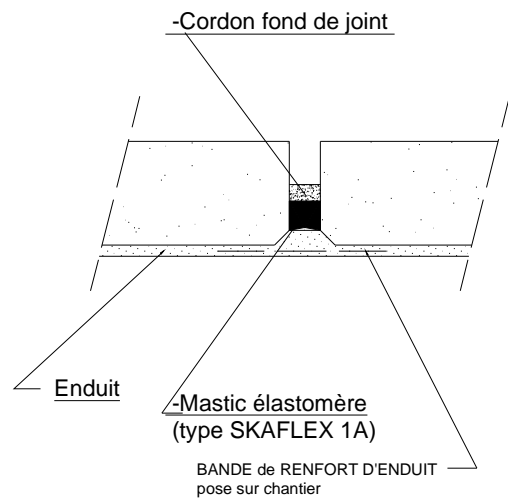
JOINT APPARENT:

-Garniture de Mastic

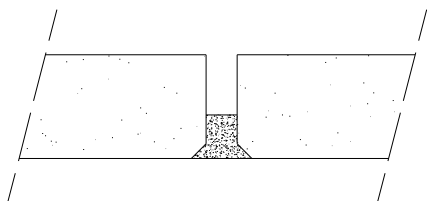
JOINT EXTERIEUR- FACADE



JOINT POUR ENDUIT



JOINT EXT. ENTERRE

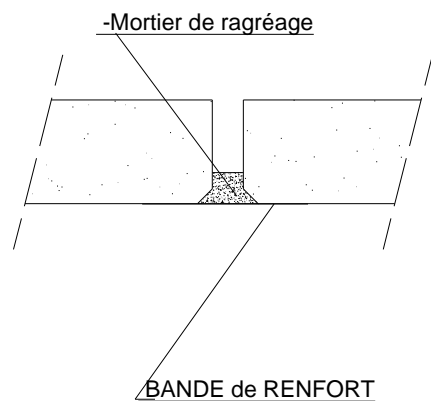


-Cordon de mousse de polyuréthane
imprégnée de
bitume ou caoutchouc synthétique

OU

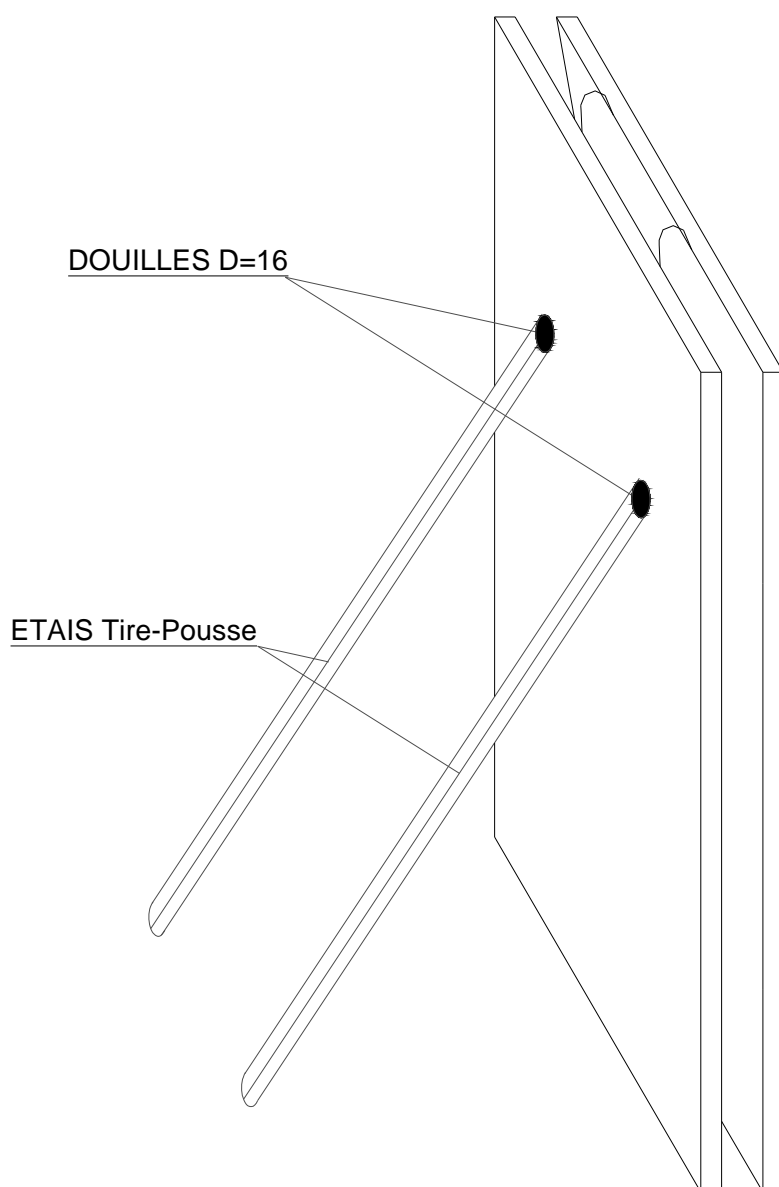
-Collage d'une membrane
d'étanchéité auto-adhésive

