

commission chargée de formuler des avis techniques

groupes spécialisés n° 5 + 3
toitures, couvertures, étanchéités,
structures, ossatures, charpentes

dalles de toiture en béton cellulaire autoclavé armé

conditions générales d'emploi

le présent document se substitue aux « Conditions générales d'emploi
des dalles de toiture armées en béton cellulaire autoclavé »
(Cahier du CSTB 1843, avril 1983)

sommaire

1	Domaine d'application	1
2	Limitations d'emploi	1
3	Conception des ouvrages	1
4	Exécution des ouvrages	2
4,1	Généralités	2
4,2	Stockage et manutention	3
4,3	Pose des dalles	3
4,31	Sur charpente en béton	3
4,32	Sur charpente métallique ou bois lamellé collé autostable	5
4,33	Sur maçonnerie	6
4,34	Reliefs supports de relevés d'étanchéité	6
4,35	Joints de dilatation	7
4,4	Exécution de l'étanchéité	8
4,41	Pontages	8
4,42	Revêtements d'étanchéité des parties courantes et des noues	10
4,43	Ouvrages annexes	10
4,5	Finitions en sous-face de toiture	11
Annexes		
1	Fixations spécifiques pour isolant sur dalles armées de béton cellulaire autoclavé	12
2	Méthode de calcul de la valeur théorique par excès de l'ouverture des joints de types 3 et 4	12

cahiers
du centre scientifique et technique du bâtiment
établissement public 4, avenue du recteur poincaré, paris 16

livraison 283 octobre 1987 cahier 2192

secrétariat de la commission des avis techniques
CSTB : 4, avenue du recteur-poincaré, 75782 paris cedex 16

conditions générales d'emploi des dalles de toiture en béton cellulaire autoclavé armé

1 domaine d'application

Le présent document concerne l'emploi des dalles autoportantes de béton cellulaire autoclavé armé, en toitures inaccessibles ou techniques de bâtiments de types suivants :

- bâtiments industriels, commerciaux, entrepôts,
- bâtiments agricoles,
- salles de classe, bureaux,
- bâtiments à usage sportif,
- bâtiments recevant du public, etc.,

dans lesquels elles servent ⁽¹⁾ :

- soit de support direct à un système d'étanchéité (cf. art. 4,421) ;
- soit de support à un isolant complémentaire rapporté support d'étanchéité pour lequel on se reportera à l'Avis particulier de chaque procédé de toiture en dalles de béton cellulaire autoclavé armé, cet Avis précisant les isolants admis et leur mode de fixation (cf. art. 4,422).

Ces toitures peuvent être, selon la pente :

- soit des toitures-terrasses plates : pente de 1 à 5 % (limites incluses),
- soit des toitures de pente supérieure à 5 %,

et comporter :

- des noues à pente nulle,
- des zones techniques (pente $\leq 7\%$),
- des chemins de circulation (pente $\leq 50\%$).

L'emploi en climat de montagne (conf. DTU 43.1) est exclu.

2 limitations d'emploi

Sauf dispositions contraires explicitement prévues dans les Avis Techniques, l'emploi des dalles est limité à la réalisation de toitures de locaux dans lesquels :

- la quantité de vapeur de l'ambiance intérieure est inférieure en moyenne, pendant la saison froide, à celle de l'ambiance extérieure majorée de 5 g/m^3 (locaux à faible ou moyenne hygrométrie au sens défini dans les DTU n° 43.1 ou n° 20.1 tels que $W/n \leq 5 \text{ g/m}^3$) ⁽²⁾ ;
- les cloisons ou parois verticales de distribution intérieure se trouvent désolidarisées de la toiture ⁽³⁾ au montage.

3 conception des ouvrages

3,1 Chaque réalisation doit faire l'objet d'une étude préalable portant en particulier sur la stabilité et l'isolation thermique conduite en fonction de l'implantation de la construction, conformément aux données de la réglementation en vigueur et à partir des caractéristiques figurant dans les Avis Techniques.

3,2 Cette étude aboutit obligatoirement à l'établissement, par le fabricant ou sous son contrôle, d'un plan de calepinage permettant de repérer les diverses dalles nécessaires à la réalisation de l'ouvrage par référence à la marque appliquée en usine sur ces dernières et de repérer les joints de dalles situés au droit des lignes d'appui des éléments porteurs.

Un exemplaire de ce plan doit obligatoirement être adressé à l'entreprise de pose avant exécution des travaux.

3,3 Pour la prise en compte des dalles dans la stabilité des ouvrages (contreventement), on se référera à l'article 4,318.

3,4 L'épaisseur des dalles doit être telle qu'il n'y ait pas de condensation à la sous-face de la toiture.

3,5 Sauf renformis localisés, la pente nécessaire à l'écoulement des eaux doit être donnée par les dalles elles-mêmes et/ou l'ossature support, sans interposition de quelque forme que ce soit.

1. Ceci n'exclut pas l'emploi de ces dalles avec couverture par éléments (tuiles, bardeaux d'asphalte ou plaques d'amiante-ciment ondulées), traité dans chaque Avis Technique particulier de dalles de toiture.

2. Cf. Classification des locaux en fonction de leur hygrométrie, art. 5,321 du DTU n° 20.1, septembre 1985.

Lorsque la quantité de vapeur de l'ambiance intérieure est supérieure en moyenne, pendant la saison froide, à celle de l'ambiance extérieure majorée de 5 g/m^3 (locaux à forte hygrométrie tels que $5 < W/n \leq 7,5 \text{ g/m}^3$), il est également possible d'utiliser ces dalles mais moyennant des dispositions particulières qui sont alors précisées dans les Avis Techniques des procédés de toitures en dalles de béton cellulaire autoclavé armées.

