

Document Technique Unifié

DTU 22.1

Juin 1980

P 10-210/MEM

Murs extérieurs en panneaux préfabriqués de grandes dimensions du type plaque pleine ou nervurée en béton ordinaire

Mémento pour la conception des ouvrages

Modifications

Erratum de septembre 1980 et additif n° 1 d'octobre 1984 paru dans le Cahier 1953 incorporés.

Sommaire

- Liste des auteurs
- Chapitre I
 - 1.1 Objet et domaine d'application
 - 1.2 Définition
 - 1.3 Découpage des façades
 - 1.3.1 Découpage en panneaux-baies
 - 1.3.2 Découpage en trumeaux (fig. a) ou en trumeaux et allèges (fig. b)
 - 1.3.3 Découpage en allèges avec (fig. a) ou sans (fig. b) trumeaux en béton
 - 1.4 Singularités des façades
 - 1.4.1 Joints entre façade en panneaux et pignon ou refend saillant
 - 1.4.2 Joints entre façade en panneaux et balcons
 - 1.5 Rappel des fonctions des murs en panneaux préfabriqués en béton
 - 1.5.1 Stabilité mécanique - Sécurité sous sollicitations exceptionnelles
 - 1.5.2 Etanchéité à l'air et à la pluie
 - 1.5.3 Hygrothermique
 - 1.5.4 Acoustique
 - 1.5.5 Aspect des parements

- 1.5.6 Cas particulier des acrotères
- Chapitre II Dispositions constructives minimales
 - 2.1 Objet et domaine d'application
 - 2.2 Plaques pleines. Dispositions minimales d'armatures
 - 2.2.1 Armatures d'ensemble
 - 2.2.2 Encadrements et appuis de baie
 - 2.3 Plaques nervurées
 - 2.3.1 Nervuration des plaques
 - 2.3.2 Dispositions minimales d'armatures
 - 2.4 Acrotères
 - 2.4.1 Généralités
 - 2.4.2 Armatures
 - 2.5 Dispositifs de démoulage et de relevage
 - 2.6 Dispositifs de maintien en position verticale et d'étayage
 - 2.7 Dispositifs de manutention
 - 2.7.1 Dispositifs spéciaux
 - 2.7.2 Boucles de levage
 - 2.8 Chaînages
 - 2.8.1 Règle générale
 - 2.8.2 Dimensions
 - 2.8.3 Armatures
 - 2.8.4 Planchers chauffants
 - 2.8.5 Chaînages incorporés aux panneaux préfabriqués
 - 2.9 Joints de dilatation et de retrait
- Chapitre III Etanchéité à la pluie
 - 3.1 Généralités - rappel de l'exigence
 - 3.2 Etanchéité en partie courante
 - 3.3 Etanchéité aux joints entre panneaux
 - 3.3.1 Définitions
 - 3.3.2 Joints horizontaux ; dispositions minimales d'étanchéité
 - 3.3.3 Joints verticaux ; dispositions minimales d'étanchéité
 - 3.3.4 Croisements de joints - dispositions minimales d'étanchéité
 - 3.4 Etanchéité des joints entre béton et dormants (ou précadres) incorporés à la fabrication des panneaux
 - 3.4.1 Conditions d'exposition
 - 3.4.2 Systèmes d'étanchéité et de scellement des dormants et précadres incorporés
 - 3.4.3 Choix du type de système d'étanchéité en fonction de la classe de façade et de la hauteur de la baie au-dessus du sol

- Chapitre IV Règles de conception des murs extérieurs en fonction des risques de condensation dans l'épaisseur du mur
 - 4.1 Domaine d'application
 - 4.1.1 Objet
 - 4.1.2 Dispositions constructives
 - 4.2 Rappel des exigences
 - 4.2.1 Les condensations sur le parement intérieur des murs soient limitées
 - 4.2.2 Il n'y ait pas de condensation dans l'épaisseur de l'isolant ni sur sa face intérieure
 - 4.2.3 Les condensations sur la face intérieure du panneau préfabriqué ne soient pas dommageables
 - 4.3 Règles permettant de satisfaire à ces exigences
 - 4.3.1 Règles pour limiter le risque de condensation sur le parement intérieur du mur
 - 4.3.2 Condensation sur la face intérieure de l'isolant
 - 4.3.3 Condensation dans l'épaisseur de l'isolant
 - 4.3.4 Condensation sur la face intérieure du panneau préfabriqué
 - 4.3.5 Application aux murs courants
- Chapitre V Fixation des éléments entre eux ou sur les ouvrages de structure intérieure
 - 5.1 Généralités
 - 5.1.1 Objet
 - 5.1.2 Rôle des liaisons
 - 5.1.3 Caractéristiques des liaisons
 - 5.2 Description des liaisons
 - 5.2.1 Liaisons continues
 - 5.2.2 Liaisons ponctuelles bétonnées
 - 5.2.3 Liaisons ponctuelles brochées
 - 5.2.4 Liaisons ponctuelles soudées ; liaisons ponctuelles boulonnées
 - 5.3 Récapitulation et nomenclature des liaisons
 - 5.3.1 En rive horizontale basse
 - 5.3.2 En rive horizontale haute
 - 5.3.3 Entre rives verticales de panneaux de mur extérieur (y compris le cas où l'un des murs extérieurs est en béton banché)
 - 5.3.4 Entre panneau et refend saillant ou non (y compris le cas des panneaux continus devant les refends)
 - 5.4 Choix des liaisons et de leur répartition
 - 5.4.1 En partie courante de façade
 - 5.4.2 Acrotères indépendants

MM.

- **ADAM, KRAMER et SIRETA**, représentant l'Union Technique Interfédérale du Bâtiment et des Travaux Publics (UTIBTP).
- **ADENOT**, représentant l'Organisme Professionnel de la Prévention du Bâtiment et des Travaux Publics (OPPBTP).
- **ANGRAND, DESMAZIERES et TERRIER**, représentant la Fédération Française de l'Industrie du Béton (FIB).
- **BARRE**, représentant le Centre National d'Etudes Techniques de l'Union Nationale des Fédérations d'Organismes d'Habitations à Loyer Modéré (CNET-HLM).
- **BAUMANN et HAPPEL**, représentant la Chambre Syndicale des Sociétés d'Etudes et de Conseil (SYNTEC).
- **BONHOMMET, GALLAY, MARGUERITE et PRETOT**, représentant le Syndicat National des Joints de Façade (SNJF).
- **BRONDEL**, représentant le Bureau VERITAS.
- **CAMPAGNE**, représentant le Centre d'Assistance Technique et de Documentation (ITBTP-CATED).
- **CARRIE**, représentant le Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics (CEBTP).
- **CLAUZON**, représentant l'Union Nationale de la Maçonnerie (UNM).
- **COTTANCEAU**, représentant le CETEN APAVE.
- **CUNIN**, représentant le Centre d'Etudes et de Prévention (CEP).
- **CUSIN**, représentant la SOCOTEC.
- **DELLA GIUSTINA**, représentant le Bureau SECURITAS.
- **FOURNIER**, représentant l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS).
- **GRAND**, représentant la Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CNAMTS).
- **KNYCHALSKI**, représentant la Fédération des Fabricants de Tuiles et Briques de France (FFTB).
- **LABRU et ROLLET**, représentant le Centre d'Etudes et de Recherches du Béton Manufacturé.
- **MELOT, PINATEL et SUCHET**, représentant le Syndicat National du Béton Armé et des Techniques Industrialisées (SNBATI).
- **MONTHARRY**, représentant la Société Centrale Immobilière de la Caisse des Dépôts et Consignations (SCIC).
- **Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment**

Chapitre I

1.1 Objet et domaine d'application

Le présent mémento a pour objet de donner aux maîtres d'oeuvre des indications susceptibles de les guider dans la conception des murs en panneaux préfabriqués de grandes dimensions, de façon que les diverses fonctions que ces murs ont à assurer dans un bâtiment puissent être remplies convenablement et de façon durable.

Le présent document vise les cas où les panneaux sont des plaques en béton plein de granulats courants, répondant à la définition du § 1.2, destinées à être assemblées à la structure au moyen de liaisons continues ou discontinues visées au chapitre V, et organisées suivant l'un des découpages décrits au § 1.3 et pouvant comporter les singularités décrites au § 1.4.

Commentaire

Il peut exister des types de plaques de béton ne satisfaisant pas à ces règles. Ils relèvent d'autres documents DTU ou de l'Avis Technique.

Ces panneaux peuvent être les éléments constitutifs de murs participant à la structure ou être utilisés en remplissage d'une structure.

Le présent mémento s'applique plus spécialement aux bâtiments d'usage courant.

Commentaire

On entend ici par bâtiments d'usage courant principalement les bâtiments d'habitation ou de bureaux, les bâtiments scolaires ou hospitaliers.

Il s'applique aux autres bâtiments pour les exigences qu'ils ont en commun avec les bâtiments d'usage courant.
Il ne s'applique pas aux constructions situées en dehors de la France métropolitaine.

1.2 Définition

On entend par murs en panneaux préfabriqués de grandes dimensions les ouvrages verticaux réalisés par assemblage de parties de murs fabriquées à l'avance et répondant aux caractéristiques dimensionnelles suivantes :

- La longueur maximale est de l'ordre de 8 m ;
- La hauteur utile est égale à une fois la hauteur d'étage éventuellement augmentée de la hauteur de l'acrotère et de la retombée ;
- Leur surface est inférieure à 30 m² ;
- L'épaisseur minimale courante de base est de 15 cm pour les plaques pleines. Cette épaisseur peut être plus faible, sans être inférieure à 12 cm, dans les cas où la géométrie des joints et/ou la position des panneaux par rapport à la structure le permettent.

Commentaire

Les panneaux peuvent comporter des reliefs extérieurs décoratifs. Les plaques pleines peuvent éventuellement comporter une nervuration dont l'épaisseur n'excède pas 25 % de l'épaisseur de la plaque en partie courante.

Pour les plaques nervurées, elle est de 6 cm pour le voile et de 15 cm au droit des nervures.

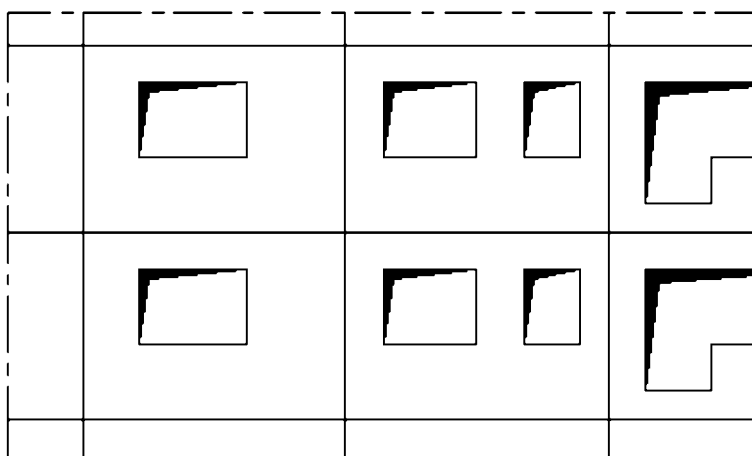
Elle est de 8 cm pour le voile des acrotères.

Dans le cas de parement extérieur en granulats apparents, cette épaisseur doit être comptée à partir du fond des creux entre granulats ; dans le cas de revêtement mince scellé elle comprend l'épaisseur du revêtement.

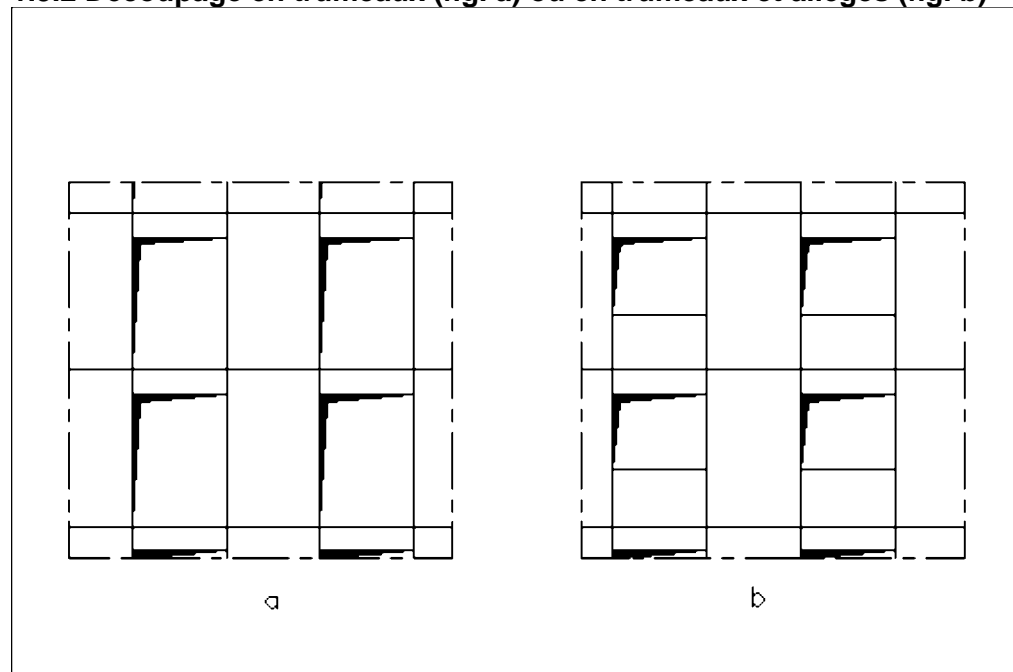
1.3 Découpage des façades

Les découpages de base envisagés dans le présent document sont les suivants :

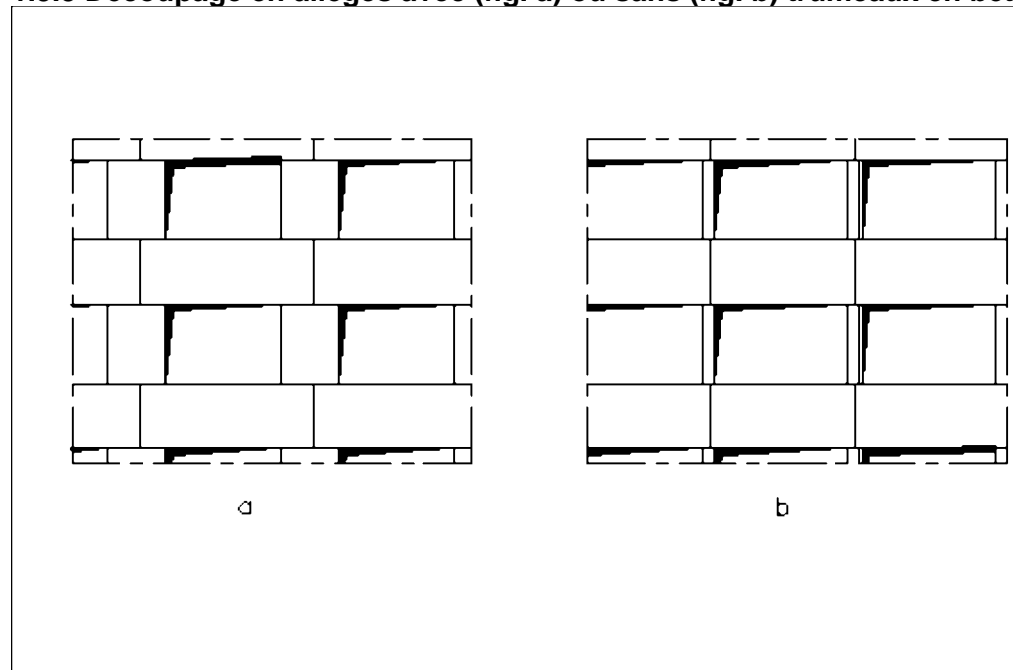
1.3.1 Découpage en panneaux-baies



1.3.2 Découpage en trumeaux (fig. a) ou en trumeaux et allèges (fig. b)



1.3.3 Découpage en allèges avec (fig. a) ou sans (fig. b) trumeaux en béton



Des découpages différents, résultant d'une combinaison des trois découpages de base ci-dessus sont possibles.

1.4 Singularités des façades

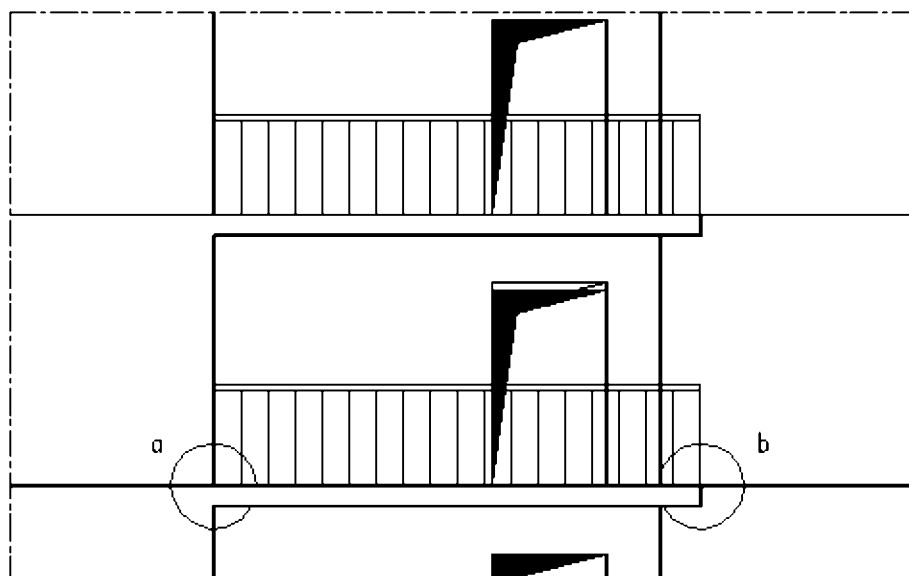
Sont considérées les singularités suivantes :

1.4.1 Joints entre façade en panneaux et pignon ou refend saillant

1.4.2 Joints entre façade en panneaux et balcons

Joints entre façade en panneaux et balcons constitués par un prolongement des planchers, l'extrémité du balcon

coïncidant ou non avec un joint vertical entre panneaux (détails a et b respectivement).



Commentaire

Les loggias peuvent être traitées dans la plupart des cas courants à partir des singularités décrites au § 1.4.

1.5 Rappel des fonctions des murs en panneaux préfabriqués en béton

Ces fonctions concernent principalement :

- La stabilité mécanique sous les sollicitations normales dues aux charges appliquées, aux déformations imposées par les phénomènes thermiques, climatiques et de retrait ;
- La sécurité en cas d'incendie et, le cas échéant, en cas de séismes ou d'autres sollicitations exceptionnelles normalement prévisibles ;
- L'étanchéité à l'air et à la pluie ;
- Une contribution à la satisfaction aux exigences hygrothermiques et acoustiques ;
- L'aspect extérieur des constructions ;
- Les éléments doivent en outre permettre de satisfaire aux exigences de la prévention des accidents durant les opérations de manutention et de mise en oeuvre. Des indications sont données à cet égard par les articles 2.6 et 2.7.

1.5.1 Stabilité mécanique - Sécurité sous sollicitations exceptionnelles

Pour ce qui concerne la stabilité, on se référera au DTU 22.1¹, « Règles de calcul des murs en panneaux préfabriqués ».

¹
En préparation.

Commentaire

Dans l'attente de ces règles de calcul, on peut se référer aux règles contenues dans les Directives UEAtc et aux Recommandations CEB - CIB - UEAtc : « Recommandations internationales pour les structures en panneaux ».

On se référera en outre :

- aux règles de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé² ;

2

Actuellement Règles CC BA 68 et Règles BAEL.

- aux règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions ³ ;

3

Actuellement Règles NV 65 révisées en 1967 et 1970 et complétées en 1974 et 1975.

- concernant la sécurité en cas d'incendie, au DTU « Méthodes de prévision par le calcul du comportement au feu des structures en béton » ;
- s'il y a lieu de tenir compte des séismes, au DTU « Règles parasismiques 1969 ».

1.5.2 Etanchéité à l'air et à la pluie

La satisfaction à l'exigence relative à cette fonction est à examiner tant en partie courante qu'aux joints et autres points singuliers des murs.

Le problème de l'étanchéité en partie courante et aux joints est traité au chapitre III ci-après.

Lorsque la paroi extérieure est organisée de façon telle qu'elle ne peut assurer la fonction d'étanchéité à l'air (par exemple mise en communication avec l'extérieur d'une lame d'air interne), l'étanchéité à l'air doit être assurée, d'une part, en partie courante de la contrecloison et, d'autre part, aux jonctions de celle-ci avec les autres ouvrages (baies, refends, planchers, coffres de volets roulants, incorporations électriques).

Dans tous les autres cas l'étanchéité à l'air doit être assurée par la paroi extérieure en béton.

Pour l'étanchéité au raccordement des panneaux en béton avec les menuiseries rapportées, on se référera aux DTU 36.1 ⁴ et 37.1 relatifs aux travaux de menuiserie en bois et métal, ainsi qu'au DTU 5 relatif à l'insertion des baies dans les murs extérieurs de bâtiments.

4

En révision.

5

En préparation.

Pour l'étanchéité au raccordement des parties opaques des panneaux avec les menuiseries incorporées à la fabrication, on se référera au chapitre III ci-après.

1.5.3 Hygrothermique

Les exigences relatives à cette fonction dépendent de la destination du bâtiment ; elles font d'autre part intervenir d'autres considérations que celles relatives aux parties opaques des murs et ne peuvent être traitées de façon complète dans le présent document.

Pour le calcul des caractéristiques thermiques des parois, on se référera au DTU « Règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction et des déperditions de base des bâtiments » dites « Règles Th-K » ⁶.

6

Actuellement « Règles Th-K 77 ».

Commentaire

Pour le choix des parois, on peut se référer aux documents suivants :

- Isolation thermique - titre I, Hygrothermique :
 - « Exemples de solutions pour faciliter l'application du Règlement de construction des bâtiments d'habitation » ⁷ ;
 - « Exemples de solutions pour faciliter l'application du Règlement de construction concernant les bâtiments autres que l'habitation » ⁸.

7
Actuellement *Cahier du CSTB* n° 1505 (juin 1978).

8
Actuellement *Cahier du CSTB* n° 1506 (juin 1978).

Les dispositions à adopter peuvent varier avec le niveau des exigences réglementaires, étant noté que certaines jonctions des panneaux préfabriqués de mur extérieur avec la structure intérieure constituent souvent des ponts thermiques qui ont une influence notable sur le bilan des déperditions.

1.5.4 Acoustique

Les murs extérieurs ne déterminent pas à eux seuls le confort acoustique des locaux tel que l'impose la réglementation.

Commentaire

Les caractéristiques de confort acoustique dépendent aussi de nombreux autres facteurs tels que les propriétés des parois séparatives intérieures, les dispositions architecturales, les équipements, les ouvrages de doublage des parois extérieures, etc.

Les murs extérieurs peuvent jouer un rôle important dans le confort acoustique si l'on doit satisfaire à des exigences d'isolation vis-à-vis de l'extérieur.

Commentaire

Pour le choix des dispositions qui peuvent influencer sur la participation des murs extérieurs à l'isolation acoustique, on se référera au document « Exemples de solutions pouvant satisfaire au Règlement de construction et/ou aux définitions du label confort acoustique » - Titre III, Acoustique⁹.

9
Actuellement *Cahier du CSTB* n° 1373 (avril 1976).

1.5.5 Aspect des parements

Les exigences d'aspect relèvent des Documents Particuliers du Marché.

Le Cahier des Charges DTU 22.1 donne des indications sur les principaux traitements de parement.

Le choix du relief éventuellement prévu en parement extérieur des panneaux doit éviter les angles rentrants vifs. Le ruissellement de l'eau et les risques de salissure sont également des facteurs importants de ce choix.

1.5.6 Cas particulier des acrotères

Outre leur rôle de couronnement des murs pour lequel il y a lieu de se référer notamment aux § 1.5.1, 1.5.2 et 1.5.5 ci-dessus, les acrotères jouent un rôle important dans les toitures-terrasses qu'ils délimitent. De ce point de vue, leur conception doit respecter les prescriptions générales du DTU 20.12.

Commentaire

Dans le cas où, à côté des prescriptions générales du DTU 20.12, il existe dans le présent document des prescriptions particulières, ce sont ces dernières qui prévalent.

Ils servent parfois d'appui aux nacelles et échafaudages volants utilisés pour les travaux d'entretien des façades. C'est aux Documents Particuliers du Marché qu'il appartient de préciser les actions qui seront de ce fait appliquées aux acrotères.

Chapitre II Dispositions constructives minimales

2.1 Objet et domaine d'application

Le présent chapitre a pour objet de définir, indépendamment des calculs de stabilité mécanique, les dispositions constructives minimales à respecter pour assurer la conservation de la cohésion du mur vis-à-vis des sollicitations dues aux phénomènes thermiques, climatiques et de retrait.

Commentaire

Les armatures imposées au titre des dispositions constructives minimales ne comprennent pas celles rendues nécessaires par des opérations ou des fonctions autres que celle de durabilité et notamment celles nécessaires pour le démoulage, la manutention, le transport, etc.

Ces dispositions sont valables pour des panneaux préfabriqués exécutés suivant les prescriptions du DTU 22.1.

Commentaire

Ceci concerne en particulier les prescriptions d'enrobage des armatures (épaisseur nominale du béton d'enrobage égale au moins à 3 cm sur la face extérieure et 1,5 cm sur la face intérieure).

2.2 Plaques pleines. Dispositions minimales d'armatures

2.2.1 Armatures d'ensemble

L'armature minimale des plaques pleines est constituée par une nappe située dans la demi-épaisseur extérieure et comprenant d'une part des aciers horizontaux et verticaux de diamètre 3 mm au moins dont l'espacement maximal est de 25 cm dans les deux directions, d'autre part des armatures périphériques de section 0,50 cm² au moins.

La masse minimale de cette nappe est de 1 kg/m². *NOTA*

- Les armatures d'encadrements et d'appuis de baie ne doivent pas être prises en compte dans le calcul de la masse de la nappe.
- Il peut-être nécessaire de dépasser la valeur minimale ci-dessus, notamment dans les cas où la couleur du parement, la longueur des panneaux, leur liaison à la structure, engendrent des sollicitations élevées de retrait ou de dilatation.

2.2.2 Encadrements et appuis de baie

L'armature des encadrements et appuis de baie doit être constituée d'au moins deux barres en acier à haute adhérence de section totale 1 cm² au moins, reliées par des armatures transversales.

Les armatures doivent trouver leur ancrage au-delà des angles des baies.

Pour se prémunir contre l'apparition de fissures à 45° aux angles des baies, il est recommandé de disposer des armatures perpendiculaires à la bissectrice des angles de baies.

2.3 Plaques nervurées

2.3.1 Nervuration des plaques

La nervuration minimale des plaques comprend :

- une nervure périphérique ;
- des nervures d'encadrement des baies éventuelles ;
- des nervures intermédiaires verticales dont la distance maximale entre axes dépend de l'épaisseur du voile e.

Le tableau suivant indique les distances maximales entre axes des nervures intermédiaires :

Epaisseur du voile	$6 \leq e < 8$	$8 \leq e$
Distance entre axes des nervures	1,50 m	2,00 m

- une nervure horizontale intermédiaire lorsque la distance entre les nervures haute et basse

est supérieure ou égale à 3 m.

La largeur « b » mesurée à mi-hauteur de la nervure doit être d'au moins 6 cm.

Commentaire

Cette valeur doit être parfois augmentée pour satisfaire aux conditions d'enrobage des armatures notamment lorsque la nervure est située vers l'extérieur.

2.3.2 Dispositions minimales d'armatures

2.3.2.1 Panneaux nervurés courants

On appelle panneaux nervurés courants des panneaux pour lesquels :

- la hauteur « a » des nervures n'excède pas environ 2,5 fois l'épaisseur du voile,
- le rapport entre la section en saillie des nervures verticales et horizontales et la section du voile y compris la partie située au droit des nervures n'excède pas environ 1/3,

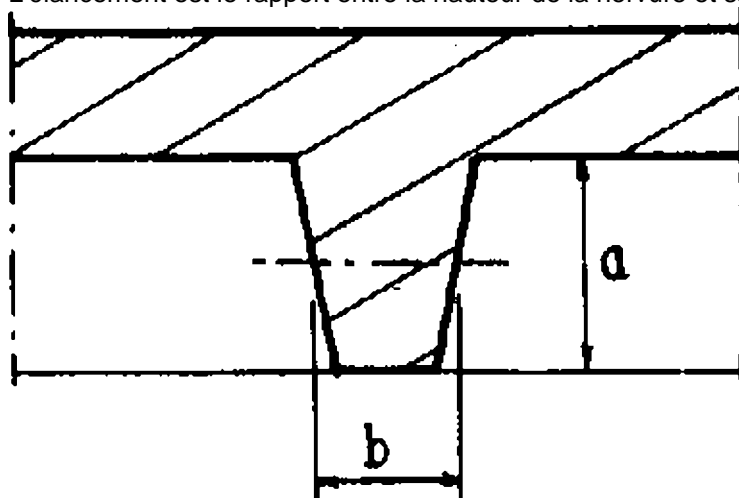
Commentaire

Si ce rapport varie beaucoup d'une partie à l'autre d'un même panneau, il peut y avoir lieu de considérer indépendamment ces parties pour concevoir leur armature.

- l'élancement de la section des nervures n'est pas supérieur à 2.

Commentaire

L'élancement est le rapport entre la hauteur de la nervure et sa largeur à mi-hauteur.



Élancement : a/b

2.3.2.1.1 Armature du voile

L'armature minimale du voile est constituée par une nappe comprenant des aciers horizontaux et verticaux de diamètre 3 mm au moins dont l'espacement maximal est de 25 cm dans les deux directions.

La masse minimale de la nappe est de 1 kg/m².

2.3.2.1.2 Armature des nervures

Les nervures intermédiaires tant horizontales que verticales et la nervure périphérique comportent une armature constituée par deux aciers longitudinaux, l'un d'eux étant situé sensiblement dans le plan de l'armature du voile, l'autre au voisinage de la face de parement des nervures.

Les aciers, de 0,50 cm² de section unitaire minimale pour les nervures périphériques et de 0,25 cm² pour les nervures intermédiaires, sont reliés par des armatures transversales ancrées dans le voile.

Il est possible de remplacer les deux barres prévues par des barres de même section totale et de plus faible diamètre

réparties symétriquement.

Commentaire

Cette possibilité n'est évidemment effective que si la section des nervures permet d'obtenir l'enrobage nécessaire.

Les armatures longitudinales des nervures doivent être ancrées dans les nervures perpendiculaires. *NOTA*

- La section d'aciers des nervures situés dans l'épaisseur du voile peut être prise en compte dans la masse totale de la nappe d'armature du voile.
- Il peut être nécessaire de dépasser la valeur minimale ci-dessus notamment dans les cas où la longueur des panneaux, la couleur du parement, leur liaison à la structure engendrent des sollicitations élevées de retrait ou de dilatation.

2.3.2.2 Autres panneaux nervurés

Sont classés dans cette catégorie les panneaux nervurés ne répondant pas à la définition donnée au § 2.3.2.1, et dont la largeur des nervures n'est pas inférieure à 8 cm, lorsque l'élancement de ces nervures est supérieur à 2.

2.3.2.2.1 Armature du voile

L'armature minimale du voile est constituée par une nappe de masse 2 kg/m² au moins, constituée par des barres dont l'espacement maximal est de 25 cm dans les deux directions.

2.3.2.2.2 Armature des nervures

Les nervures intermédiaires tant horizontales que verticales et la nervure périphérique comportent une armature constituée par deux aciers longitudinaux au moins, l'un d'entre eux étant situé sensiblement dans le plan de l'armature du voile, un autre au voisinage de la face de parement des nervures.

Les aciers, de section totale respectivement égale au minimum à 0,40 % de la section de béton des nervures périphériques et à 0,20 % de la section de béton des nervures intermédiaires, sont reliés par des armatures transversales ancrées dans le voile et répartis symétriquement dans la section des nervures.

La section totale n'est en aucun cas inférieure à 1 cm² pour les nervures périphériques et à 0,5 cm² pour les nervures intermédiaires.

Les armatures longitudinales des nervures doivent être ancrées dans les nervures perpendiculaires. *NOTA*

- La section des aciers des nervures situés dans l'épaisseur du voile ne doit pas être prise en compte dans le calcul de la masse de l'armature répartie du voile.
- La section des aciers des nervures doit excéder d'autant plus les valeurs minimales ci-dessus que les valeurs des paramètres principaux sont plus éloignées des valeurs fixées au § 2.3.2.1.

2.3.2.3 Encadrements et appuis de baie

L'armature des encadrements et appuis de baie est constituée au moins de deux barres en acier à haute adhérence de section totale au moins égale à 0,40 % de la section des nervures et par des armatures transversales ancrées dans le voile.

La section totale n'est en aucun cas inférieure à 1 cm². Les armatures longitudinales situées dans le voile doivent trouver leur ancrage au-delà des angles des baies.

Pour se prémunir contre l'apparition de fissures à 45° dans les angles des baies, il est recommandé de disposer dans le voile des armatures perpendiculaires à la bissectrice des angles des baies. *NOTA* Les armatures d'encadrement et d'appui de baie ne doivent pas être prises en compte dans le calcul de la masse de la nappe d'armature du voile.

2.4 Acrotères

2.4.1 Généralités

La conception des acrotères doit répondre aux prescriptions générales du DTU 20.12 et aux prescriptions particulières ci-après.

On distingue les acrotères indépendants et les acrotères incorporés aux panneaux du dernier niveau.

2.4.2 Armatures

Les acrotères indépendants et les acrotères constitués par un prolongement des panneaux du dernier niveau et leur zone de raccordement ¹⁰ avec le corps de ces panneaux doivent comporter des armatures longitudinales à haute adhérence ou soudées sur des armatures transversales, de section au moins égale à x % de la section du béton et dont l'espacement, limité à 25 cm, n'excède pas 2,5 fois l'épaisseur minimale de l'acrotère.

¹⁰

Sur 0,40 m au-dessous du niveau de l'étanchéité de toiture-terrasse.

2.4.2.1 Eléments d'acrotères indépendants

2.4.2.1.1 Acrotères de type muret, préfabriqués en toute épaisseur ou partiellement

a A liaison répartie avec le plancher

a.1 Cas où les joints verticaux comportent un potelet de liaison : x = 0,40

a.2 Cas où les joints verticaux ne comportent aucun blocage :

selon la longueur L des éléments : x = 0,20 à 0,40

L < 6 m dans les régions humides et tempérées (< 4 m dans les autres régions) : x = 0,20

$$\begin{array}{ccc} 6 \text{ m} & 12 \text{ m} & x = 0,20 + 0,20 \times \frac{L-6}{6} \\ \leq L < & & \\ (4 \text{ m}) & (8 \text{ m}) & \left(x = 0,20 + 0,20 \times \frac{L-4}{4} \right) \end{array}$$

b A liaisons ponctuelles avec le plancher

b.1 Cas où des liaisons constituent un blocage entre les éléments au droit des joints verticaux : x = 0,40

b.2 Cas où les liaisons ne sont pas au droit des joints verticaux qui ne comportent alors aucun blocage :

mêmes valeurs de x que dans a.2 en prenant pour valeur de L la distance entre liaisons ponctuelles extrêmes d'un même élément.

2.4.2.1.2 Acrotères à talon (*joints verticaux entre éléments ne comportant pas de blocage*)

Commentaire

Le cas d'acrotère à talon avec joints verticaux entre éléments comportant un blocage se rencontre rarement. Le cas échéant, il est assimilable au cas traité en 2.4.2.1.1.

a) Talon lié à une structure fixe : mêmes valeurs de x que dans § 2.4.2.1.1 a.2

b) Talon lié à une dalle flottante :

valeurs de x de 2.4.2.1.1 a.2 diminuées de 20 % (x = 0,16 à 0,32).

2.4.2.2 Acrotères incorporés aux panneaux de mur du dernier niveau

a *Panneaux à liaison répartie avec le plancher supérieur*

a.1 Joints verticaux à potelets constituant blocage entre éléments au niveau des acrotères : x = 0,40

a.2 Joints verticaux sans blocage entre éléments au niveau des acrotères :

selon la longueur L des panneaux : $x = 0,20$ à $0,40$

$L < 6$ m dans les régions humides et tempérées (< 4 m dans les autres régions) : $x = 0,20$

$$\begin{array}{l} 6 \text{ m} \quad 12 \text{ m} \\ \leq L < \\ (4 \text{ m}) \quad (8 \text{ m}) \end{array} \quad \begin{array}{l} x = 0,20 + 0,20 \times \frac{L-6}{6} \\ \left(x = 0,20 + 0,20 \times \frac{L-4}{4} \right) \end{array}$$

b Panneaux à liaisons ponctuelles avec le plancher supérieur

b.1 Cas où des liaisons constituent un blocage au droit des joints verticaux entre éléments au niveau des acrotères : $x = 0,40$

b.2 Cas où il n'existe pas de blocage au droit des joints verticaux entre éléments au niveau des acrotères : $x = 0,20$ à $0,40$

L étant la distance entre liaisons ponctuelles extrêmes d'un même panneau avec la structure,

$L < 6$ m dans les régions humides et tempérées (< 4 m dans les autres régions) : $x = 0,20$

$$\begin{array}{l} 6 \text{ m} \quad 12 \text{ m} \\ \leq L < \\ (4 \text{ m}) \quad (8 \text{ m}) \end{array} \quad \begin{array}{l} x = 0,20 + 0,20 \times \frac{L-6}{6} \\ \left(x = 0,20 + 0,20 \times \frac{L-4}{4} \right) \end{array}$$

2.5 Dispositifs de démoulage et de relevage

Ces dispositifs doivent être conçus en fonction des conditions et du matériel de fabrication prévus.

2.6 Dispositifs de maintien en position verticale et d'étiayage

Commentaire

De ce point de vue, les éléments d'acrotères indépendants nécessitent souvent une étude particulière tenant compte de la plus ou moins grande stabilité propre des pièces préfabriquées et du mode de réalisation des liaisons entre acrotères et structure.

Il est recommandé que les éléments d'acrotères soient autostables.

Les parties de ces dispositifs qui sont intégrées aux panneaux doivent être conçues en fonction des méthodes et accessoires de mise en oeuvre dont l'emploi est prévu.

2.7 Dispositifs de manutention

2.7.1 Dispositifs spéciaux

Les dispositifs de manutention spéciaux doivent être utilisés conformément aux indications données par le fournisseur des dispositifs.

L'usage de dispositifs spéciaux non munis d'un système d'ancrage profond est proscrit.