JOINT POUR REVETEMENT

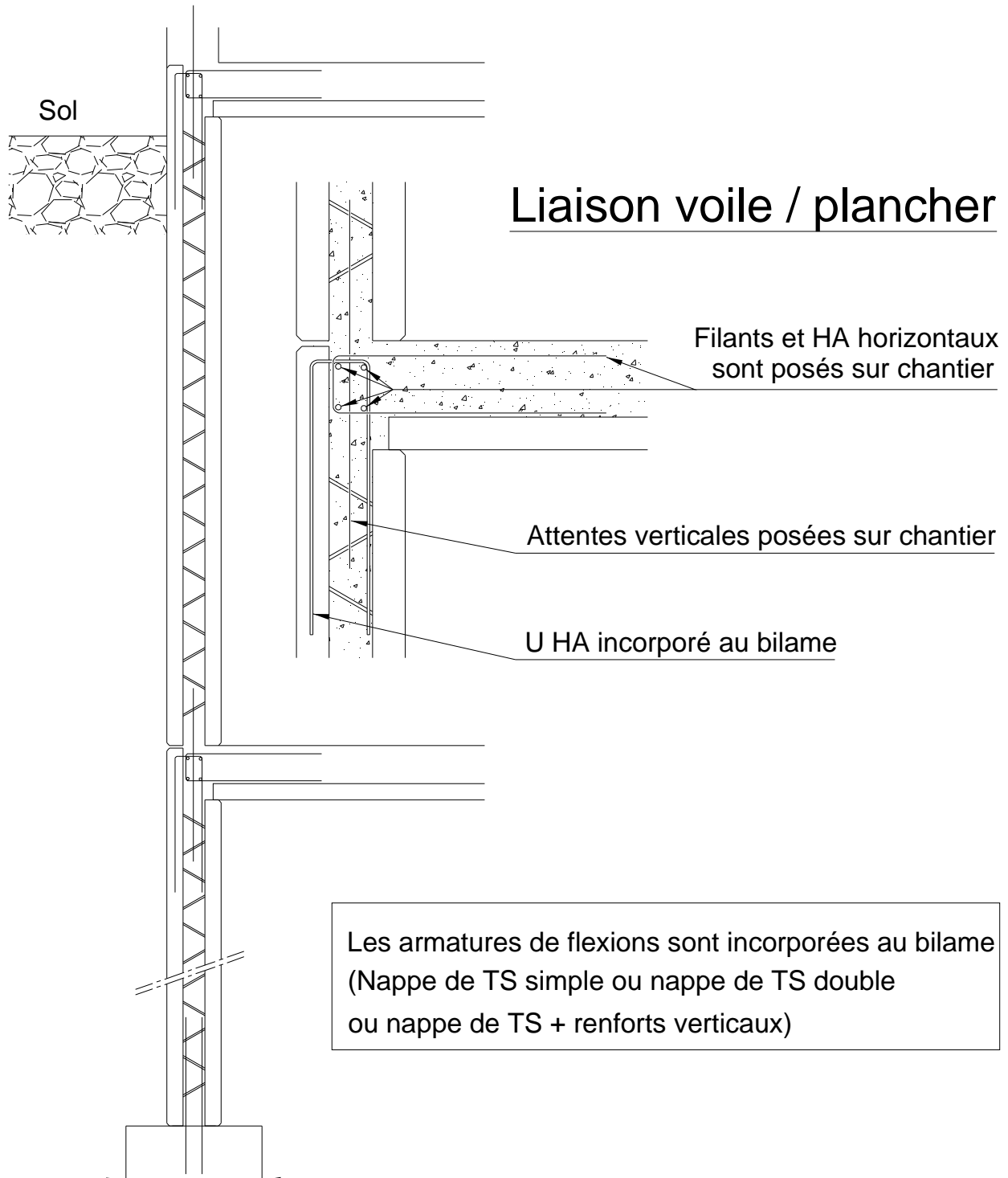


MISE en Place du BILAME

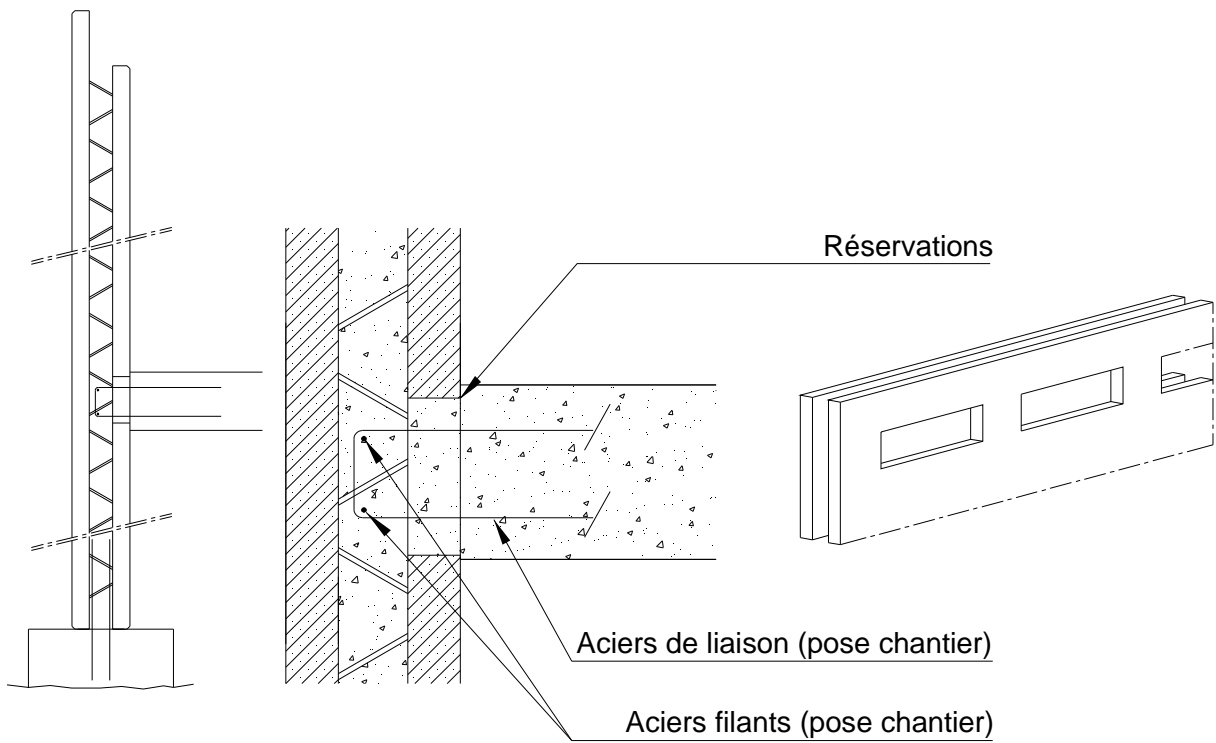
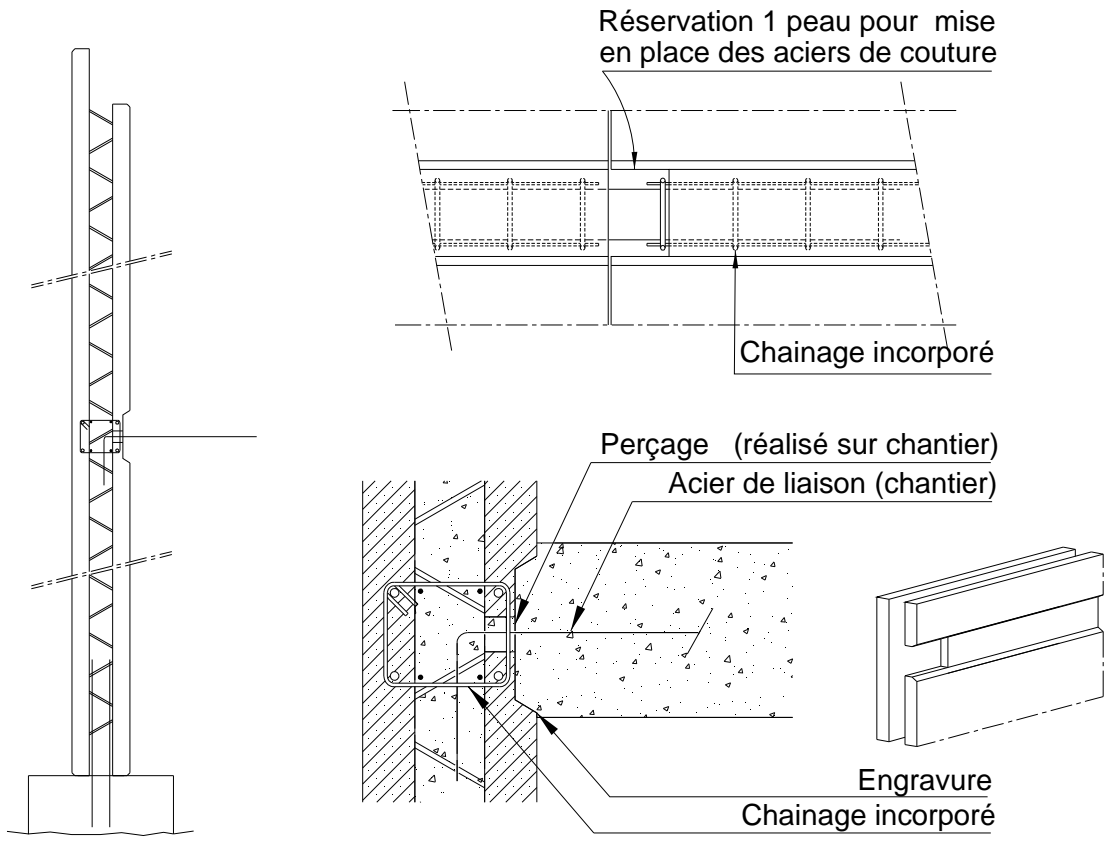
POUR RELEVER LE PANNEAU DE SA PHASE
HORIZONTALE A VERTICALE IL EST NECESSAIRE DE
PRE-INCLINER CELUI-CI (TAS DE SABLE).