3. Cette limitation résulte du risque de désordres qu'entraîne la solidarisation ; elle ne vise donc pas le cas où les cloisons sont du type « démontable » qui présente, de construction, un certain jeu.

Le choix de cette pente doit tenir compte de la déformation sous charge de l'ossature support ⁽¹⁾ et, dans le cas d'emploi de dalles de grande portée, tenir compte également de la flèche.

Il est rappelé que les charges à prendre en compte sont :

a) les charges permanentes :

- pour l'ossature, outre le poids propre, le poids des dalles, des isolants éventuels, des revêtements d'étanchéité, des systèmes éventuels de protection lourde et des accessoires fixes (aérateurs, ventilateurs, etc.) ;
- pour les dalles, outre le poids propre, le poids des isolants, des revêtements d'étanchéité et de leur protection lourde éventuelle :
0,80 kN/m² pour une épaisseur de 4 cm de gravillons,
1,20 kN/m² pour une épaisseur de 6 cm de gravillons.

b) les charges climatiques (Règles « neige et vent ») et les charges d'entretien suivant la destination de la toiture (NF P 06-001), les effets de ces deux types de charges n'étant pas à cumuler ;

c) les charges accidentelles d'eau de pluie (engorgement d'une descente) ou éventuelles (cas de toitures à longs versants à pente faible et de noues sans pente ou à faibles pentes avec descentes très espacées) ; ces charges ne sont pas cumulées avec celles visées en b.

Les descentes d'eaux pluviales et les trop-pleins éventuels doivent être déterminés suivant les spécifications des DTU n^{os} 43.1 « Étanchéité des toitures-terrasses » et 43.2 « Étanchéité des toitures inclinées ».

3,6 Lorsque des noues à pente nulle ou noues sans pente sont prévues, le support de l'étanchéité, c'est-à-dire les dalles de béton cellulaire autoclavé armé et l'ossature, doivent être déterminées de telle manière qu'il n'y ait pas de possibilité de formation de flèches d'une profondeur supérieure à 2 cm.

Dans le cas de ces noues, les charges à prendre en compte sont celles indiquées à l'article 3,5, en adoptant pour la charge d'eau de pluie éventuelle pour pente nulle la valeur forfaitaire de 0,50 kN/m² (cf. DTU n^o 20.12).

3,7 Les dalles doivent être désolidarisées de tout relief ou émergence non supporté par la toiture elle-même.

Les reliefs supports de relevés d'étanchéité doivent être solidaires des dalles (cf. 4.34).

3,8 Un joint de dilatation doit être ménagé dans la toiture à chaque joint de dilatation de structure : compte tenu du mode d'ancrage à la charpente défini aux articles 4.31 et suivants, il n'y a pas lieu d'en prévoir d'autres.

3,9 Le franchissement direct par les dalles de toitures des joints d'abouts entre éléments d'ossature est interdit.

A ce type de joints doivent correspondre, dans la toiture, un joint latéral ou un joint d'about entre dalles.

3,10 Lorsque la toiture est réalisée sur charpente autostable, des porte-à-faux peuvent être admis en rives de toitures conformément à l'article 4.325.2.

3,11 Le support des dalles doit être conçu de manière à assurer une largeur minimale d'appui de :

5 cm, s'il s'agit de charpente métallique, en béton ou bois lamellé collé ;

7 cm, dans le cas de murs en maçonnerie.

Compte tenu des tolérances à prendre en considération, cela conduit à prévoir des largeurs nominales d'appui supérieures à ces valeurs.

Dans les cas courants, on peut raisonnablement prévoir les profondeurs d'appui minimales suivantes :

- sur ossature métallique ou en béton préfabriqué : 7 cm (pour assurer 6 cm réels) ;
- sur ossature en béton coulé sur place : 8 cm (pour assurer 6 cm réels) ;
- sur maçonnerie : 9 cm (pour assurer 7 cm réels).

3,12 Les dalles spéciales de largeur inférieure à la largeur standard ou comportant des coupes obliques, trous ou échancrures latérales font l'objet de fabrications particulières et son marquées en conséquence.

3,13 Des pénétrations de grandes dimensions, modulées à la largeur des dalles, peuvent être réservées à l'aide de dalles de longueur réduite reposant sur les dalles voisines par l'intermédiaire de chevêtres métalliques ; dans ce cas, les chevêtres utilisés doivent être protégés contre la corrosion et les dalles adjacentes doivent être prévues avec une armature renforcée pour supporter les charges complémentaires correspondantes.

4 exécution des ouvrages

4,1 généralités

4,11 La mise en œuvre doit être effectuée en suivant les repères portés sur le calepinage et les marques correspondantes appliquées par le fabricant sur les dalles.

4,12 Il est rappelé que l'emplacement des découpes ou percements des dalles spéciales doit être obligatoirement repéré en usine sur les dalles elles-mêmes ⁽²⁾.

4,13 Les percements exceptionnels, sur chantier, admissibles dans les dalles normales sont définis dans chaque Avis Technique ; ils doivent être de dimensions et implantation telles qu'ils n'affectent en aucun cas l'intégrité et la conservation des armatures, ni la résistance requise des dalles.