2.7.2 Boucles de levage

On désigne par « boucles de levage » les dispositifs de manutention fermés extérieurement, réalisés à partir de rond à béton.

Commentaire

Il est rappelé que les boucles de levage ne doivent pas être utilisées pour le relevage des panneaux.

2.7.2.1 Implantation

- Lorsque les éléments sont nervurés, il est recommandé d'ancrer les boucles de levage au droit des nervures.

Commentaire

Chaque fois que cela est possible, il est préférable d'éviter l'implantation des boucles en linteau.

- Les boucles de levage ne doivent pas sortir en tête de panneau dans l'épaisseur du rejingot.
- La longueur et la position de la partie saillante des boucles de levage doivent être telles que le crochet d'élingue ne porte pas sur les parties minces en tête de panneau.

2.7.2.2 Profondeur d'ancrage

La longueur et les renforts d'ancrage d'une boucle dans le béton sont à déterminer en appliquant les règles BAEL à partir de la valeur de la résistance en traction du béton au moment de la première utilisation du dispositif de manutention.

Commentaire

Il est rappelé que la longueur du scellement droit se détermine par la formule suivante (règle A.6 1.2.2 des règles BAEL)

$$l_s = \frac{\varnothing f_e}{4 \tau_s}$$

, pour une barre dont le diamètre nominal est \varnothing , où f_e représente la limite élastique de l'acier et $[\text{taubar}]_s$ la contrainte d'adhérence admissible, proportionnelle à la résistance caractéristique à la traction du béton f_{tj} ; il est souhaitable de ne pas dépasser 0,33 MPa pour cette contrainte.

En règle générale, on doit choisir l'ancrage par crochet pour assurer la transmission des efforts à la structure résistante de l'élément.

Chaque fois que cela est possible, ces crochets doivent être utilisés pour la liaison des barres des dispositifs de manutention à l'armature de l'élément. Cela est particulièrement important lorsque le démoulage intervient à un moment où la résistance du béton risque d'être encore faible.

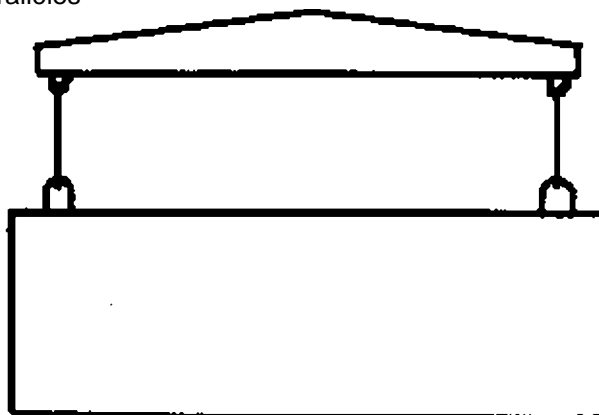
2.7.2.3 Nuance de l'acier et diamètre minimal

Les boucles devront être confectionnées à partir d'acier de nuance Fe E 24.

Le diamètre minimal des ronds utilisés est de 10 mm.

2.7.2.4 Choix du diamètre du fer rond des boucles en fonction du poids du panneau

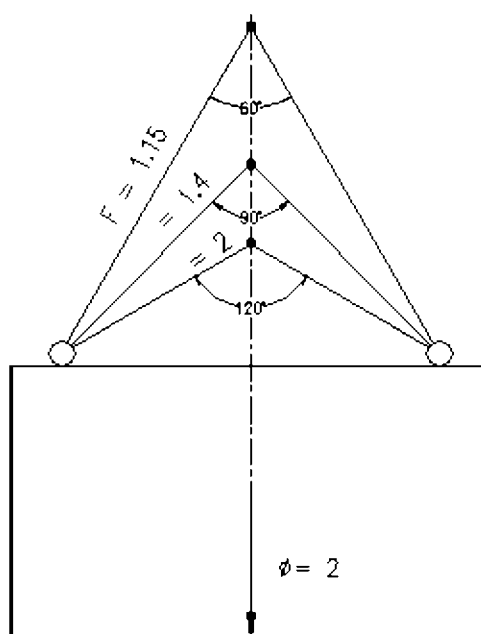
- a La manutention s'effectue à l'aide d'un palonnier de telle sorte que les élingues soient parallèles



Le tableau ci-dessous indique la force portante par boucle en fonction du diamètre du fer rond.

\varnothing mm	10	12	14	16
Force portante maximale en daN par boucle	1 500	2 200	3 000	4 000

- b La manutention s'effectue directement à l'aide d'élingues



La charge réelle doit alors être affectée d'un coefficient multiplicateur, fonction de l'angle des deux brins :
Coefficient multiplicateur de la charge dû à l'angle des élingues

Angle des brins	45°	60°	90°	120°
Coefficient	1,08	1,15	1,41	2

Commentaire

On doit en outre tenir compte des efforts de compression qui apparaissent dans le panneau et qui sont fonction de l'angle d'élingage.

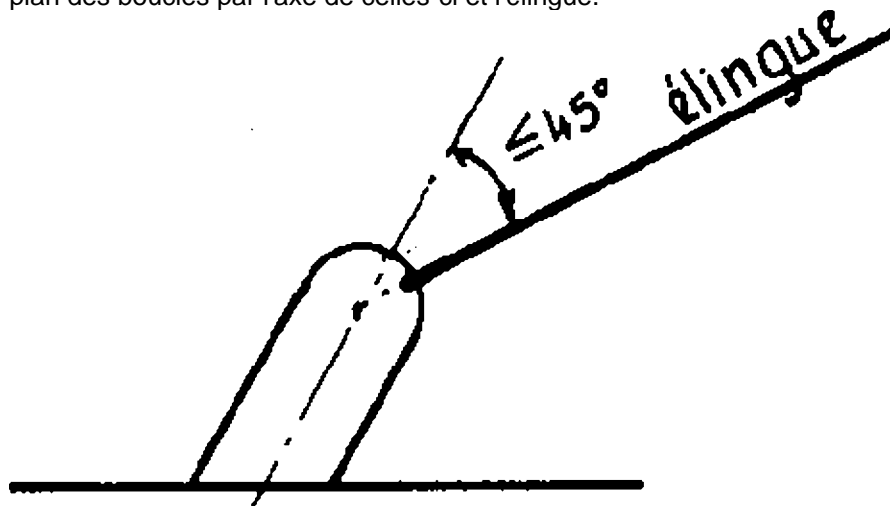
Si l'angle est compris entre deux valeurs du tableau, on doit prendre le coefficient correspondant à l'angle immédiatement supérieur figurant au tableau.

Un angle supérieur à 120° est à proscrire.

Commentaire

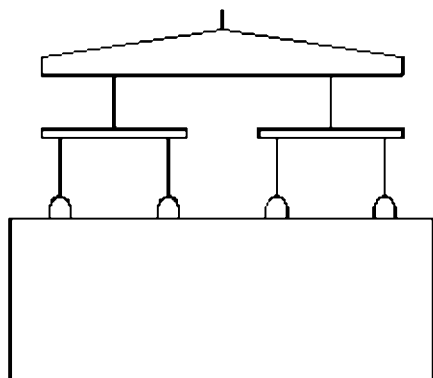
Il est conseillé d'éviter un système d'élingage dont l'angle est supérieur à 90°.

Si nécessaire, les boucles peuvent être inclinées afin de respecter la condition qui limite à 45° l'angle formé dans le plan des boucles par l'axe de celles-ci et l'élingue.

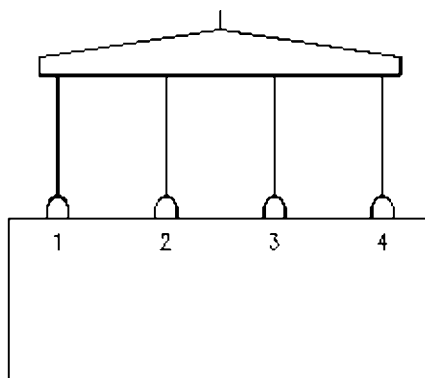


Lorsque le nombre de boucles est supérieur à deux, des dispositions doivent être prises de telle sorte que la

répartition des efforts entre les boucles soient connue et compatible avec les prescriptions précédentes. Dans le cas contraire, on prendra en compte pour chaque boucle la charge qu'elle aurait à transmettre dans l'hypothèse de répartition qui lui est la plus défavorable.



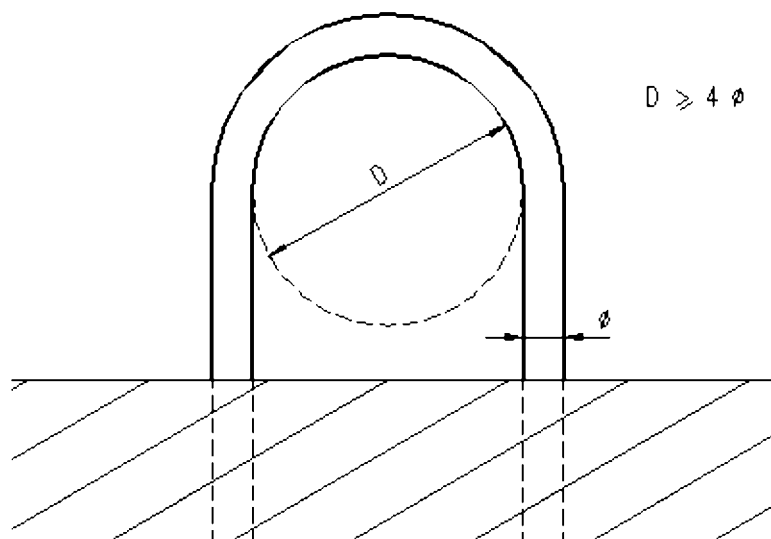
Exemple de dispositif permettant une répartition égale des efforts entre les boucles.



Dans ce cas, la vérification doit porter sur les couples suivants de boucles considérées comme seuls porteurs : 1 et 3, 1 et 4, 2 et 3, 2 et 4.

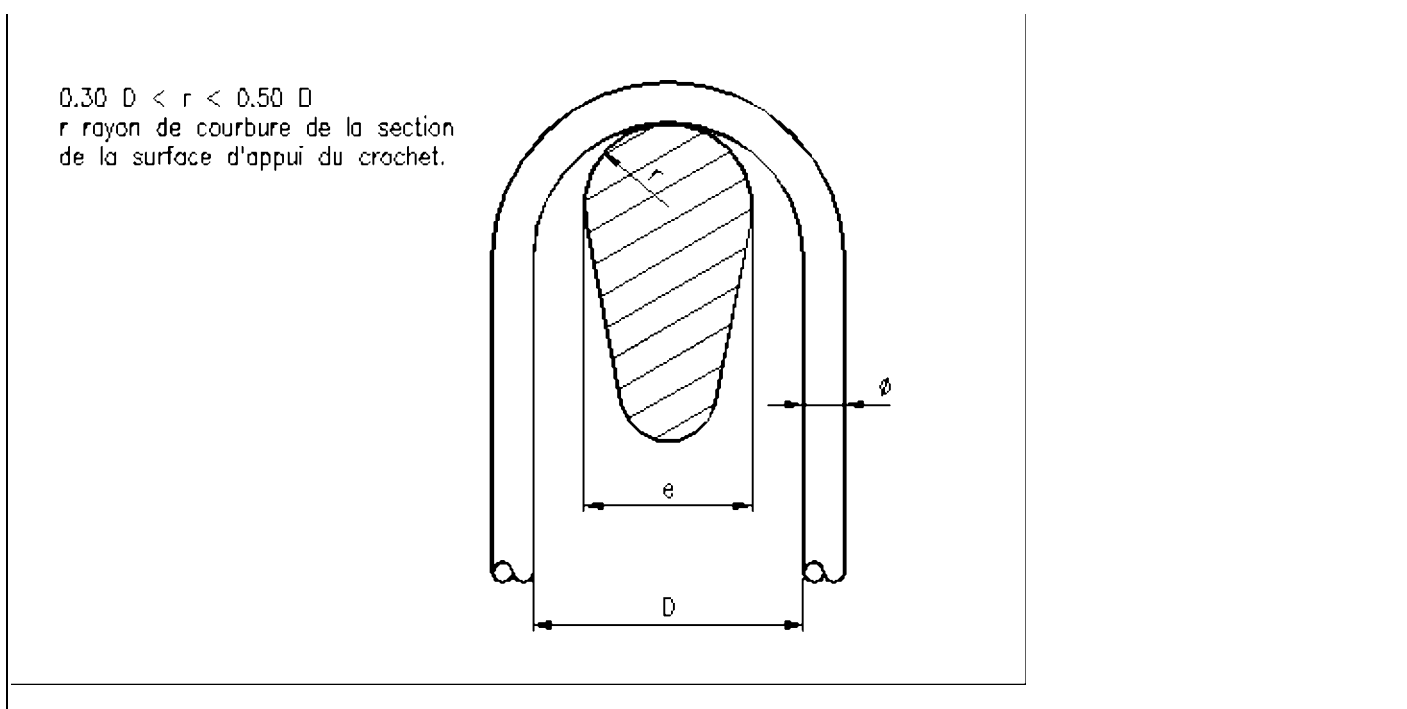
2.7.2.5 Forme de la boucle

Le diamètre intérieur de la boucle ne doit pas être inférieur à 4 fois le diamètre du rond utilisé .



Commentaire

Le diamètre de la boucle est également en relation avec le rayon de courbure de la section de la surface d'appui du crochet utilisé pour la manutention.



2.8 Chaînages

2.8.1 Règle générale

Un chaînage horizontal continu, fermé, en béton armé, ceinture les façades à chaque étage et au niveau des planchers ainsi qu'au couronnement des murs et les relie au droit de chaque refend.

2.8.2 Dimensions

Les chaînages de section rectangulaire bétonnés en oeuvre auront une largeur nominale minimale de 8 cm, leur épaisseur étant voisine de celle du plancher (fig. 2.1).

Commentaire

Lorsque de larges évidements sont pratiqués dans les ouvrages aboutissant au joint en vue de faciliter le bétonnage, ce minimum nominal peut être ramené à 6 cm pour la partie inférieure si les conditions de résistance le permettent par ailleurs (fig. 2.2).

Fig. 2.1

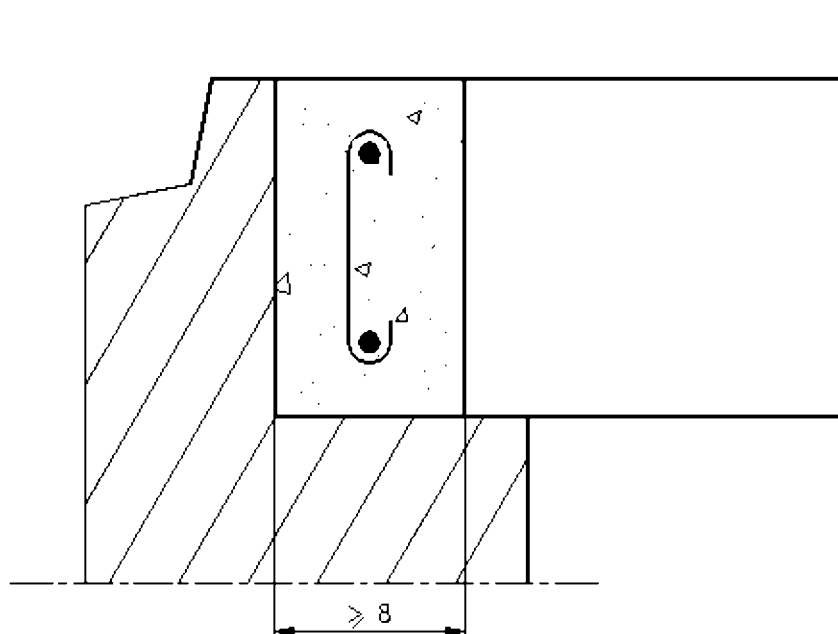
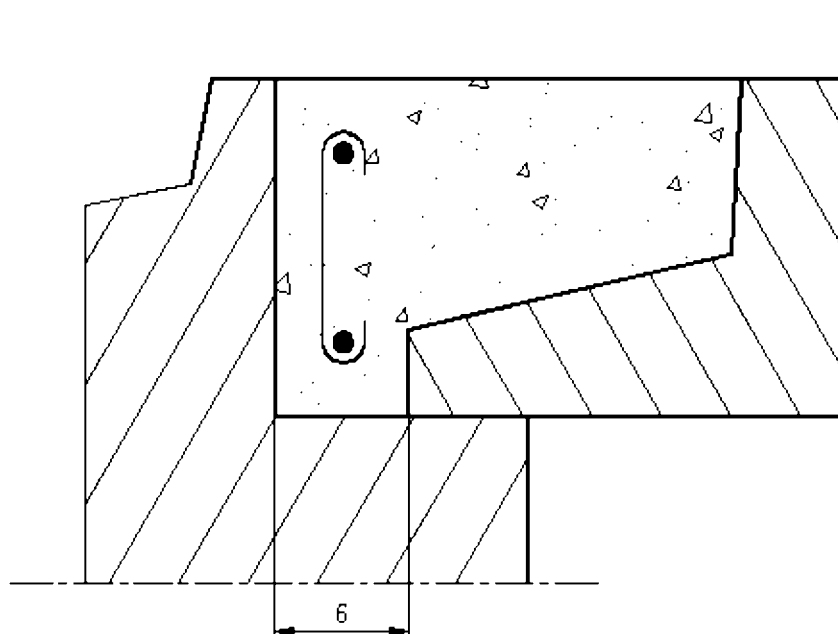
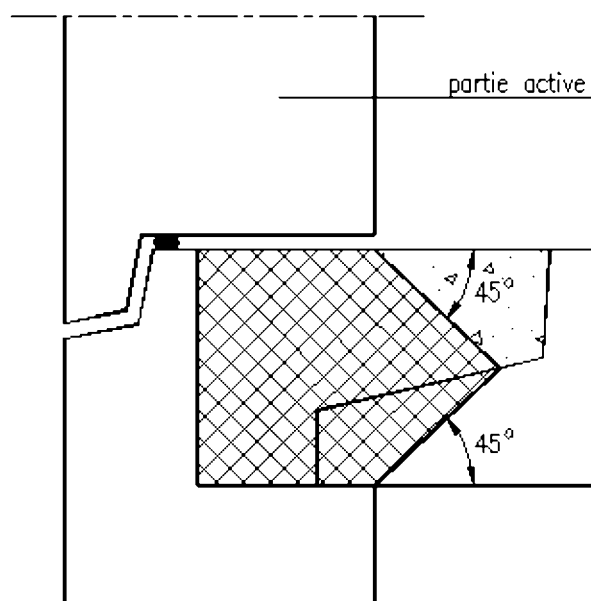


Fig. 2.2



NOTA - Les aciers de liaison plancher-chaînage ne sont pas représentés.

Il est interdit de faire passer des canalisations ou équipements filants quelconques dans la partie active des chaînages



2.8.3 Armatures

La section minimale des armatures doit être égale à

$$\frac{1,5 \times 400}{f_e} \text{ cm}^2$$

f_e étant la limite d'élasticité de l'acier utilisé exprimée en MPa.

Commentaire

A section équivalente, plusieurs barres de faible diamètre sont préférables à des barres de gros diamètre. Des armatures transversales de montage sont alors nécessaires.

Les dispositifs de montage et d'assemblage situés dans les joints ne doivent pas faire obstacle à la réalisation correcte du chaînage ; en particulier, les armatures ne doivent pas être déviées et doivent pouvoir être enrobées. Sauf application du § 2.8.5, la moitié au moins de la section minimale doit être comprise dans le béton coulé en oeuvre ; l'autre partie de la section totale peut être constituée par les aciers longitudinaux suivants, s'ils sont continus sur toute la longueur des murs :

- aciers qui se trouvent dans le volume commun au mur et au plancher,
- aciers qui se trouvent dans une bande de plancher de largeur inférieure à 4 fois l'épaisseur du plancher.

Commentaire

La participation au chaînage des aciers placés dans le plancher au voisinage du mur suppose qu'il n'existe pas dans la zone concernée, de surface de reprise de bétonnage non traversée par les aciers de couture nécessaires et que la continuité de ces aciers soit réalisée aux joints entre éléments de planchers adjacents.

2.8.4 Planchers chauffants

Commentaire

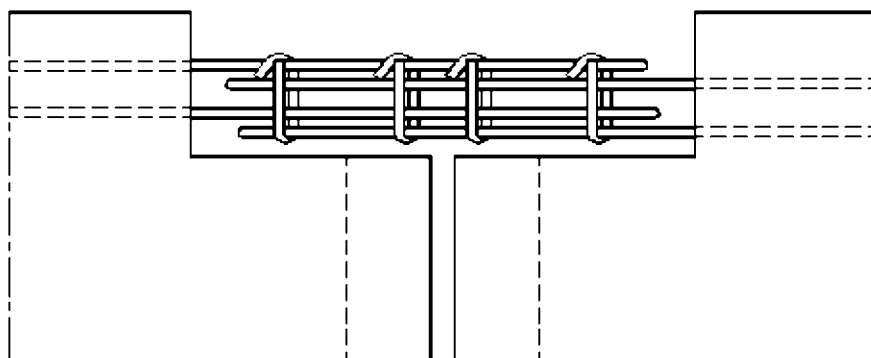
Il n'est pas traité du cas des planchers chauffants. On apprécie suivant la nature du chauffage s'il y a lieu de conserver ou de renforcer les dispositions précédentes.

2.8.5 Chaînages incorporés aux panneaux préfabriqués

Tout ou partie des aciers de chaînages peut être incorporé aux panneaux préfabriqués. Ils doivent être situés au voisinage du nez de plancher.

La reconstitution de la continuité des chaînages doit être réalisée aux joints entre composants préfabriqués par recouvrement d'armatures bétonné dans un espace réservé ou par toute autre disposition équivalente.

Lorsqu'il est fait appel au recouvrement d'armatures, des armatures transversales embrassant les barres en recouvrement doivent être prévues.



2.9 Joints de dilatation et de retrait

Il doit être prévu, dans les constructions à façades en panneaux préfabriqués, des joints de dilatation et de retrait intéressant toute la structure ; leur espacement ne peut être supérieur aux valeurs ci-après :

Commentaire

Pour d'autres raisons, liées notamment à la conception de la structure intérieure ou de certaines de ses parties, des joints de dilatation plus rapprochés qu'il n'est indiqué ici peuvent être nécessaires.

- 30 m dans les régions sèches ou à forte opposition de température,
- 60 m dans les régions humides et tempérées.

Commentaire

Entre les valeurs limites de 30 et 60 m, on peut retenir, pour un bâtiment de situation géographique déterminée, une valeur intermédiaire justifiée. A titre d'exemple, on peut admettre comme distances entre joints des longueurs de :

- 30 m dans les départements voisins de la Méditerranée,
- 35 à 40 m dans les régions de l'Est, les Alpes, les Pyrénées et le Massif Central,
- 45 m dans la région parisienne et le Nord,
- 60 m dans les régions de l'Ouest.

Lorsque des éléments chauffants sont incorporés aux planchers, cet espacement doit être réduit.

Commentaire

Cette réduction est à choisir en fonction des températures qu'il est prévu d'atteindre dans les planchers.

Chapitre III Etanchéité à la pluie

3.1 Généralités - rappel de l'exigence

Compte tenu des conditions climatiques et des variations dimensionnelles des panneaux, il faut qu'il existe dans l'épaisseur du mur une limite au-delà de laquelle toute pénétration de l'eau dans le corps des panneaux ou dans les parois soit impossible.

Commentaire

Cela implique notamment :

- que des coupures soient ménagées dans les surfaces ou volumes pouvant donner lieu à pénétration par capillarité,
- que les hauteurs des ressauts dans les voies de pénétration non capillaires où l'eau pourrait s'accumuler soient supérieures aux pressions (mesurées en hauteur d'eau) pouvant régner dans ces voies,
- que grâce aux formes et dispositions adoptées, les eaux ayant pénétré jusqu'à la limite ci-dessus par ruissellement interne dans les joints soient rejetées vers l'extérieur,
- que la pénétration directe de la pluie ou de la neige dans les joints soit arrêtée par une barrière convenablement disposée par rapport à l'ensemble du dispositif d'étanchéité,
- que la projection ou la pénétration d'eau par suite d'éventuels phénomènes de pompage ou d'entraînement par l'air soit impossible au-delà de la limite ci-dessus.

Si le mur comporte des matériaux et notamment des isolants dont la qualité ou les propriétés sont susceptibles d'être affectées par l'eau, cette limite doit être située en deçà de ces matériaux.

La satisfaction à cette exigence est à examiner tant en partie courante qu'aux joints et autres points singuliers.

3.2 Etanchéité en partie courante

Pour les panneaux répondant à la définition du § 1.2, notamment en ce qui concerne les épaisseurs minimales, et pour autant que les prescriptions de composition et de mise en oeuvre visées au Cahier des Charges du DTU 22.1 sont respectées, le béton de granulats courants est considéré comme non capillaire.

D'autre part, grâce à l'application des dispositions constructives minimales qui font l'objet de ce document, les risques de défauts localisés et fissuration pouvant donner lieu à pénétration d'eau sont considérés comme négligeables.

Commentaire

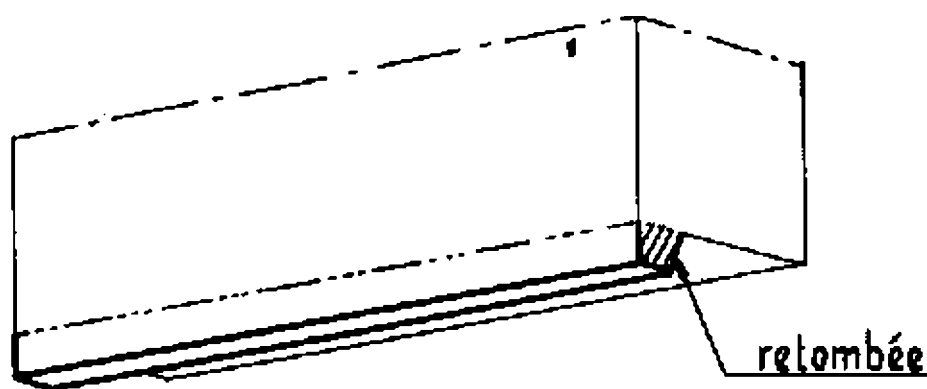
Une particularité importante de la construction en panneaux préfabriqués est précisément que les sollicitations dues aux phénomènes climatiques, thermiques et de retrait sont limitées par la présence des joints dans lesquels se concentrent pour une grande part les variations dimensionnelles imposées par ces phénomènes.

3.3 Etanchéité aux joints entre panneaux

3.3.1 Définitions

3.3.1.1 Retombée

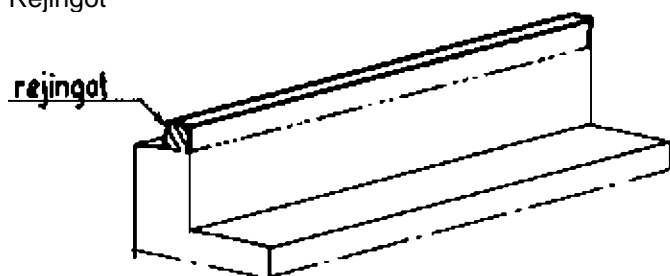
Retombée



Saillie affectant vers le bas toute la longueur de la tranche inférieure d'un élément et généralement située dans le plan du parement extérieur.

3.3.1.2 Rejingot

Rejingot



Saillie affectant vers le haut toute la longueur de la tranche supérieure d'un élément. Le rejingot est nécessairement situé en retrait du plan de parement extérieur. Avec le glacis situé en son pied, il constitue une forme complémentaire à celle de la retombée.

Commentaire

Cette saillie, généralement en béton, peut parfois être réalisée à partir de profilés en matière plastique ou en métal.

3.3.1.3 Chambre de décompression

Terme conventionnel désignant le volume continu ménagé dans un joint entre les extrémités des panneaux.

Commentaire

Convenablement organisé, il peut jouer différents rôles dans l'étanchéité des joints (équilibrage des pressions, coupure de capillarité, drainage).

3.3.2 Joints horizontaux ; dispositions minimales d'étanchéité

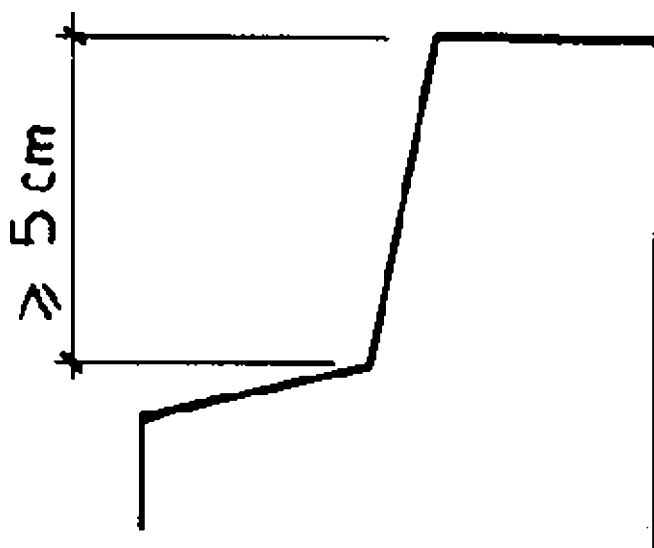
Sont considérés comme satisfaisants les joints dont les dispositions respectent les indications ci-après.

Commentaire

Ne sont très généralement visés par le présent DTU que les joints horizontaux où la forme joue un rôle prépondérant. Les joints « bout à bout » à remplissage de mastic ou serrage de cordon adhérent sans disposition complémentaire ne sont pas considérés actuellement comme pouvant être assez sûrement satisfaisants dans les conditions usuelles pour les joints courants.

3.3.2.1 Joints horizontaux courants

- La hauteur minimale du rejingot est de 5 cm .

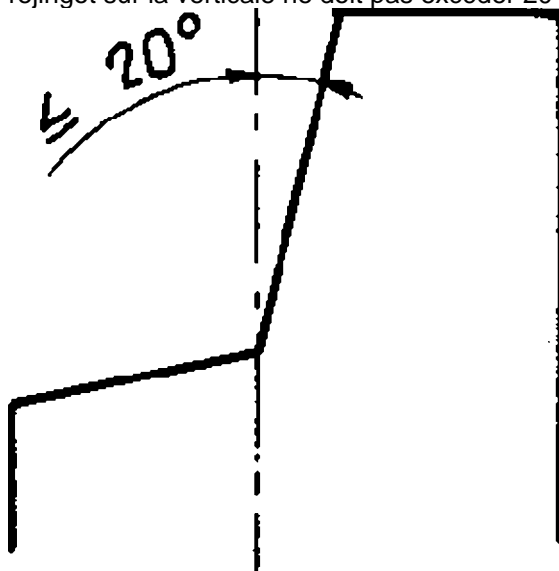


Commentaire

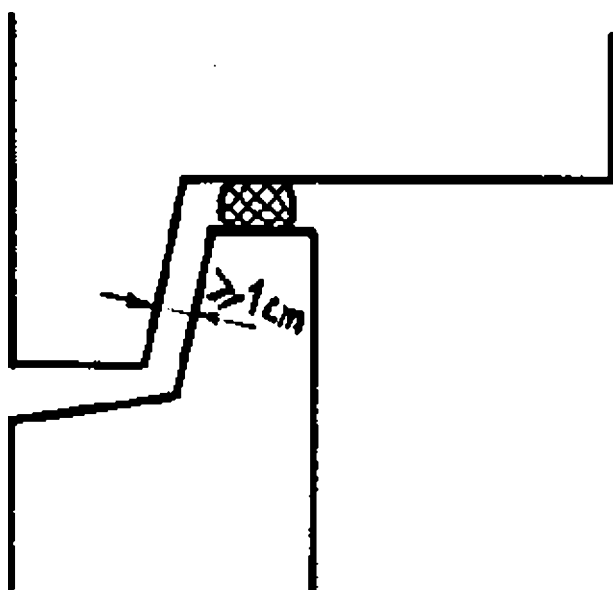
Il n'y a pas de prescription de valeur minimale de l'épaisseur du rejingot et de la retombée ; toutefois, une épaisseur suffisante est nécessaire pour éviter une trop grande fragilité des languettes.

Pour un rejingot en béton de 5 cm de hauteur, on peut recommander par exemple les épaisseurs minimales suivantes :

- 4,5 cm à la naissance
- 3,5 cm à la crête.
-
- Le glacis situé en contrebas doit être en pente vers l'extérieur.
- Si le joint horizontal n'est pas garni extérieurement, l'inclinaison de la face extérieure du rejingot sur la verticale ne doit pas excéder 20° .



- La distance nominale minimale entre la face arrière de la retombée et la face avant du rejingot doit être de 1 cm .



- Un dispositif, cordon préformé compressible par exemple, situé en haut du dispositif d'étanchéité du joint, doit empêcher la chute du mortier ou du béton du joint dans la partie avant ou, en l'absence de mortier ou de béton, doit assurer à lui seul l'étanchéité à l'air du joint.

Commentaire

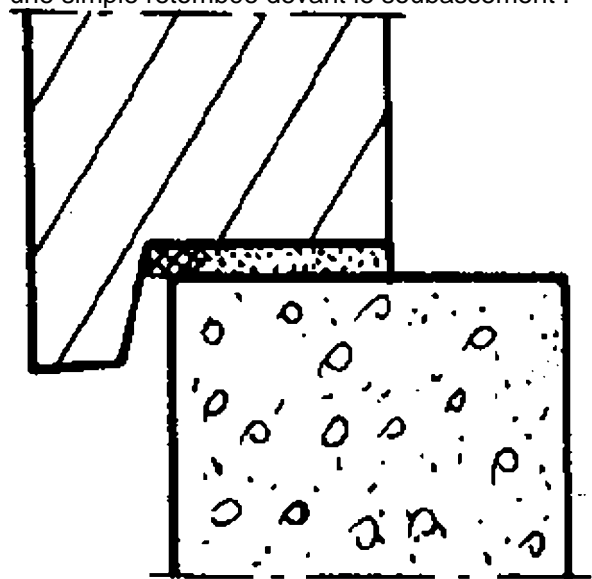
L'étanchéité à l'air du joint est une condition de son étanchéité à l'eau.

- En cas d'utilisation de profilés spéciaux incorporés au béton et constituant rejingots minces, le concepteur doit s'assurer qu'ils possèdent une durabilité convenable, équivalente à celle des panneaux et que leur forme permet un bon accrochage dans une zone de béton compact.

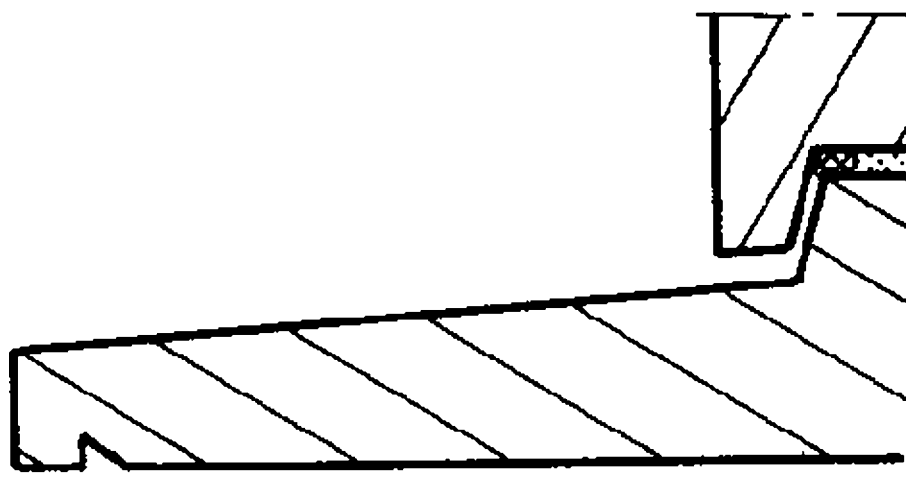
3.3.2.2 Joints horizontaux singuliers

3.3.2.2.1 Joints horizontaux sur soubassement

Le dispositif d'étanchéité de ces joints peut être identique à celui des joints horizontaux courants ou bien consister en une simple retombée devant le soubassement.



3.3.2.2.2 Joints horizontaux sur balcon et entre flanc et dalle de loggia



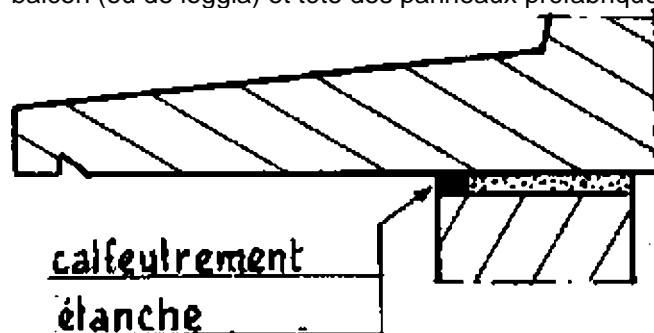
Le dispositif d'étanchéité consiste en un recouvrement entre la retombée du panneau préfabriqué et un épaulement moulé sur la dalle de balcon ou de loggia dont le profil est identique à celui du joint horizontal courant.

Commentaire

La réalisation de l'épaulement par bétonnage d'un relief sur une dalle en béton pré-existante pose des problèmes d'étanchéité du plan de reprise, problèmes qui sont hors du domaine du présent texte.

3.3.2.2.3 Joints horizontaux sous balcon et entre sous-face de dalle et flanc de loggia

Le dispositif d'étanchéité de ces joints consiste en un calfeutrement étanche de l'espace réservé entre sous-face de balcon (ou de loggia) et tête des panneaux préfabriqués.



3.3.2.2.4 Joints horizontaux sous bandeau ou acrotère saillant

Les dispositions du § 3.3.2.2.3 sont également utilisables sous acrotère débordant ou sous bandeau saillant sous réserve que, à un niveau voisin de celui du joint, la saillie de l'acrotère ou du bandeau soit de 10 cm au moins et que sa sous-face soit munie d'un larmier.

3.3.3 Joints verticaux ; dispositions minimales d'étanchéité

Sont considérés comme satisfaisants les joints dont les dispositions respectent les indications ci-après.

Commentaire

Ne sont très généralement visés par le présent DTU que les joints verticaux où la forme joue un rôle prépondérant avec ou sans l'adjonction d'un écran étanche arrière.

Les joints « bout à bout » à remplissage de mastic ou serrage de cordon adhérent sans disposition complémentaire ne sont pas considérés actuellement comme pouvant être assez sûrement satisfaisants dans les conditions usuelles pour les joints courants.

Largeur des joints : une largeur minimale des joints est nécessaire notamment pour la mise en place des garnitures de joints, mastic, lame, languette, etc.