BILAMES EN INFRASTRUCTURE
SUR 1 OU PLUSIEURS NIVEAUX



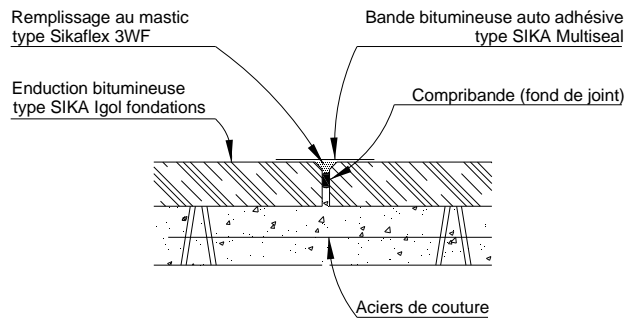
LIAISONS PLANCHERS



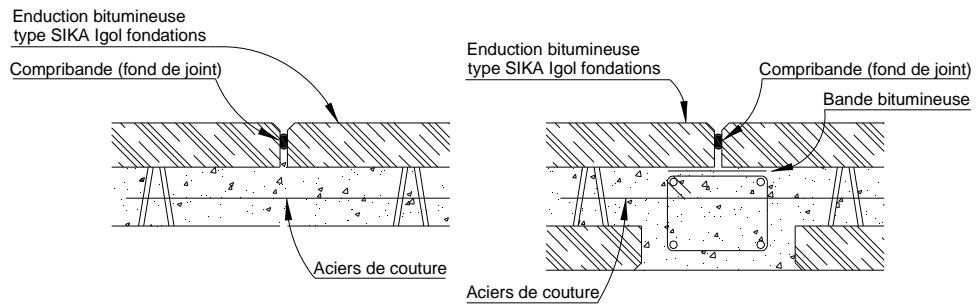
BILAMES COURANTS EN INFRASTRUCTURE
Traitement de joints
Disposition minimale sauf prescription d'étanchéité spécifique

FACE ENTERREE

Face accessible

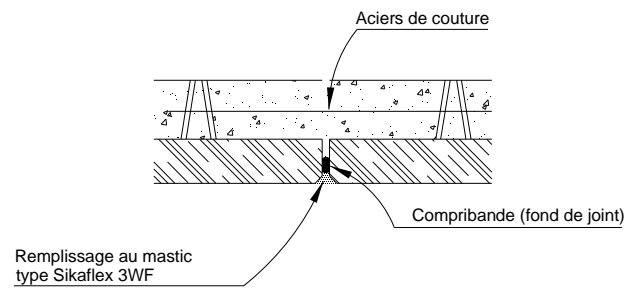


Face non accessible



FACE INTERIEURE

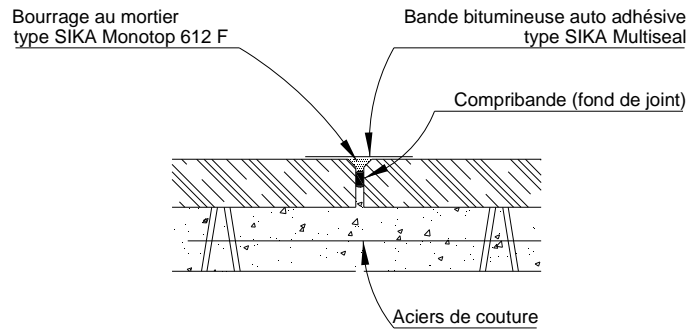
Eau sous pression ou contact avec milieu agressif



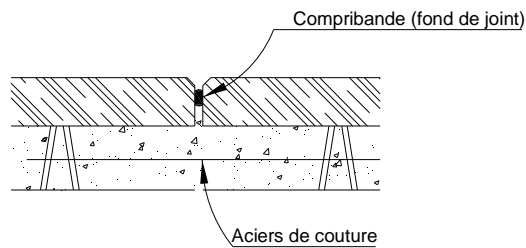
BILAMES SOUMIS A PRESSION HYDROSTATIQUE
Traitement de joints
Disposition minimale sauf prescription d'étanchéité spécifique