1. Notamment dans le cas de charpente en béton, en métal ou en bois lamellé-collé.

2. Si ces dalles spéciales correspondent à une fabrication courante, le repérage sur les dalles elles-mêmes du contour des percements autorisés peut être remplacé par un simple signe repère, renvoyant à des fiches techniques tenant lieu de plan de découpe ; ces fiches doivent alors être jointes à chaque livraison.

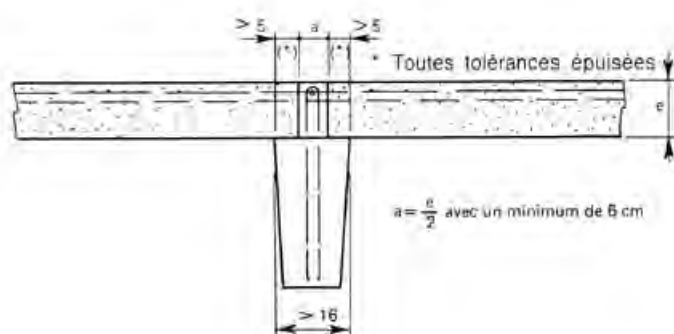
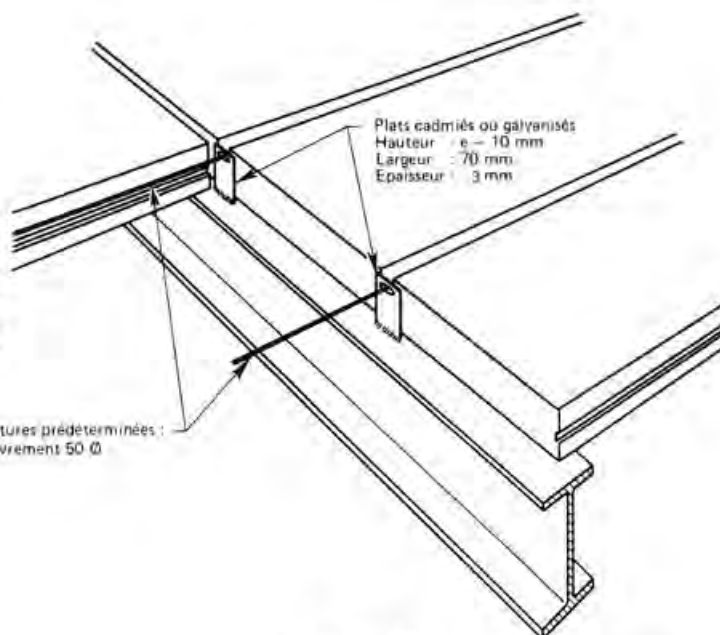
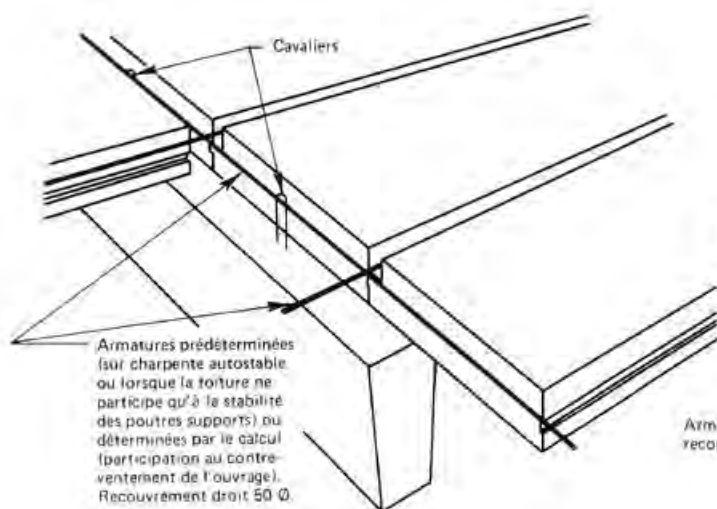


Figure 1

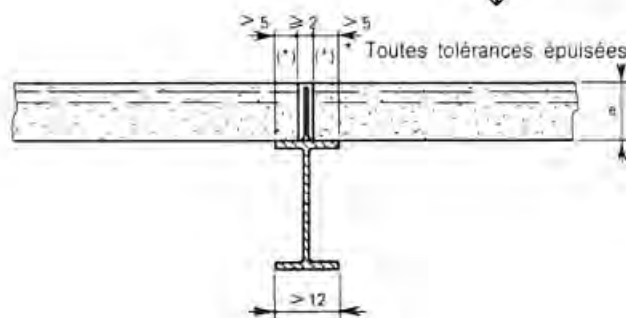


Figure 2

4,14 Dans tous les cas, les percements et découpes doivent être exécutés avec un matériel de découpe adapté, évitant toute dégradation des dalles.

4,2 stockage et manutention

4,21 Etant donné la relative fragilité du matériau, toutes les précautions doivent être prises, lors des opérations de manutention, de stockage et de mise en place des dalles, pour éviter les épaufrures de ces dernières ; à cet effet, il y a lieu d'utiliser les pinces ou étriers de levage recommandés par les fabricants, ou un système présentant des garanties équivalentes.

Les épaufrures éventuelles doivent être réparées suivant la méthode définie dans l'Avis Technique du procédé correspondant.

4,22 Afin d'éviter une reprise d'humidité excessive avant la pose de l'étanchéité, les dalles doivent être stockées sous abri ou protégées des intempéries et des remontées d'eau par le sol.

4,23 Elles peuvent être disposées soit de chant, soit à plat ; dans ce dernier cas, elles doivent être stockées dans la position qu'elles occuperont en œuvre ⁽¹⁾.