Commentaire

Une largeur nominale de 15 à 20 mm est généralement convenable à cet égard.

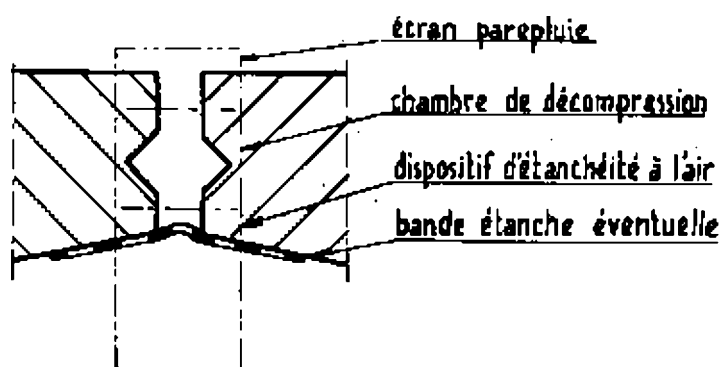
3.3.3.1 Joints verticaux courants

On distingue deux types de dispositifs d'étanchéité pour joints verticaux.

3.3.3.1.1 Dispositifs à chambre de décompression

Le système d'étanchéité de ce type se compose de :

- un pare-pluie,
- une chambre de décompression,
- un dispositif d'étanchéité à l'air,
- éventuellement une bande étanche qui peut notamment jouer le rôle de dispositif d'étanchéité à l'air.

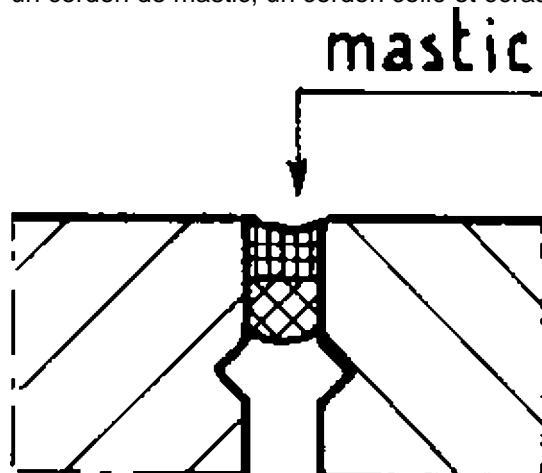


3.3.3.1.1.1 Pare-pluie

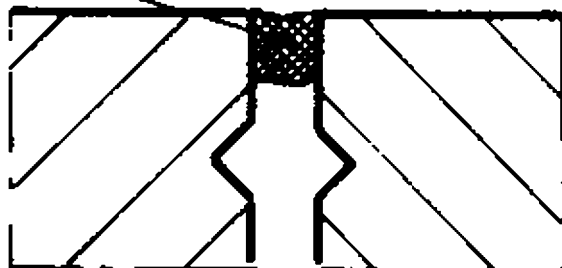
Placé au voisinage du parement extérieur, il doit empêcher l'entrée directe de l'eau dans le joint.

Il peut être constitué par :

- un cordon de mastic, un cordon collé et écrasé :



**cordon de mousse
imprégnée de bitume**



Commentaire

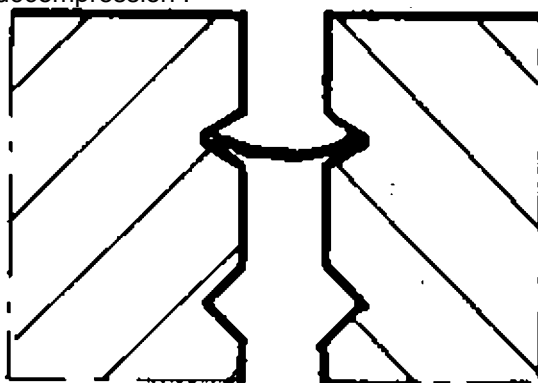
Si le pare-pluie consiste en une garniture de mastic, les conditions à respecter lors de sa mise en oeuvre conduisent à une largeur minimale de 3 cm pour la plage située entre cannelure et parement extérieur.

- une lame dans un jeu de cannelures.

Commentaire

Pour permettre le moulage convenable d'une seconde cannelure, une distance minimale de 3 cm entre chambre de décompression et parement extérieur est généralement nécessaire.

- La lame doit posséder une durabilité convenable, équivalente à celle des panneaux.
- La cannelure dans laquelle est placée la lame n'est pas considérée comme chambre de décompression.



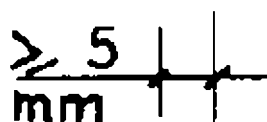
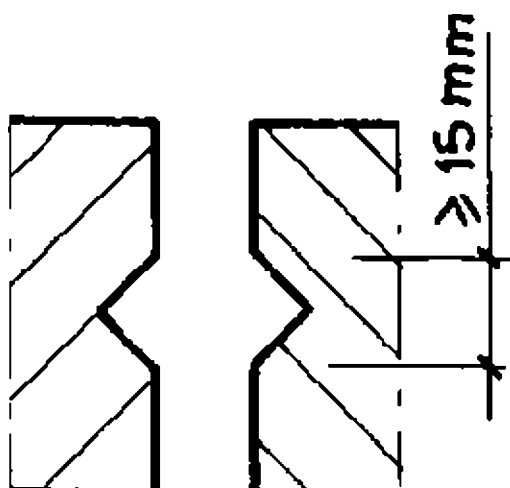
3.3.3.1.1.2 Chambre de décompression

La cannelure réservée sur chacun des flancs du joint et concourant à délimiter la chambre de décompression doit satisfaire aux conditions suivantes :

- largeur ≥ 15 mm
- profondeur ≥ 5 mm et voisine de la 1/2 largeur

Commentaire

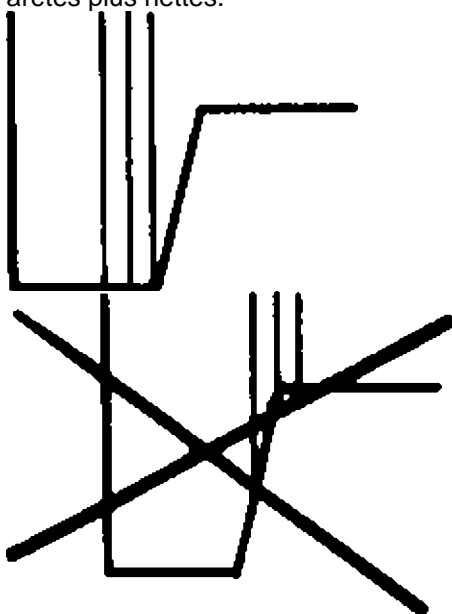
La section de la cannelure peut être trapézoïdale, triangulaire, etc.



- être délimitée par des arêtes vives
- être située en partie basse dans l'épaisseur de la retombée à sa naissance

Commentaire

Son efficacité est d'autant plus grande que la qualité de moulage permet d'obtenir des arêtes plus nettes.



Son inclinaison éventuelle par rapport à la verticale ne doit pas excéder 10°.

Commentaire

Il peut être commode ou utile, pour satisfaire à la condition précédente notamment, de dévier localement ou d'incliner la cannelure par rapport à la verticale.

3.3.3.1.1.3 Dispositif d'étanchéité à l'air

Un dispositif d'étanchéité à l'air doit être disposé à l'arrière de la chambre de décompression.

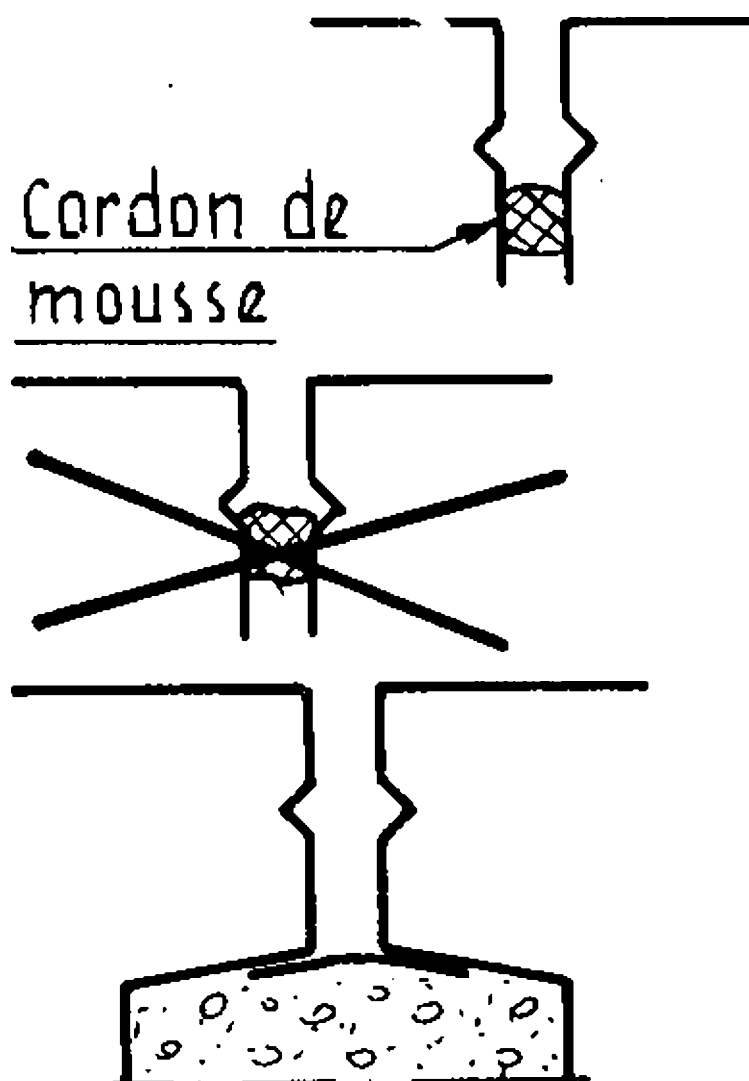
Commentaire

L'étanchéité à l'air du joint est une condition de l'étanchéité à l'eau.

Des dispositions doivent être prévues pour que le matériau qui le constitue n'obture pas la chambre de décompression

Commentaire

Le dispositif d'étanchéité à l'air peut être constitué par le béton de la liaison, un cordon de mousse écrasé, un calfeutrement de mortier, une bande étanche (voir 3.3.3.1.1.4), etc.

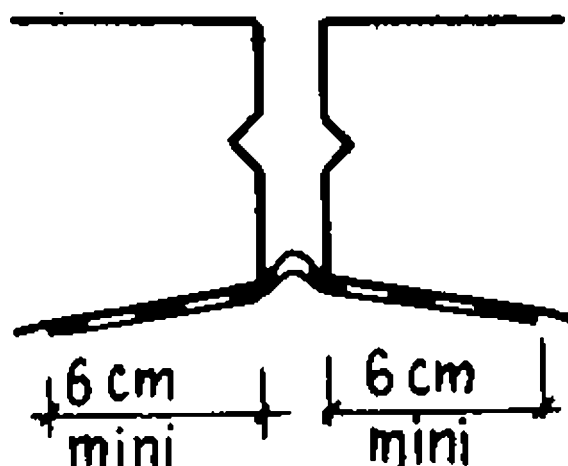


3.3.3.1.1.4 Bande étanche

Commentaire

Dans cet emploi, la bande étanche joue un rôle de complément d'étanchéité à l'eau en même temps que d'étanchéité à l'air.

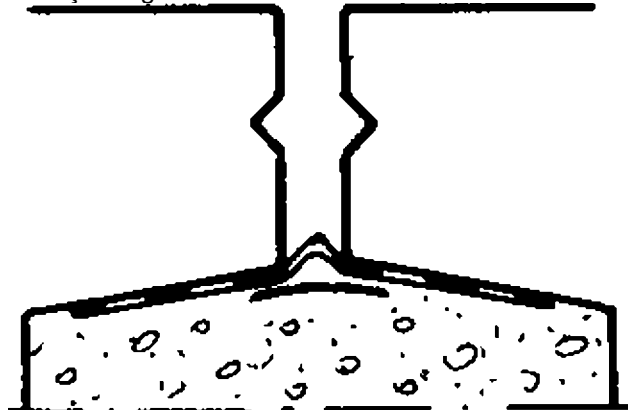
- Sa largeur minimale doit être celle du joint augmentée de 2×6 cm .



- Elle doit être faite d'un matériau élastique ou bien être façonnée en soufflet. Celui-ci doit être muni à l'arrière d'un écran le protégeant du remplissage par le béton de la liaison.

Commentaire

Le façonnage en soufflet est recommandé même en cas d'emploi de matériau élastique.



S'il est prévu de la réaliser à partir de matériaux à base de bitume, il doit s'agir de bitume armé type 40 à double armature de tissu et voile de verre (T.V. - V.V. norme NF P 84-311).

3.3.3.1.2 Systèmes à glissières et languette

Le dispositif est constitué par une languette enfilée dans des glissières scellées dans les flancs du joint.

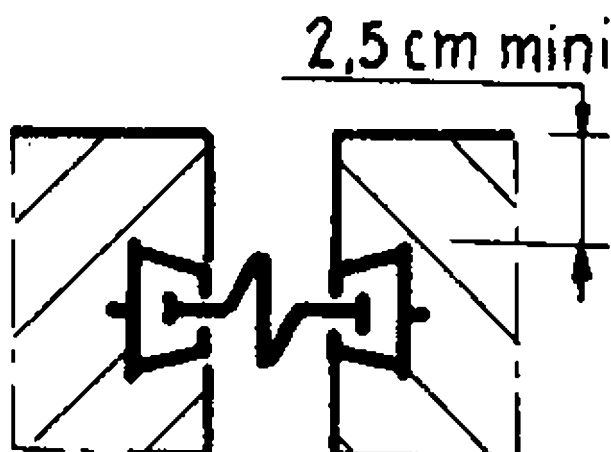
Commentaire

Les principes de fonctionnement de ces systèmes sont les mêmes que ceux des dispositifs à chambre de décompression.

NOTA. Le dessin des glissières et des languettes ci-dessous est indicatif.

Les dispositions doivent satisfaire aux conditions suivantes :

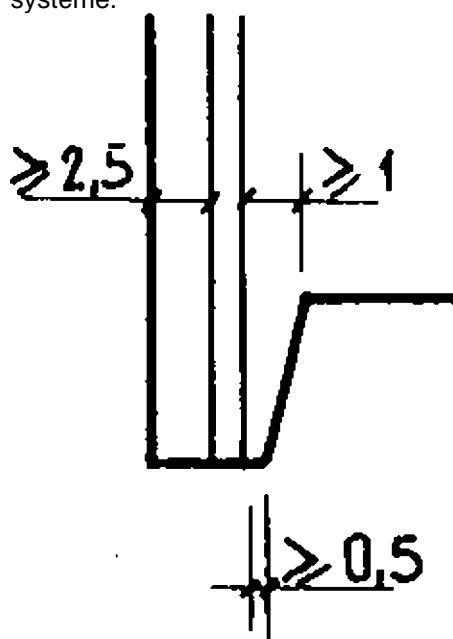
- L'ensemble doit posséder une durabilité convenable, équivalente à celle des panneaux.
- Les glissières doivent être comprises en pied dans l'épaisseur de la retombée.



Commentaire

On peut envisager des courbures modérées de ces systèmes.

- Les glissières doivent avoir un enrobage de béton de 2,5 cm au minimum vers l'extérieur et de 1 cm au minimum vers l'intérieur. En pied de retombée la cote d'enrobage minimal du côté intérieur peut être ramenée à 0,5 cm.
- Leur inclinaison sur la verticale ne doit pas excéder 15°.
- Si la languette ne trouve pas un appui en pied l'empêchant de glisser, elle doit être maintenue en place par un dispositif spécial ne perturbant pas le fonctionnement du système.



NOTA. Ce système n'est pas couramment utilisable dans des joints verticaux singuliers tels que les joints verticaux entre façade en panneaux préfabriqués et pignon banché. Il n'est pas utilisable dans les joints verticaux entre files adjacentes de panneaux préfabriqués si les joints horizontaux sont décalés d'une file à l'autre.

Commentaire

Voir aussi § 3.3.4.2.

3.3.3.2 Joints verticaux singuliers

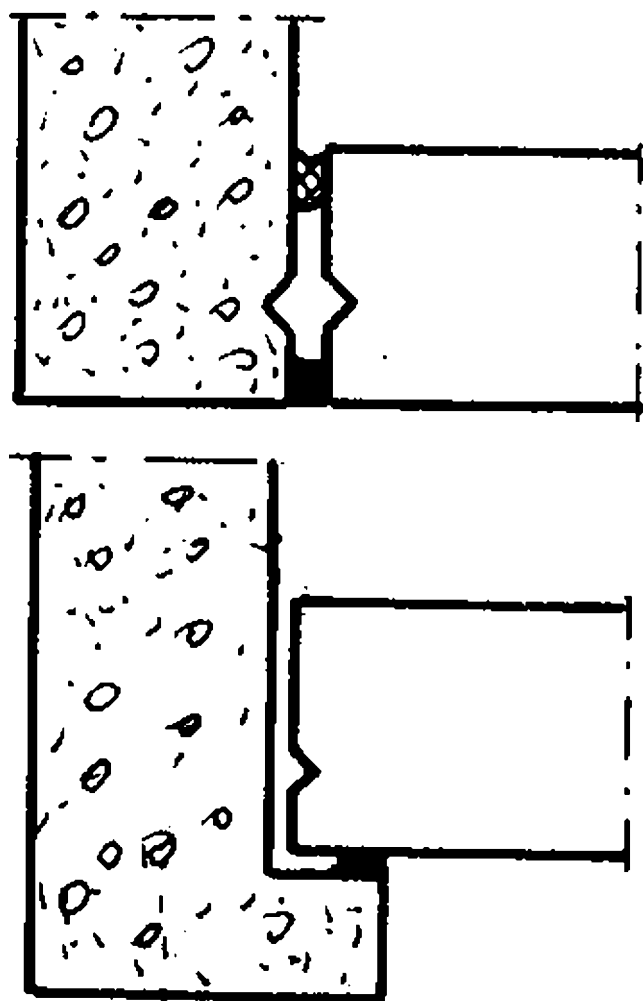
3.3.3.2.1 Joints verticaux entre façade en panneaux préfabriqués et refend ou pignon saillant ou non

Les dispositifs d'étanchéité de ces joints sont très généralement à chambre de décompression.

Il existe une cannelure ou une feuillure sur le flanc du pignon .

Commentaire

Des techniques convenables (coffrage, composition et serrage du béton) doivent être prévues pour la réalisation des pignons banchés, de telle sorte que, sur leurs tranches, le béton ait la régularité et la compacité nécessaires à l'efficacité de la garniture d'étanchéité éventuelle du joint d'angle.



3.3.3.2.2 Joints verticaux entre allège et trumeau

Ces joints comportent un dispositif à chambre de décompression ou un système à glissières et languette.

L'emploi du système à glissières et languette nécessite des dispositions particulières (glissières inclinées, comprises au sommet dans l'épaisseur du rejingot d'appui de baie).

3.3.4 Croisements de joints - dispositions minimales d'étanchéité

Sont considérés comme satisfaisants les croisements de joints dont les dispositions d'étanchéité respectent les indications ci-après.

3.3.4.1 Croisements de joints courants

On distingue les cas où les joints verticaux comportent une chambre de décompression et ceux où les joints verticaux comportent un système à glissières et languette.

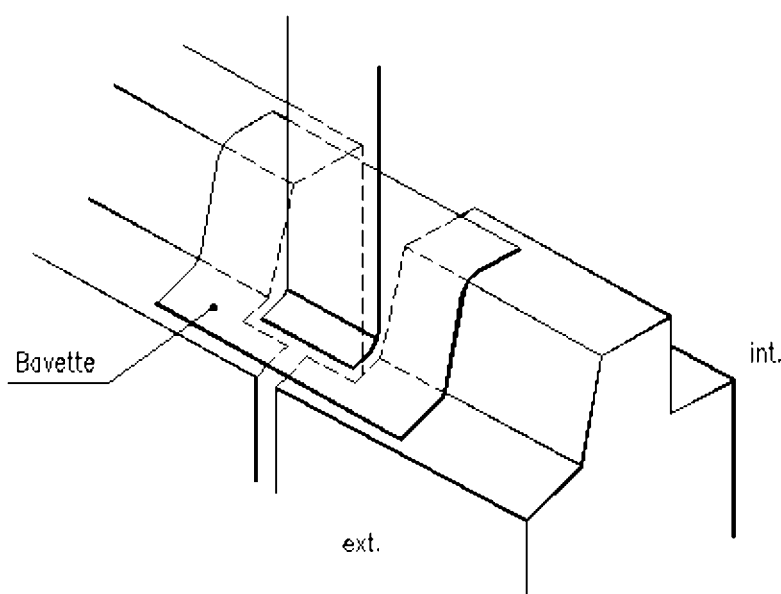
3.3.4.1.1 Cas où les joints verticaux comportent une chambre de décompression

3.3.4.1.1 Le joint vertical comprend un écran étanche

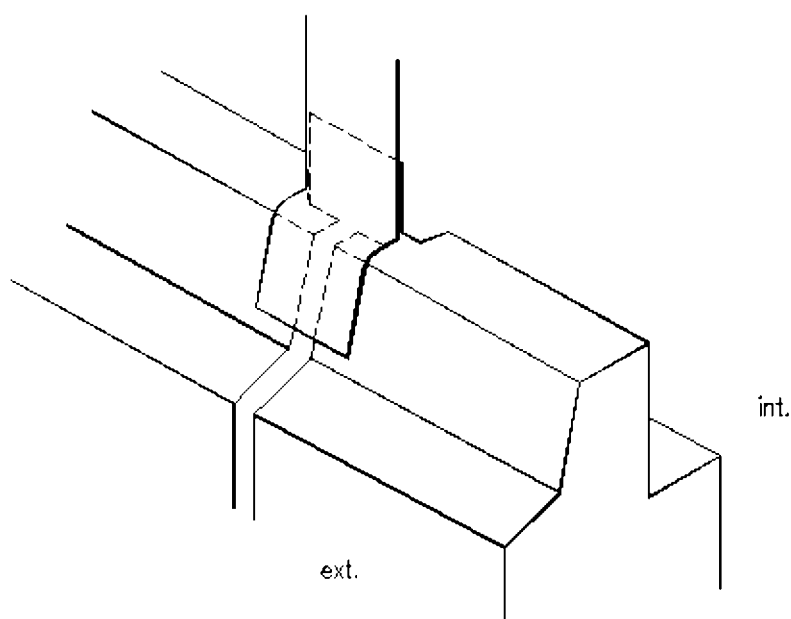
Commentaire

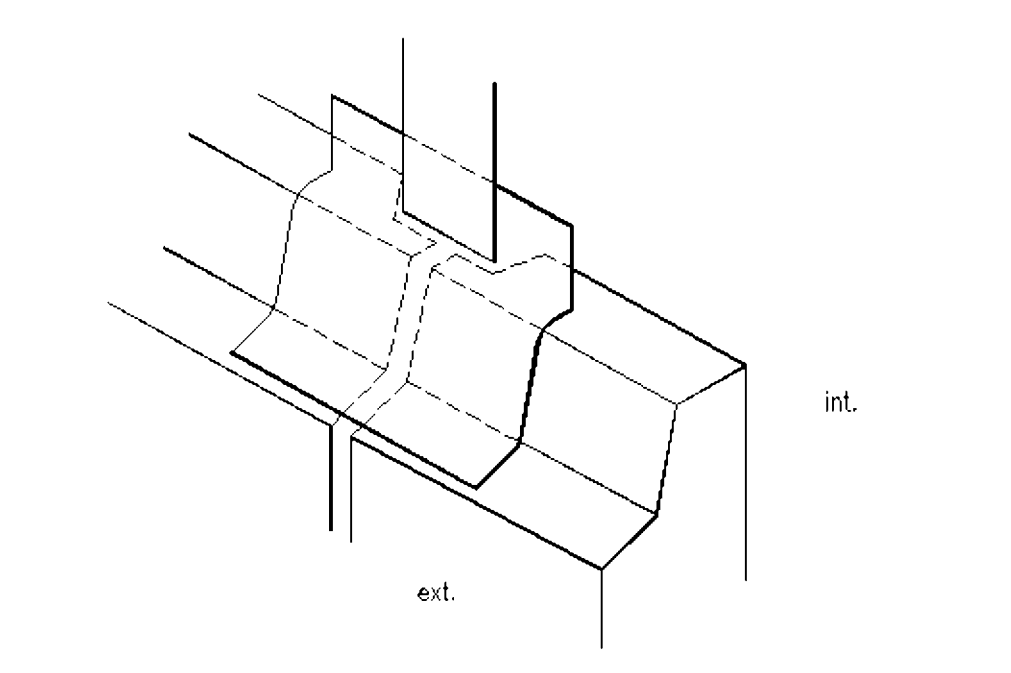
Les dispositions prescrites sont inhérentes au rôle d'étanchéité à l'eau qui est assigné à la bande étanche.

- a Si le plan des plages d'application de l'écran se trouve sur toute la hauteur du panneau en avant du plan vertical de l'arête haute extérieure du rejingot, ce dernier est interrompu sur toute la largeur de la feuillure et sa continuité doit être rétablie, grâce à une bande étanche collée au sommet des éléments adjacents, de part et d'autre du joint vertical et constituant bavette. L'écran vertical éventuel de l'étage supérieur doit recouvrir ce rejingot reconstitué qui, à moins qu'une autre disposition ne soit prise dans le même but, doit être aussi vertical que possible pour éviter le remplissage du vide par le béton de la liaison verticale .



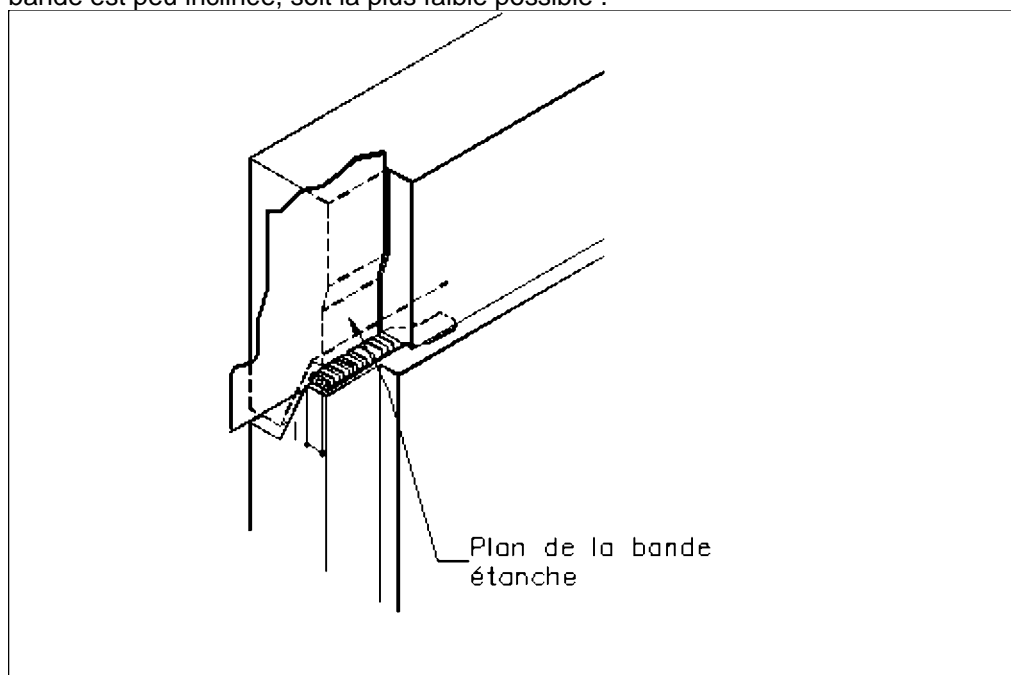
- b Si le plan des plages d'application se trouve en arrière du plan vertical de l'arête haute extérieure du rejingot, l'écran de l'étage supérieur ou une bavette servant de relai doit passer devant le rejingot .





Commentaire

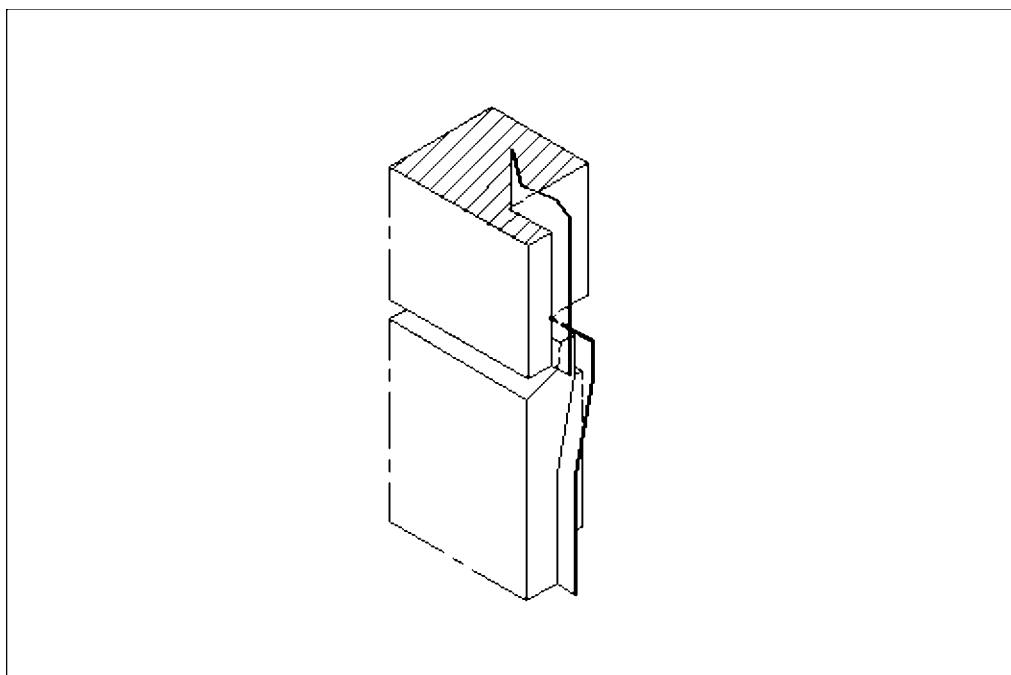
Dans le cas où la distance entre le plan de la bande étanche et le plan vertical du rejingot est importante, il est recommandé que, grâce à une disposition telle que le dévoiement en partie basse du plan d'application de la bande étanche, la distance l le long de laquelle la bande est peu inclinée, soit la plus faible possible.



- c Si le fond de feuillure se trouve en arrière du plan de l'arête extérieure haute du rejingot en partie haute des éléments, tandis qu'il se trouve en avant de ce plan en partie basse, des dispositions doivent être prises pour éviter le remplissage du vide par le béton de la liaison verticale.

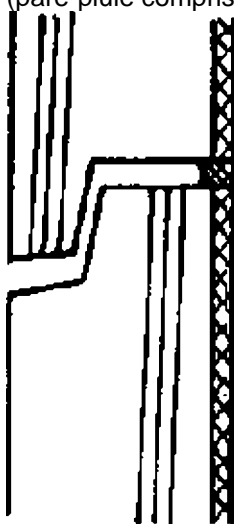
Commentaire

Dans un tel cas, on échappe à l'une et l'autre des prescriptions précédentes relatives à la reconstitution du profil du rejingot (§ a et b).



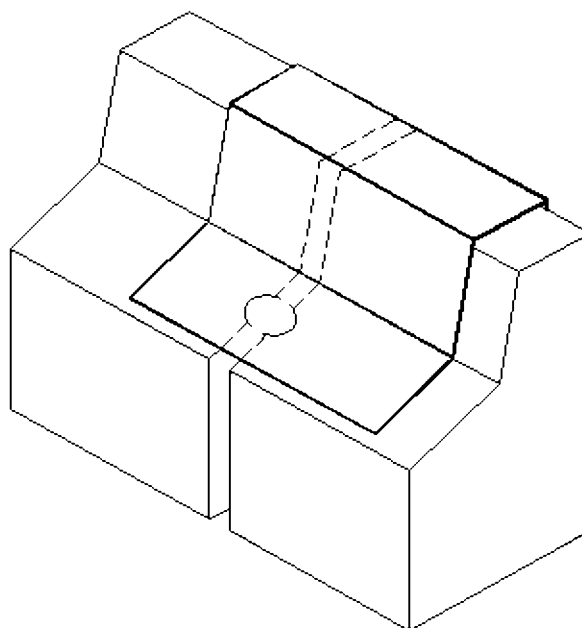
3.3.4.1.1.2 Dispositions permettant un fonctionnement normal de la chambre de décompression aux croisements des joints.

- a Cas où la chambre de décompression est moulée dans l'épaisseur du rejingot.
Il n'y a pas à prévoir de disposition particulière autre que la jonction des dispositifs d'étanchéité à l'air des joints verticaux et horizontaux, si l'ensemble du dispositif d'étanchéité (pare-pluie compris) est situé dans l'épaisseur du rejingot .



Dans le cas contraire, il faut appliquer les indications du § b ci-dessous.

- b La chambre de décompression n'est pas située dans l'épaisseur du rejingot.
On doit réaliser une continuité de la forme de la tranche supérieure des éléments, grâce à un dispositif durable tel qu'une bavette collée au sommet des panneaux sur une largeur de 12 cm au moins de part et d'autre du joint vertical .



Commentaire

Outre son rôle dans le drainage, cette bavette a pour effet, dans le cas du joint horizontal ouvert, d'empêcher l'eau de pénétrer directement en tête des joints verticaux.

S'il est prévu de réaliser cette bavette à partir de matériaux à base de bitume, il doit s'agir de bitume armé type 40 à double armature de tissu et voile de verre (T.V. - V.V. norme NF P 84-311). Dans le cas contraire, il doit s'agir de feuille de butyle, de polyisobutylène ou de matériaux de propriétés équivalentes.

Si le joint horizontal comporte une garniture extérieure, des exutoires doivent y être réservés à tous les croisements de joints. Ils doivent être organisés de façon à ne pas favoriser la pénétration de l'eau.

Commentaire

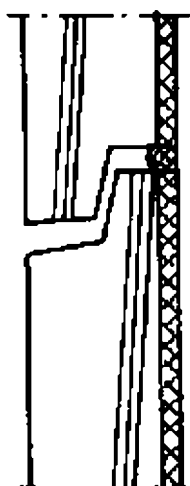
Pour la mise en communication de la chambre de décompression avec l'extérieur il est recommandé d'utiliser des tubes faisant légèrement saillie sur la façade et dont la section terminale soit orientée vers le bas.

3.3.4.1.2 Cas où les joints verticaux comportent un système à glissières et languette

3.3.4.1.2.1 Les glissières sont comprises en tête dans l'épaisseur du rejingot

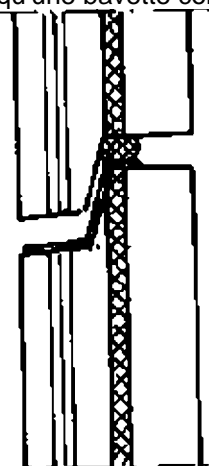
Les conditions suivantes doivent être respectées :

- La longueur et la position des languettes doivent être telles qu'il existe un recouvrement minimal au moins égal à celui qui existe entre retombée et rejingot en partie courante.
- Dans le plan vertical du joint, les dispositifs d'étanchéité à l'air du joint vertical et du joint horizontal doivent se raccorder en haut de rejingot immédiatement à l'arrière des glissières



3.3.4.1.2.2 Les glissières ne sont pas comprises en tête dans l'épaisseur du rejingot

On doit réaliser une continuité de la forme de la tranche supérieure des éléments grâce à un dispositif durable tel qu'une bavette collée au sommet des panneaux sur une largeur de 12 cm au moins de part et d'autre du joint vertical .



(Pour la nature de cette bavette, voir § 3.3.4.1.1.2 b).

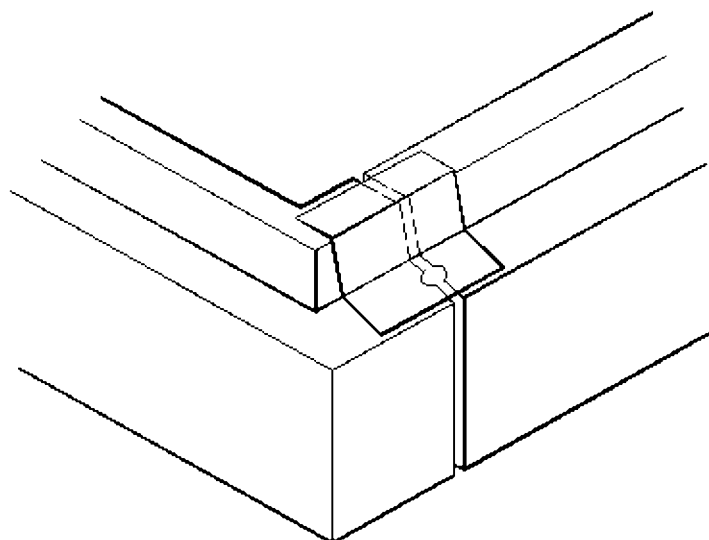
Il existe généralement entre le sommet de la languette et cette bavette une lacune qui doit être obturée.

Commentaire

Cette lacune permettrait la pénétration directe de l'eau en tête des joints verticaux. Son obturation peut être effectuée par exemple à l'aide de mastic.

3.3.4.2 Croisements de joints singuliers et autres singularités

3.3.4.2.01 Angle entre façades en panneaux préfabriqués



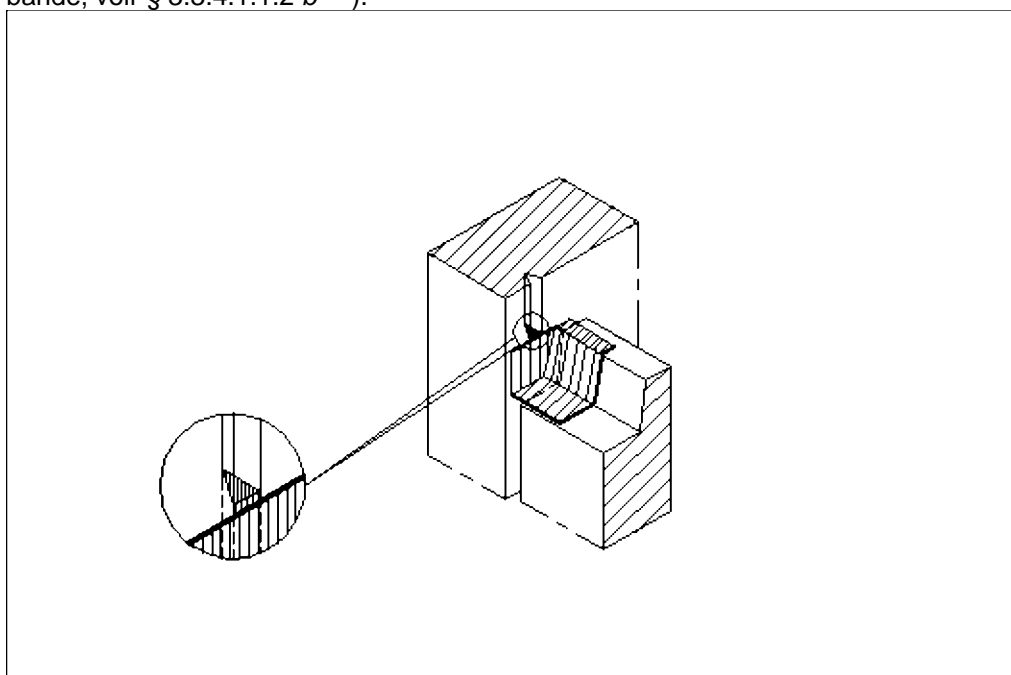
On se ramène au cas du croisement de joints courant en retournant parallèlement à l'une des deux façades le rejingot et la retombée des panneaux de l'autre façade.