FACE ENTERREE

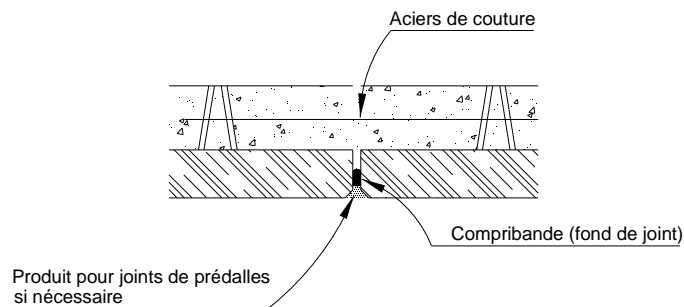
Face accessible



Face non accessible

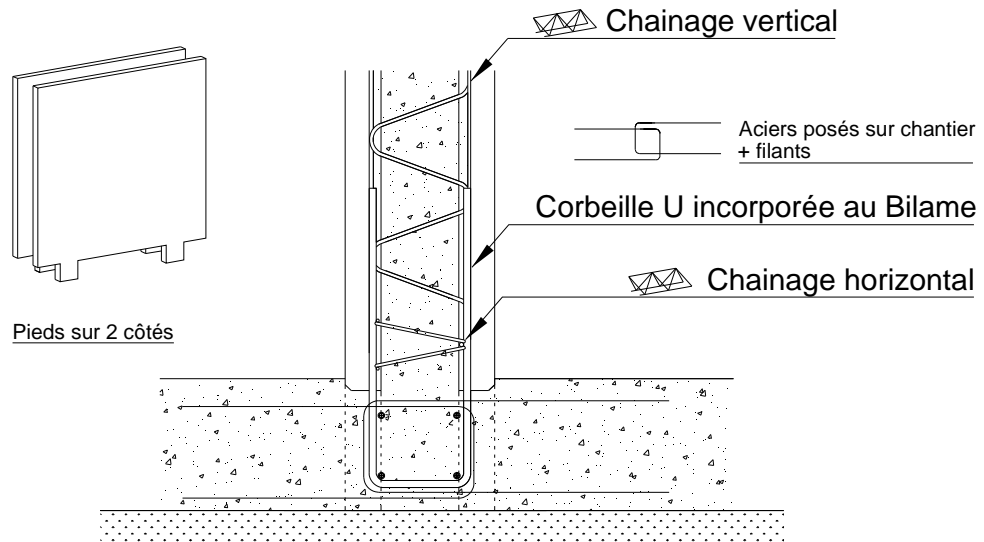


FACE INTERIEURE

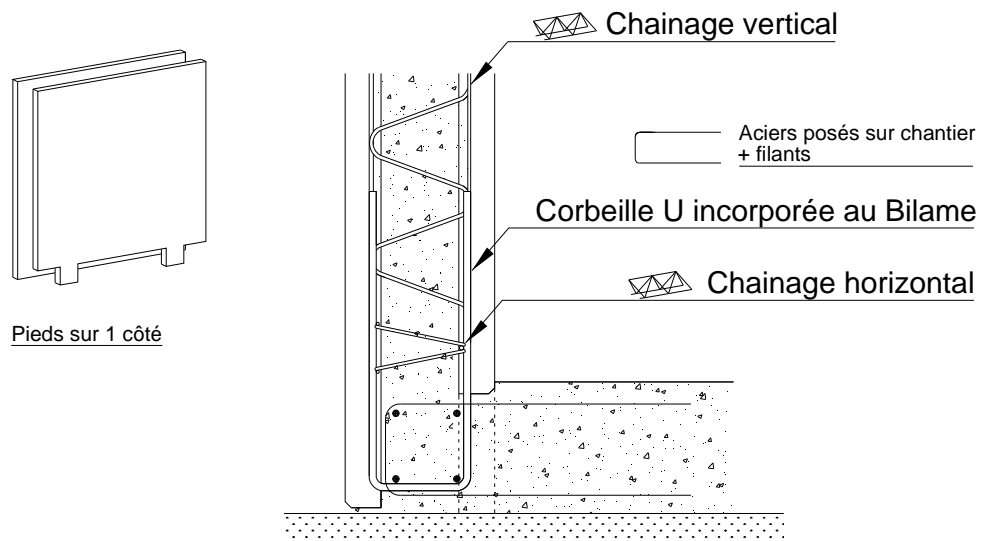


BILAMES COURANTS EN INFRASTRUCTURE
Encastrement en pieds