1. La face supérieure est indiquée par la position des feuilures éventuelles du joint latéral qui doivent se trouver en position haute, les chanfreins des joints latéraux se trouvent en partie basse ; le cas des dalles munies d'un système d'emboîtement par rainure et languette, ne comportant pas de feuilure en partie haute, est traité dans le cadre des Avis Techniques de dalles.

4,3 pose des dalles

4,31 sur charpente en béton

4,311 généralités

Les dalles sont enserrées dans un quadrillage de nervures en béton armé coulé in situ, liées de façon efficace aux poutres supports au moyen de cavaliers ancrés en partie supérieure de celles-ci. Les aciers filants des nervures sont placés sous ces cavaliers (fig. 1).

Le quadrillage en béton armé a pour fonction de s'opposer aux efforts d'arrachement éventuels dus au vent et au glissement relatif des dalles sur la structure support.

4,312 repos des dalles

Les largeurs minimales d'appui sont celles indiquées à l'article 3,11.

4,313 pose proprement dite des dalles

Les dalles sont mises en place soit parallèlement, soit perpendiculairement à la ligne de plus grande pente de la toiture. On veillera à ce qu'elles ne soient pas posées sens dessus dessous ⁽¹⁾.

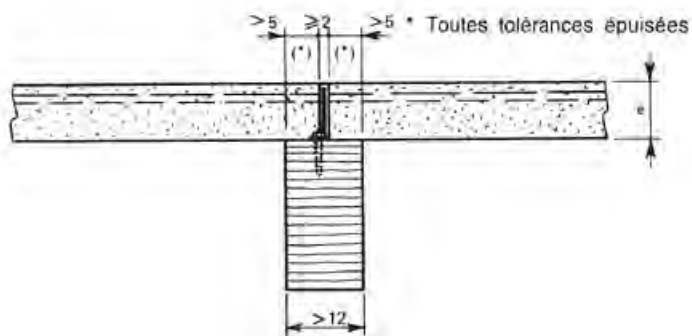


Figure 3

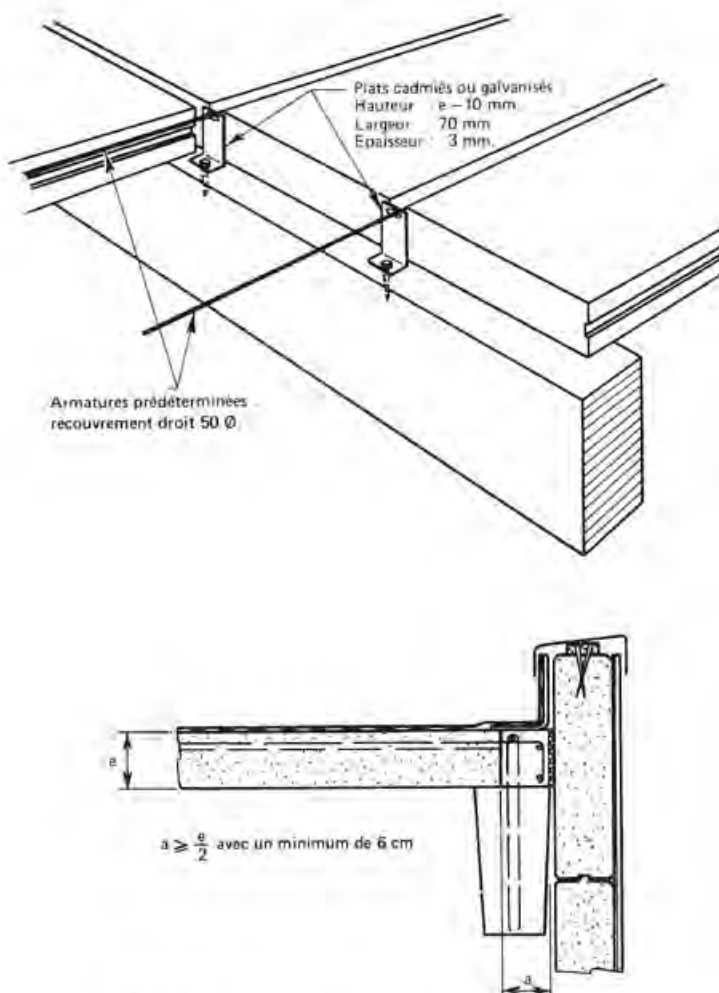


Figure 4 - Liaisonnement

Les dalles d'une même rangée sont jointives :

- pour les dalles d'épaisseur inférieure ou égale à 10 cm, les feuillures latérales doivent être telles qu'elles réservent, par juxtaposition des dalles, l'espace nécessaire au coulage d'une nervure de section minimale 16 cm² (joint latéral), de largeur supérieure ou égale à 35 mm ;
- pour les dalles d'épaisseur supérieure, la profondeur des feuillures doit être portée à 5 cm, déterminant une nervure de section d'au moins 20 cm², de largeur supérieure ou égale à 35 mm.

Les dalles de deux rangées successives sont posées de façon à ménager dans l'axe du support une nervure (joint d'about), de largeur égale à la demi-épaisseur des dalles avec un minimum de 6 cm (fig. 1).

4,314 liaison et ancrage

Les cavaliers Ø 6 assurant la liaison entre la toiture et l'ossature sont ancrés en face supérieure des poutres. Ils sont implantés avec un entraxe égal à la largeur des dalles.