3.3.4.2.02 Croisement d'un joint horizontal courant entre panneaux de façade et d'un joint vertical entre façade et pignon ou refend en béton banché

a Pignon ou refend saillant

Solution 1

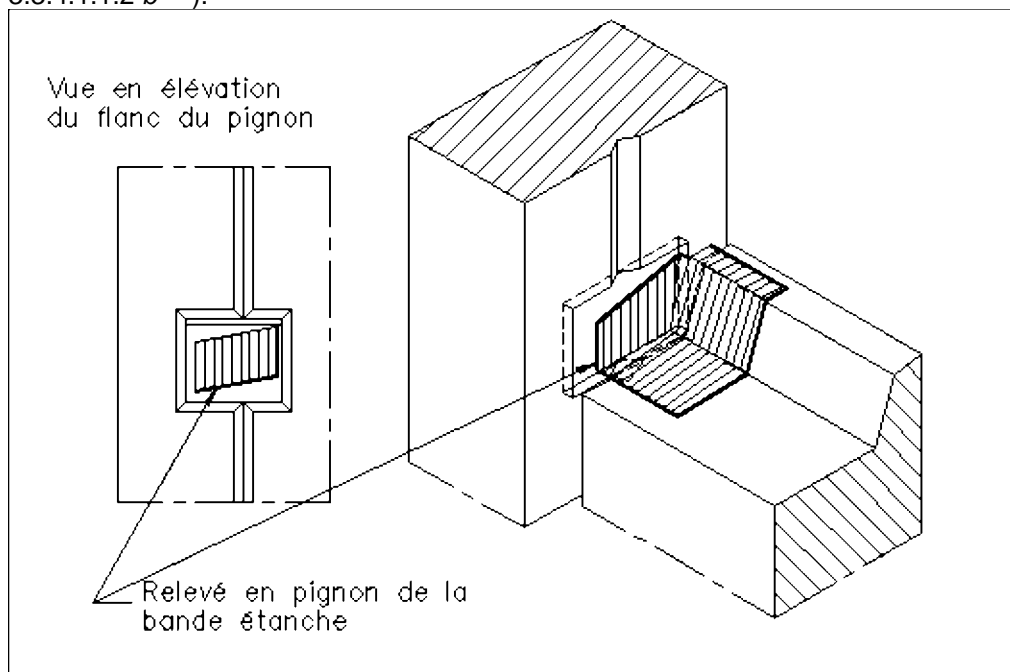
Une bande étanche façonnée en trièdre est collée sur la tranche supérieure des panneaux de façade et sur le refend ou le pignon. La chambre de décompression moulée sur le pignon ou le refend est obturée au niveau du bord supérieur de la bande étanche avec un matériau compatible avec celui de la bande et adhérent sur lui (pour la nature de cette bande, voir § 3.3.4.1.1.2 *b*).



Solution 2

Une bande étanche façonnée en trièdre est collée sur la tranche supérieure des panneaux

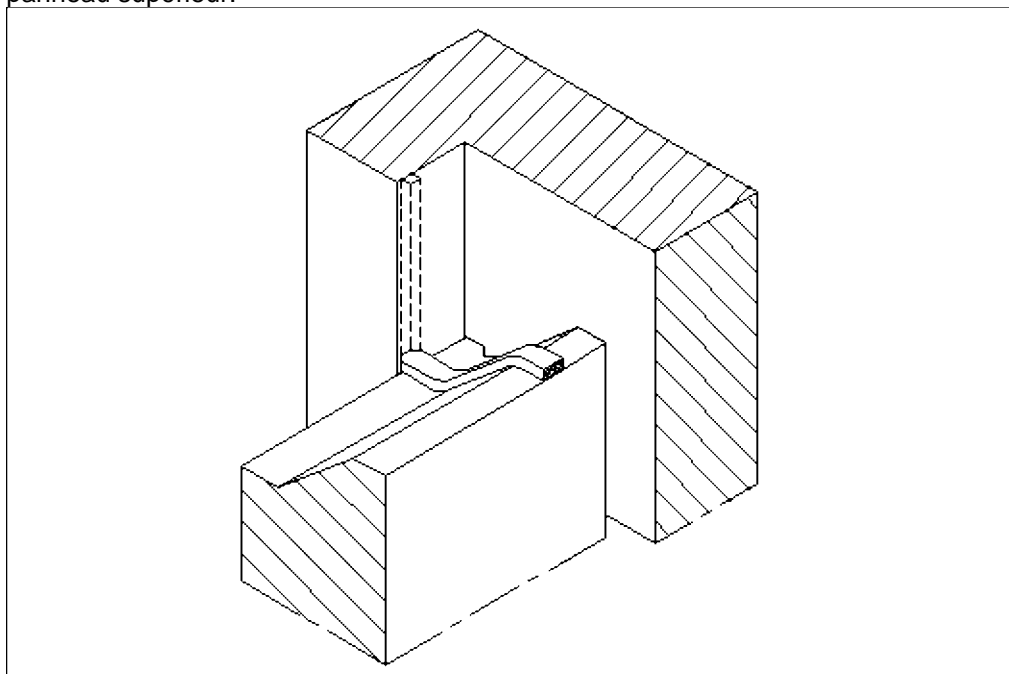
et au fond d'un défoncé moulé sur le pignon (ou refend) de profondeur au moins égale à la profondeur de la cannelure de décompression (pour la nature de cette bande, voir § 3.3.4.1.1.2 b).



Solution 3

Cas où le refend (ou le pignon) comporte une feuillure.

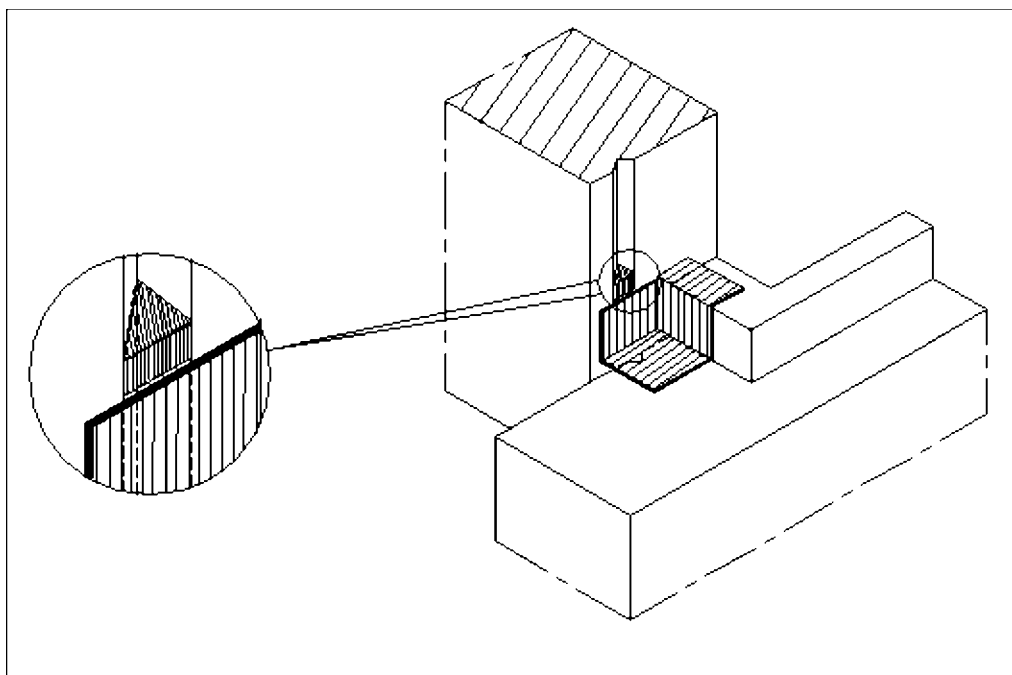
Une garniture étanche prolongeant la garniture du joint vertical se retourne le long du profil du joint horizontal dans le plan vertical du bord de la feuillure ; elle est comprimée par le panneau supérieur.



Commentaire

Cette solution ne permet pas l'évacuation au croisement des joints des eaux qui, ayant franchi accidentellement la garniture étanche, se trouvent drainées par la cannelure moulée sur la tranche du panneau. C'est donc une solution très délicate qui exige une mise en oeuvre particulièrement soignée des garnitures étanches.

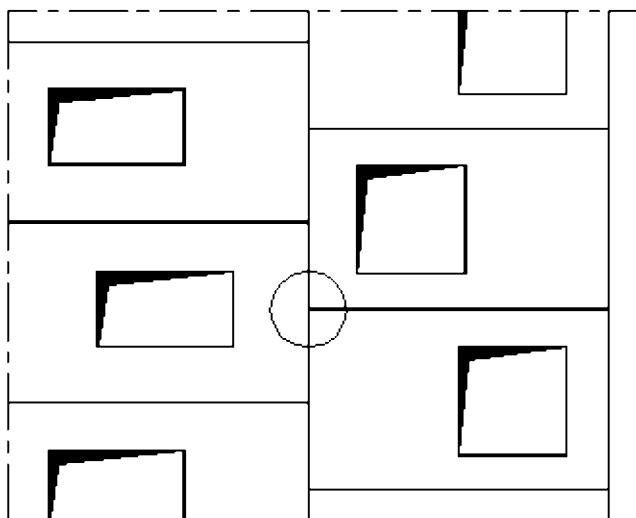
b Façade saillante

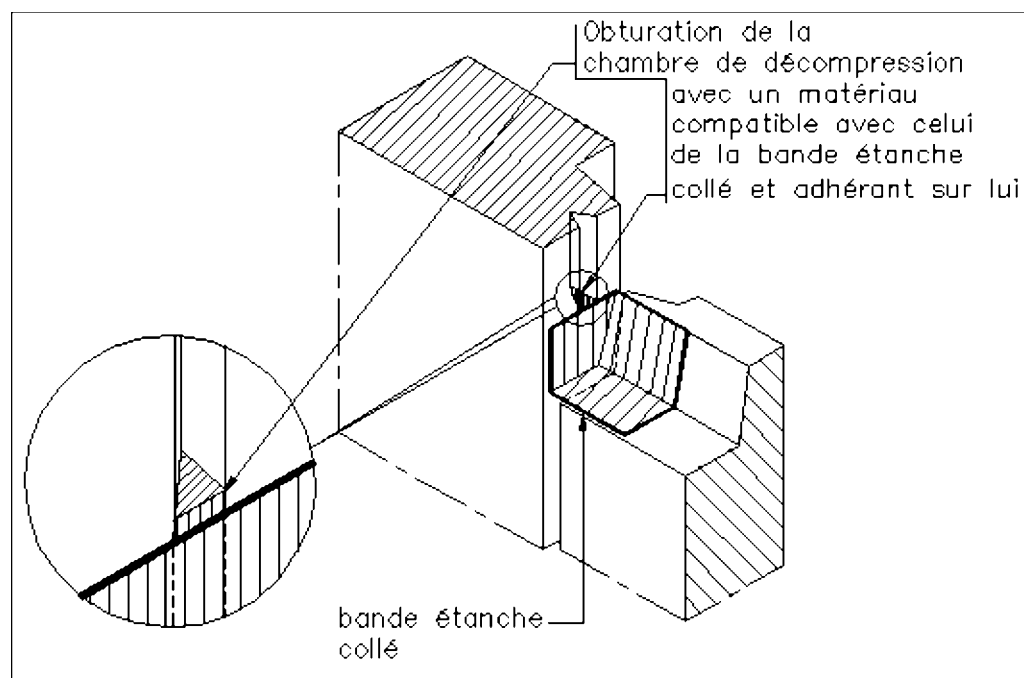


- Une bande étanche façonnée en trièdre doit être collée sur la tranche supérieure des panneaux de façade et sur le pignon (pour la nature de cette bande, voir § 3.3.4.1.1.2 *b*).
- La chambre de décompression moulée sur le pignon est obturée au niveau du bord supérieur de la bande étanche par un matériau compatible avec celui de la bande et adhérent sur lui.

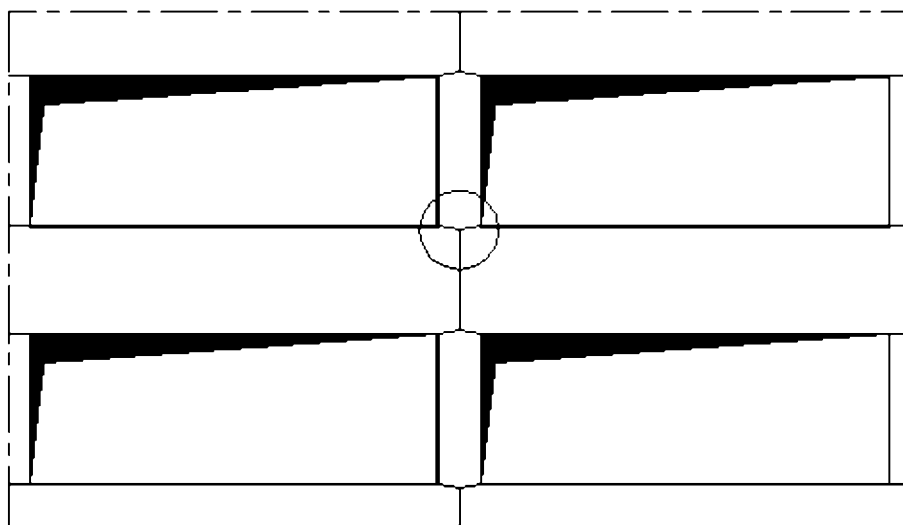
3.3.4.2.03 Croisement entre un joint horizontal et un joint vertical entre files adjacentes de panneaux dont les joints horizontaux sont décalés

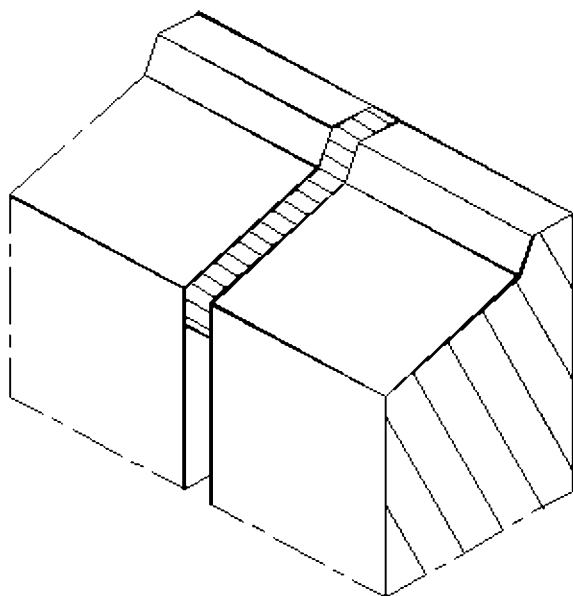
Les dispositions à mettre en oeuvre se déduisent directement de celles décrites au § 3.3.4.2.02 a solution 1.





3.3.4.2.04 Joint en appui d'allège





Si il n'y a pas d'appui de baie métallique filant rapporté franchissant le joint, celui-ci doit être obturé par une garniture de mastic mise en place sur fond de joint, reconstituant le profil de l'appui d'allège et en continuité avec le dispositif d'étanchéité du joint vertical.

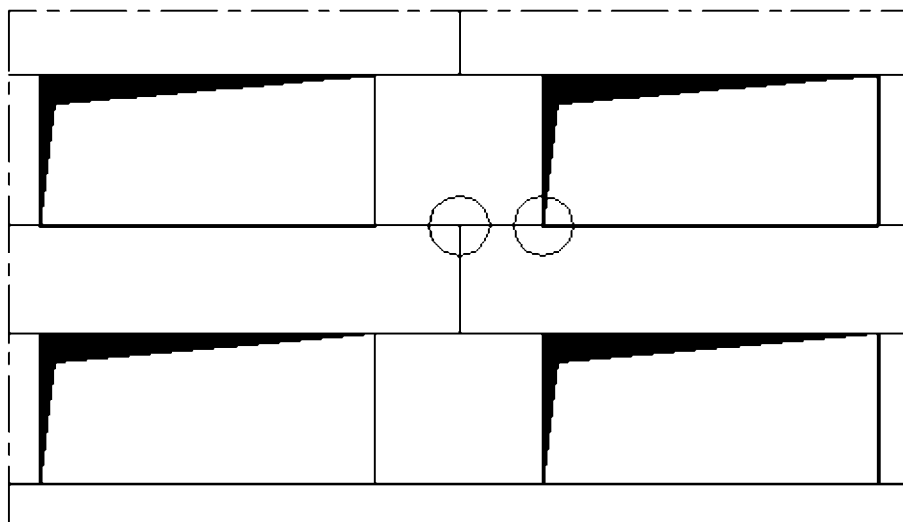
Commentaire

Si le mur est plus épais (cas de panneaux à fort relief) les dispositions à adopter font appel à des combinaisons de différents systèmes d'étanchéité des joints et sont variables avec la forme des éléments de mur.

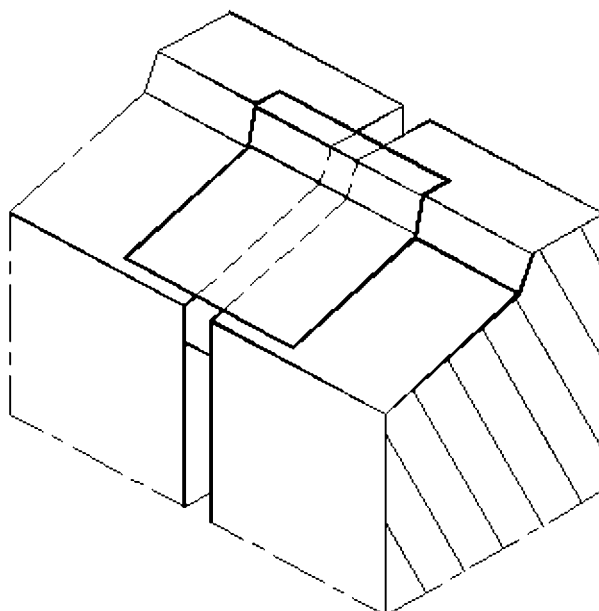
L'application de cette solution est limitée aux cas d'allèges dont l'épaisseur est celle d'un mur courant (une vingtaine de centimètres).

Si le joint doit être totalement ou partiellement masqué par un ouvrage qui ne peut être démonté sans gros travaux, on doit couvrir le joint dans toute la partie masquée par un dispositif durable reconstituant la continuité de la forme de l'appui de baie.

3.3.4.2.05 Joints entre allèges filantes et trumeau



- a Cas où la hauteur du rejingot sur allège est égale à celle du rejingot du joint horizontal courant (§ 3.3.2.1)

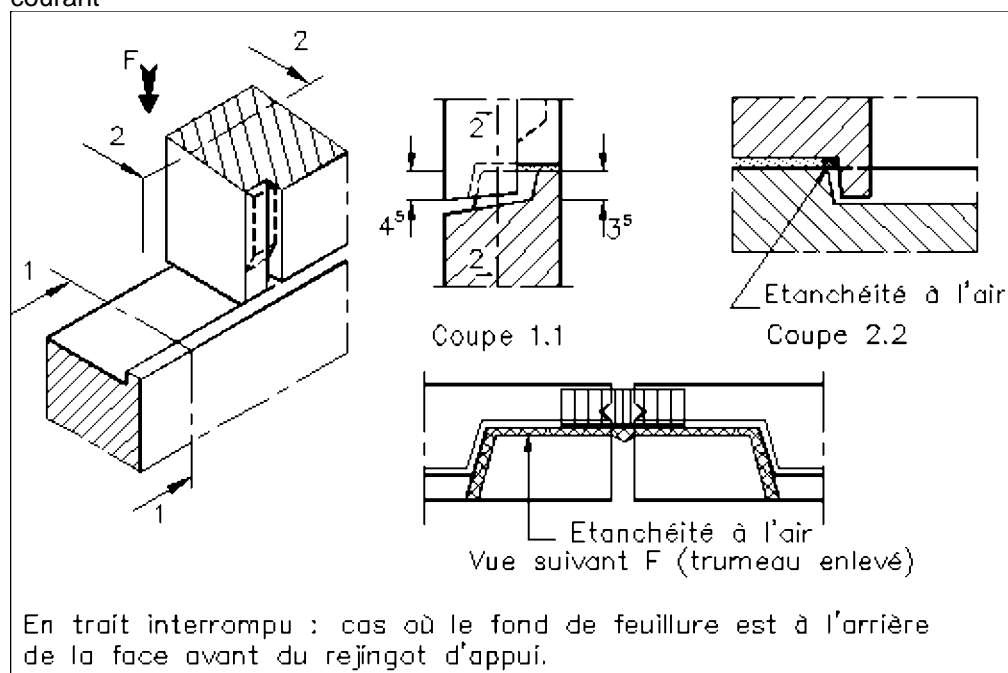


Commentaire

Cette disposition permet d'avoir le même type d'allèges qu'elles soient ou non surmontées d'un trumeau en béton.

On doit réaliser une continuité de la forme de la tranche supérieure des éléments grâce à un dispositif durable tel qu'une bavette collée au sommet des panneaux sur une largeur de 12 cm au moins de part et d'autre du joint vertical (pour la nature de cette bavette, voir § 3.3.4.1.1.2 b).

- b Cas où la hauteur du rejingot sur allège est inférieure à celle du rejingot du joint horizontal courant

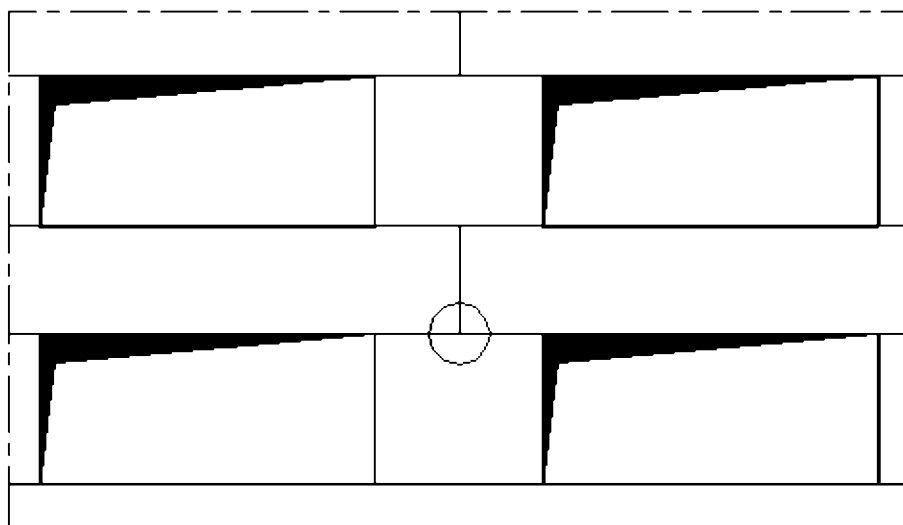


Sous le trumeau, le rejingot d'allège s'épaissit de telle sorte qu'il soit complémentaire de la retombée du trumeau et de ses retours latéraux jusqu'au plan de feuillure. Devant le rejingot, un dispositif durable tel qu'une bavette obture en partie haute le joint vertical entre

éléments d'allège.

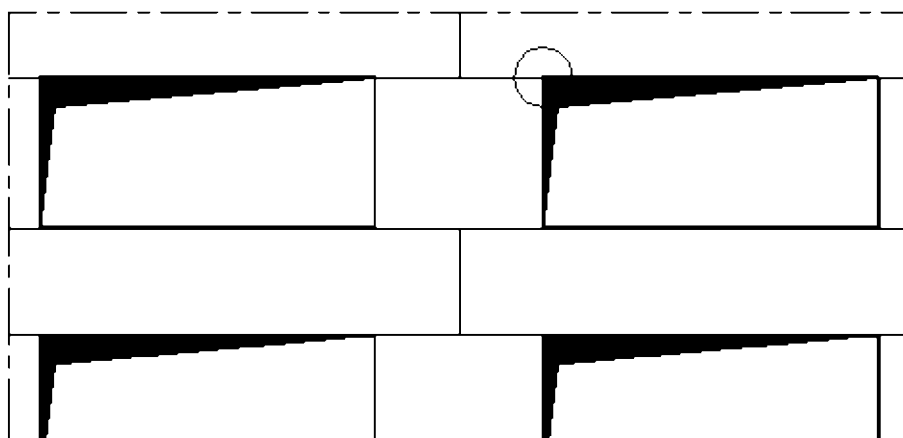
- La hauteur nominale du rejingot d'appui est de 3,5 cm.
- Le recouvrement nominal entre retombée et rejingot est de 4,5 cm.

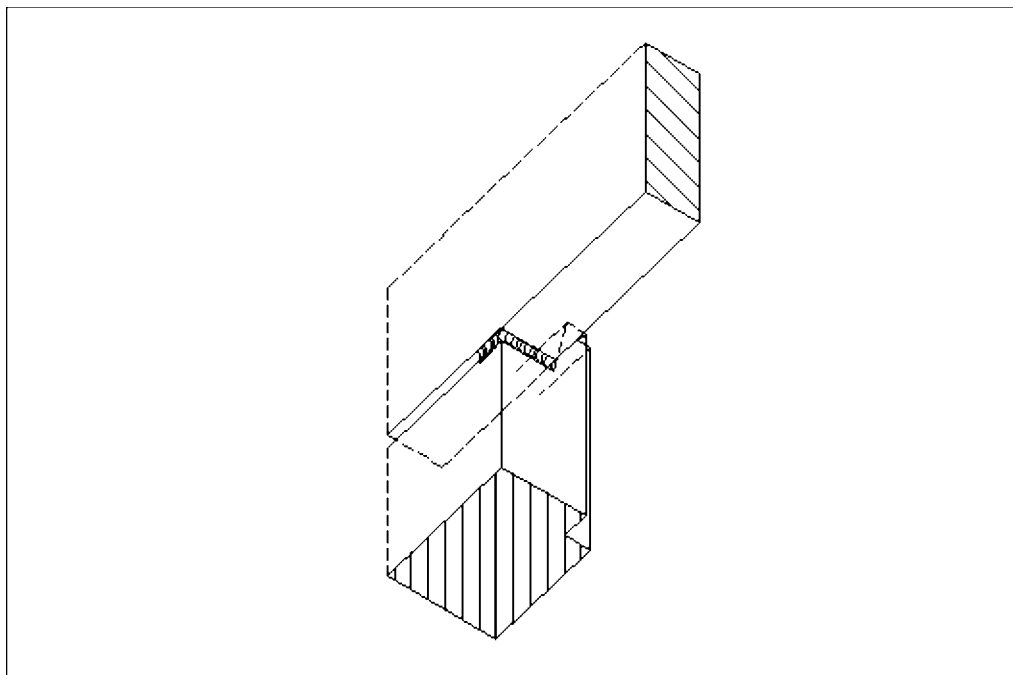
3.3.4.2.06 Croisement, en pied d'allège, entre un joint vertical entre allèges et un joint horizontal entre allèges filantes et trumeau



Aucune disposition spéciale n'est requise à ce croisement de joints.

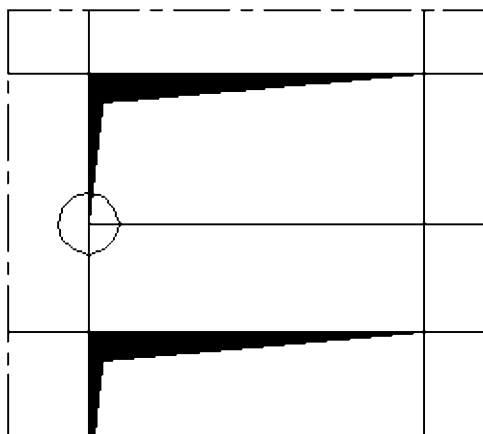
3.3.4.2.07 Joint entre tableau de baie constitué par un trumeau et retombée d'allège filante



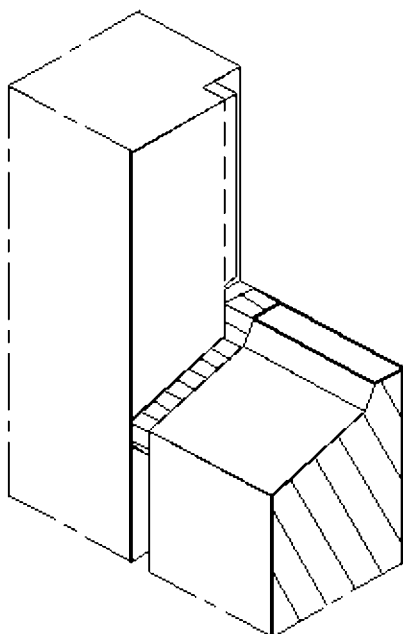


Le débouché en tableau de baie du joint horizontal entre trumeau et retombée d'allège est obturé par une garniture étanche.

3.3.4.2.08 Joint entre tableau de baie constitué par un trumeau de hauteur d'étage et appui de baie d'allège



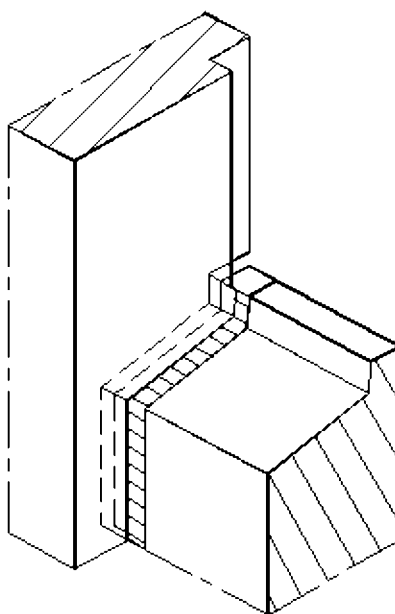
La feuilure du trumeau doit être interrompue au niveau de la face supérieure du rejingot .



Si le plan du fond de feuillure est situé en partie courante à l'arrière de la face avant du rejingot, ce plan doit être dévoyé vers l'extérieur en partie basse.

Une garniture de mastic est mise en place entre l'about de l'allège et le flanc du trumeau. Cette garniture suit le profil de l'appui de baie jusqu'à sa face arrière.

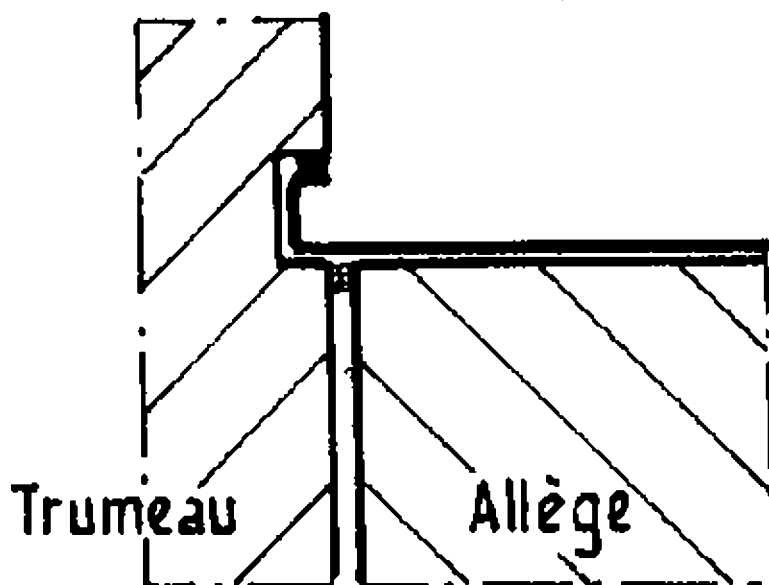
- Cas de l'allège en feuillure .



L'allège pénètre à pleine section dans le flanc du trumeau.

Sur toute sa longueur, le joint comporte une garniture étanche.

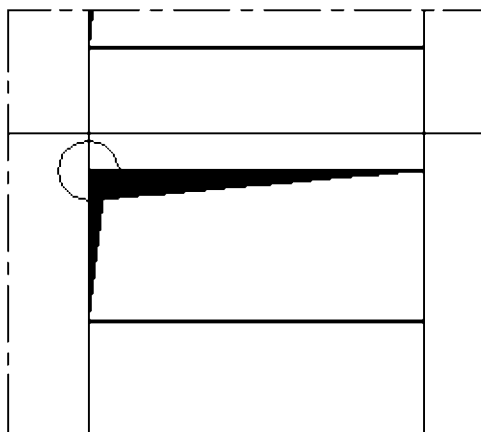
- Allège avec appui de baie métallique .



L'appui de baie métallique comporte des relevés d'extrémité pénétrant dans des engravures moulées sur le flanc des trumeaux. Un jeu est réservé entre l'extrémité de l'appui et le fond de l'engravure.

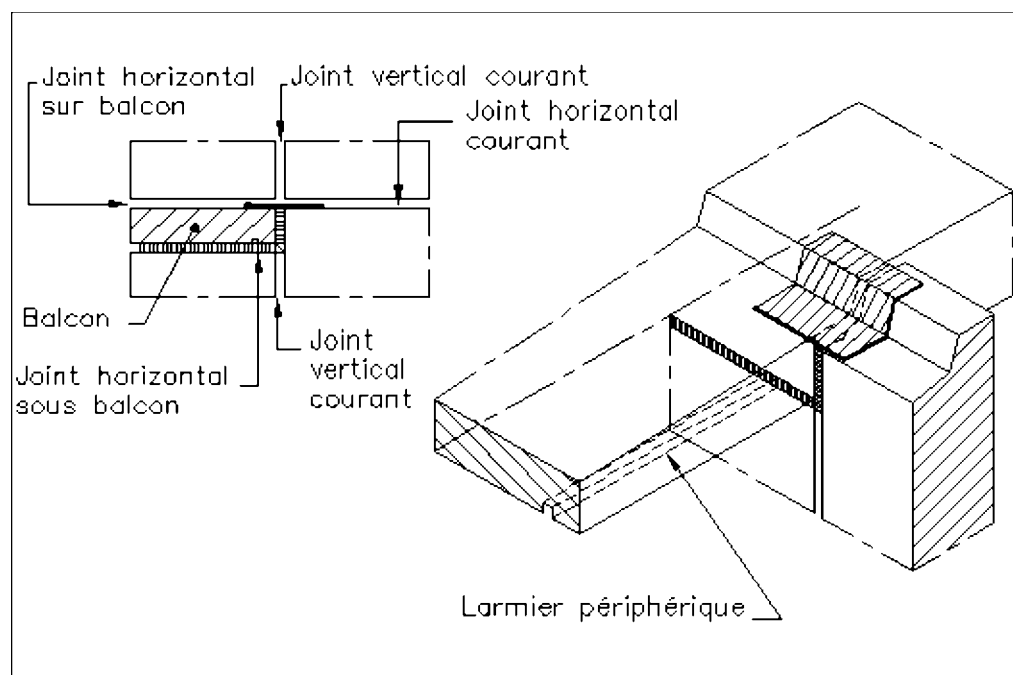
Une garniture étanche est placée entre l'extrémité haute du relevé et le bord supérieur de l'engravure.

3.3.4.2.09 Joint entre linteau et tableau de baie constitué par un trumeau de hauteur d'étage



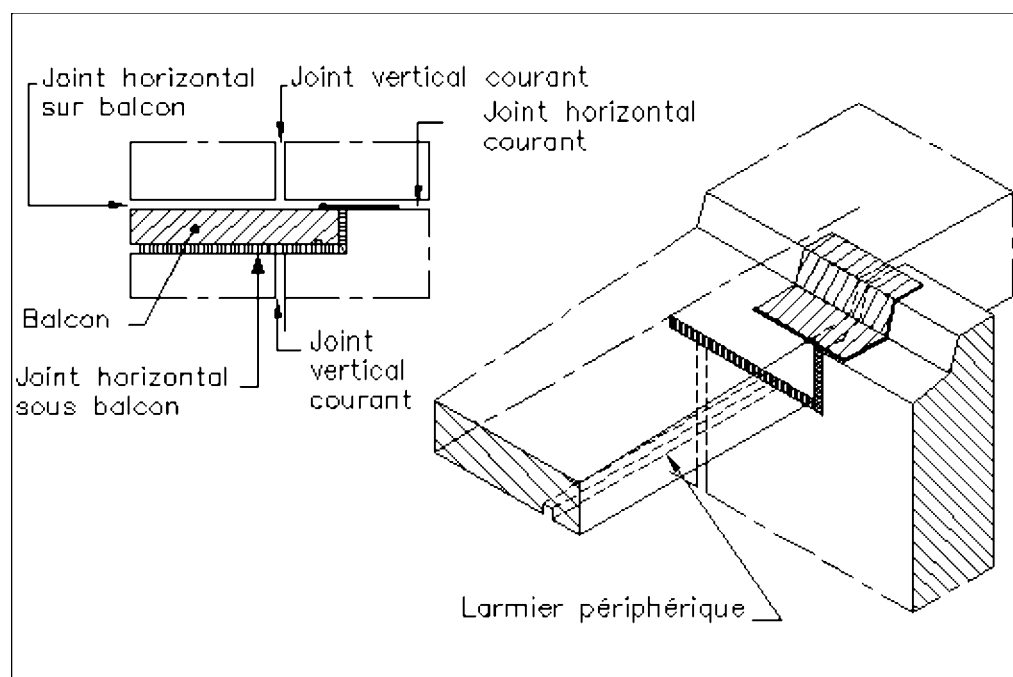
- Si le joint vertical comporte une garniture d'étanchéité, elle doit se retourner jusqu'au débouché de la chambre de décompression.
- Une garniture d'étanchéité à l'air doit être placée en partie arrière du joint vertical ; elle doit se raccorder à la garniture d'étanchéité placée entre dormant et fond de feuillure.