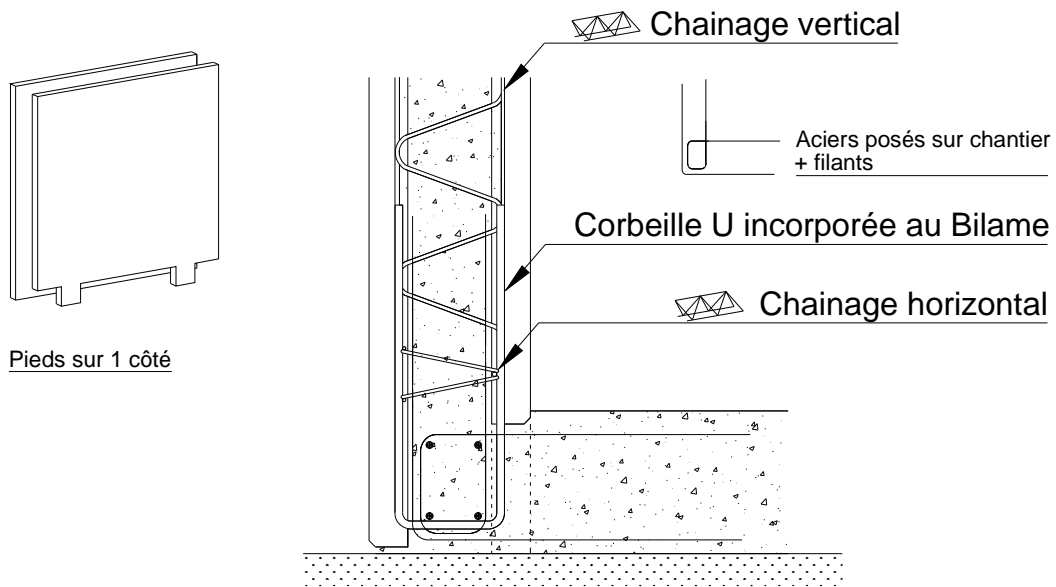
Solution A2



Solution A3

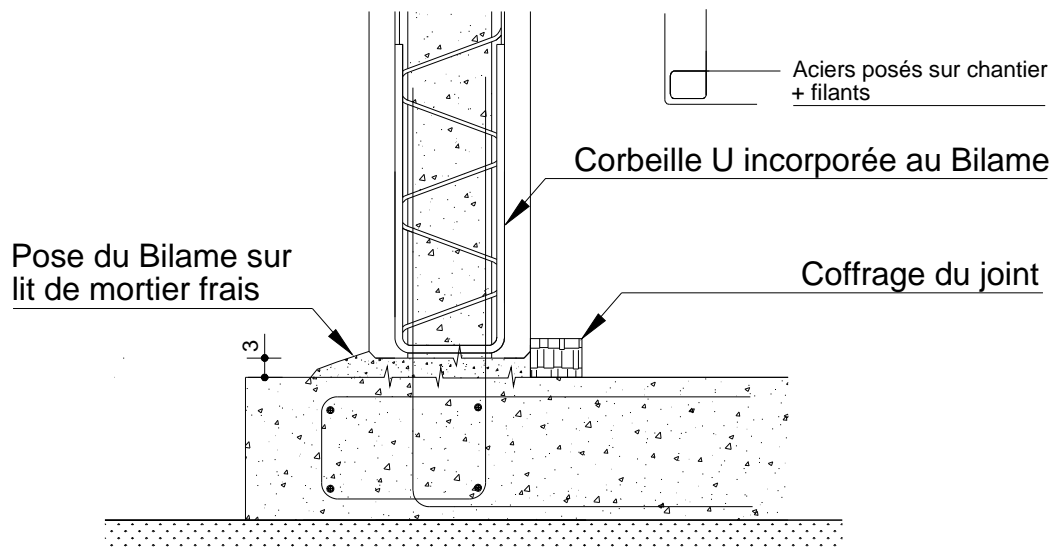


Solution A4

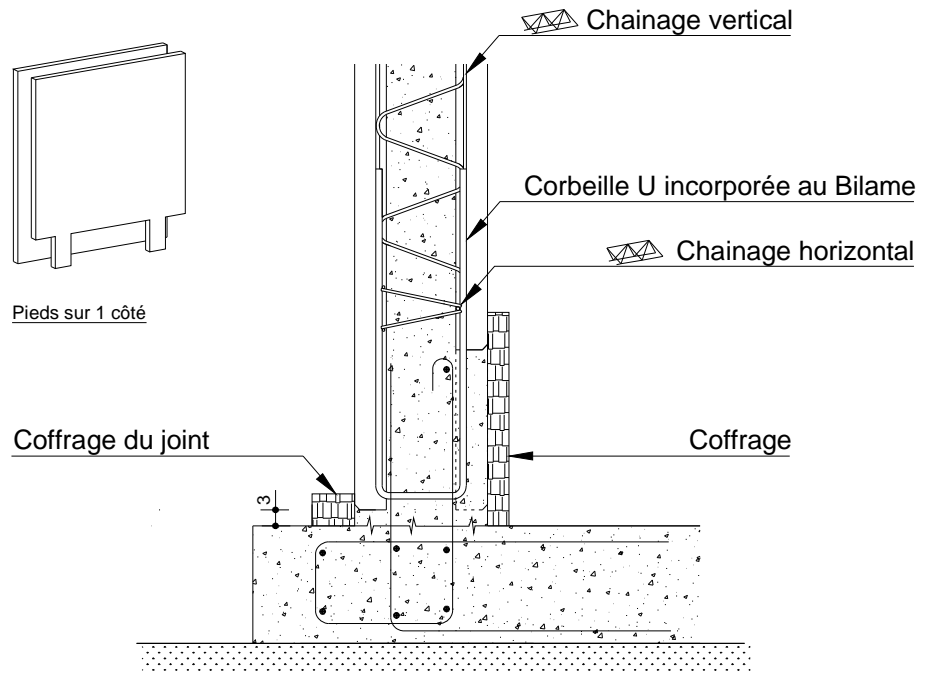


Solution B1

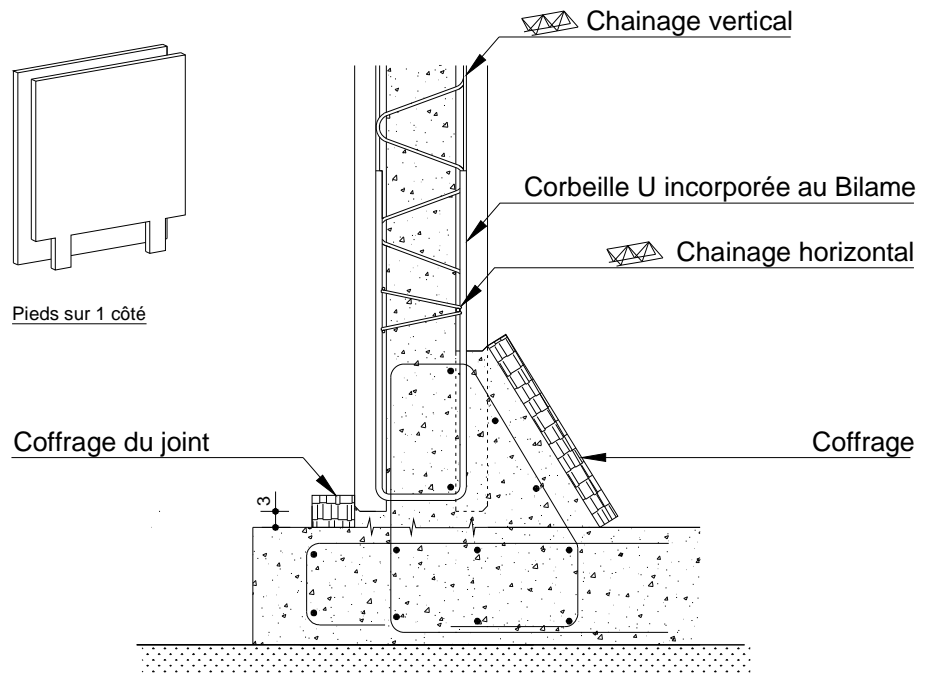
Assurer l'appui et le remplissage du joint