Un acier Ø 8 HA filant, placé dans les joints d'abouts de dalles, passe dans les boucles des cavaliers ci-dessus.

Un acier Ø 6 ou 8 HA filant ⁽¹⁾, placé dans tous les joints latéraux entre dalles, passe en dessous de l'acier Ø 8 ci-dessus (fig. 1).

4,315 nervures de rives

Les rangées de dalles en appui sur les poutres de rives doivent être liaisonnées à celles-ci par une nervure en béton armé de largeur égale à la demi-épaisseur des dalles avec un minimum de 6 cm, réalisée comme indiqué en figure 4.

Les aciers filants dans les joints latéraux entre dalles sont recourbés autour des aciers de la nervure ou parallèlement à ceux-ci afin d'obtenir un ancrage suffisant. Un matériau compressible et imputrescible, de 10 mm d'épaisseur minimale ⁽²⁾, est interposé en rive des nervures, c'est-à-dire entre la toiture et le mur.

4,316 remplissage des nervures

Les nervures latérales et d'about entre dalles sont remplies de microbéton dosé à 350 kg de ciment CPA ou CPJ 45 par m³. Avant coulage de ce dernier, il convient de nettoyer et d'humidifier les feuillures des dalles.

Le centrage correct des aciers filants dans ces nervures doit être assuré au moyen de cales de positionnement.

En particulier, lorsque les joints des dalles ne comportent pas d'emboîtement pour éviter le cisaillement des joints et le décollement des nervures pendant la prise du microbéton, la circulation sur les toitures fraîchement liaisonnées demande des précautions (circulation au droit des appuis, chemin de planche, ...). Ces précautions doivent être prises pendant au moins trois jours.

4,317 cas de pose sur une charpente dont les poutres présentent un risque de déversement

Compte tenu des dispositions de liaison précédentes, la toiture suffit en général pour éviter le risque de déversement des poutres supports.

4,318 cas où les dalles sont prises en compte dans le contreventement de l'ouvrage

Les dispositions définies aux articles 4,311 à 4,316 ci-dessus restent valables dans leur principe mais, dans ce cas, le quadrillage de béton armé ainsi que les dispositifs d'ancrage doivent être déterminés pour chaque réalisation en fonction des efforts à reprendre. Les indications nécessaires seront contenues dans une annexe au présent document, en cours de préparation.

1. Ø 6 lorsque la charge admissible est de 1 kN/m²,
Ø 8 lorsque la charge admissible est comprise entre 1 et 2,5 kN/m².

2. L'épaisseur de ce matériau doit être déterminée compte tenu des mouvements prévisibles des joints considérés.

4,32 sur charpente métallique ou bois lamellé collé autostable

4,321 généralités

La toiture en dalles de béton cellulaire autoclavé armé ne participe pas à la stabilité au déversement des poutres supports, ni au contreventement de l'ouvrage.

Il n'existe donc que des nervures en béton armé coulées dans une seule direction (joints latéraux entre dalles), liées de façon efficace aux poutres supports au moyen de fers plats, conformément à l'article 4,324.

Les liaisons ainsi créées ont pour fonction de s'opposer aux efforts d'arrachement éventuels dus au vent et au glissement relatif des dalles sur la charpente (fig. 2).

4,322 repos des dalles

Les largeurs minimales d'appui sont celles indiquées à l'article 3,11.

4,323 pose proprement dite des dalles

Les dalles sont mises en place soit parallèlement, soit perpendiculairement à la ligne de plus grande pente de la toiture. On veillera à ce qu'elles ne soient pas posées sens dessus dessous.

Les dalles d'une même rangée sont jointives ; les feuillures latérales doivent répondre aux prescriptions définies selon l'épaisseur des dalles à l'article 4,313 :

- pour les dalles d'épaisseur inférieure ou égale à 10 cm, les feuillures latérales doivent être telles qu'elles réservent, par juxtaposition des dalles, l'espace nécessaire au coulage d'une nervure de section minimale 4×4 cm (joint latéral) ;
- pour les dalles d'épaisseur supérieure, la profondeur des feuillures doit être portée à 5 cm, déterminant une nervure de section 4×5 cm.

Les dalles de deux rangées successives sont posées de façon à ménager dans l'axe du support un joint d'about de largeur minimale égale à 2 cm rempli de microbéton.

4,324 liaison et ancrage

Les plats de 70×3 mm de section minimale, utilisés pour assurer la liaison entre la toiture et la charpente, doivent être protégés contre la corrosion par galvanisation, cadmiage ou peinture bitumineuse.

Ils sont percés d'un trou oblong et sont implantés dans l'axe des poutres et dans celui de chacun des joints latéraux entre dalles.

Ils sont :

- soudés sur la charpente métallique,
- tirefonnés sur la charpente en bois lamellé collé (tirefonds $\varnothing 10$).

Un acier filant $\varnothing 6$ ou 8 HA ⁽¹⁾, disposé dans chacun des joints latéraux entre dalles, passe dans la lumière des plats (fig. 2 et 3).