3.3.4.2.10 Joint entre tranche de balcon et panneau adjacent



Commentaire

Il est rappelé qu'un larmier périphérique doit être moulé sous la dalle de balcon.



On doit réaliser une continuité de forme entre le rejingot de tête du panneau et l'épaulement de la dalle grâce à un dispositif durable tel qu'une bavette collée sur une largeur de 12 cm au moins de part et d'autre du joint vertical entre dalle de balcon et panneau (pour la nature de cette bavette, voir § 3.3.4.1.1.2 b).

Le joint entre tranche de balcon et panneau adjacent comporte une garniture étanche qui se raccorde avec la garniture du joint horizontal sous balcon.

Commentaire

Pour le joint horizontal sous balcon se reporter au § 3.3.2.2.3.

3.3.4.2.11 Acrotère

Pour le rôle que jouent les acrotères dans l'étanchéité des toitures-terrasses, il y a lieu de se référer au DTU 20.12.

Commentaire

Il est en particulier prescrit par ce document que les acrotères comportent, à la partie supérieure du relevé d'étanchéité de la toiture-terrasse, un ouvrage étanche empêchant les eaux de ruissellement ou de rejaillissement de s'introduire derrière le relevé. Ou bien, le sommet de l'acrotère doit être revêtu sur toute sa longueur par l'étanchéité. C'est cette dernière solution que l'on doit utiliser en climat de montagne (art. 4,221.3 du DTU 20.12).

Aux joints entre éléments d'acrotère, une disposition telle qu'une garniture d'étanchéité ou un ouvrage de couverture doit réaliser la continuité de l'étanchéité entre le dispositif d'étanchéité du joint vertical en parement extérieur et le relevé d'étanchéité de la toiture-terrasse.

3.4 Etanchéité des joints entre béton et dormants (ou précadres) incorporés à la fabrication des panneaux

Commentaire

Le choix des dormants et précadres à incorporer doit faire une large place à la préoccupation de durabilité. Le remplacement des menuiseries incorporées de durabilité inférieure à celle des panneaux ne peut en effet s'effectuer sans travaux importants.

Il est rappelé que le raccordement entre panneaux préfabriqués en béton et dormants rapportés n'est pas visé dans le présent document. Il est à réaliser conformément aux DTU 36.1 et 37.1.

3.4.1 Conditions d'exposition

3.4.1.1 Hauteur de la paroi au-dessus du sol : définition

La hauteur de la paroi au-dessus du sol est généralement comptée à partir du pied de la paroi.

Lorsque la construction est située au-dessus d'une dénivellation de pente moyenne supérieure à 1, la hauteur au-dessus du sol doit être comptée à partir du pied de la dénivellation, sauf si la construction est située à une distance de celle-ci supérieure à deux fois la hauteur de cette dénivellation.

Commentaire

La figure 3.1 en donne un exemple ; sur cette figure H et H' désignent les hauteurs au-dessus du sol à prendre en compte pour deux logements situés au même niveau de deux immeubles identiques dont l'un est situé à proximité d'une dénivellation et l'autre, au contraire, en est éloigné d'une distance supérieure à deux fois la hauteur de la dénivellation.

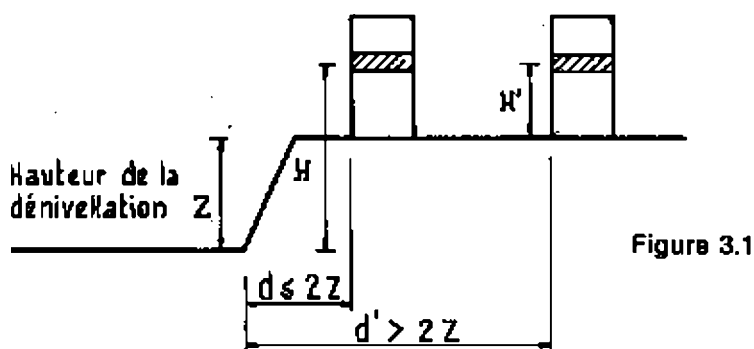


Figure 3.1

3.4.1.2 Classification des façades

3.4.1.2.1 Généralités

Les façades sont classées en deux catégories :

- les façades abritées qui font l'objet de l'article 3.4.1.2.2,
- les façades non abritées qui font l'objet de l'article 3.4.1.2.3.

3.4.1.2.2 Façades abritées

3.4.1.2.2.1

Une façade (ou partie de façade) ne peut être considérée comme abritée que si elle répond simultanément aux deux conditions ci-après :

- sa hauteur au-dessus du sol ne dépasse pas 28 m,

Commentaire

Une façade située à plus de 28 m au-dessus du sol ne peut être considérée comme abritée que tout à fait exceptionnellement et sur justification.

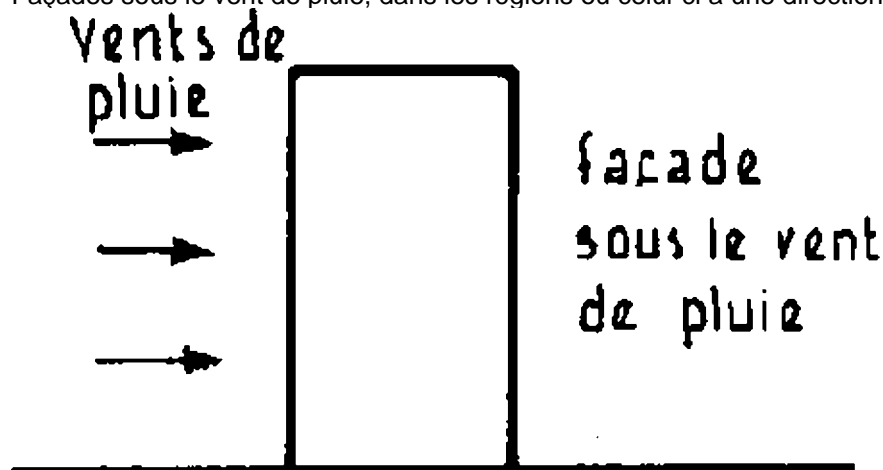
Les façades situées à plus de 100 m de hauteur sont à étudier cas par cas.

- elle se trouve dans l'un des cas visés aux articles 3.4.1.2.2.2 à 3.4.1.2.2.4.

Peuvent également être considérées comme abritées, dans les limites fixées à l'article 3.4.1.2.2.5, certaines parties de la façade situées en arrière de balcons ou en fond de loggias.

3.4.1.2.2.2

Façades sous le vent de pluie, dans les régions où celui-ci a une direction bien déterminée.



Commentaire

- 1 La notion de façade abritée doit être appréciée avec prudence dans certaines zones où il existe des vents tourbillonnants.
- 2 Sous réserve qu'elles satisfassent à la condition de hauteur fixée précédemment, les façades sous le vent de tous les bâtiments A et B représentés sur la figure 3.2 sont considérées comme abritées.

3.4.1.2.2.3

Façades donnant sur rue (la notion de rue supposant la continuité des constructions en bordure) ou sur une courette, qui, bien qu'elles soient situées face à la direction des vents de pluie, sont protégées de ceux-ci par des constructions placées en vis-à-vis et situées au plus à 30 m.

Commentaire

- 1 Cela signifie qu'en aucun cas, un bâtiment situé à plus de 30 m d'un second immeuble ne

peut, quelle que soit sa hauteur, être considéré comme assurant la protection de ce second contre le vent de pluie (fig. 3.2 b).

2 Sur la figure 3.2 a, la partie de façade abritée du bâtiment A correspond, sauf cas exceptionnel et justifié, à une hauteur égale à :

- la hauteur du bâtiment B si celui-ci ne dépasse pas 28 m
- 28 m dans le cas contraire.

Dans ce cas, seule est considérée comme abritée la partie de façade située à une hauteur au plus égale à celle de la construction placée en vis-à-vis (fig. 3.2¹¹).

Figure 3.2 a¹¹

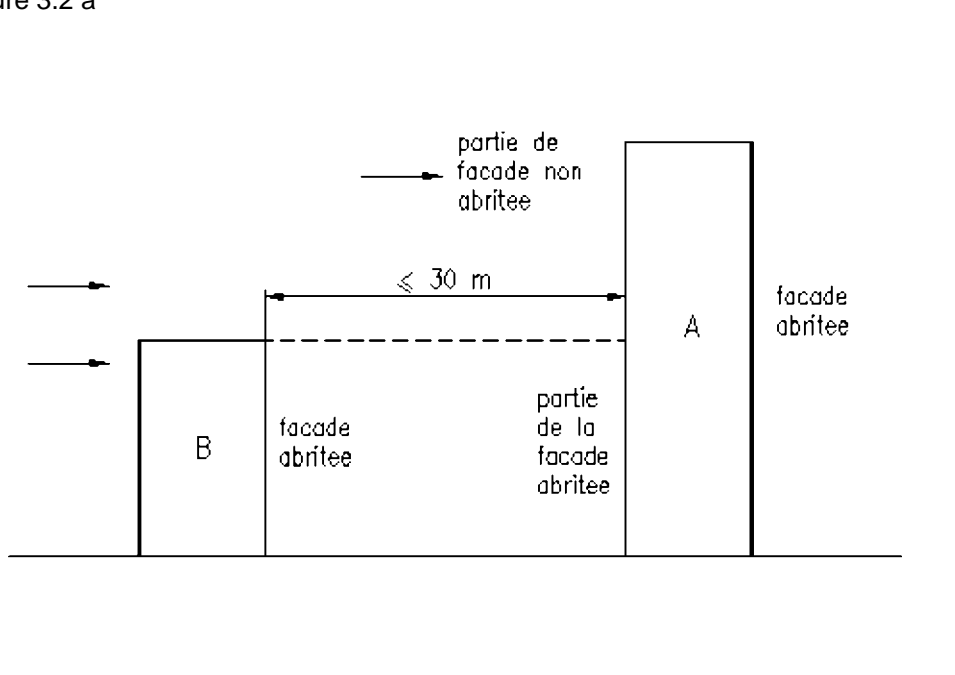


Figure 3.2 b¹¹

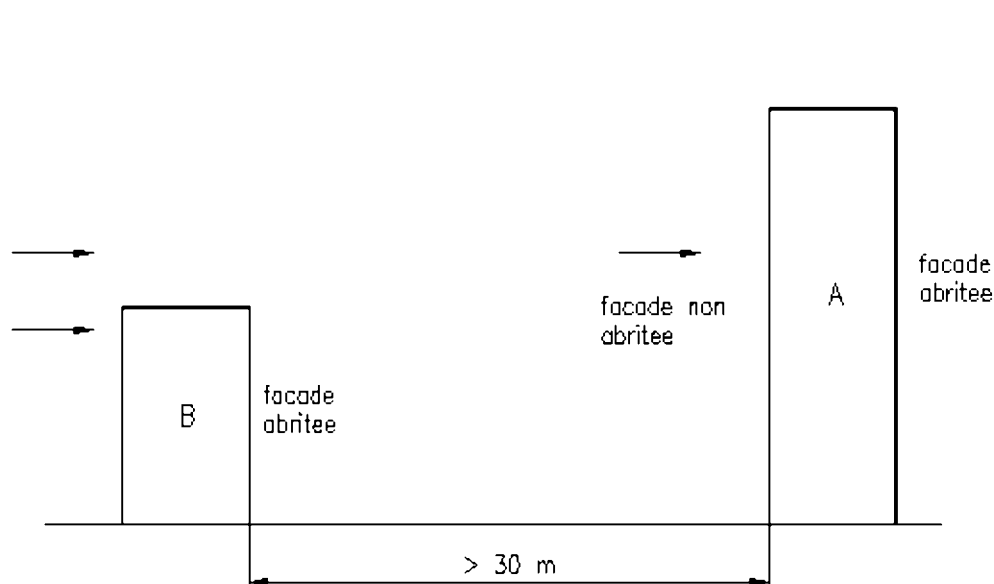


Figure 3.2 c ¹¹

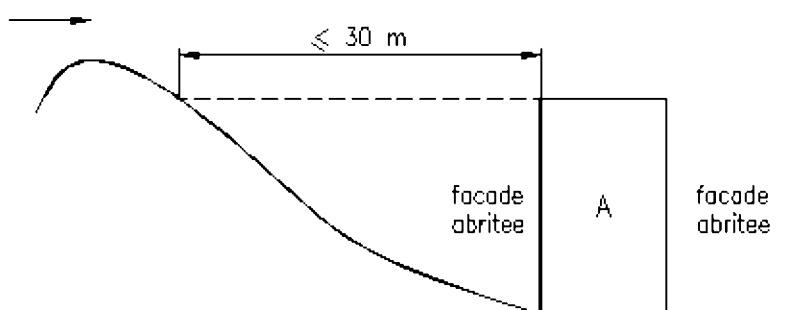


Figure 3.2 d ¹¹

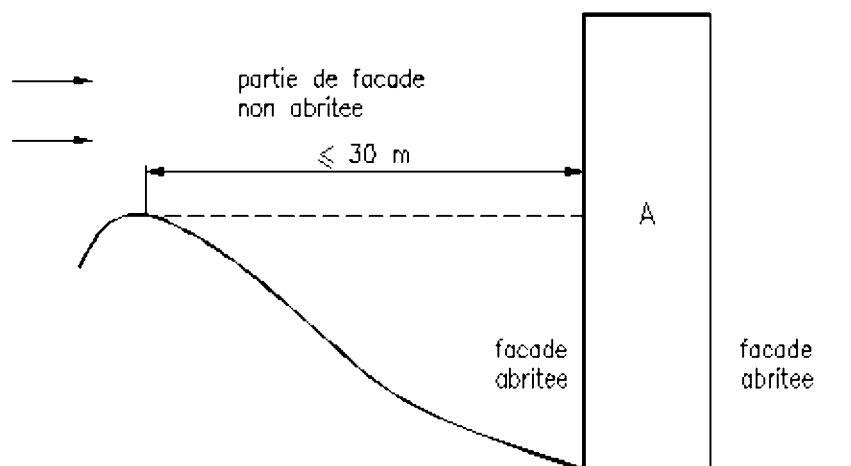
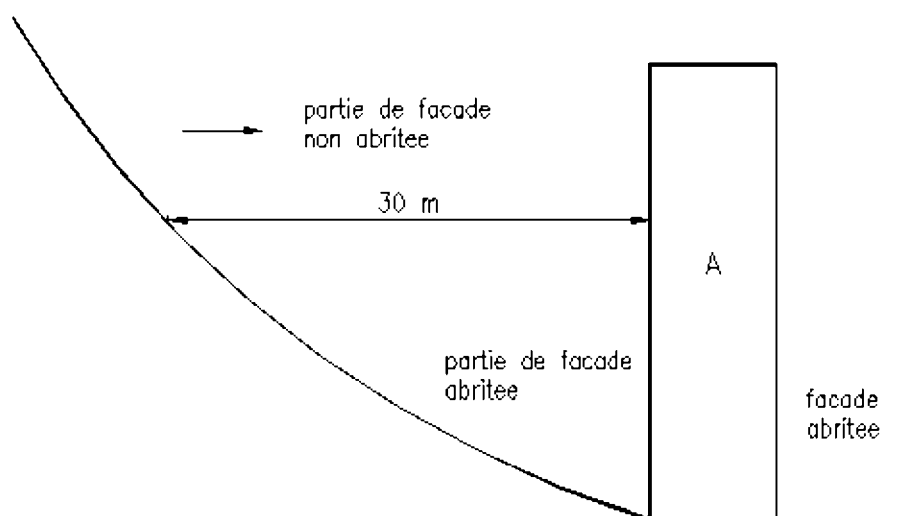


Figure 3.2 e ¹¹



¹¹

Les flèches indiquent la direction des vents de pluie.

Nota : En règle générale, ne sont considérées comme abritées que les façades ou parties de façades situées au plus à 28 m de hauteur.

3.4.1.2.2.4

Façades ou parties de façades qui, bien qu'elles soient situées face à la direction des vents de pluie, sont protégées de ceux-ci par les reliefs naturels immédiatement environnants, ou par des parois extérieures autres que les façades, pour autant que leur pérennité puisse être garantie et que les conditions de distance et de hauteur mentionnées à l'article 3.4.1.2.2.3 soient respectées (fig. 3.2c, d et e).

Commentaire

- 1 Si elle satisfait à la condition de hauteur mentionnée à l'article 3.4.1.2.2.1, la façade au vent du bâtiment A représenté sur la figure 3.2c est considérée comme abritée sur toute sa hauteur.
- 2 Sur la figure 3.2e seule est considérée comme abritée, dans le cas courant, la partie de la façade du bâtiment A :
 - répondant, par rapport au relief avoisinant, à la condition de distance maximale de 30 m
 - située au plus à 28 m au-dessus du sol.

3.4.1.2.2.5

Cas particulier des parties de façades comportant des balcons continus ou des loggias.

Les parties de façades situées en fond de balcon ou de loggia et orientées face à la direction des vents de pluie peuvent être considérées comme abritées lorsqu'elles respectent les dispositions de la figure 3.3, sauf si elles se trouvent :

- en front de mer,
- à plus de 18 m de hauteur, dans les autres cas.

Figure 3.3

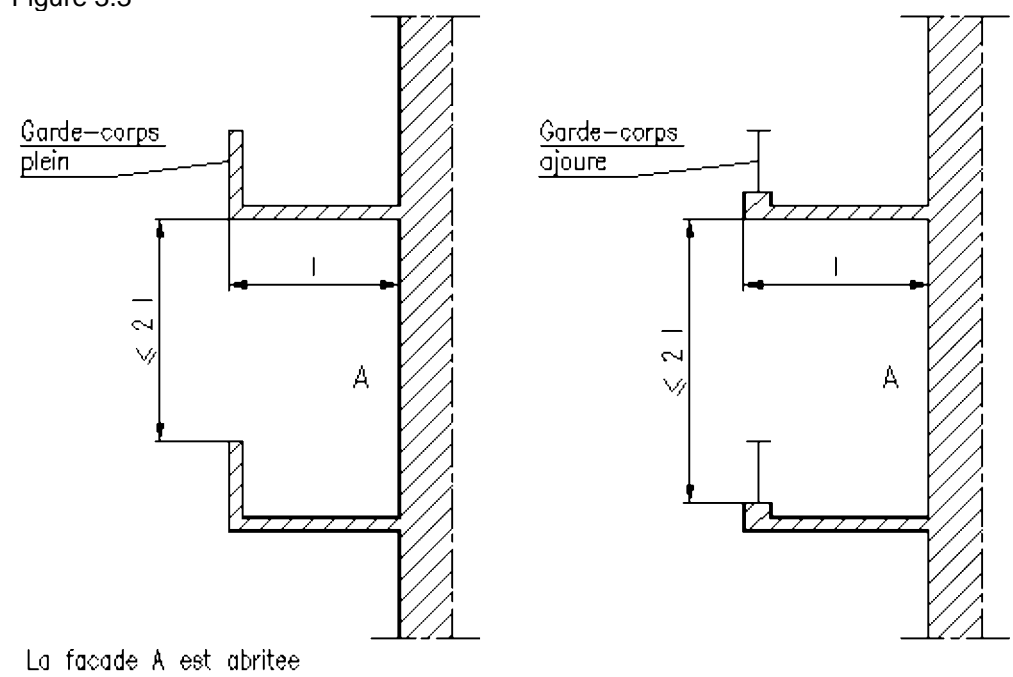
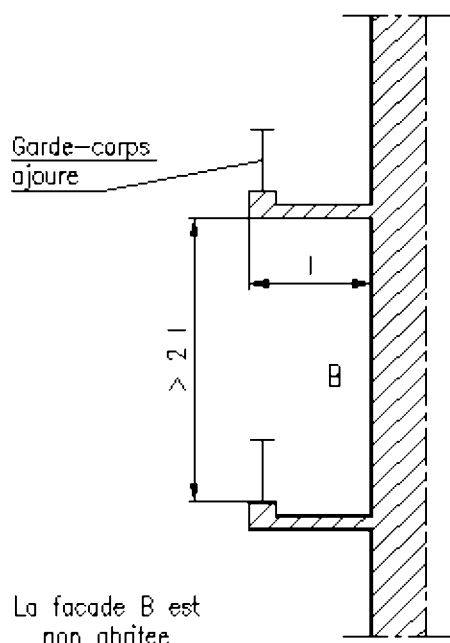


Figure 3.3



3.4.1.2.3 Façades non abritées

Les façades ne répondant pas aux conditions fixées à l'article 3.4.1.2.2 sont réputées non abritées.

Commentaire

Il est rappelé que les façades abritées situées à plus de 28 m au-dessus du sol sont tout à fait exceptionnelles et nécessitent une justification.

3.4.2 Systèmes d'étanchéité et de scellement des dormants et précadres incorporés

3.4.2.1 Dispositions communes

3.4.2.1.1 Larmier sous linteau

Lorsque la sous-face des linteaux est en pente vers l'intérieur, elle doit être munie d'un larmier.

Lorsque celui-ci est délimité par une cannelure moulée dans le béton, elle doit avoir une largeur d'au moins 3 cm, une profondeur d'au moins 1,5 cm et être distante de 2,5 cm au moins de la face de parement extérieur du linteau.

Commentaire

La présence d'un larmier est recommandée en façade exposée à des vents de pluie même lorsque la sous-face des linteaux est horizontale.

Le larmier n'a toute son efficacité que si, tout en respectant les prescriptions ci-contre, il est assez proche du parement de façade.

La figure 3.4 montre quelques exemples de larmiers satisfaisants.

Figure 3.4



Les profilés spéciaux incorporés éventuellement pour constituer ou délimiter le larmier doivent être choisis parmi ceux possédant une durabilité équivalente à celle des panneaux.

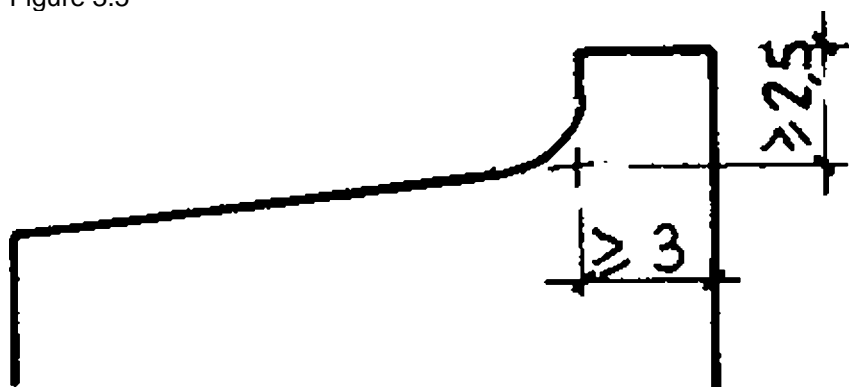
3.4.2.1.2 Appui de baie

La pente vers l'extérieur de l'appui de baie doit être supérieure à 1/10.

L'appui doit être muni d'un rejingot de 2,5 cm de hauteur minimale.

L'épaisseur de celui-ci doit permettre un enrobage convenable du dispositif de scellement du dormant ou du précadre sans être inférieure à 3 cm.

Figure 3.5



3.4.2.2 Dormants bois

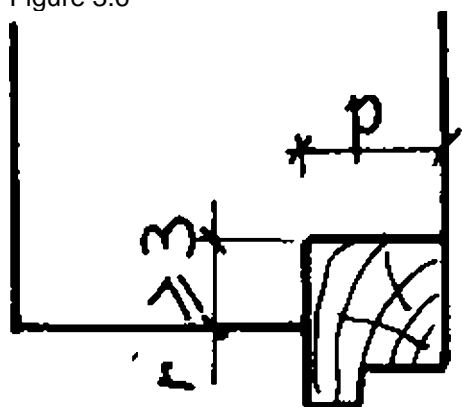
Pour les menuiseries en bois, une protection par peinture ou par produit hydrofuge doit être prévue au moins sur les faces destinées à être en contact avec le béton frais ou avec l'ambiance humide du traitement thermique. Cette protection doit être définie par les Documents Particuliers du Marché.

Commentaire

La norme NF P 23-305 prévoit que, avant leur sortie d'usine, les fenêtres soient protégées contre les reprises d'humidité (§ 3.2.5.1).

La géométrie du scellement des dormants bois dans le béton se caractérise par les cotes r et p de pénétration du dormant dans le béton respectivement parallèlement et perpendiculairement au plan de la façade (fig. 3.6).

Figure 3.6



La valeur de r doit être dans tous les cas supérieure ou égale à 3 cm.

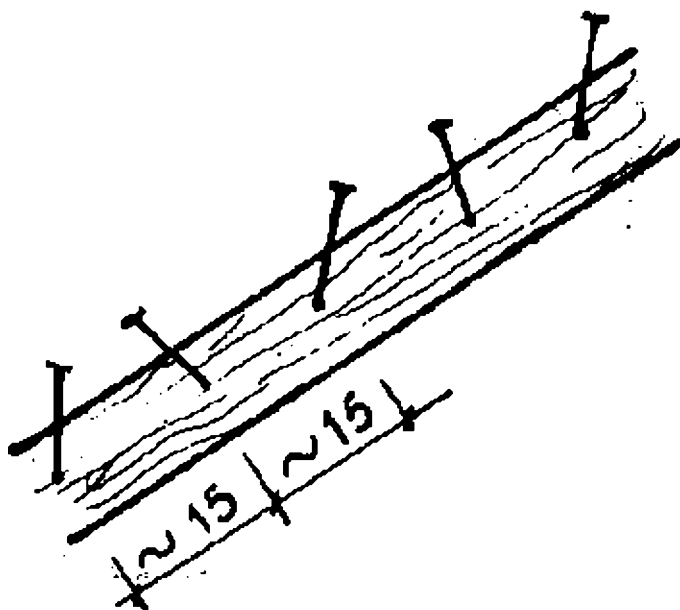
3.4.2.2.1 Fixation

Deux cas sont à distinguer :

3.4.2.2.1.1 La pénétration du dormant dans le béton mesurée perpendiculairement au plan de la façade (distance p) est supérieure ou égale à 3 cm : la fixation peut s'effectuer soit par pattes soit par clous.

a Dans le cas de scellement par pattes, celles-ci doivent être disposées :

- en jambages au droit de chaque paumelle,
 - en linteau et en appui au droit des montants des vantaux fixes et des montants de rive des ouvrants.
- b Dans le cas de fixation par clous à bateaux, ceux-ci doivent être lardés sur le chant du dormant, en quinconce et obliquement dans un sens et dans l'autre alternativement. La distance entre les clous doit être d'environ 15 cm .



Commentaire

D'autres modes de fixation que les pattes et les clous sont également possibles s'ils sont d'efficacité équivalente. Certains d'entre eux peuvent faciliter le remplacement de dormants endommagés.

3.4.2.1.2 La pénétration du dormant dans le béton mesurée perpendiculairement à la façade (distance p) est inférieure à 3 cm.

En règle générale, la fixation s'effectue alors à l'aide de pattes qui doivent être disposées :

- en jambages au droit de chaque paumelle et entre paumelles,
- en linteau et en appui au droit des montants des vantaux fixes et des montants de rive des ouvrants sans que la distance entre pattes puisse être supérieure à 60 cm.

Commentaire

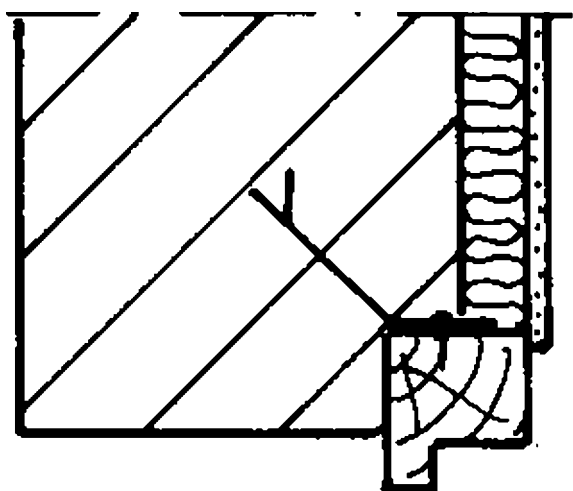
D'autres modes de fixation que les pattes sont également possibles s'ils sont d'efficacité équivalente.

Des dispositions doivent être prises pour éviter la corrosion des pattes.

Commentaire

En effet, compte tenu de la pénétration faible du dormant dans le béton ($p < 3$ cm), la protection des pattes par le béton peut ne pas être suffisante (fig. 3.7) et une protection complémentaire, par galvanisation par exemple, peut être nécessaire.

Figure 3.7



3.4.2.2.2 Systèmes d'étanchéité entre dormant bois et béton

Type 1 : pénétration du béton dans une gorge au pourtour du dormant

Sur son chant, le dormant est creusé de gorges de section trapézoïdale ou rectangulaire qui filent le long des montants et de la traverse inférieure.

Figure 3.8

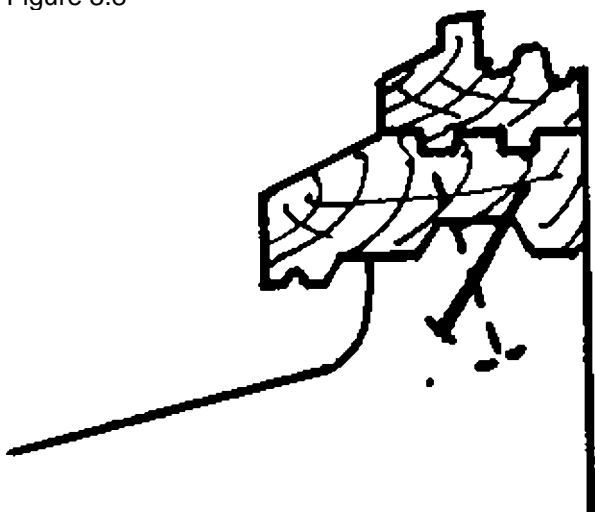
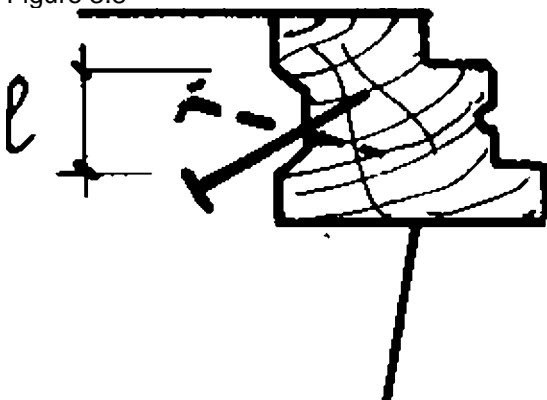


Figure 3.8



Commentaire

Ce type n'est possible que si $p \geq 3 \text{ cm}$.

Cette gorge doit avoir une profondeur minimale de 0,5 cm et une ouverture minimale de 2 cm.

Type 2 : à lame embrevée dans le chant du dormant

Dans une gorge étroite ménagée dans le dormant le long de la traverse basse et des montants est engravée une lame parallèle au plan de la baie.

Figure 3.9

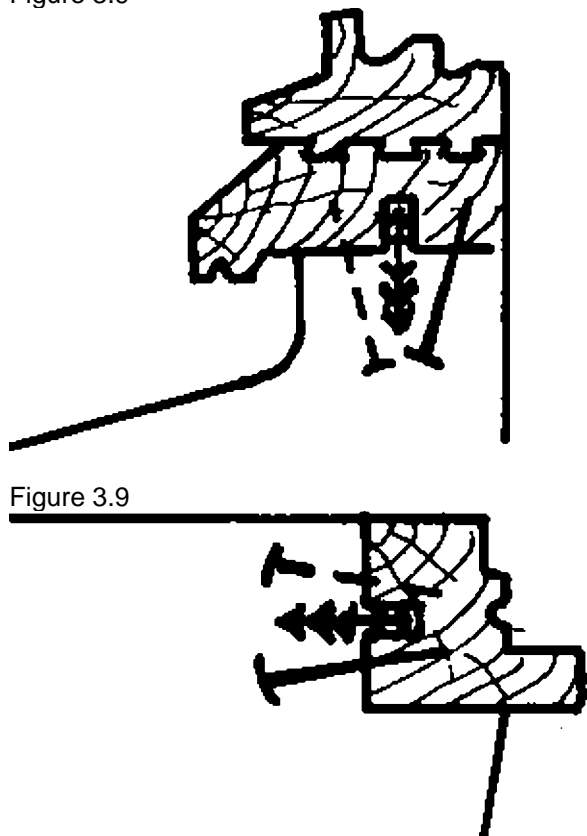


Figure 3.9

Commentaire

Ce type n'est possible que si $p \geq 3$ cm.

Cette lame doit satisfaire les conditions suivantes :

- être en métal ou plastique durable ;

Commentaire

Cette lame peut être réalisée par exemple à partir de feuillard galvanisé ou inox.

La matière plastique permet de réaliser des stries en arête de poisson améliorant l'accrochage dans le bois et dans le béton. Elle permet en outre de réaliser facilement la continuité aux angles inférieurs de la baie.

- être disposée sur toute la longueur de la traverse basse et sur toute la hauteur des jambages ;
- pénétrer dans le dormant et dans le béton de 1 cm au moins ;
- la continuité aux angles bas doit être réalisée soit par recouvrement de la lame horizontale avec les lames verticales, soit par soudure ou collage.

En outre, l'épaisseur minimale du rejingot doit être de 4 cm.

Type 3 : à garniture extérieure de mastic

Une gorge doit être ménagée dans le bois et dans le béton le long du débouché extérieur du plan de contact entre bois et béton en tableau et en appui, pour recevoir le mastic de garniture.

Figure 3.10

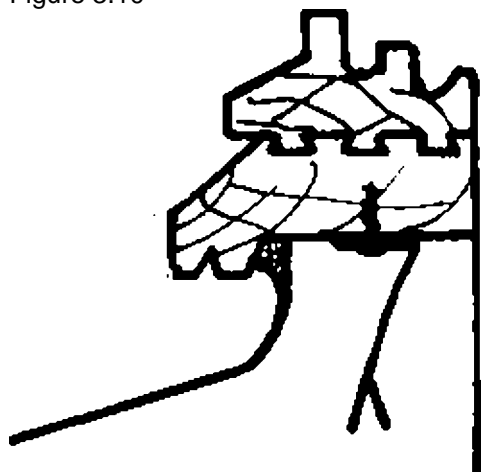


Figure 3.10

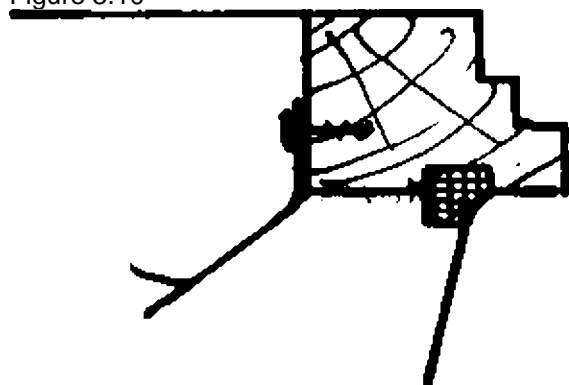
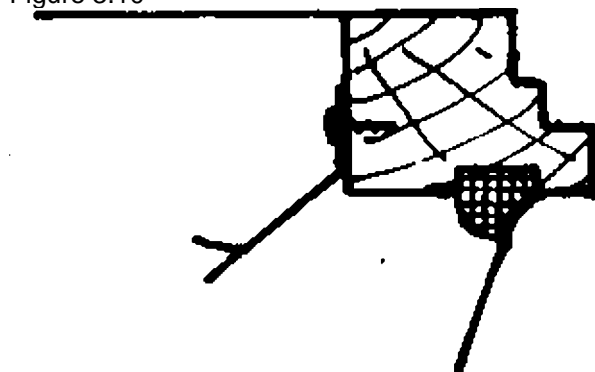
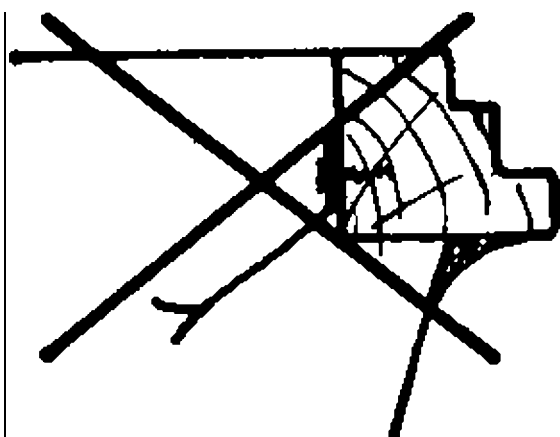


Figure 3.10



Commentaire

La disposition dans laquelle le cordon de mastic est disposé en congé dans l'angle bois-béton n'offre qu'une durabilité médiocre.

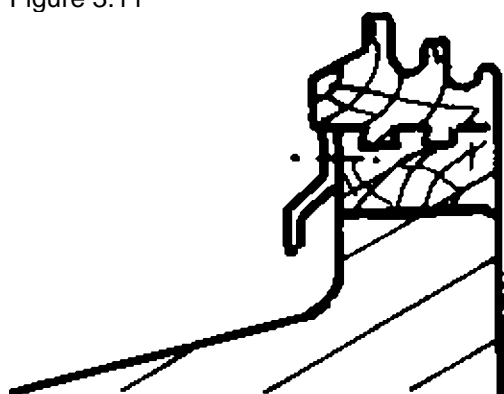


Le mastic et son primaire éventuel doivent être choisis notamment en raison de leur compatibilité à la fois avec le béton et avec l'essence et le traitement du bois utilisé.
D'autres solutions sont possibles si elles sont équivalentes.

Disposition commune aux trois types de systèmes d'étanchéité

Le larmier de la traverse basse du dormant doit être dégagé de la face extérieure du rejingot .

Figure 3.11



3.4.2.3 Dormants et précadres métalliques

La diversité des modèles de menuiserie métallique est telle qu'il n'est pas possible de fixer de règle générale pour leur fixation dans le béton.

Lorsque les dormants métalliques présentent sur leur chant une ou plusieurs languettes filantes enrobées par le béton sur leurs deux faces et y pénètrent de 1 cm au moins, il n'est pas prescrit de disposition particulière d'étanchéité.

Le système est assimilé au type 2 des systèmes d'étanchéité des joints entre dormants bois et béton .