Solution B2



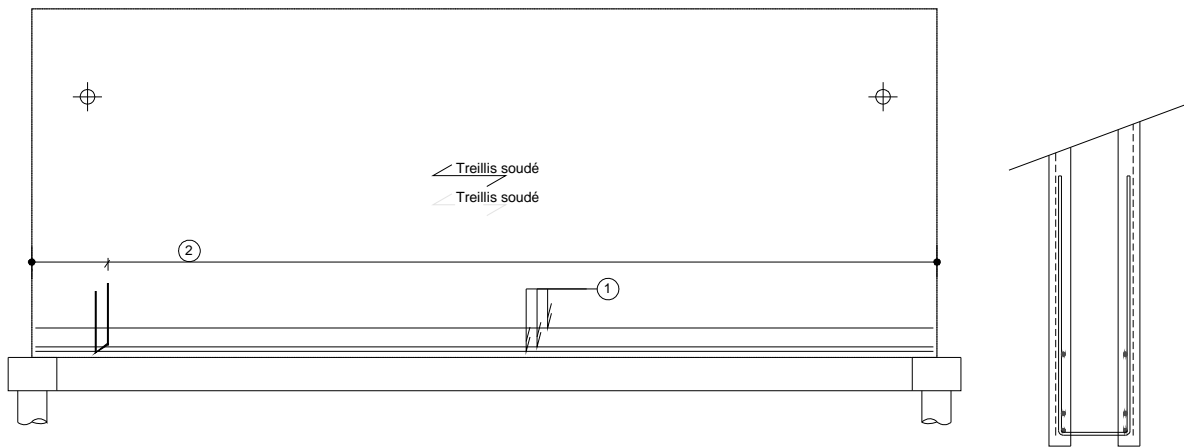
Solution B3



BILAMES POUTRES-VOILES

Poutre-voile sur appuis

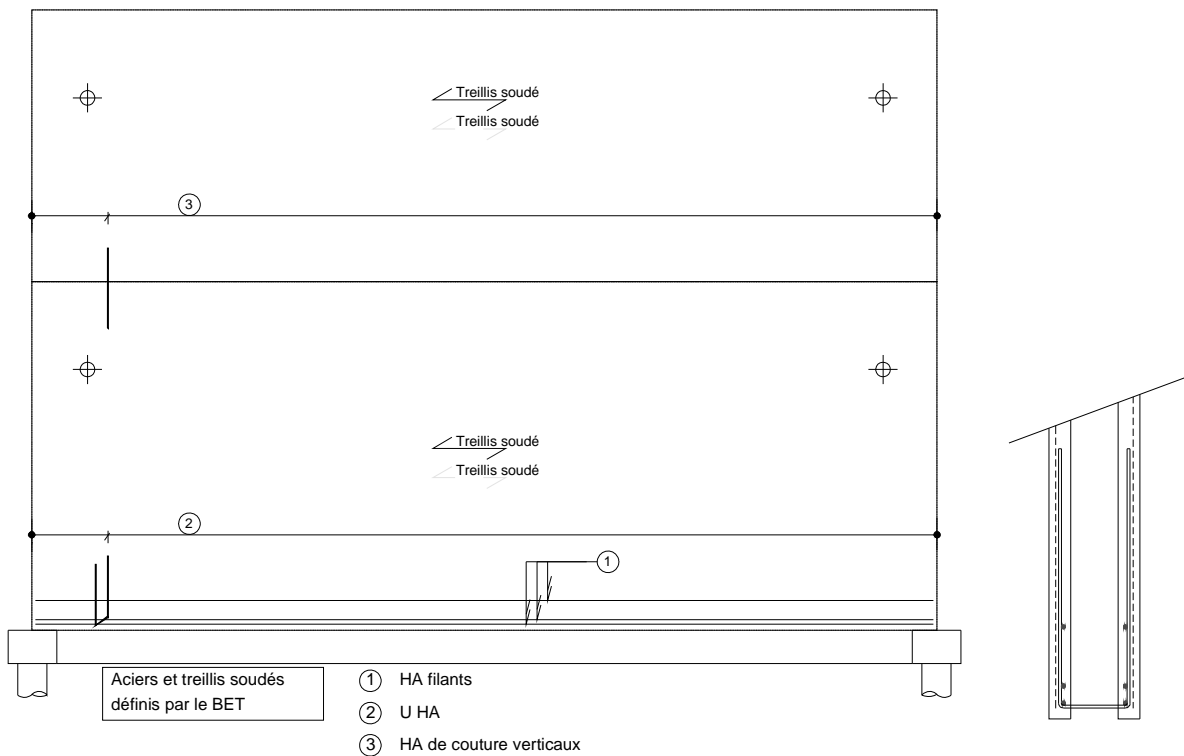
Fig 1



poutres-voiles superposées sur appuis

Nécessité de vérification du joint horizontal à l'effort tranchant

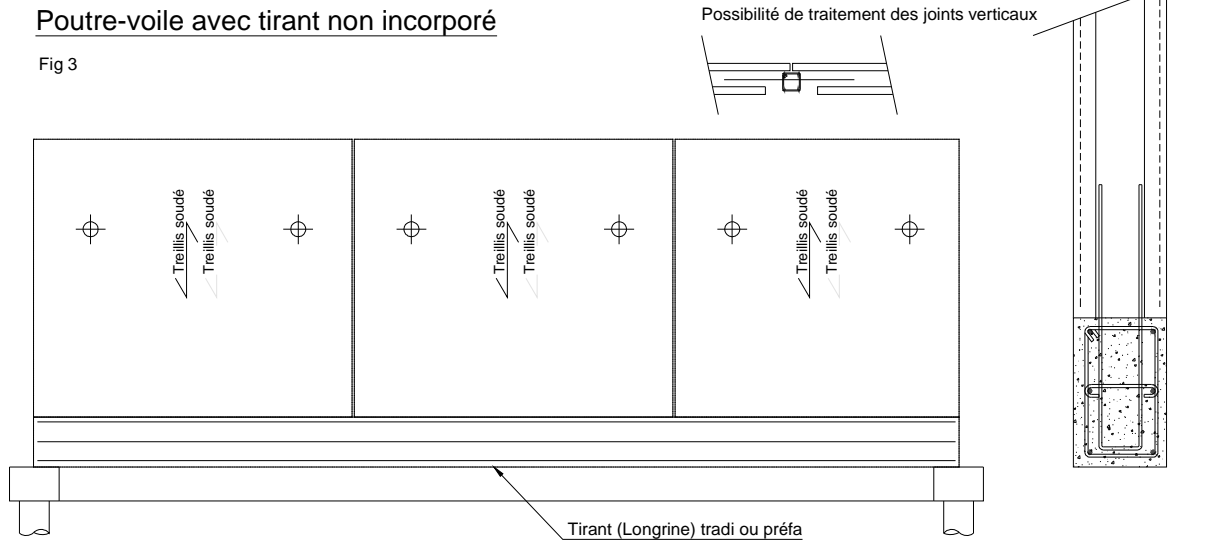
Fig 2



BILAMES POUTRES-VOILES

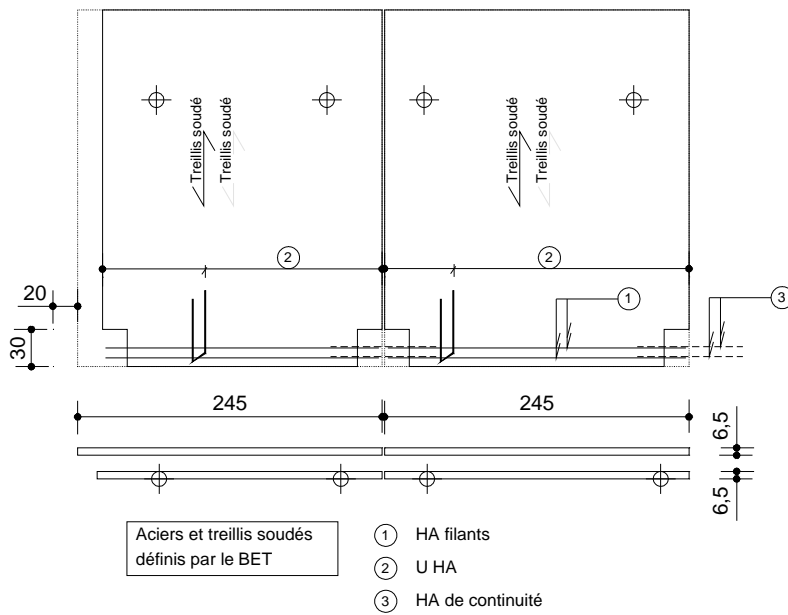
Poutre-voile avec tirant non incorporé

Fig 3



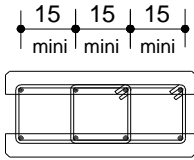
Poutre-voile en plusieurs Bilames

Fig 4

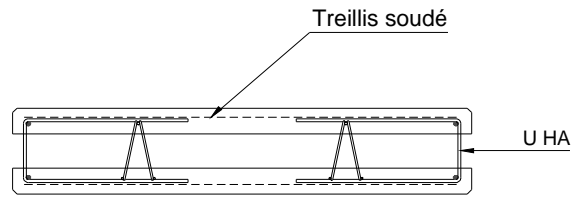


BILAMES POTEAUX ET POUTRES

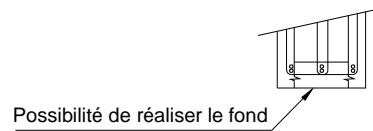
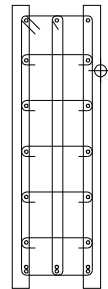
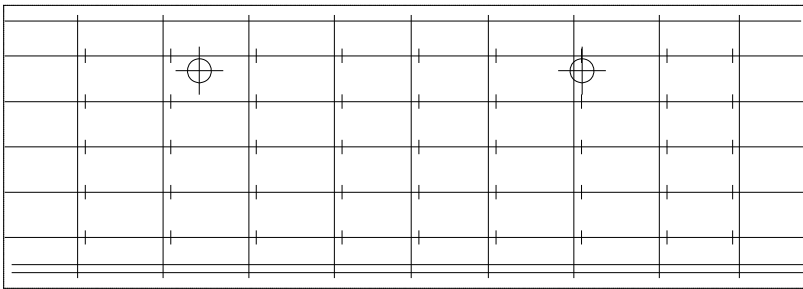
Ferrailage poteau incorporé au Bilame



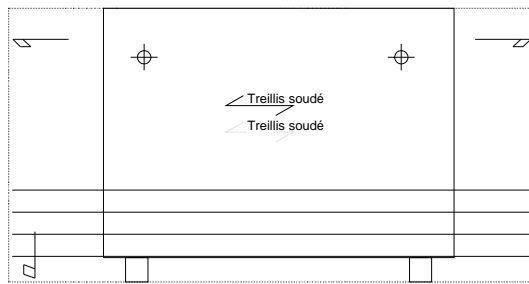