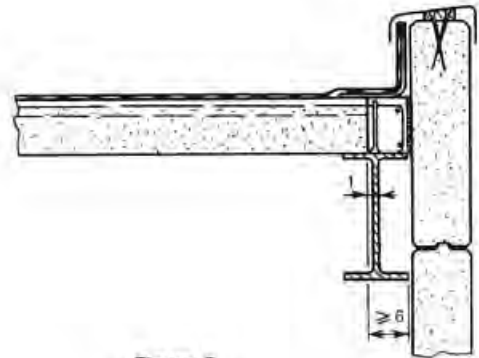


Figure 5

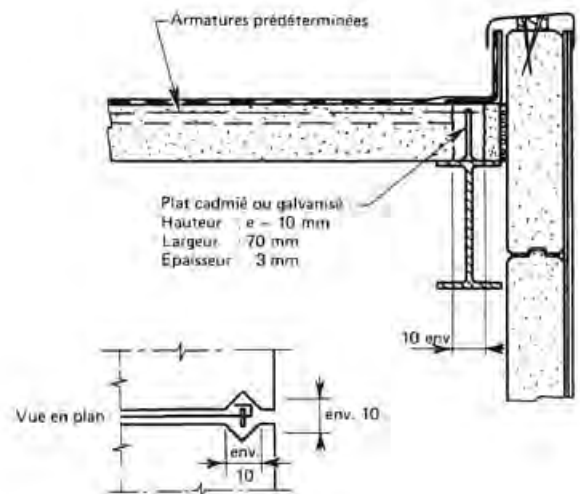


Figure 6

4,325 rives

— 1. contre acrotère
avec nervures en béton armé

Les rangées de dalles en appui sur les poutres de rives sont liaisonnées à celles-ci par l'intermédiaire d'une nervure en béton armé de 6 cm de largeur minimale, ancrée sur celles-ci au moyen de fers plats, implantés dans l'axe de chacun des joints latéraux entre dalles :

- soudés sur la charpente métallique ;
- tirefonnés sur la charpente en bois lamellé collé.

Les aciers de ces joints sont recourbés sur les aciers filant dans la nervure.

Un matériau compressible et imputrescible, de 10 mm d'épaisseur minimale ⁽²⁾ est interposé en rive des nervures, c'est-à-dire entre la toiture et le mur (fig. 5).

sans nervure en béton armé

Les rangées de dalles en appui sur les poutres de rives ont leur about prolongé jusqu'à la rive extérieure de celles-ci (fig. 6).

1. $\varnothing 6$ lorsque la charge admissible est de 1 kN/m^2 ,
 $\varnothing 8$ lorsque la charge admissible est comprise entre 1 et $2,50 \text{ kN/m}^2$.

2. L'épaisseur de ce matériau doit être déterminée compte tenu des mouvements prévisibles des joints considérés.

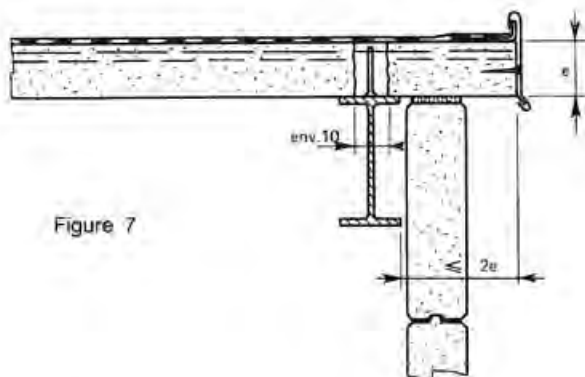


Figure 7

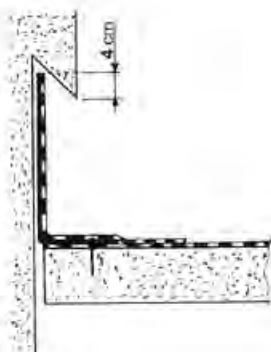


Figure 8

La liaison entre la toiture et les poutres est réalisée au moyen de fers plats soudés sur celles-ci dans l'axe des joints latéraux entre dalles et noyées dans le microbêton placé dans le puits de 7×7 ou $\varnothing 10$, formé par des encoches pratiquées en rive de dalle.

Un matériau compressible et imputrescible, de 10 mm d'épaisseur minimale ⁽¹⁾ est interposé en rive entre la toiture et le bardage.

2. avec porte-à-faux

La liaison entre la toiture et la charpente est réalisée de la même manière que définie en 4,325.1 dans le cas où il n'existe pas de nervure de rive.

Si des dalles courantes sont utilisées, le porte-à-faux ne doit pas excéder 2 fois leur épaisseur.

Dans le cas contraire, les dalles doivent être dimensionnées en fonction des efforts appliqués en utilisant la méthode de calcul annexée aux Avis Techniques des dalles.

Un matériau compressible et imputrescible de 10 mm d'épaisseur minimale ⁽¹⁾ est interposé entre la toiture et la tête du mur ; il sert de support, côté extérieur, à un cordon de mastic d'étanchéité appliqué suivant la prescriptions du SNJF (fig. 7).

4,326 remplissage des nervures

Les nervures latérales et d'about entre dalles sont remplies de microbêton. Avant coulage de ce dernier, il convient de nettoyer et d'humidifier les feuillures des dalles.

1. L'épaisseur de ce matériau doit être déterminée compte tenu des mouvements prévisibles des joints considérés.

Le centrage correct des aciers filant dans ces nervures doit être assuré au moyen de cales de positionnement.

Pour éviter le cisaillement des joints et le décollement des nervures pendant la prise du microbêton, la circulation sur les toitures fraîchement liaisonnées doit être interdite pendant trois jours.

4,33 sur maçonnerie

4,331 généralités

Les dalles sont insérées dans un chaînage en béton armé coulé sur place.

4,332 repos des dalles

Les largeurs minimales d'appui sont celles indiquées à l'article 3,11.