Figure 3.12

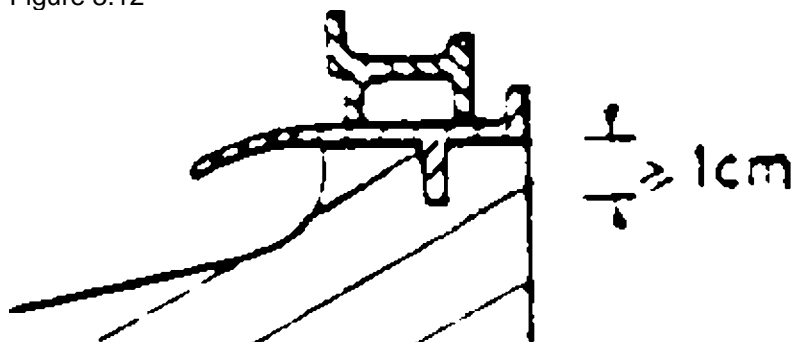
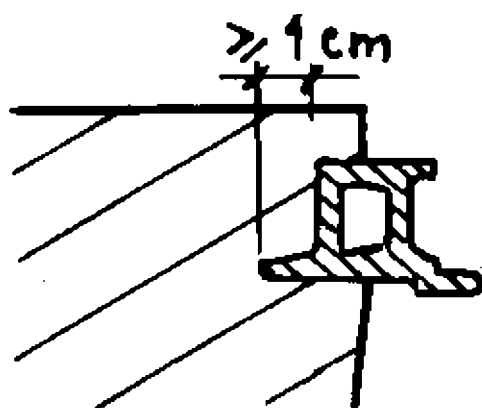


Figure 3.12



Lorsque les dormant ne comportent pas de languette possédant les caractéristiques ci-dessus, sauf justifications particulières, les systèmes d'étanchéité sont assimilables aux types 1 ou 3 du § 3.4.2.2 concernant les dormant bois.

3.4.2.4 Dormants en matière plastique

L'incorporation des dormant en matière plastique n'est pas visée par le présent document. Le cas échéant, elle doit s'effectuer conformément à l'Avis technique visant le procédé de menuiserie.

3.4.2.5 Précadres en bois ou métalliques

Pour la protection et la fixation des précadres, pour la réalisation des dispositifs d'étanchéité entre précadre et béton, on doit respecter les mêmes règles que pour les dormant de menuiseries de même nature.

3.4.3 Choix du type de système d'étanchéité en fonction de la classe de façade et de la hauteur de la baie au-dessus du sol

Hauteur de la baie au-dessus du sol	Façades abritées	Façades non abritées
6 m	1	1 (2) ou 2 ou 3 (3)
6 à 18 m	1	2 ou 3
18 à 28 m	1 (1)	2 ou 3
28 à 100 m		2 (4) ou 3

1 . Pour ces conditions d'exposition les façades comportant des balcons et loggias ne peuvent en règle générale être considérées comme abritées.

2 . 2 ou 3 en bord de mer.

3 . Dans la définition des cas d'exposition et des systèmes d'étanchéité, il n'a pas été tenu compte de la position de la menuiserie dans l'épaisseur du mur, position qui peut cependant contribuer à l'étanchéité entre dormant et béton. Il reste bien entendu possible au concepteur d'user de ce paramètre pour préciser son choix en considération de la situation particulière de l'ouvrage.

4 . Pour les baies situées à plus de 28 m du sol, il est recommandé que, pour l'application du système 2, il y ait continuité par soudure ou collage entre les lames disposées en jambage et la lame disposée en appui. De plus, il est souhaitable que des dispositions, par exemple du type de celles mises en oeuvre dans le système 3, soient prévues de telle sorte qu'une réparation d'un défaut accidentel d'étanchéité soit possible dans de bonnes conditions.

Chapitre IV Règles de conception des murs extérieurs en fonction des risques de condensation dans l'épaisseur du mur

4.1 Domaine d'application

4.1.1 Objet

Le présent chapitre s'applique aux parois sur la face intérieure desquelles est rapportée une isolation thermique. Il a pour objet de définir les conditions permettant de parer aux effets de la condensation de la vapeur d'eau dans l'isolant thermique ou dans la paroi extérieure.

4.1.2 Dispositions constructives

Complexe de doublage fixé sur :

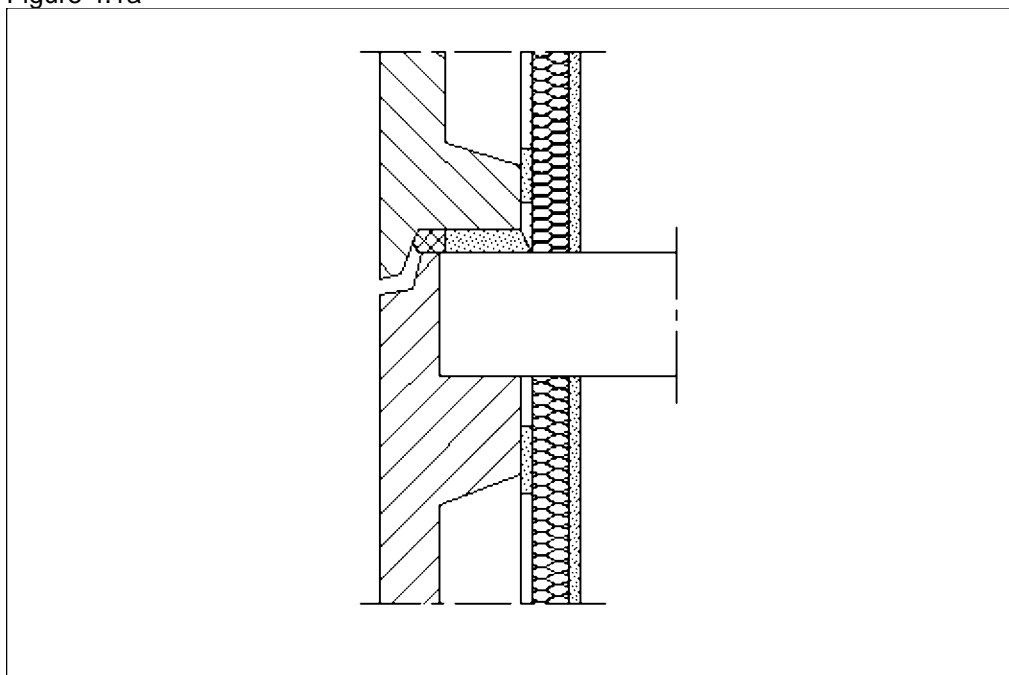
Commentaire

L'isolation thermique peut être rapportée de diverses façons sur la face intérieure de la paroi extérieure en panneaux préfabriqués :

- s'il n'existe pas de cloison de doublage, l'isolation thermique est obtenue en fixant, sur la face intérieure de la paroi, un complexe associant une plaque de parement et un isolant (voir fig. 4.1a et 4.1b).

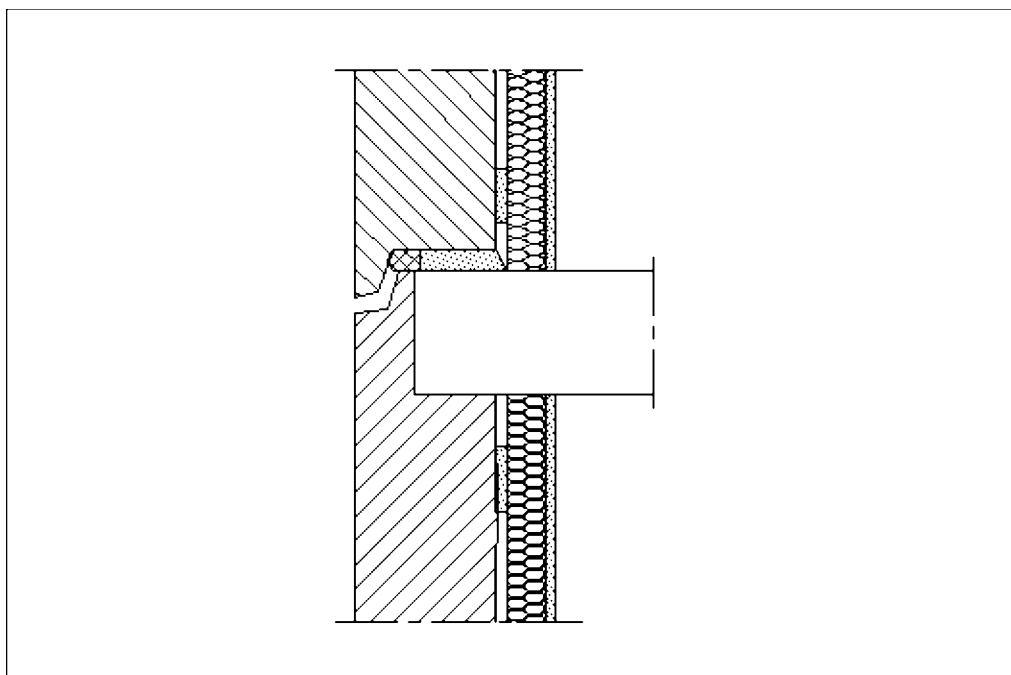
- la face interne des nervures .

Figure 4.1a



- le parement intérieur du panneau .

Figure 4.1b

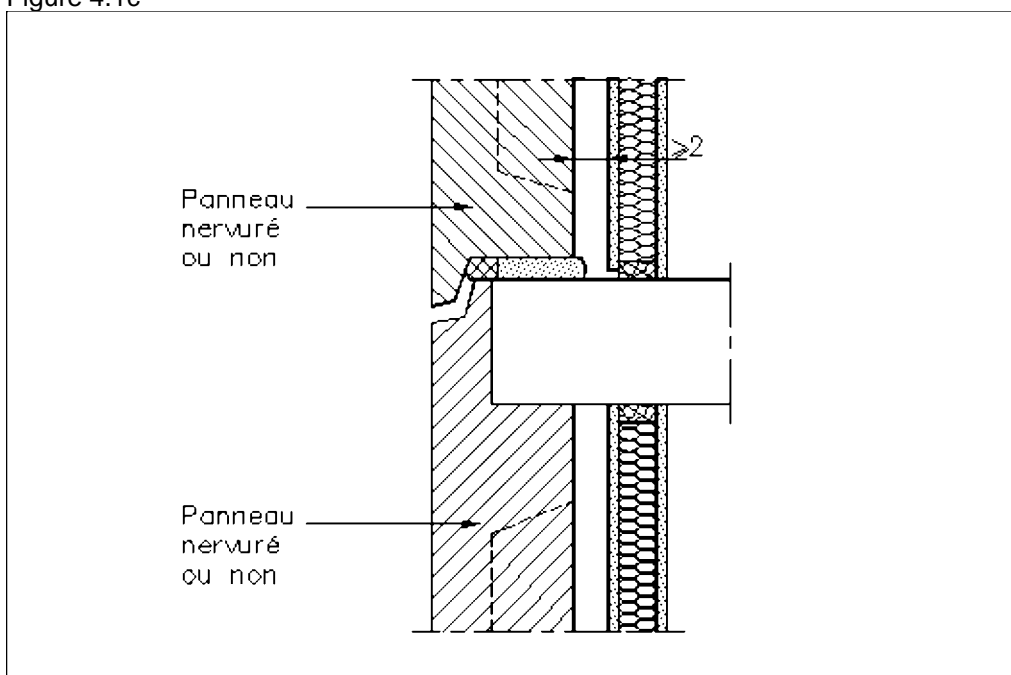


Cloison de doublage autoportante à âme isolante placée à l'arrière du panneau préfabriqué avec lame d'air continue :

Commentaire

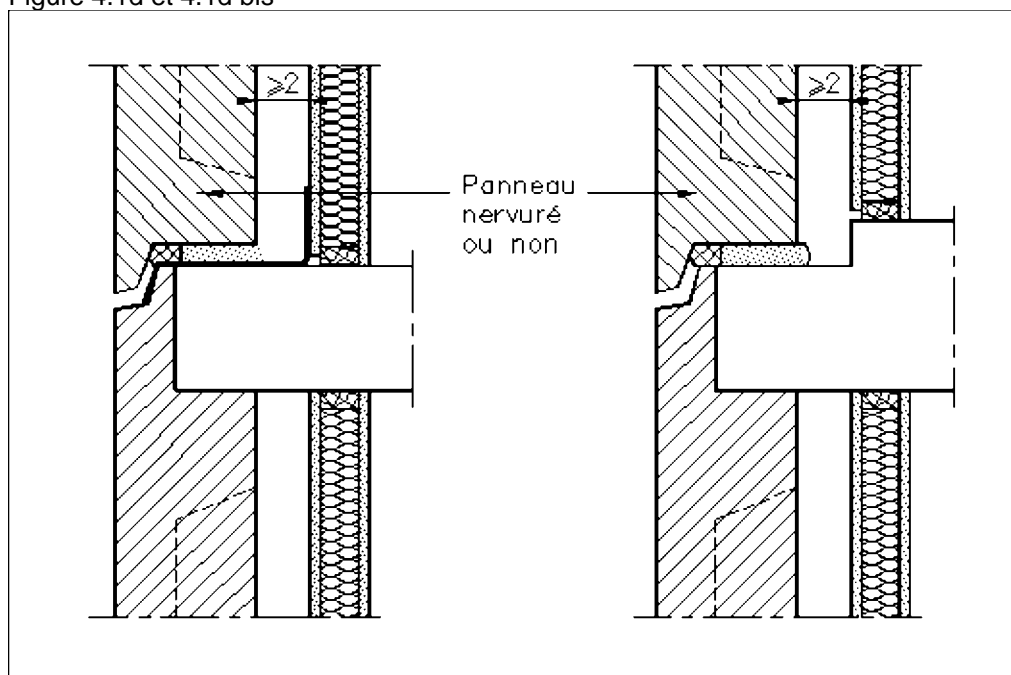
- s'il est prévu une cloison de doublage autoportante :
 - celle-ci peut être à âme isolante, généralement séparée de la paroi extérieure par une lame d'air (voir fig. 4.1c, 4.1d et 4.1d bis).

- sans protection en pied
Figure 4.1c



- avec protection en pied

Figure 4.1d et 4.1d bis



Commentaire

- si elle n'est pas spécialement isolante, l'isolant est mis en place dans l'espace existant entre face interne de la paroi extérieure et cloison de doublage et peut soit remplir complètement cet espace (voir fig. 4.1e), soit être appliqué côté cloison de doublage en ménageant une lame d'air entre l'isolant et la paroi extérieure (voir fig. 4.1f).

Figure 4.1e

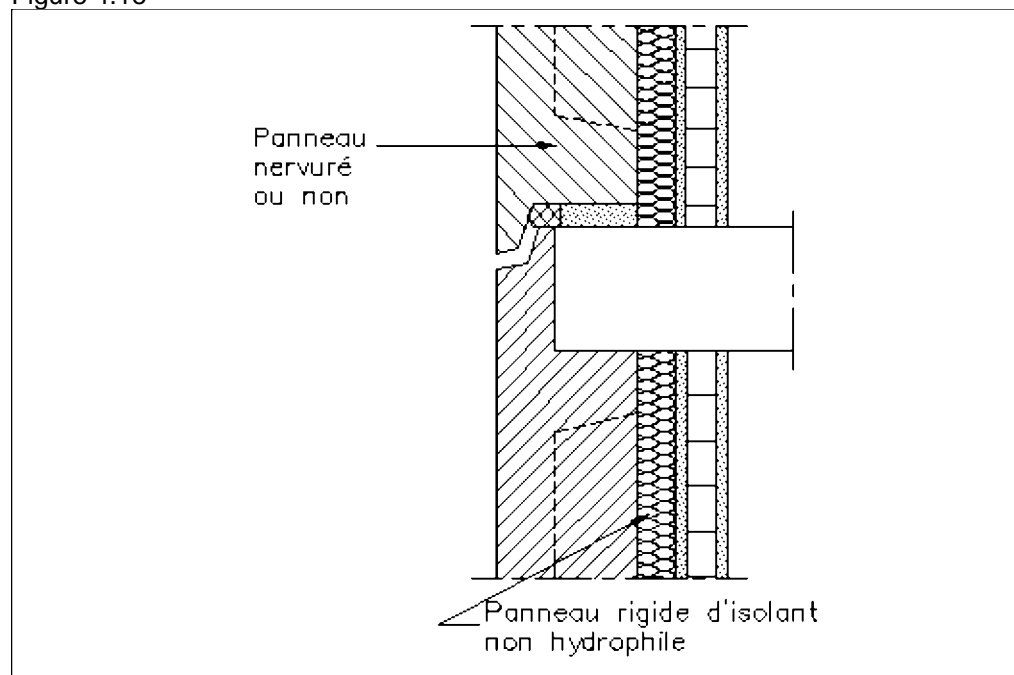
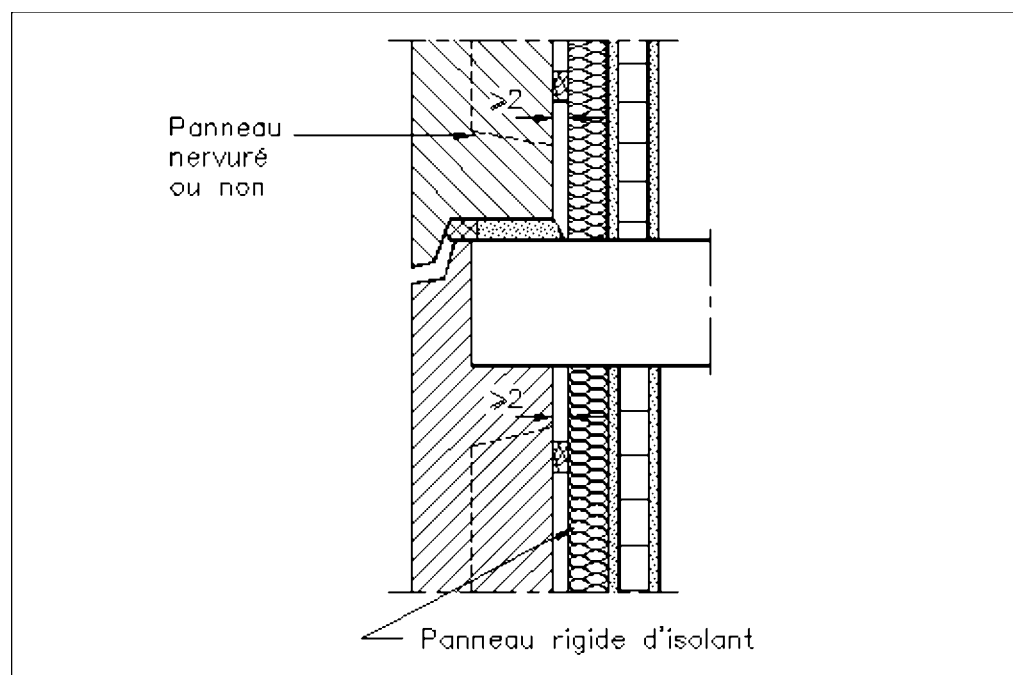


Figure 4.1f



4.2 Rappel des exigences

Le mur doit être conçu de façon que :

4.2.1 Les condensations sur le parement intérieur des murs soient limitées

Le risque de condensation sur le parement intérieur des murs ne dépend pas uniquement de leur conception et ne peut donc être examiné de façon complète dans le présent document. Il peut cependant être limité moyennant le respect de la règle énoncée au § 4.3.1.

Commentaire

Les conditions d'utilisation de certains locaux peuvent en effet contribuer largement à l'apparition de condensations superficielles sur la face intérieure des murs de façade, notamment sur les points faibles thermiques (ponts thermiques) partiellement ou non corrigés et sur les zones adjacentes des plafonds et des cloisons en retour. Il peut se produire également des hétérogénéités d'aspect par thermophorèse (dépôts différentiels de poussières souvent appelés « fantômes »).

Les dispositions susceptibles de pallier les effets de ces phénomènes n'entrent pas dans le cadre des travaux concernés par le présent document. Des indications sur les précautions à prendre figurent dans le titre I, hygrothermique, des « Exemples de solutions pour faciliter l'application du Règlement de construction » auxquels il a été fait référence à l'article 1.5.3.

4.2.2 Il n'y ait pas de condensation dans l'épaisseur de l'isolant ni sur sa face intérieure

4.2.3 Les condensations sur la face intérieure du panneau préfabriqué ne soient pas dommageables

Commentaire

L'analyse des risques de condensation dans de telles parois montre que :

- des condensations sur la face intérieure du panneau préfabriqué sont inévitables,
- des condensations peuvent également se produire, dans certains cas d'hygrométrie de l'ambiance intérieure et/ou de conception du mur, dans l'épaisseur ou sur la face intérieure de l'isolant.

4.3 Règles permettant de satisfaire à ces exigences

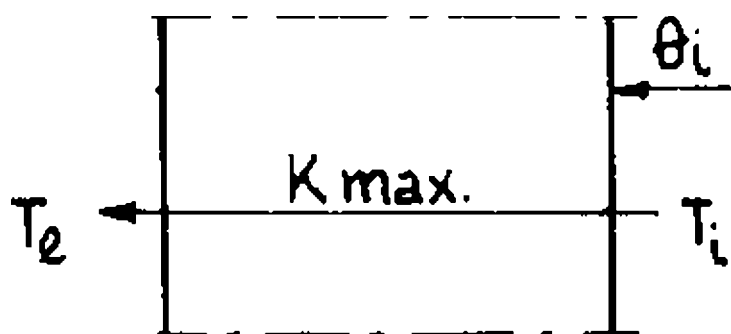
On trouvera au § 4.3.5.1 un tableau résumant les règles applicables aux murs extérieurs en panneaux préfabriqués

4.3.1 Règles pour limiter le risque de condensation sur le parement intérieur du mur

Le mur devra être conçu de telle sorte que le facteur de température superficielle μ soit inférieur à 0,20.

Commentaire

L'observation de cette règle conduit à prévoir un isolant au pourtour de l'encadrement de baie (fig. 4.2a) et notamment à interdire la solution représentée par la figure 4.2b.



avec

$$\mu = \frac{T_i - \theta_{i \text{ mini}}}{T_i - T_e} = \frac{K_{\text{max}}}{h_i}$$

où

- T_i et T_e sont les températures d'ambiance intérieure et extérieure,
- θ_i la température superficielle intérieure,
- K le coefficient de transmission surfacique du mur
- $1/h_i = 0,11 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

Figure 4.2a

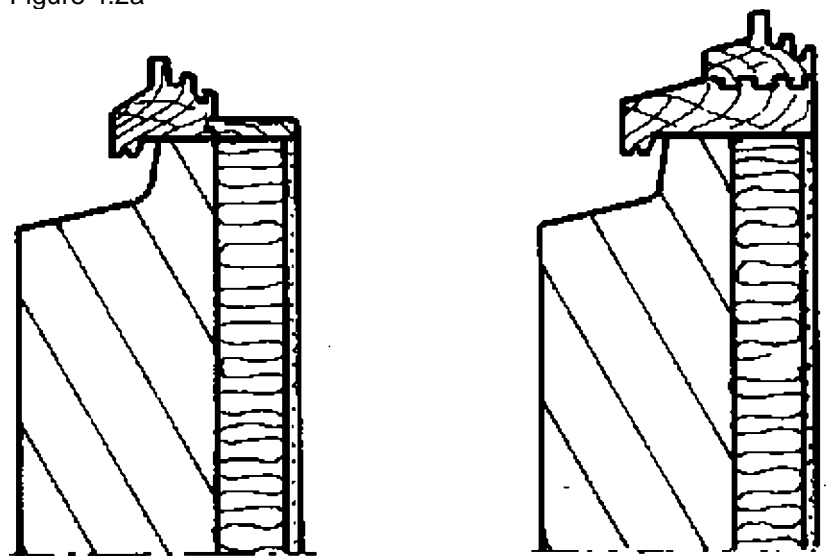
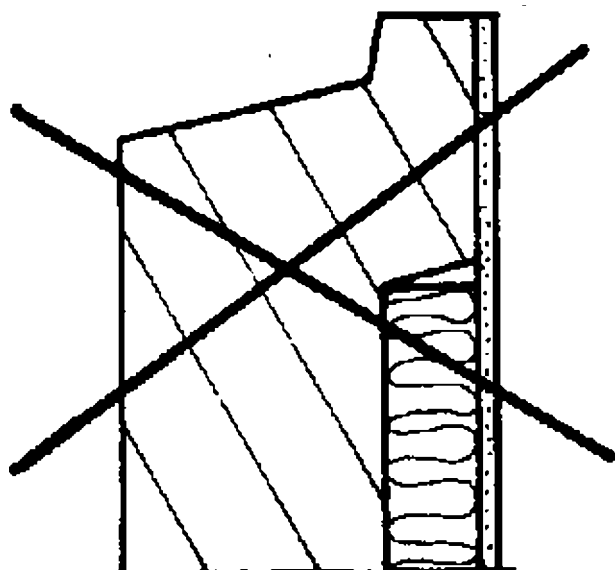


Figure 4.2b



4.3.2 Condensation sur la face intérieure de l'isolant

Pour éviter le risque de condensation sur la face intérieure de l'isolant, la résistance thermique de l'isolant R_{Ti} (lame d'air éventuelle incluse) doit être supérieure à 3 fois la résistance thermique de la paroi intérieure R_{TP} :

$$R_{Ti} > 3 R_{TP}$$

Commentaire

La paroi intérieure est ici constituée par les matériaux ou ouvrages qui séparent l'isolant du milieu intérieur. Il s'agit d'une plaque de plâtre sur les figures 4.1a et 4.1d et d'une contre-cloison sur les figures 4.1e et 4.1f.

4.3.3 Condensation dans l'épaisseur de l'isolant

Commentaire

Le risque de condensation dans l'épaisseur de l'isolant est principalement conditionné par l'humidité contenue dans l'air à l'intérieur du local. Il augmente lorsque la température extérieure baisse et lorsque la résistance thermique R_{TM} du mur diminue.

L'humidité à l'intérieur d'un local ventilé résulte de l'équilibre entre la production de vapeur à l'intérieur du local et le rythme de la ventilation.

Cet équilibre s'écrit

$$W_i = W_e + \frac{W}{n} \text{ en g/m}^3$$

où :

- W_e est l'humidité absolue de l'air extérieur
- W_i celle résultante dans l'air intérieur
- W la quantité de vapeur produite à l'intérieur du local par heure
- n le taux horaire de renouvellement d'air.

4.3.3.1 Classification des locaux en fonction de leur hygrométrie

On définit quatre types de locaux :

- local à faible hygrométrie : $(W / n) \leq 2,5 \text{ g/m}^3$
- local à hygrométrie moyenne : $2,5 < (W / n) \leq 5 \text{ g/m}^3$
- local à forte hygrométrie : $5 < (W / n) \leq 7,5 \text{ g/m}^3$

- local à très forte hygrométrie : $(W / n) > 7,5 \text{ g/m}^3$

Commentaire

En règle générale, les locaux peuvent être classés comme suit :

- Locaux à faible hygrométrie : immeubles de bureaux non conditionnés ou les externats scolaires ainsi que certains logements équipés de ventilation mécanique contrôlée et de systèmes propres à évacuer les pointes de production de vapeur d'eau dès qu'elles se produisent (hottes...) ;
- Locaux à hygrométrie moyenne : bâtiments d'habitation, y compris les cuisines et salles d'eau, correctement chauffés et ventilés, sans sur-occupation ;
- Locaux à forte hygrométrie : bâtiments d'habitation médiocrement ventilés et sur-occupés, ainsi que certains locaux industriels...
- Locaux à très forte hygrométrie : locaux spéciaux tels que locaux industriels nécessitant le maintien d'une humidité relative élevée, locaux sanitaires de collectivités, piscines couvertes.

Le classement figurant ci-dessus est donné à titre indicatif pour les valeurs habituelles du taux horaire de renouvellement d'air procuré notamment par les menuiseries traditionnelles. L'emploi de menuiseries à étanchéité renforcée, ou la mise en oeuvre de garnitures dans les feuillures peuvent modifier considérablement l'hygrométrie d'un local, ainsi que sa place dans le classement ci-dessus.

4.3.3.2 Règles propres aux divers types de locaux

- 1 Il n'est formulé aucune règle particulière pour les locaux à faible hygrométrie et à hygrométrie moyenne.
- 2 Dans le cas de locaux à forte hygrométrie, pour éviter les risques de condensation dans l'isolant, la résistance à la diffusion R_{DP} de la paroi intérieure, éventuellement complétée par une barrière de vapeur doit être telle que :

$$\frac{1}{R_{DP}} < 0,06 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$$

Il n'est pas admis, sauf justification particulière, de prendre en compte, pour ce calcul, les barrières de vapeur placées directement sur la face intérieure de la paroi intérieure.

Commentaire

Cette exclusion est justifiée par le fait qu'une telle barrière de vapeur peut être enlevée ultérieurement (par exemple film de peinture étanche) ou détériorée.

- 3 Les locaux à très forte hygrométrie doivent faire l'objet d'une étude cas par cas.

4.3.4 Condensation sur la face intérieure du panneau préfabriqué**Commentaire**

Une telle condensation est inévitable ; le problème est de concevoir le mur pour s'en accommoder. En règle générale, la capacité d'absorption de cette paroi est telle qu'elle pourra absorber sans difficulté la condensation. Le rythme de condensation reste en effet limité dans les cas les plus défavorables à des valeurs de l'ordre de $2 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$.

Le problème se pose différemment dans le cas où la température intérieure du panneau préfabriqué peut rester assez longtemps négative ; la condensation forme alors une couche de glace non absorbée pouvant occasionner des dommages lors de la fusion.

On est amené alors à distinguer :

- les murs avec lame d'air entre l'isolant et la paroi extérieure des murs sans lame d'air pour lesquels l'eau de fusion peut progresser dans l'isolant s'il est hydrophile.
- les murs avec doublage autoportant des murs où la paroi intérieure se trouve tenue par le simple collage de l'isolant sur le mur, collage qui peut être altéré par des phénomènes de gel et dégel répétés.

Les paramètres intervenant principalement dans ce phénomène sont :

- la température de la surface intérieure du panneau préfabriqué ou plus exactement le temps pendant lequel cette température peut rester négative. Ce temps est fonction du climat extérieur (séquence froide), des caractéristiques thermiques (masse et résistance) du panneau préfabriqué et de l'épaisseur d'isolant. Une forte épaisseur d'isolant abaissant la température du panneau préfabriqué augmente, toute chose égale par ailleurs, le risque ;
- la résistance à la diffusion des couches intérieures ($R_{DP} + R_{DI}$) qui est propre à limiter la quantité d'humidité qui diffuse et à la maintenir en dessous d'une valeur limite acceptable.

4.3.4.1 Cas des parois extérieures à forte résistance thermique

Aucune prescription n'est imposée lorsque la résistance thermique R_{TM} de l'élément préfabriqué satisfait à la condition ci-après : $3 R_{TM} \geq R_{TI} + R_{TP}$

4.3.4.2 Cas des parois extérieures à faible résistance thermique

Si la condition indiquée à l'article 4.3.4.1 n'est pas satisfaite (soit si $3 R_{TM} < R_{TI} + R_{TP}$), l'une des deux règles ci-après doit être respectée :

4.3.4.2.1 Soit limiter le flux de vapeur

Commentaire

Le flux de vapeur doit être d'autant plus limité que la résistance thermique R_{TM} est plus faible et que les risques de séquences froides sont plus grands.

Les conditions à satisfaire sont les suivantes :

- en dehors des zones très froides ¹²
Dans le cas où $R_{TM} < 0,086 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$:

$$\frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 0,06 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$$

- dans les zones très froides ¹²

$$\frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 0,015 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$$

- Il est rappelé qu'en toutes zones, il n'est pas admis de prendre en compte, dans le calcul de R_{DP} , les barrières de vapeur placées directement sur la face interne de la paroi intérieure (voir commentaire de l'article 4.3.3.2.2).

¹²

Sont considérées comme zones très froides :

- - les zones où la température de base, calculée conformément au titre II des Règles Th, est inférieure à -15°C ,
- - les zones d'altitude supérieure à 600 m situées en zone climatique H1 uniquement (telle qu'elle est définie par l'arrêté du 24 mars 1982).

4.3.4.2.2 Soit évacuer l'eau de fusion


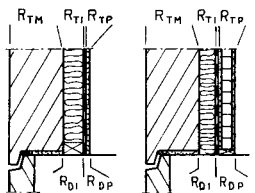
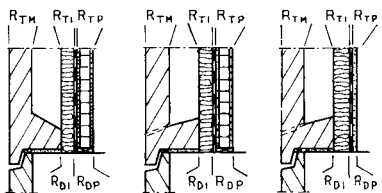
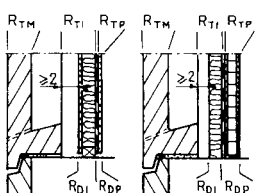
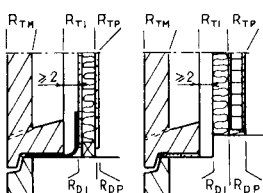
Pour éviter l'humidification du doublage intérieur lors de la fusion de l'eau condensée, des dispositifs de récupération et d'évacuation vers l'extérieur doivent être prévus à la partie basse du mur.

4.3.5 Application aux murs courants

4.3.5.1 Résumé des règles à respecter

Suivant la conception du mur, les règles à envisager sont résumées dans le tableau A ci-après.

Tableau A

R_T résistance thermique (e/λ) R_{TM} résistance thermique de la paroi extérieure en panneaux préfabriqués (résistance calculée au droit du voile dans le cas de panneaux nervurés) R_{Ti} résistance thermique de l'isolant, lame d'air incluse R_{Tp} résistance thermique de la paroi intérieure, pare-vapeur éventuel exclu.  barrière de vapeur (pare-vapeur) éventuelle.		R_D résistance à la diffusion (e/π) R_{Di} résistance à la diffusion de vapeur de l'isolant, pare-vapeur éventuel exclu R_{Dp} résistance à la diffusion de vapeur de la paroi intérieure, pare-vapeur éventuel incluí	
Panneau non nervuré		Panneau nervuré avec ou sans évacuation	
Dispositions constructives			
Règles applicables	1 - 2 - 3	1 - 2 - 3 - (3.1b ou 3.1c car $R_{TM} < 0,086 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$)	
Panneau nervuré avec évacuation et lame d'air continue		Panneau nervuré avec évacuation lame d'air continue et protection de pied de la contre-cloison	
Dispositions constructives			
Règles applicables	1 - 2 - + 3.1c en zone très froide	1 - 2 - 3.2	
1. Règle pour éviter la condensation sur la face intérieure de l'isolant : $R_{Ti} > 3 R_{Tp}$. 2. Règle pour éviter la condensation dans l'épaisseur de l'isolant dans le cas de locaux à forte hygrométrie $\frac{1}{R_{Dp}} < 0,006 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mm Hg}.$ 3. Règles pour limiter les effets de la condensation sur la paroi extérieure (cas où $R_{Ti} + R_{Tp} > 3 R_{TM}$).		3.1. Par limitation du flux de vapeur a) Si $R_{TM} \geq 0,086 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$: $\frac{1}{R_{Dp} + R_{Di}} < 0,3 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mm Hg}$ b) Si $R_{TM} < 0,086 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$: $\frac{1}{R_{Dp} + R_{Di}} < 0,06 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mm Hg}$ c) Zone très froide : $\frac{1}{R_{Dp} + R_{Di}} < 0,015 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mm Hg}.$ 3.2 Par évacuation de l'eau de fusion.	

4.3.5.2 Valeurs utiles de résistance à la diffusion ou de perméabilité à la vapeur

Les tableaux B1 et B2 donnent respectivement les valeurs utiles de la résistance à la diffusion des parois intérieures courantes et celles de la perméabilité à la vapeur des principaux isolants.

Tableau B1 Valeurs de la résistance à la diffusion de parois intérieures courantes (R_{Dp})

		R_{DP} (m ² .h.mm Hg/g)
Revêtements	Plaques de plâtre cartonnées 10 mm	1
	Contreplaqué 8 mm	10
	Panneaux de particules 15-22 mm	8 - 12
	Amiante-ciment 3,5 à 6 mm	10-30
Cloisons	Plaques de plâtre sur réseau carton 10 - 30 - 10 mm	2
	Carreaux de plâtre 50 mm	5
	Briques plâtrières enduites 50 mm	4
	Panneaux de particules 50 mm	10
Barrières de vapeur	Papier imprégné de bitume	15 - 60
	Feuille aluminium 15 μ m sur plaque de plâtre	100
	Feuille polyéthylène > 50 μ m	> 100

Tableau B2 Valeurs de la perméabilité à la vapeur des principaux isolants utilisés ($R_{DI} = e/\pi$)

Isolant			π (g/m.h.mmHg)
- Laines minérales			6000 à 8000 10 ⁻⁵
- Polystyrène expansé	- moulé en bloc par voie humide	qualité 1 9 à 12 kg/m ³	400 10 ⁻⁵
		qualité 2 13 à 15 kg/m ³	400 10 ⁻⁵
	- moulé en continu par voie humide	13 à 16 kg/m ³	240 10 ⁻⁵
		17 à 20 kg/m ³	150 10 ⁻⁵
	- thermocomprimé en continu par voie sèche	18 kg/m ³	140 10 ⁻⁵
		23 kg/m ³	80 10 ⁻⁵
	- extrudé	30 kg/m ³	90 10 ⁻⁵
		35 à 40 kg/m ³	45 10 ⁻⁵
- P.V.C. cellulaire		33 kg/m ³	35 10 ⁻⁵
- Mousse rigide de polyuréthane à cellules fermées (plaques préfabriquées expansées en continu)		30 à 35 kg/m ³	200 10 ⁻⁵
- Verre cellulaire			négligeable

Chapitre V Fixation des éléments entre eux ou sur les ouvrages de structure intérieure

5.1 Généralités

5.1.1 Objet

L'objet de ce chapitre est de définir, indépendamment des calculs de stabilité, les liaisons des éléments entre eux, avec les planchers, avec les refends éventuels et plus généralement avec les autres ouvrages de structure.

Il définit les dispositions minimales applicables aux cas courants, dispositions qui peuvent être allégées dans certains cas si les éléments sont peu sollicités et, en particulier, s'ils ont une faible tendance à se déformer.

Une combinaison des dispositions élémentaires différente de celles proposées dans la quatrième partie de ce chapitre mais au moins équivalente peut aussi constituer une solution.

5.1.2 Rôle des liaisons

Le rôle des liaisons est d'équilibrer principalement :

- Le poids des éléments et les moments de renversement.
- Les sollicitations de service : efforts statiques ou dynamiques dus à l'action de l'homme, du vent, etc.

- Les sollicitations dues à la limitation des déformations auxquelles tendent les éléments sous les actions hygrothermiques et de retrait.

Commentaire

Lorsqu'elles sont continues au droit de refend ou plancher séparatifs, les liaisons jouent également un rôle dans l'isolement acoustique et dans la préservation contre le risque de propagation d'incendie.