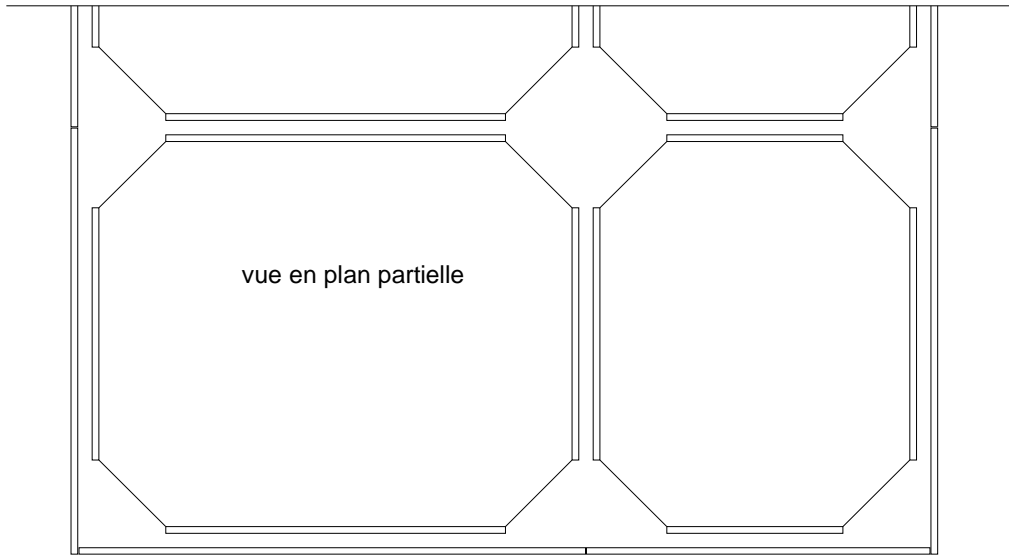
Bilame traité comme un poteau



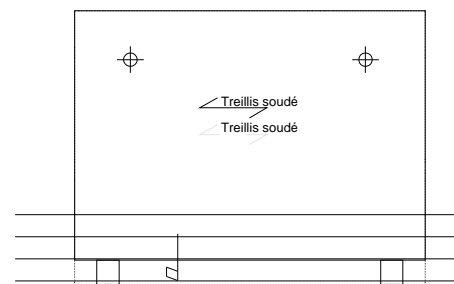
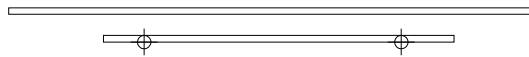
Ferrailage poutre incorporé au Bilame



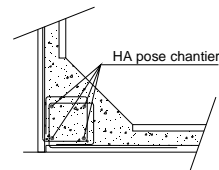
BILAMES réalisations
SILOS / FOSSES



HA filants incorporés au Bilame



Détail de liaisons des angles



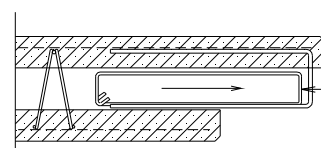
HA de liaisons horizontales et verticales



BILAMES COURANTS
JOINTS VERTICAUX

Joint droits

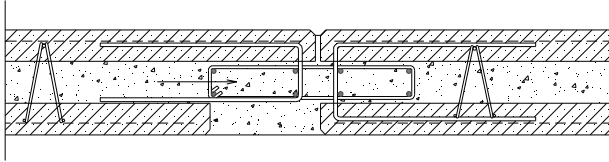
Détail



Sur chantier

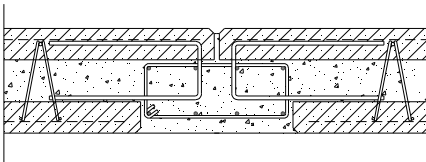
Les cadres sont insérés dans le bilame puis glissés à leur position finale

Solution 1



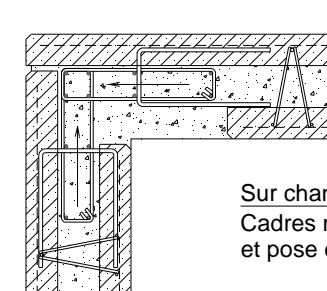
Cadres mis en place
et pose d'aciers filants