4,34 reliefs supports de relevés d'étanchéité

4,341 forme des reliefs

Ils doivent comporter à leur partie supérieure un ouvrage étanche qui écarte l'eau ruisselant sur les éléments placés au-dessus d'eux afin d'éviter l'introduction d'eau derrière le relevé d'étanchéité. Le rejet d'eau recouvre d'au moins 4 cm la partie haute du relevé d'étanchéité (cf. DTU n° 20,12) (fig. 8).

4,342 dispositions générales concernant les hauteurs minimales

La hauteur minimale des reliefs revêtus d'étanchéité est de 10 cm au-dessus de la protection des parties courantes.

Cette hauteur est portée à 15 cm dans le cas des reliefs situés en bas de rampants de pente $\leq 20\%$ et 25 cm dans le cas de pente $> 20\%$.

4,343 reliefs en maçonnerie de blocs de béton cellulaire

Les maçonneries doivent être réalisées en blocs de béton cellulaire autoclavé, d'une résistance à la compression, déterminée suivant les spécifications de la norme NF P 14-306, supérieure ou égale à 3 MPa, collés sur les dalles des parties courantes.

4,344 reliefs en costières métalliques

Les costières métalliques sont fixées sur les éléments porteurs (dalles ou nervures béton).

1 nature

Elles sont généralement réalisées en acier galvanisé (galvanisation Z 275 conforme à la norme NF A 36-321).

2 dimensionnement des costières en acier galvanisé

2,1 hauteur maximale

La hauteur maximale est de 30 cm au-dessus du revêtement d'étanchéité, sauf pour les costières en acier isolées thermiquement.

2,2 épaisseur en fonction de la hauteur totale de la costière

$h \leq 25 \text{ cm}$ $e \geq 0,75 \text{ mm}$

$h \leq 40 \text{ cm}$ $e \geq 1 \text{ mm}$

$h \leq 60 \text{ cm}$ $e \geq 1,2 \text{ mm}$

2,3 largeur de l'aile horizontale

La largeur supportée de l'aile horizontale est de 10 cm au moins.

2,4 longueur des éléments

Les longueurs unitaires des éléments ne doivent pas dépasser 2 m.

3 fixations

Les costières métalliques doivent se recouvrir entre elles de 4 cm au moins. Les recouvrements des ailes verticales sont couturés à raison d'une fixation au moins tous les 20 cm par rivets à expansion en acier ou vis autoperceuse. L'aile horizontale doit être fixée à l'élément porteur (dalles ou nervures béton) en utilisant, suivant la nature de ce dernier, des chevilles et vis ou clous spéciaux recommandés par les fabricants des dalles de béton cellulaire autoclavé armé.

Le nombre et les caractéristiques de ces fixations doivent être déterminés compte tenu des efforts qui pourraient être appliqués et de la résistance de ces fixations dans l'élément porteur. La fixation s'effectue en quinconce, dont une au droit de chaque recouvrement.

La résistance caractéristique de chaque fixation est d'au moins 10 daN, la densité courante étant de 5 fixations au mètre linéaire.

4,345 supports de relevés en panneaux isolants

Quelle que soit la pente des parties courantes, les prescriptions du DTU n° 43.2 ⁽¹⁾ sont applicables.

4,35 joints de dilatation

Les joints de dilatation de la toiture coïncident avec ceux de la structure.

Deux cas sont à considérer :

- la structure comporte deux files de poutres situées de part et d'autre du joint de dilatation. Les toitures reposant sur chacune des files de poutres sont solidarisées avec celles-ci suivant les dispositions définies à l'article 4,315.

Les relevés sont réalisés suivant les dispositions définies à l'article 4,433 (fig. 9a) ;

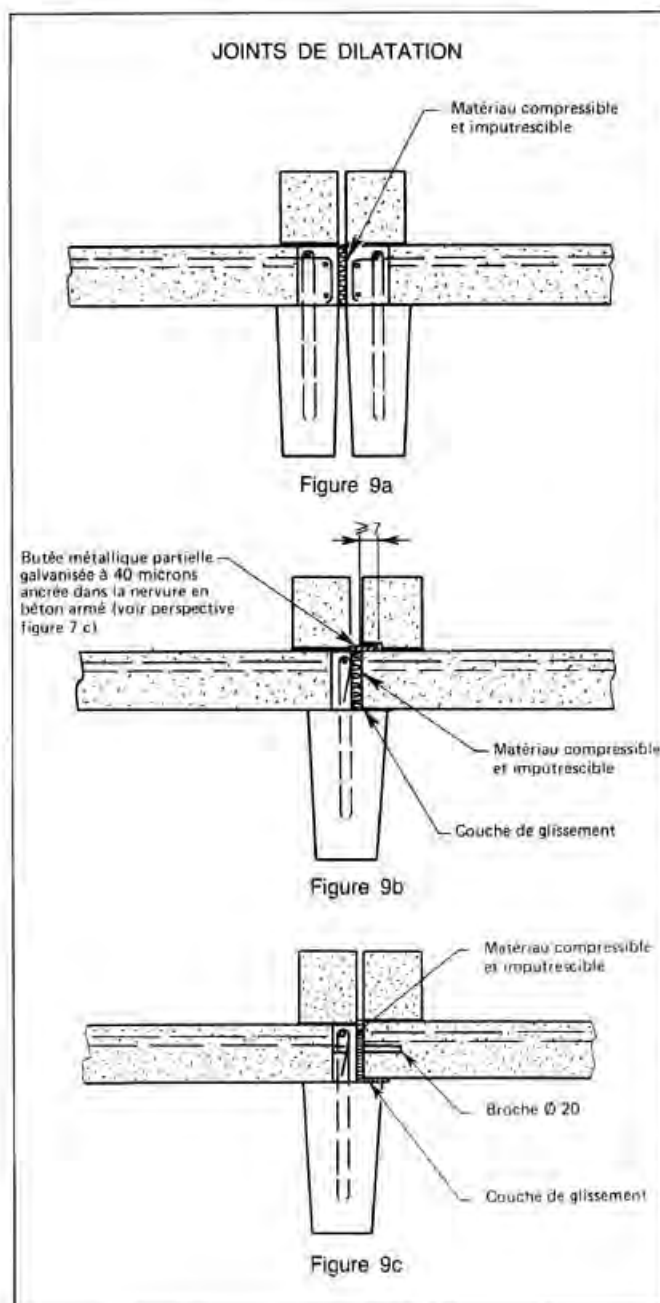
- la structure ne comporte qu'une file de poutres au droit du joint de dilatation.