5.1.3 Caractéristiques des liaisons

Deux caractéristiques sont déterminantes :

- La résistance des liaisons dont dépendent la stabilité propre des éléments et/ou la stabilité de l'ouvrage.
- La déformabilité des liaisons qui, en commandant le mouvement des joints, influe sur l'aspect, l'étanchéité des joints, la durabilité, etc.

Remarques

- 1 Une faible déformabilité des liaisons est souvent une caractéristique recherchée puisqu'elle permet de limiter les déformations des éléments. Mais l'on doit noter qu'une très grande rigidité peut avoir pour conséquence des sollicitations mécaniques très élevées, parfois critiques, dans les liaisons ou dans les éléments. Il est donc nécessaire de se préoccuper à la fois des caractéristiques de résistance et de déformabilité.
- 2 Les dispositions décrites et prescrites sont les plus représentatives des dispositions couramment utilisées. Des dispositions équivalentes sont toujours possibles, l'équivalence étant à apprécier du double point de vue de la résistance et de la déformabilité dans les diverses directions à considérer.
D'autre part, les indications données pour l'organisation et la répartition des liaisons valent pour les parois de mur sensiblement planes et d'épaisseur moyenne (de 10 à 20 cm environ). Pour des éléments à fort relief, les dispositions à adopter peuvent s'en déduire en tenant compte de l'influence des reliefs, formes et sections des éléments sur leur tendance à se déformer sous l'action des sollicitations thermiques et de retrait.

5.2 Description des liaisons

Commentaire

Ce paragraphe a pour seul objet la description des liaisons élémentaires. L'ordre dans lequel celles-ci sont présentées n'a pas de signification quant à leur équivalence éventuelle ou à leur efficacité comparée.

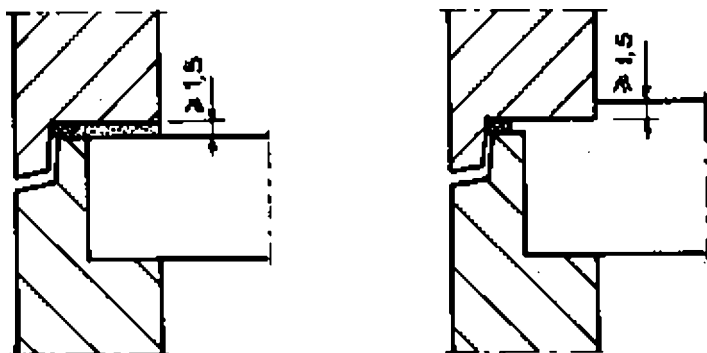
La nomenclature des liaisons fait l'objet du § 5.3.

Les cotes indiquées dans la suite de ce chapitre sont les cotes nominales.

5.2.1 Liaisons continues

5.2.1.1 En rive horizontale basse

5.2.1.1.1 Joint de mortier ou bétonnage en sous-oeuvre

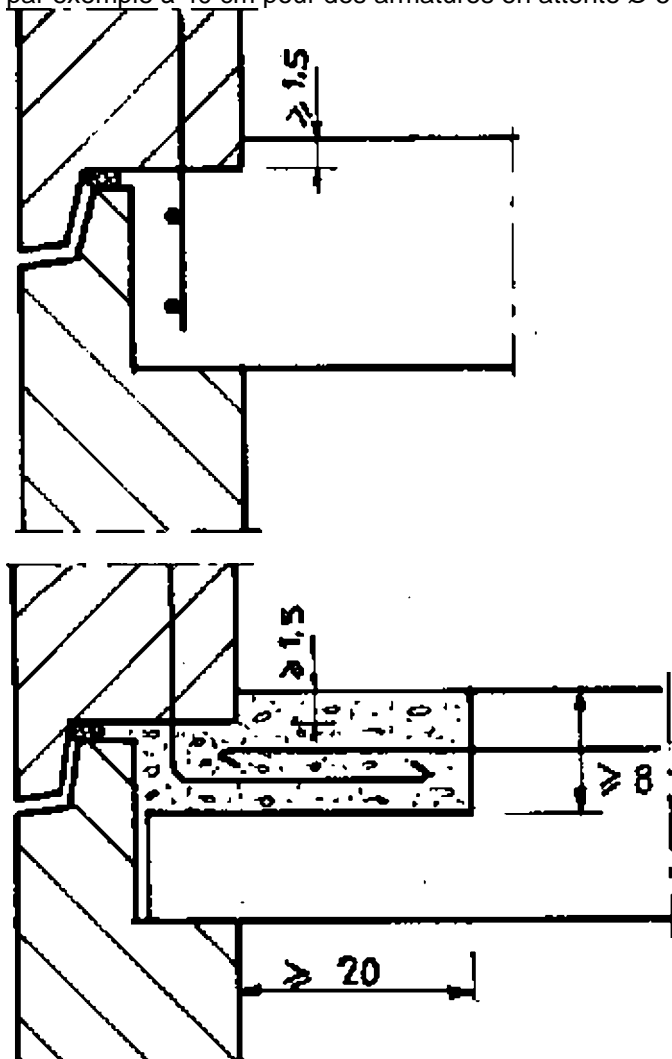


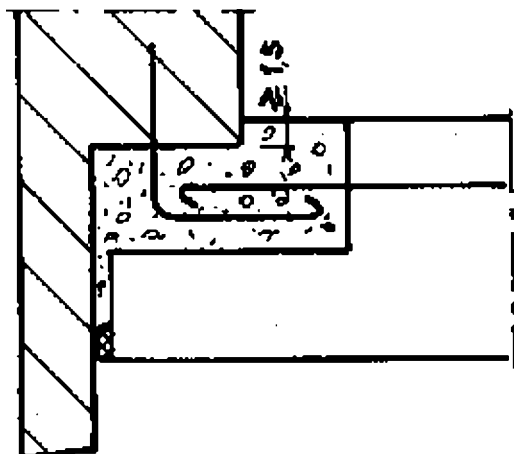
Commentaire

Une épaisseur du joint de mortier très supérieure à la valeur minimale indiquée est à éviter.

5.2.1.1.2 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente

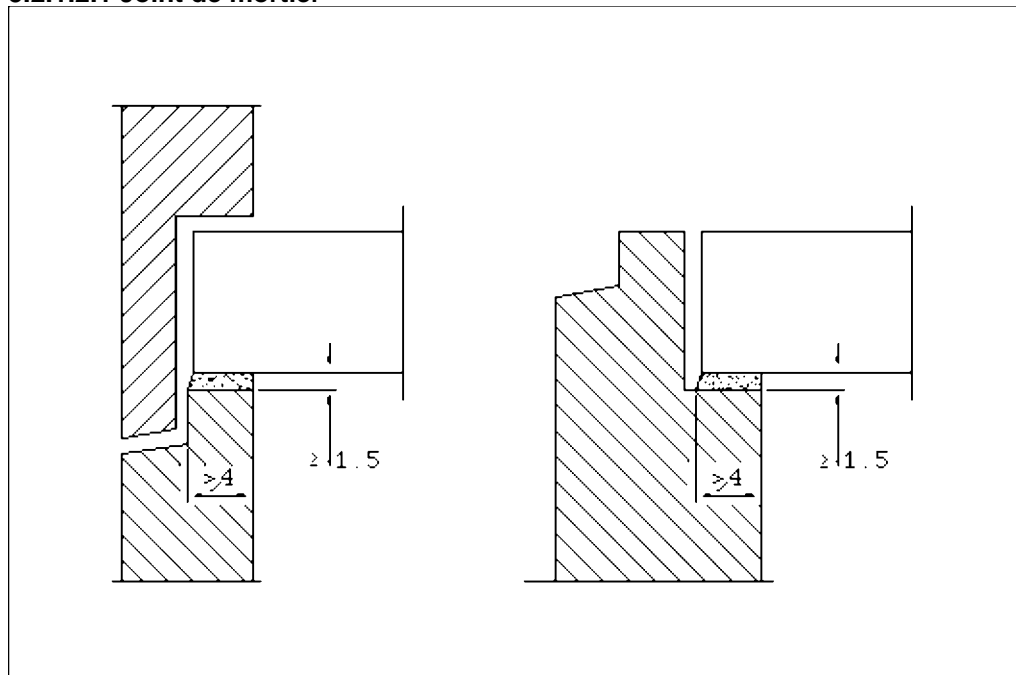
Les armatures en attente des liaisons continues sont de diamètre au moins égal à 5 mm et leur espacement est limité, par exemple à 40 cm pour des armatures en attente Ø 5.



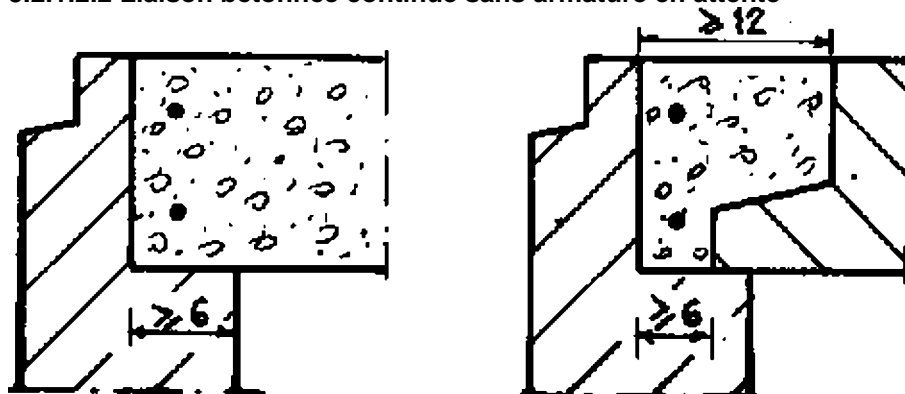


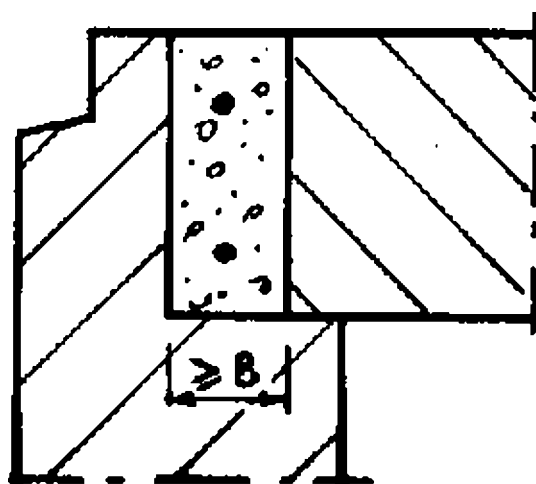
5.2.1.2 En rive horizontale haute

5.2.1.2.1 Joint de mortier



5.2.1.2.2 Liaison bétonnée continue sans armature en attente

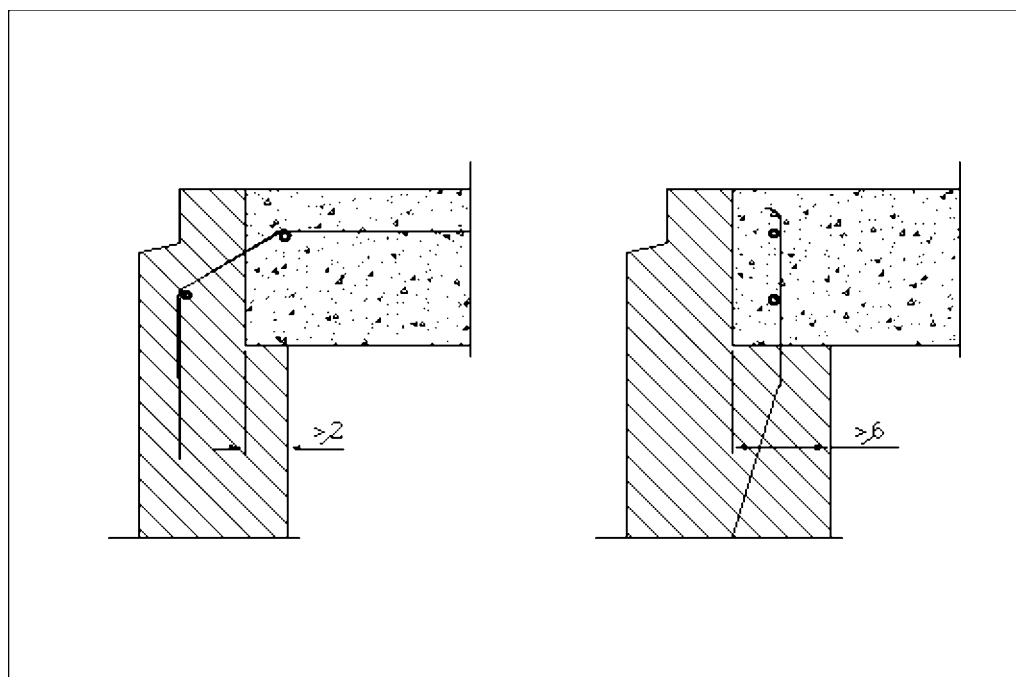




5.2.1.2.3 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente ¹³

13

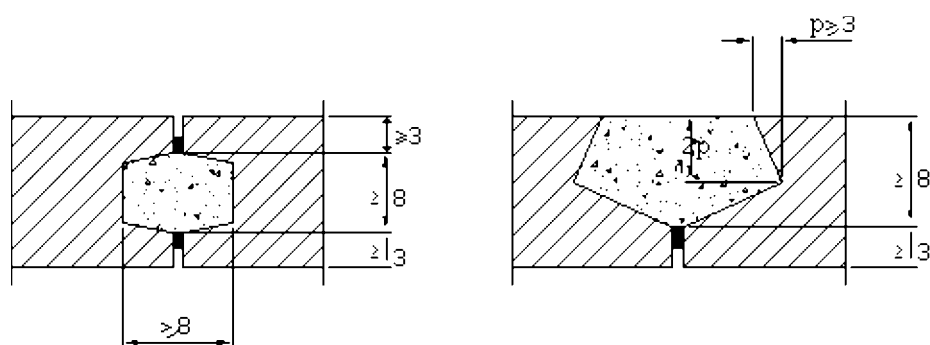
Les armatures peuvent être remplacées par des liaisons ponctuelles telles qu'elles sont décrites dans la suite du §. La géométrie de la liaison doit par ailleurs être conservée.



Les armatures en attente des liaisons continues sont de diamètre au moins égal à 5 mm et leur espacement est limité, par exemple à 40 cm pour des armatures en attente Ø 5.

5.2.1.3 Entre rives verticales de panneaux de mur extérieur

5.2.1.3.1 Liaison bétonnée continue sans armature en attente

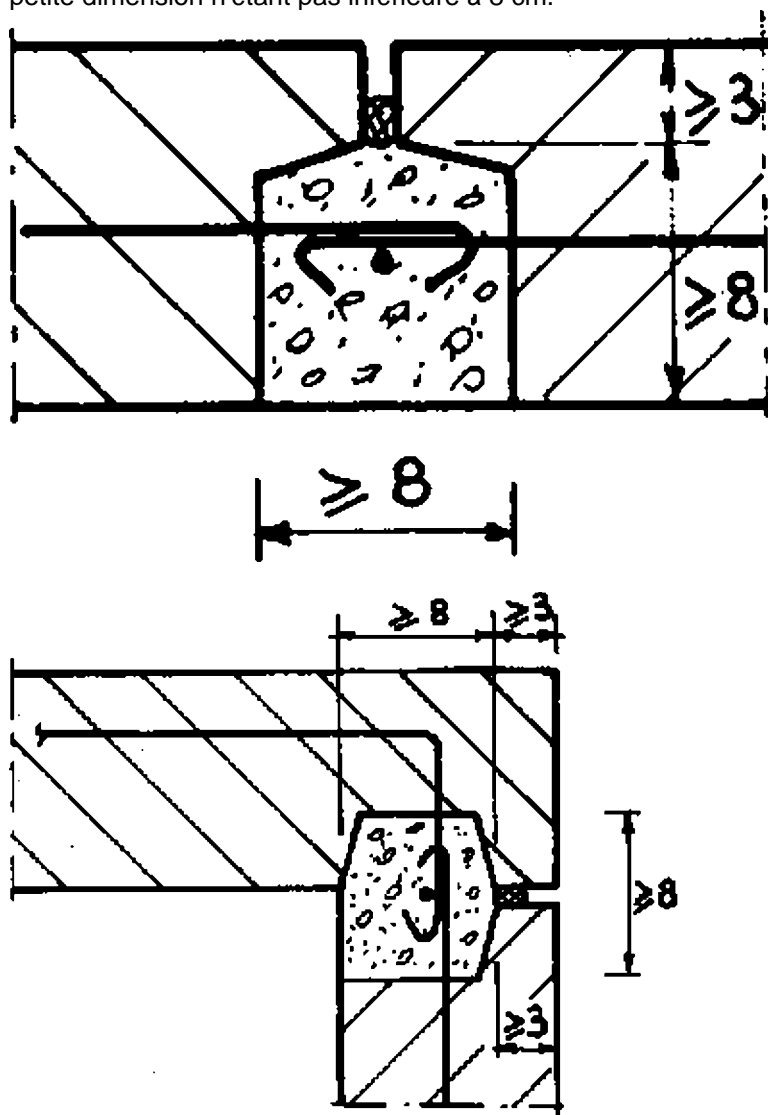


La section du béton de liaison est supérieure à 100 cm², la plus petite dimension n'étant pas inférieure à 8 cm.

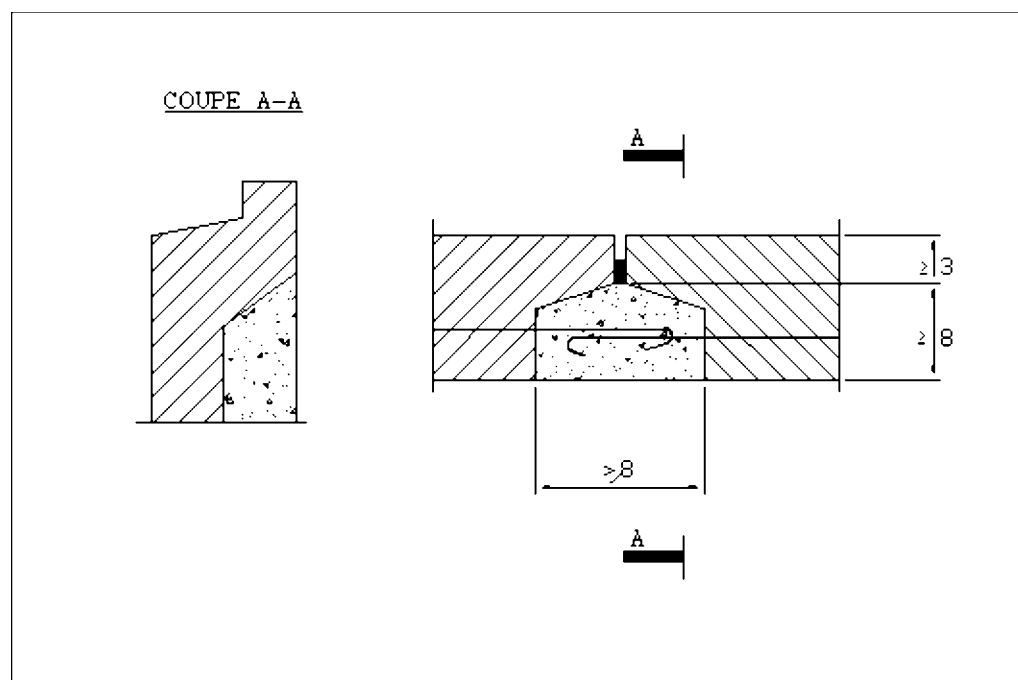
5.2.1.3.2 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente ¹³

Les armatures en attente des liaisons continues sont de diamètre au moins égal à 5 mm et leur espacement est limité, par exemple à 40 cm pour des armatures en attente Ø 5.

La barre verticale est de diamètre 6 mm au moins. La section du béton de liaison est supérieure à 100 cm² la plus petite dimension n'étant pas inférieure à 8 cm.



Cas particulier de la liaison entre éléments d'allège ou élément d'allège et élément de trumeau .

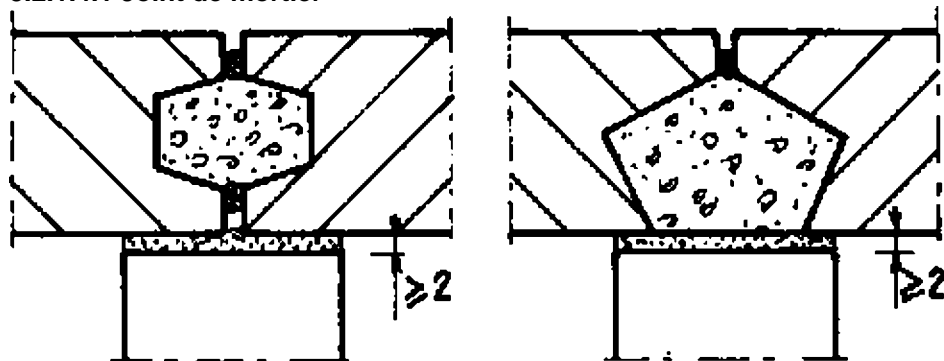


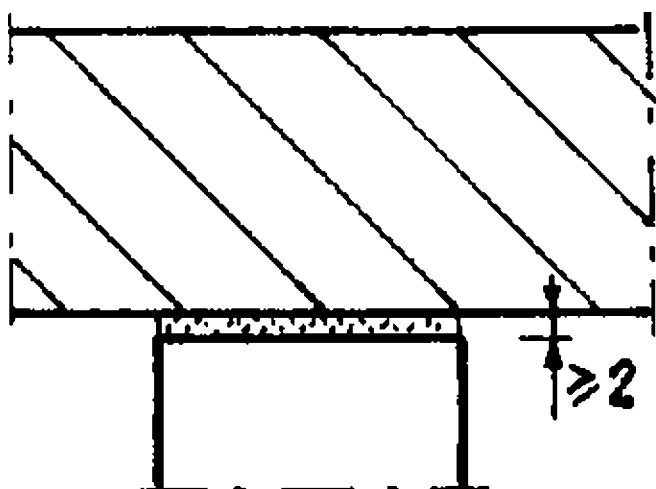
Commentaire

Pour la liaison des éléments d'allège, il est fréquemment nécessaire, pour des raisons de stabilité notamment, que les armatures de liaison soient de diamètre plus grand et/ou d'espacement plus faible que ceux indiqués pour les liaisons entre éléments de hauteur d'étage.

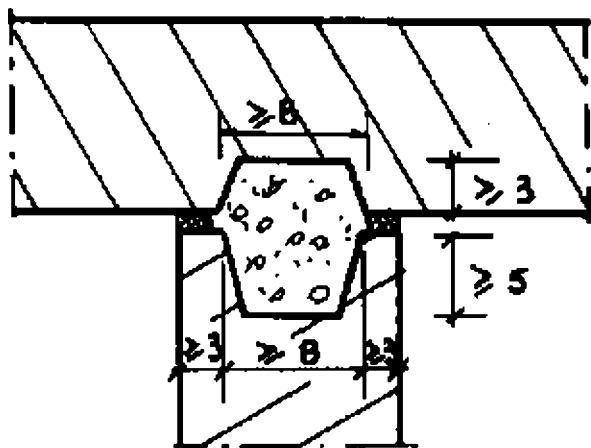
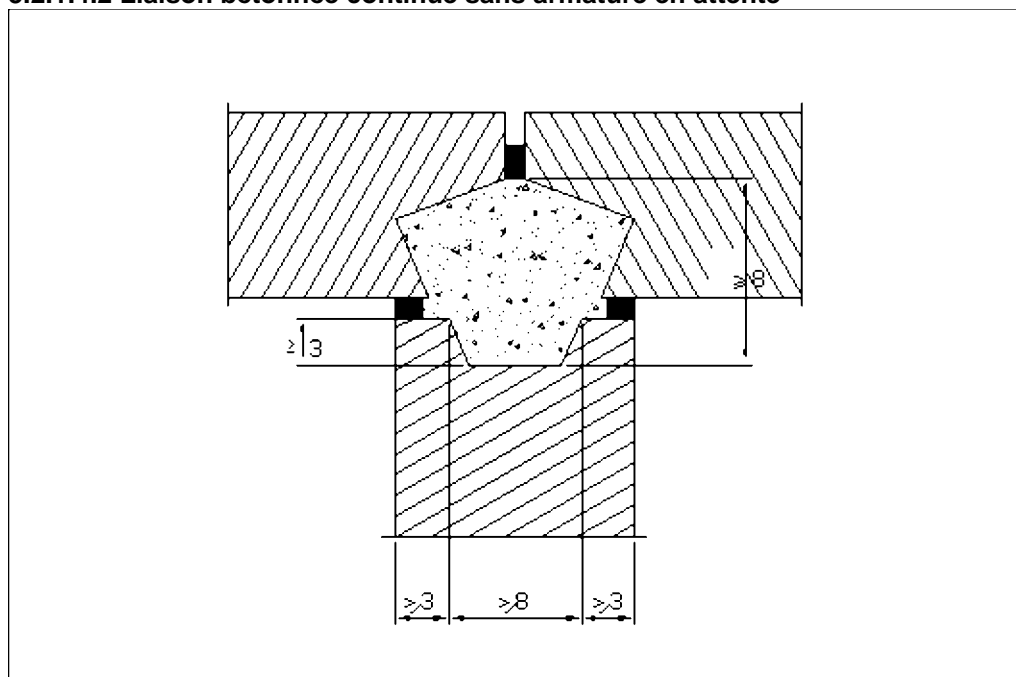
5.2.1.4 Entre panneau et refend (*y compris le cas des panneaux continus devant les refends*)

5.2.1.4.1 Joint de mortier



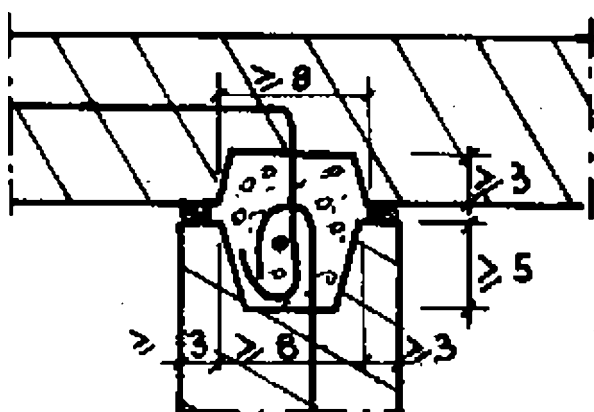
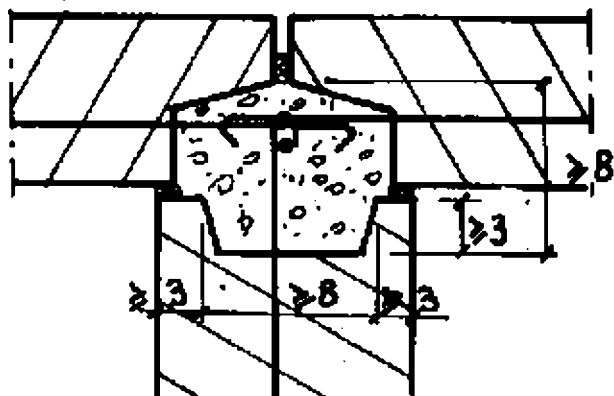


5.2.1.4.2 Liaison bétonnée continue sans armature en attente



La section de béton de liaison est supérieure à 100 cm², la plus petite dimension n'étant pas inférieure à 8 cm.

5.2.1.4.3 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente



Les armatures en attente des liaisons continues sont de diamètre au moins égal à 5 mm et leur espacement est limité, par exemple à 40 cm pour des armatures en attente $\varnothing 5$.

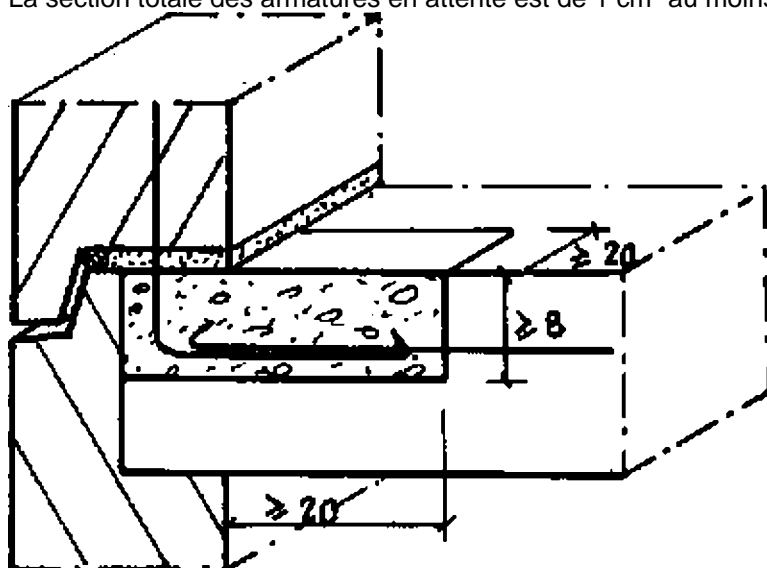
La barre verticale est de diamètre 6 mm au moins.

La section du béton de la liaison est supérieure à 100 cm², la plus petite dimension n'étant pas inférieure à 8 cm.

5.2.2 Liaisons ponctuelles bétonnées

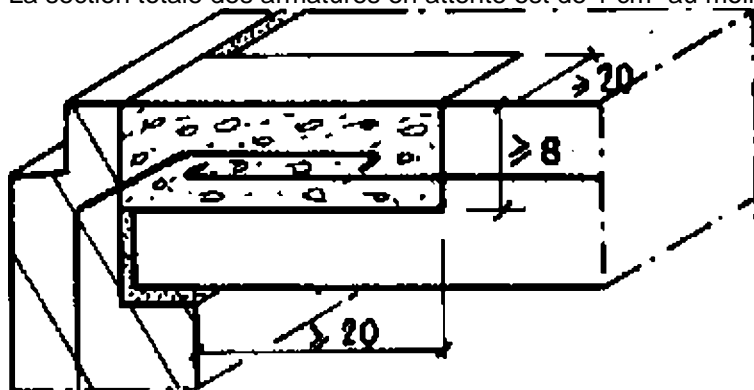
5.2.2.1 En rive horizontale basse

La section totale des armatures en attente est de 1 cm² au moins et leur diamètre de 8 mm au moins



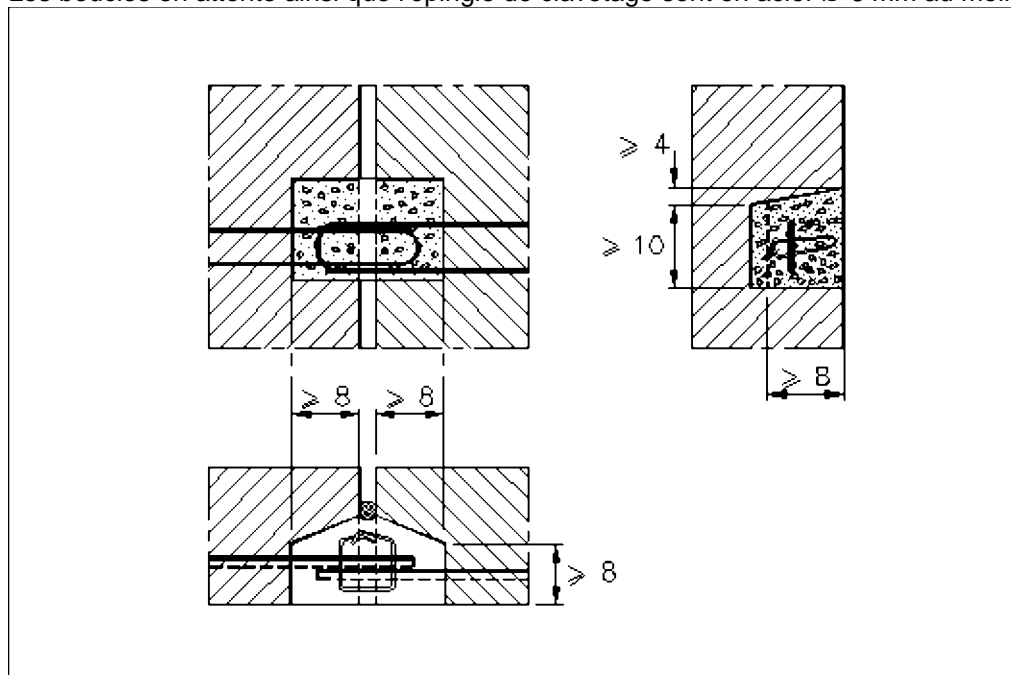
5.2.2.2 En rive horizontale haute

La section totale des armatures en attente est de 1 cm^2 au moins et leur diamètre de 8 mm au moins.



5.2.2.3 Entre rives verticales de panneaux de mur extérieur

Les boucles en attente ainsi que l'épingle de clavetage sont en acier $\varnothing 6$ mm au moins

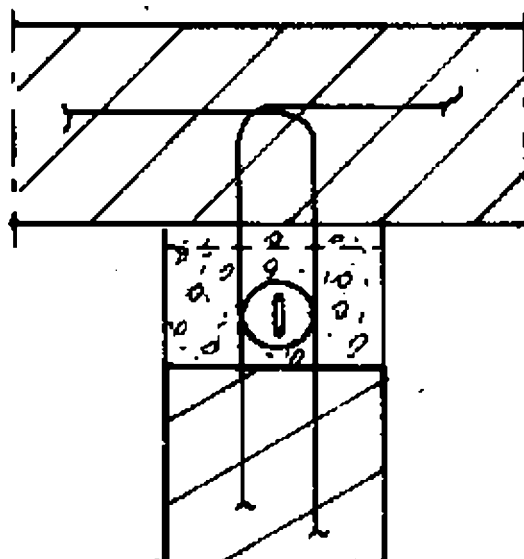
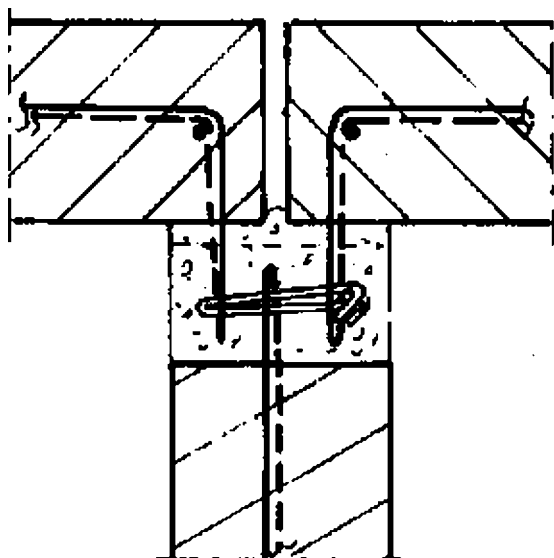
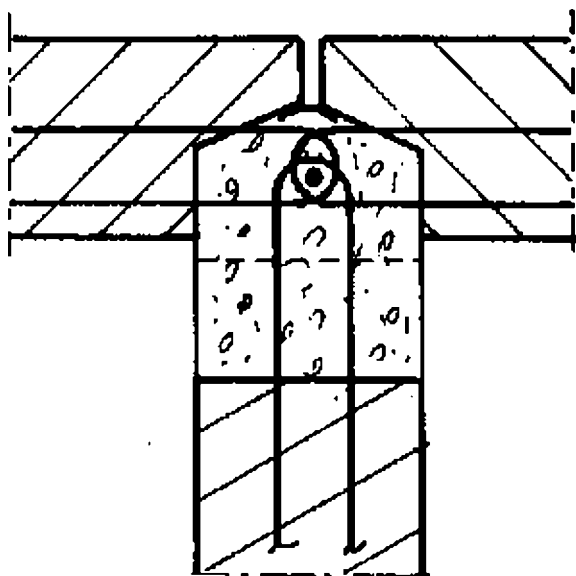


Commentaire

Les boucles $\varnothing 6$ peuvent être dans un plan horizontal.

5.2.2.4 Entre panneau et refend (y compris le cas des panneaux continus devant les refends)

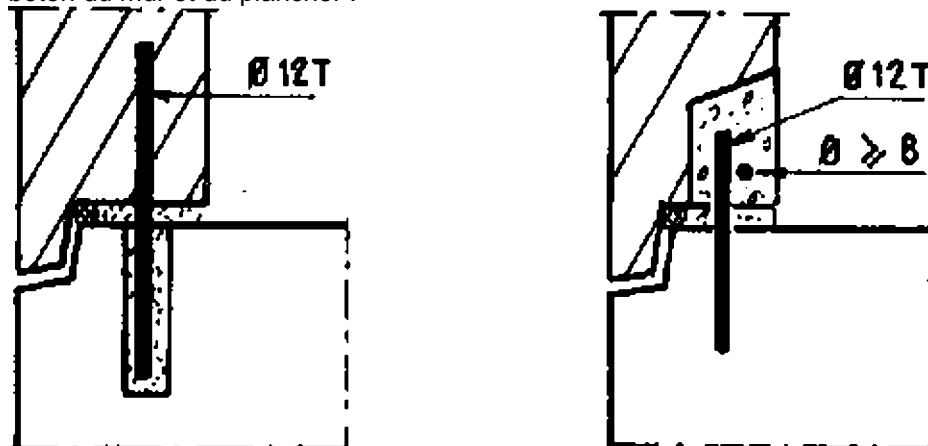
Les boucles en attente ainsi que l'épingle de clavetage sont en acier $\varnothing 6$ mm au moins.



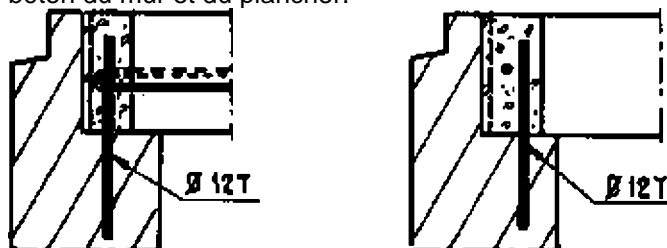
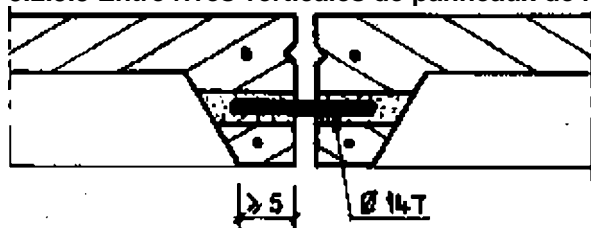
5.2.3 Liaisons ponctuelles brochées

5.2.3.1 En rive horizontale basse

Une disposition, armatures par exemple, permet d'équilibrer les efforts de liaison et de les répartir dans la masse de béton du mur et du plancher.