Solution 2



Sur chantier
Cadres mis en place
et pose d'aciers filants

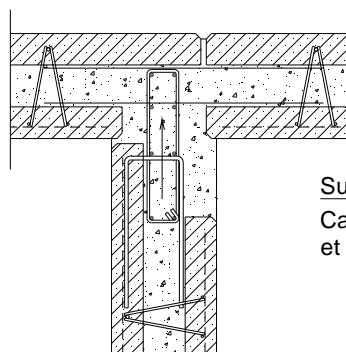
Joint d'angle



Sur chantier

Cadres mis en place
et pose d'aciers filants

Joint en T



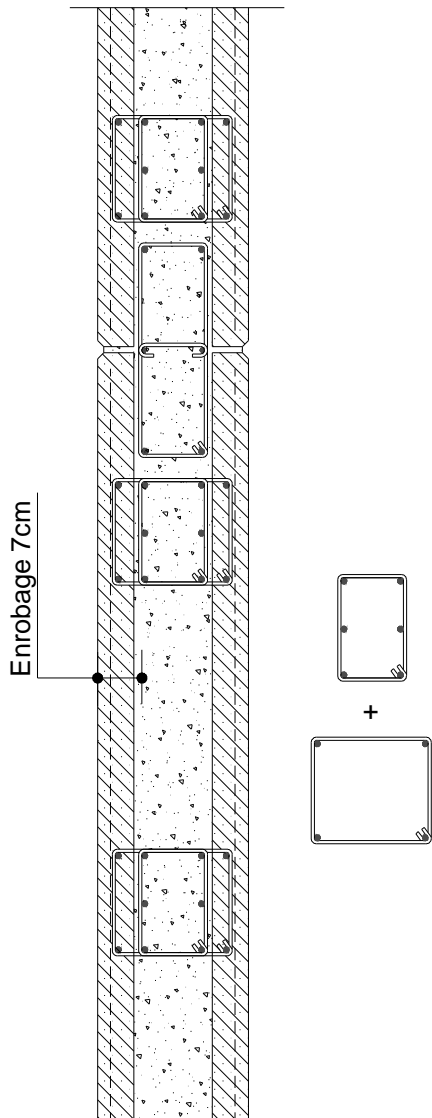
Sur chantier

Cadres mis en place
et pose d'aciers filants

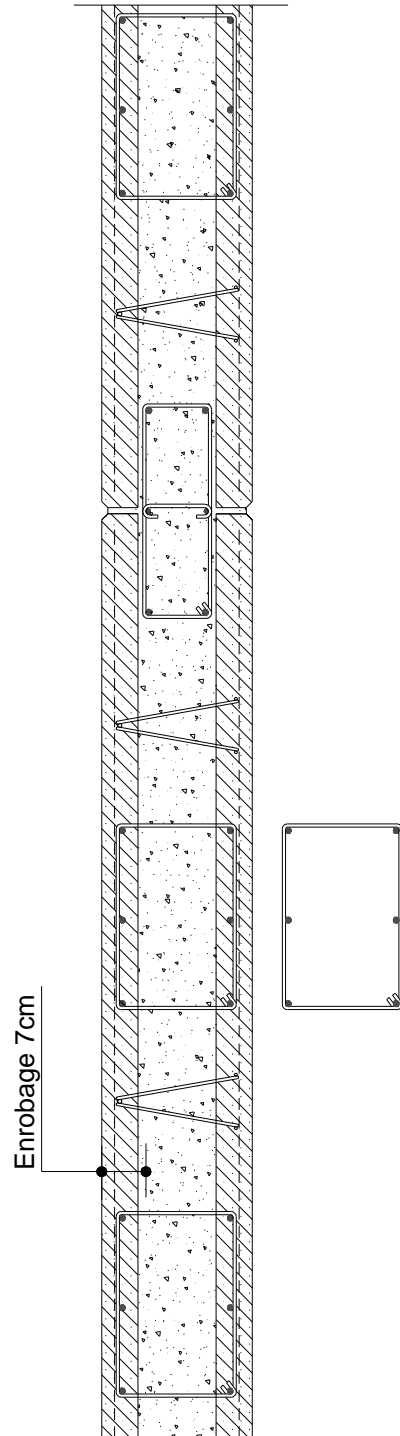
BILAMES COUPE-FEU
JOINTS VERTICAUX

Figure 1

Solution 1



Solution 2



ENTREPRISE	CHANTIER	SURFACE	CA	MISE EN SERVICE	MAITRE D'ŒUVRE	MAITRE D'OUVRAGE	BET	BUREAU DE CONTRÔLE
BILAMES EN SOUS SOL 2								
STIBAT	Carré Marengo à Tlse			2002	A et A Marcato à Tlse	SOPRA Montpellier	JIBE Montpellier	SOCOTEC
PORTAL	Villégiales de la Fontaine à Nîmes	628	43000	fin 2005	Chambon et Negre de Nîmes	La Languedocienne de Const. Nîmes	Structure 2000 Montpellier	VERITAS Nîmes
STIBAT	Canal Montplaisir			setp 2003	DIANA Tlse Tel 05 34 45 41 41	SCI Canal Montplaisir Tel 05 34 41 49 00	OTCE Tel 05 61 23 13 55	NORISKO Tel 05 61 19 28 70
BILAMES AVEC ENCASTREMENT EN PIED								
PONS	Centre de Co-compostage	360	16000	avril 2005	Fresquet à Tlse	SAUR 31 Balma	MSI	
SOGECER	Fosses EDF	900	80000	2004 à 2005		EDF	EDF	
SARDA	Silos à Villefranche Lauragais			2005	Agence GACHFT	Cave coopérative de Villefranche de L	EBM Tel 05 61 /6 98 88	NORISKO Tlse
BILAMES - POUTRES VOILES								
STIBAT	Vergers Tolosans	140	7038	octobre 2003	Alet Tlse	SCI Les Vergers Tolosans Tlse	3JT Tournefeuille	Qualiconsult à Tournefeuille
STIBAT	Square Baltar	407	22800	sept 2004	Lexa Conception à Tlse	SOPRA Pomotion à Tlse	CULOS Ing Tlse	Véritas à Tlse
SNEGSO	Terrasses St Jean à Bdx	177	13225	avril 2005			Escarch-Peyre à Pessac	Véritas Bdx
BILAMES POUR FOSSES - CUVES RETENTION								
SPIE BATIGNOLLES	Airbus	73	6806	juin 2004	Cardète-Huet à Tlse	Airbus à Tlse	OCD Ing à Rodez	SOCOTEC Tlse
SM / BRIANT	Silo Terre de Gascogne	422	35800	dec 2004	TAS Condom	Terres de Gascogne Condom	SETIB Reins	SOCOTEC Tarbes
GALERIE								
GTM	Airbus B29	280	16980	juin-04	Laborie Tlse	Airbus à Tlse	BETEM Ing Tlse	APAVE Tlse