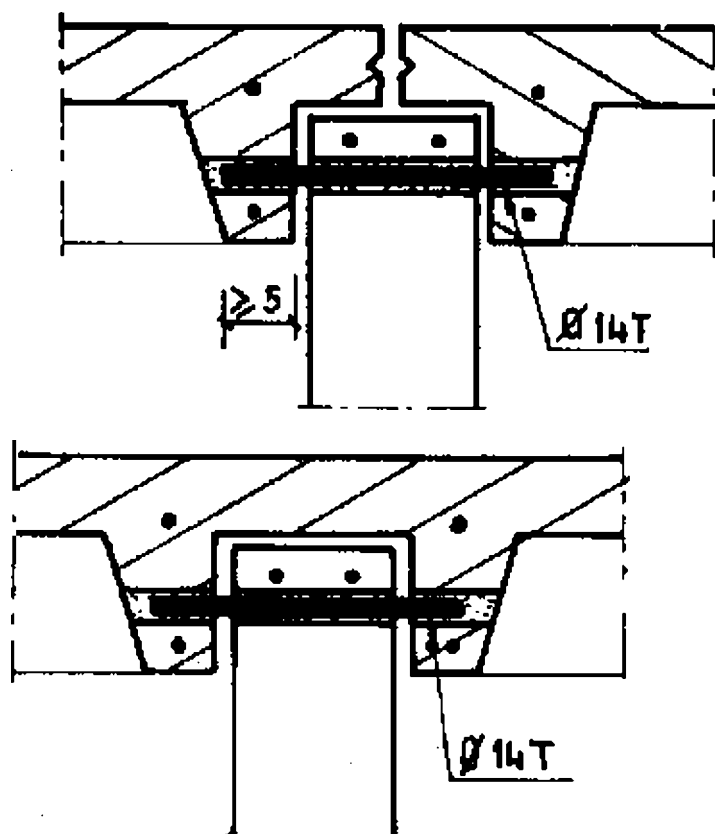
**5.2.3.2 En rive horizontale haute**

Une disposition, armatures par exemple, permet d'équilibrer les efforts de liaison et de les répartir dans la masse de béton du mur et du plancher.

**5.2.3.3 Entre rives verticales de panneaux de mur extérieur****Commentaire**

Sauf dans les cas d'utilisation d'acier résistant à la corrosion, cette disposition est à éviter dans les zones à atmosphère agressive.

5.2.3.4 Entre panneau et refend (*y compris le cas des panneaux continus devant les refends*)



5.2.4 Liaisons ponctuelles soudées ; liaisons ponctuelles boulonnées

Ne sont visées dans ce paragraphe que les liaisons soudées à l'arc et les liaisons boulonnées serrées à la clef dynamométrique.

5.2.4.1 Remarque liminaire

Dans cette double famille, les caractéristiques de déformabilité peuvent varier considérablement en fonction de la direction des efforts, et du type de disposition adoptée (position et longueur des cordons de soudure, position relative des points de boulonnage compte tenu de la direction des efforts, section des équerres et des plats métalliques de liaisons, etc.).

Commentaire

Pour les liaisons par équerres soudées ou boulonnées, des performances de faible déformabilité et de résistance élevée sont plus facilement atteintes lorsque les équerres sont des segments de profilés plutôt que des plats façonnés par pliage.

5.2.4.2 Généralités

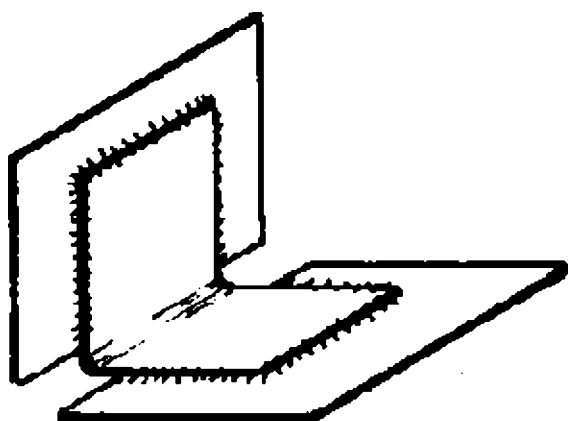
Les plats et équerres ont une épaisseur minimale de 6 mm et une largeur minimale utile de 40 mm.

Commentaire

L'épaisseur minimale doit parfois être plus grande pour tenir compte de la corrosion.
On entend par largeur utile, la largeur résiduelle au droit des trous de boulonnage.

Les liaisons soudées doivent être réalisées à l'aide d'une pièce intermédiaire soudée à la fois sur les platines de chacun des éléments à lier.

Les cordons de soudure doivent intéresser tout le pourtour apparent des surfaces communes



Les boulons et les douilles doivent avoir un diamètre minimal de 10 mm.

Les écrous de liaison doivent être freinés pour éviter leur desserrage.

Commentaire

Si l'on recherche une fixité complète de l'assemblage boulonné, il peut être utile de recourir à des dispositions complémentaires empêchant le glissement entre plaques serrées par le boulonnage (pièces de liaison striées par exemple).

Pour les douilles, les platines et les rails scellés, des dispositions, armatures par exemple, doivent permettre d'équilibrer les efforts de liaison et de les répartir dans la masse de béton de chacun des ouvrages.

La position des platines, douilles et rails, et en particulier la distance minimale entre l'axe de la douille et le bord des éléments ou ouvrage, doit être choisie en fonction des sollicitations, du mode d'ancrage de la douille et de la résistance du béton.

Commentaire

Les douilles rapportées sont à utiliser conformément aux prescriptions dont elles font l'objet et qui tiennent compte de ces paramètres.

5.2.4.3 Protection contre la corrosion

La boulonnerie doit être protégée par cadmiage ou galvanisation.

Les platines et les cordons de soudure doivent être protégés contre la corrosion. Cette protection doit être au moins équivalente à une peinture au minium (70 % au moins de minium) appliquée en plusieurs couches et de 80 µm d'épaisseur totale.

Commentaire

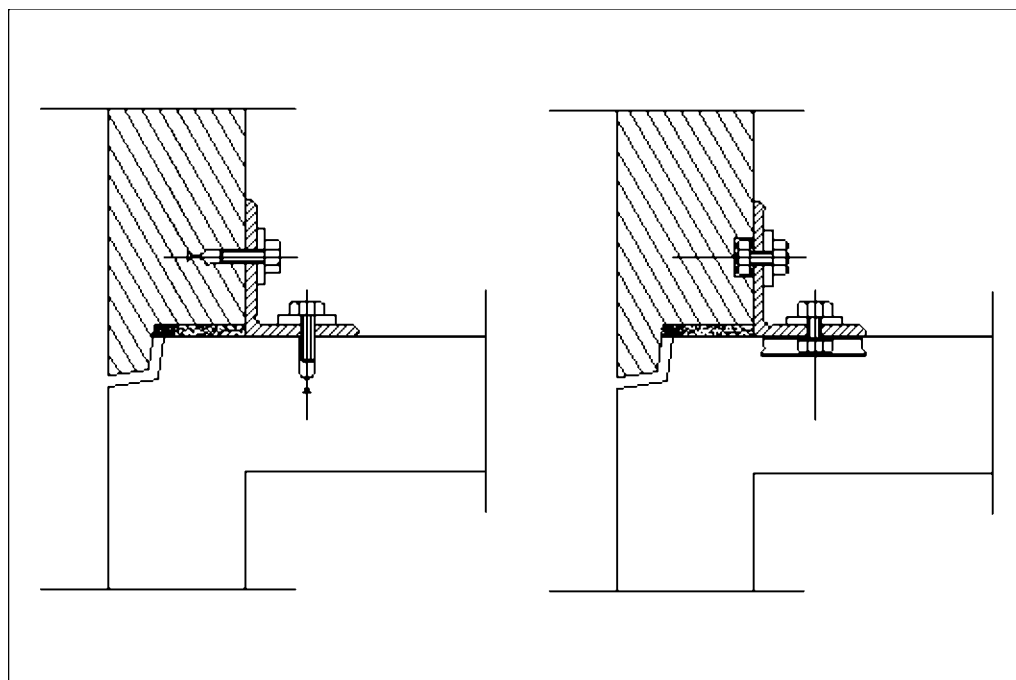
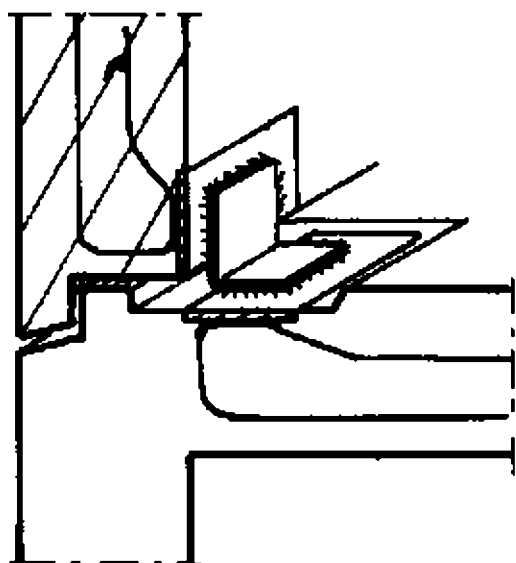
Pour les liaisons boulonnées, la galvanisation des platines, équerres, plats de liaison est recommandée.

Si la protection est détruite par la soudure là où elle est impossible à reconstituer, les platines doivent avoir une surépaisseur de 2 mm sur les faces non protégées.

Commentaire

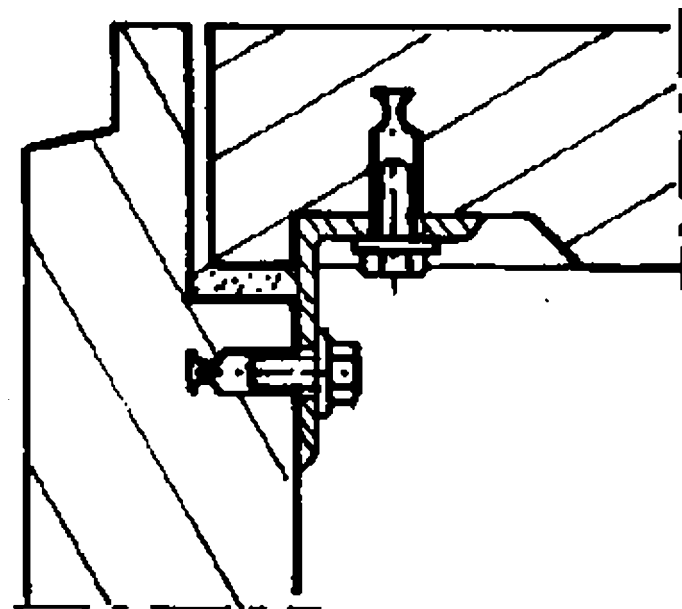
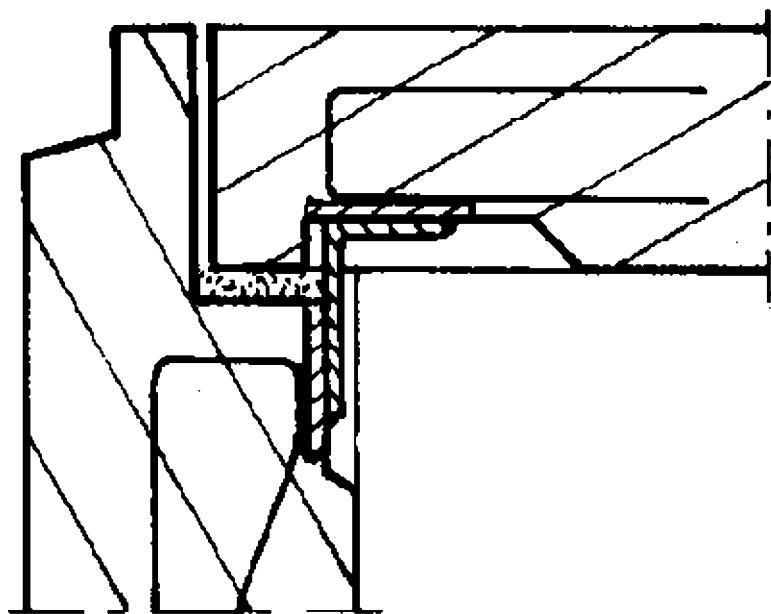
De telles liaisons sont à éviter dans le cas de milieu particulièrement agressif, sauf si le métal des platines, de la boulonnerie et des cordons de soudure est d'une nuance résistant à ce milieu.

5.2.4.4 En rive horizontale basse

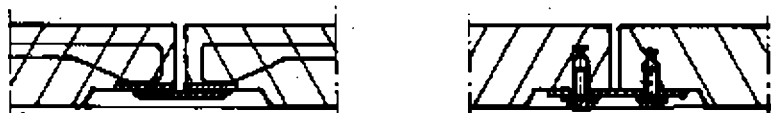


5.2.4.5 En rive horizontale haute ¹⁴

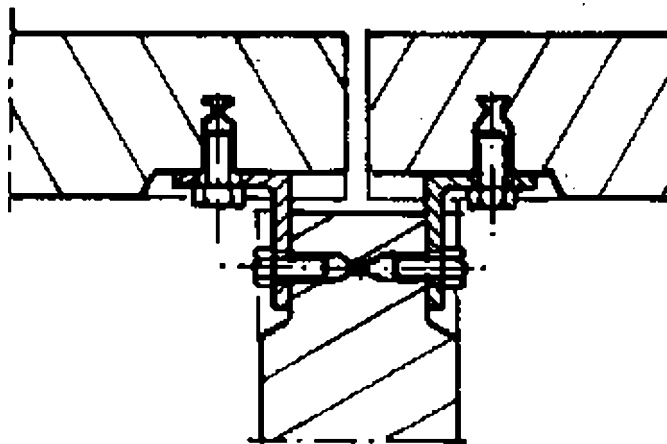
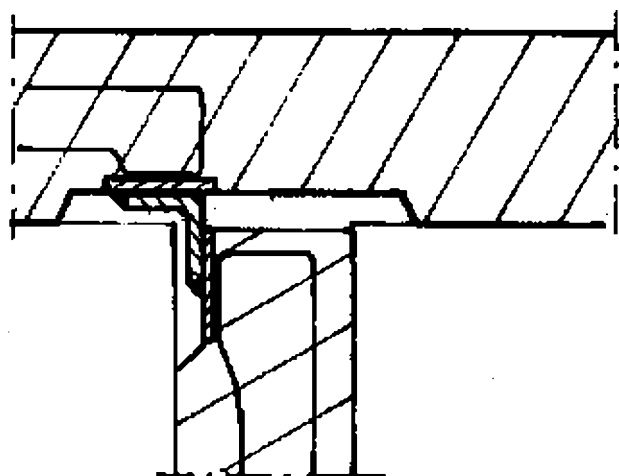
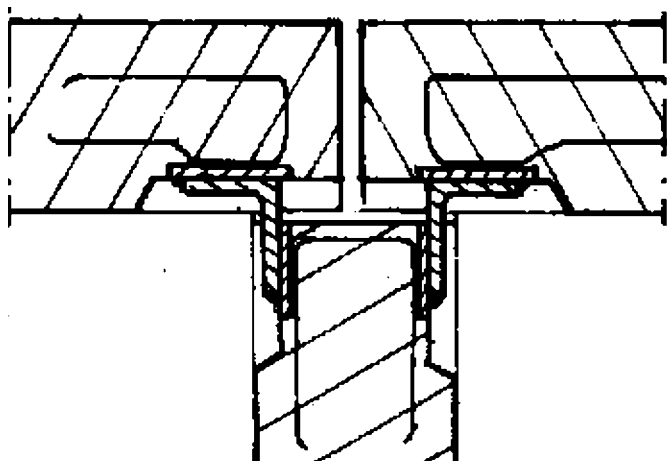
14
Le boulonnage des liaisons peut s'effectuer aussi sur rails scellés selon des dispositions telles que celles du schéma de principe de 5.2.4.4.

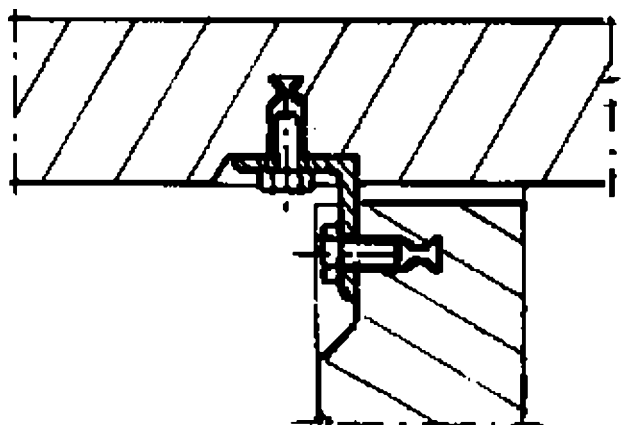


5.2.4.6 Entre rives verticales de panneaux de mur extérieur ¹⁴



5.2.4.7 Entre panneau et refend (y compris le cas des panneaux continus devant les refends) ¹⁴





5.3 Récapitulation et nomenclature des liaisons

(Les parenthèses renvoient aux paragraphes correspondants de la description).

Commentaire

La nomenclature ne constitue pas un classement des liaisons au regard de leur efficacité.

5.3.1 En rive horizontale basse

- 1 Joint de mortier ou bétonnage en sous-oeuvre sans armature (5.2.1.1.1).
- 2 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente (5.2.1.1.2).
- 3 Liaison ponctuelle d'extrémité distante de 30 cm au plus de l'extrémité (5.2.1.1 - 5.2.3.1 - 5.2.4.4).
- 4 Liaisons ponctuelles intermédiaires, distantes au plus de 2 m d'une extrémité ou entre elles (5.2.2.1 - 5.2.3.1 - 5.2.4.4).

5.3.2 En rive horizontale haute

- 1 Joint de mortier (5.2.1.2.1).
- 2 Liaison bétonnée continue sans armature en attente (5.2.1.2.2).
- 3 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente (5.2.1.2.3).
- 4 Liaison ponctuelle d'extrémité distante de 30 cm au plus de l'extrémité (5.2.2.2 - 5.2.3.2 - 5.2.4.5).
- 5 Liaisons ponctuelles intermédiaires distantes au plus de 2 m d'une extrémité ou entre elles (5.2.2.2 - 5.2.3.2 - 5.2.4.5).

5.3.3 Entre rives verticales de panneaux de mur extérieur (*y compris le cas où l'un des murs extérieurs est en béton banché*)

- 1 Liaison bétonnée continue sans armature en attente (5.2.1.3.1).
- 2 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente (5.2.1.3.2).
- 3 Liaison ponctuelle d'extrémité haute distante de 30 cm au plus de l'extrémité (15 cm dans le cas d'éléments d'allège) (5.2.2.3 - 5.2.3.3 - 5.2.4.6).
- 4 Liaison ponctuelle d'extrémité basse distante de 30 cm au plus de l'extrémité (15 cm dans le cas d'éléments d'allège) (5.2.2.3 - 5.2.3.3 - 5.2.4.6).
- 5 Liaisons ponctuelles intermédiaires : 1 liaison intermédiaire sur une hauteur de pièce inférieure à 3 m, 2 au-delà ; en angle, 1 liaison intermédiaire sur une hauteur de pièce inférieure à 2,50 m, 2 au-delà (5.2.2.3 - 5.2.3.3 - 5.2.4.6).

5.3.4 Entre panneau et refend saillant ou non (y compris le cas des panneaux continus devant les refends)

- 1 Joint de mortier (5.2.1.4.1).
- 2 Liaison bétonnée continue sans armature en attente (5.2.1.4.2).
- 3 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente (5.2.1.4.3).
- 4 Liaison ponctuelle d'extrémité haute distante de 30 cm au plus de l'extrémité (15 cm dans le cas d'éléments d'allège) (5.2.2.4 - 5.2.3.4 - 5.2.4.7).
- 5 Liaison ponctuelle d'extrémité basse distante de 30 cm au plus de l'extrémité (15 cm dans le cas d'éléments d'allège) (5.2.2.4 - 5.2.3.4 - 5.2.4.7).
- 6 Liaison ponctuelle intermédiaire : 1 liaison sur une hauteur de pièce inférieure à 2,50 m, 2 au-delà (5.2.2.4 - 5.2.3.4 - 5.2.4.7).

5.4 Choix des liaisons et de leur répartition

5.4.1 En partie courante de façade

Dans les différents cas, les liaisons minimales à prévoir sont celles définies par les tableaux ci-après pour lesquels la codification des dispositions diverses est celle donnée au § 5.3.

Outre les dispositions de liaison proprement dite définies par les tableaux, il doit exister entre façade et refend ou plancher séparatifs un calfeutrement continu, en mortier, béton ou tout autre matériau convenable, évitant que les joints entre façade et structure intérieure constituent ponts phoniques ou diminuent localement la résistance que les planchers et refends séparatifs doivent opposer à la propagation d'un incendie.

5.4.1.1 Panneaux porteurs 1

15

Pour les panneaux peu chargés et les panneaux sous couronnement, adopter les dispositions du § 5.4.1.2.

Liaisons horizontales		Liaisons verticales			
Rive horizontale basse	Rive horizontale haute	Rive verticale d'angle	Rive verticale courante sans refend	Rive verticale avec refend	
				séparatif	non séparatif
1 ou 2	1 ou 2 ou 3	2 ou 5	1 ou 5	2 ou 3 ou 6	

NOTA Les liaisons sont définies ici indépendamment des calculs de stabilité. L'attention est attirée sur le fait qu'en l'absence de refend ou de poteau d'ossature, la liaison des allèges avec le plancher doit permettre d'équilibrer les sollicitations auxquelles seront soumises les allèges.

5.4.1.2 Panneaux non porteurs

Liaisons horizontales		Liaisons verticales			
Rive horizontale basse	Rive horizontale haute	Rive verticale d'angle	Rive verticale courante sans refend	Rive verticale avec refend	
				séparatif	non séparatif
2	3	2 ou 5	1 ou 5	2 ou 3 ou 6	
	4° + 5°	2 ou 5	1 ou 5	2 ou 3 ou 6 + 4°	
3° + 4°	3	2 ou 4° + 5	1 ou 4° + 5	2 ou 3 ou 6 + 5°	
	4° + 5°	2 ou 5 + 4° + 3°	1 ou 5 + 4° + 3°	2 ou 3 ou 6 + 4° + 5°	

NOTA Les liaisons sont définies ici indépendamment des calculs de stabilité. L'attention est attirée sur le fait qu'en l'absence de refend ou de poteau d'ossature, la liaison des allèges avec le plancher doit permettre d'équilibrer les sollicitations auxquelles seront soumises les allèges.

5.4.1.3 Allèges

Liaisons horizontales		Liaisons verticales			
Rive horizontale basse	Rive horizontale haute	Rive verticale d'angle	Rive verticale courante sans refend	Rive verticale avec refend	
				séparatif	non séparatif
2		2 ou 3	1 ou 3	3 ou 4	3 ou 4
3° + 4°		2 ou 3 + 4°	1 ou 3 + 4°	3 ou 4 + 5°	3 ou 4 + 5°
3° Nécessaire seulement s'il n'existe pas de liaison basse avec un refend à moins de 30 cm de l'extrémité du panneau.	4° Nécessaire seulement s'il n'existe pas de liaison haute avec un refend à moins de 30 cm de l'extrémité du panneau.	3° Nécessaire seulement s'il n'existe pas de liaison d'extrémité haute sur chacun des deux panneaux.	4° Nécessaire seulement s'il n'existe pas de liaison mur/plancher haut à moins de 30 cm du refend		
4° Une liaison intermédiaire proche d'un refend n'est pas nécessaire si le refend se trouve à moins de 30 cm de la liaison considérée et s'il existe une liaison basse entre panneau et refend	5° Une liaison intermédiaire proche d'un refend n'est pas nécessaire si le refend se trouve à moins de 30 cm de la liaison considérée et s'il existe une liaison haute entre panneau et refend	4° Nécessaire seulement s'il n'existe pas de liaison d'extrémité basse sur chacun des deux panneaux (ou allèges)	5° Nécessaire seulement s'il n'existe pas de liaison mur/plancher bas à moins de 30 cm du refend		
NOTA Les liaisons sont définies ici indépendamment des calculs de stabilité. L'attention est attirée sur le fait qu'en l'absence de refend ou de poteau d'ossature, la liaison des allèges avec le plancher doit permettre d'équilibrer les sollicitations auxquelles seront soumises les allèges.					

5.4.2 Acrotères indépendants

La fixation des acrotères sur les autres ouvrages peut s'effectuer :

- soit grâce à une liaison bétonnée continue avec armatures en attente (5.2.1.1.2).

Commentaire

Cette liaison convient notamment pour les acrotères à talon liés à une forme et pour les acrotères de type muret liés au plancher supérieur ou à son chaînage de rive.

- soit grâce à des liaisons ponctuelles bétonnées (5.2.2.1), brochées (5.2.3.1), soudées ou boulonnées (5.2.4.4).

Commentaire

Des liaisons bétonnées verticales avec armatures en attente telles que celles décrites en 5.2.1.3.2 peuvent aussi constituer des liaisons ponctuelles à condition de comporter des barres verticales ancrées dans le plancher ou le chaînage.

La fixation doit alors comporter des liaisons situées à 50 cm au plus des extrémités des éléments d'acrotère et des liaisons intermédiaires dont la distance entre elles ou à une liaison extrême n'excède pas 2,50 m.

Liste des documents référencés

- #1 - DTU 22.1 (NF P10-210-1) (mai 1993) : Murs extérieurs en panneaux préfabriqués de grandes dimensions du type plaque pleine ou nervurée en béton ordinaire - Partie 1 : Cahier des charges (Indice de classement : P10-210-1)
- #2 - Règles BAEL 91 (DTU P18-702) (mars 1992) : Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites (Règle DTU de calcul retirée) + Amendement A1 (février 2000)
- #3 - Règles FB (P92-701) (décembre 1993) : Règles de calcul - Méthode de prévision par le calcul du comportement au feu des structures en béton + Amendement A1 (décembre 2000)
- #4 - Règles Th-K (DTU P50-702) (février 1997) : Règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction (retirées de la liste DTU et remplacées par les règles Th-U)
- #5 - DTU 20.12 (NF P10-203-1) (septembre 1993) : Maçonnerie des toitures et d'étanchéité - Gros oeuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité - Partie 1 : Cahier des clauses techniques + Erratum (février 1994) + Amendement A1 (juillet 2000) + Amendement A2 (novembre 2007) (Indice de classement : P10-203-1)

Liste des figures

Figure de l'article : 1.3.1 Découpage en panneaux-baies

Figure de l'article : 1.3.2 Découpage en trumeaux (fig. a) ou en trumeaux et allèges (fig. b)

Figure de l'article : 1.3.3 Découpage en allèges avec (fig. a) ou sans (fig. b) trumeaux en béton

Figure de l'article : 1.4.2 Joints entre façade en panneaux et balcons

Figure de l'article : 2.3.2.1 Panneaux nervurés courants

Figure de l'article : 2.7.2.4 Choix du diamètre du fer rond des boucles en fonction du poids du panneau

Figure de l'article : 2.7.2.4 Choix du diamètre du fer rond des boucles en fonction du poids du panneau

Figure de l'article : 2.7.2.4 Choix du diamètre du fer rond des boucles en fonction du poids du panneau

Figure de l'article : 2.7.2.4 Choix du diamètre du fer rond des boucles en fonction du poids du panneau

Figure de l'article : 2.7.2.5 Forme de la boucle

Figure de l'article : 2.7.2.5 Forme de la boucle

Fig. 2.1

Fig. 2.2

Figure de l'article : 2.8.2 Dimensions

Figure de l'article : 2.8.5 Chaînages incorporés aux panneaux préfabriqués

Retombée

Rejingot

Figure de l'article : 3.3.2.1 Joints horizontaux courants

Figure de l'article : 3.3.2.1 Joints horizontaux courants

Figure de l'article : 3.3.2.1 Joints horizontaux courants

Figure de l'article : 3.3.2.2.1 Joints horizontaux sur soubassement

Figure de l'article : 3.3.2.2.2 Joints horizontaux sur balcon et entre flanc et dalle de loggia

Figure de l'article : 3.3.2.2.3 Joints horizontaux sous balcon et entre sous-face de dalle et flanc de loggia

Figure de l'article : 3.3.3.1.1 Dispositifs à chambre de décompression

Figure de l'article : 3.3.3.1.1.1 Pare-pluie

Figure de l'article : 3.3.3.1.1.1 Pare-pluie

Figure de l'article : 3.3.3.1.1.1 Pare-pluie

Figure de l'article : 3.3.3.1.1.2 Chambre de décompression

Figure de l'article : 3.3.3.1.1.2 Chambre de décompression

Figure de l'article : 3.3.3.1.1.2 Chambre de décompression

Figure de l'article : 3.3.3.1.1.3 Dispositif d'étanchéité à l'air

Figure de l'article : 3.3.3.1.1.3 Dispositif d'étanchéité à l'air

Figure de l'article : 3.3.3.1.1.3 Dispositif d'étanchéité à l'air

Figure de l'article : 3.3.3.1.1.4 Bande étanche

Figure de l'article : 3.3.3.1.1.4 Bande étanche

Figure de l'article : 3.3.3.1.2 Systèmes à glissières et languette

Figure de l'article : 3.3.3.1.2 Systèmes à glissières et languette

Figure de l'article : 3.3.3.2.1 Joints verticaux entre façade en panneaux préfabriqués et refend ou pignon saillant ou non

Figure de l'article : 3.3.3.2.1 Joints verticaux entre façade en panneaux préfabriqués et refend ou pignon saillant ou non

Figure de l'article : 3.3.4.1.1.1 Le joint vertical comprend un écran étanche

Figure de l'article : 3.3.4.1.1.1 Le joint vertical comprend un écran étanche

Figure de l'article : 3.3.4.1.1.1 Le joint vertical comprend un écran étanche

Figure de l'article : 3.3.4.1.1.1 Le joint vertical comprend un écran étanche

Figure de l'article : 3.3.4.1.1.1 Le joint vertical comprend un écran étanche

Figure de l'article : 3.3.4.1.1.2 Dispositions permettant un fonctionnement normal de la chambre de décompression aux croisements des joints.

Figure de l'article : 3.3.4.1.1.2 Dispositions permettant un fonctionnement normal de la chambre de décompression aux croisements des joints.

Figure de l'article : 3.3.4.1.2.1 Les glissières sont comprises en tête dans l'épaisseur du rejingot

Figure de l'article : 3.3.4.1.2.2 Les glissières ne sont pas comprises en tête dans l'épaisseur du rejingot

Figure de l'article : 3.3.4.2.01 Angle entre façades en panneaux préfabriqués

Figure de l'article : 3.3.4.2.02 Croisement d'un joint horizontal courant entre panneaux de façade et d'un joint vertical entre façade et pignon ou refend en béton banché

Figure de l'article : 3.3.4.2.02 Croisement d'un joint horizontal courant entre panneaux de façade et d'un joint vertical entre façade et pignon ou refend en béton banché

Figure de l'article : 3.3.4.2.02 Croisement d'un joint horizontal courant entre panneaux de façade et d'un joint vertical

entre façade et pignon ou refend en béton banché

Figure de l'article : 3.3.4.2.02 Croisement d'un joint horizontal courant entre panneaux de façade et d'un joint vertical entre façade et pignon ou refend en béton banché

Figure de l'article : 3.3.4.2.03 Croisement entre un joint horizontal et un joint vertical entre files adjacentes de panneaux dont les joints horizontaux sont décalés

Figure de l'article : 3.3.4.2.03 Croisement entre un joint horizontal et un joint vertical entre files adjacentes de panneaux dont les joints horizontaux sont décalés

Figure de l'article : 3.3.4.2.04 Joint en appui d'allège

Figure de l'article : 3.3.4.2.04 Joint en appui d'allège

Figure de l'article : 3.3.4.2.05 Joints entre allèges filantes et trumeau

Figure de l'article : 3.3.4.2.05 Joints entre allèges filantes et trumeau

Figure de l'article : 3.3.4.2.05 Joints entre allèges filantes et trumeau

Figure de l'article : 3.3.4.2.06 Croisement, en pied d'allège, entre un joint vertical entre allèges et un joint horizontal entre allèges filantes et trumeau

Figure de l'article : 3.3.4.2.07 Joint entre tableau de baie constitué par un trumeau et retombée d'allège filante

Figure de l'article : 3.3.4.2.07 Joint entre tableau de baie constitué par un trumeau et retombée d'allège filante

Figure de l'article : 3.3.4.2.08 Joint entre tableau de baie constitué par un trumeau de hauteur d'étage et appui de baie d'allège

Figure de l'article : 3.3.4.2.08 Joint entre tableau de baie constitué par un trumeau de hauteur d'étage et appui de baie d'allège

Figure de l'article : 3.3.4.2.08 Joint entre tableau de baie constitué par un trumeau de hauteur d'étage et appui de baie d'allège

Figure de l'article : 3.3.4.2.08 Joint entre tableau de baie constitué par un trumeau de hauteur d'étage et appui de baie d'allège

Figure de l'article : 3.3.4.2.09 Joint entre linteau et tableau de baie constitué par un trumeau de hauteur d'étage

Figure de l'article : 3.3.4.2.10 Joint entre tranche de balcon et panneau adjacent

Figure de l'article : 3.3.4.2.10 Joint entre tranche de balcon et panneau adjacent

Figure de l'article : 3.4.1.1 Hauteur de la paroi au-dessus du sol : définition

Figure de l'article : 3.4.1.2.2.2

Figure 3.2 a ¹¹

Figure 3.2 b ¹¹

Figure 3.2 c ¹¹

Figure 3.2 d ¹¹

Figure 3.2 e ¹¹

Figure 3.3

Figure 3.3

Figure 3.4

Figure 3.5

Figure 3.6

Figure de l'article : 3.4.2.2.1.1 La pénétration du dormant dans le béton mesurée perpendiculairement au plan de la façade (distance p) est supérieure ou égale à 3 cm : la fixation peut s'effectuer soit par pattes soit par clous.

Figure 3.7

Figure 3.8

Figure 3.8

Figure 3.9

Figure 3.9

Figure 3.10

Figure 3.10

Figure 3.10

Figure de l'article : Type 3 : à garniture extérieure de mastic

Figure 3.11

Figure 3.12

Figure 3.12

Figure 4.1a

Figure 4.1b

Figure 4.1c

Figure 4.1d et 4.1d bis

Figure 4.1e

Figure 4.1f

Figure de l'article : 4.3.1 Règles pour limiter le risque de condensation sur le parement intérieur du mur

Figure 4.2a

Figure 4.2b

Tableau A

Figure de l'article : 5.2.1.1.1 Joint de mortier ou bétonnage en sous-œuvre

Figure de l'article : 5.2.1.1.2 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente

Figure de l'article : 5.2.1.1.2 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente

Figure de l'article : 5.2.1.1.2 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente

Figure de l'article : 5.2.1.2.1 Joint de mortier

Figure de l'article : 5.2.1.2.2 Liaison bétonnée continue sans armature en attente

Figure de l'article : 5.2.1.2.2 Liaison bétonnée continue sans armature en attente

Figure de l'article : 5.2.1.2.3 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente

Figure de l'article : 5.2.1.3.1 Liaison bétonnée continue sans armature en attente

Figure de l'article : 5.2.1.3.2 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente

Figure de l'article : 5.2.1.3.2 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente

Figure de l'article : 5.2.1.3.2 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente

Figure de l'article : 5.2.1.4.1 Joint de mortier

Figure de l'article : 5.2.1.4.1 Joint de mortier

Figure de l'article : 5.2.1.4.2 Liaison bétonnée continue sans armature en attente

Figure de l'article : 5.2.1.4.2 Liaison bétonnée continue sans armature en attente

Figure de l'article : 5.2.1.4.3 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente

Figure de l'article : 5.2.1.4.3 Liaison bétonnée continue avec armatures en attente

Figure de l'article : 5.2.2.1 En rive horizontale basse

Figure de l'article : 5.2.2.2 En rive horizontale haute

Figure de l'article : 5.2.2.3 Entre rives verticales de panneaux de mur extérieur

Figure de l'article : 5.2.2.4 Entre panneau et refend (y compris le cas des panneaux continus devant les refends)

Figure de l'article : 5.2.2.4 Entre panneau et refend (y compris le cas des panneaux continus devant les refends)

Figure de l'article : 5.2.2.4 Entre panneau et refend (y compris le cas des panneaux continus devant les refends)

Figure de l'article : 5.2.3.1 En rive horizontale basse

Figure de l'article : 5.2.3.2 En rive horizontale haute

Figure de l'article : 5.2.3.3 Entre rives verticales de panneaux de mur extérieur

Figure de l'article : 5.2.3.4 Entre panneau et refend (y compris le cas des panneaux continus devant les refends)

Figure de l'article : 5.2.3.4 Entre panneau et refend (y compris le cas des panneaux continus devant les refends)

Figure de l'article : 5.2.4.2 Généralités

Figure de l'article : 5.2.4.4 En rive horizontale basse

Figure de l'article : 5.2.4.4 En rive horizontale basse

Figure de l'article : 5.2.4.5 En rive horizontale haute

Figure de l'article : 5.2.4.5 En rive horizontale haute

Figure de l'article : 5.2.4.6 Entre rives verticales de panneaux de mur extérieur

Figure de l'article : 5.2.4.7 Entre panneau et refend (y compris le cas des panneaux continus devant les refends)

Figure de l'article : 5.2.4.7 Entre panneau et refend (y compris le cas des panneaux continus devant les refends)

Figure de l'article : 5.2.4.7 Entre panneau et refend (y compris le cas des panneaux continus devant les refends)

Figure de l'article : 5.2.4.7 Entre panneau et refend (y compris le cas des panneaux continus devant les refends)

Liste des tableaux

Tableau de l'article : 2.3.1 Nervuration des plaques

Tableau de l'article : 2.7.2.4 Choix du diamètre du fer rond des boucles en fonction du poids du panneau

Coefficient multiplicateur de la charge dû à l'angle des élingues

Tableau de l'article : 3.4.3 Choix du type de système d'étanchéité en fonction de la classe de façade et de la hauteur de la baie au-dessus du sol

Tableau B1 Valeurs de la résistance à la diffusion de parois intérieures courantes (R_{DP})

Tableau B2 Valeurs de la perméabilité à la vapeur des principaux isolants utilisés ($R_{DI} = e/\pi$)

Tableau de l'article : 5.4.1.1 Panneaux porteurs 1

Tableau de l'article : 5.4.1.2 Panneaux non porteurs

Tableau de l'article : 5.4.1.3 Allèges