Les toitures s'appuyant sur la file de poutres sont :

- d'un côté du joint de dilatation, solidarisées avec la file de poutres suivant les dispositions définies à l'article 4,315,
- de l'autre côté du joint de dilatation, désolidarisées de la file de poutres par une couche de glissement (exemple : 2 feutres 36 S VV avec interposition d'un écran VV 100 g/m²),

et maintenues :

- par butée métallique partielle, galvanisée à 40 microns, ancrée dans la nervure en béton armé et prenant appui en partie supérieure de toiture (fig. 9b).
- ou par broche Ø 20 galvanisée à 40 microns, ancrée dans la nervure en béton armé et coulissant dans un trou perforé à mi-épaisseur et dans l'axe des dalles (fig. 9 c).



e = épaisseur des dalles

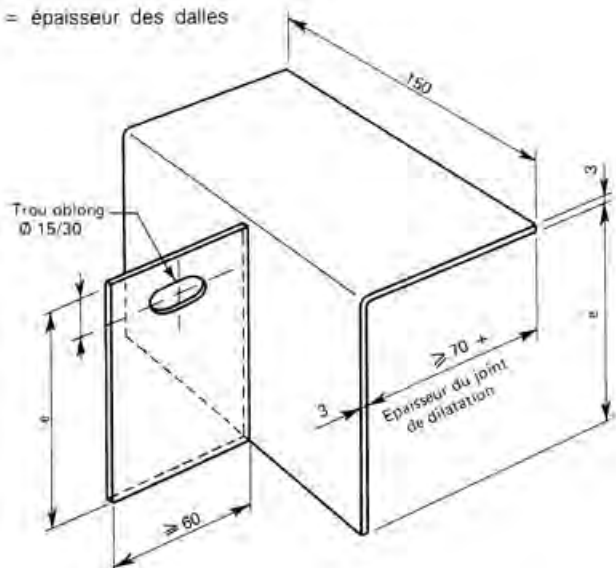


Figure 9d

¹ Dans l'attente du DTU n° 43.2 les prescriptions du DTU n° 43.4 sont applicables.

4,4 exécution de l'étanchéité

4,41 pontages

Avec ou sans isolation thermique complémentaire, les joints d'about courants entre dalles ainsi que les joints latéraux et d'about de dalles coïncidant avec des joints de la structure support (abouts de poutres discontinues) sont pontés.

Trois types de pontages sont à utiliser en fonction de la valeur théorique par excès (+) de l'ouverture des joints ; ils sont définis dans le tableau et les figures 10 et 13 ci-après.

Les pontages sont fixés d'un côté sur les dalles au moyen de clous spéciaux à tête plate en acier zingué, de 50 mm de longueur minimale.

Ces dispositions sont illustrées sur les figures 12 et 13, page 10, donnant des exemples de charpentes dont les poutres, tant principales que secondaires, sont ou non en continuité.

En pratique, l'entreprise réalisant la structure n'a donc qu'à confirmer que l'ouverture théorique par excès des joints latéraux et d'abouts de dalles coïncidant avec des joints de structure est supérieure à 2 mm, inférieure ou non à 10 mm ou inférieure ou non à 20 mm.

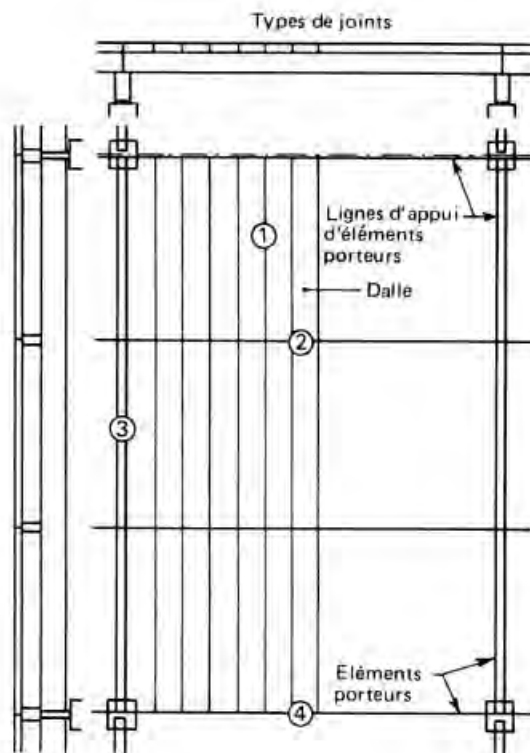


Figure 10

Les éléments porteurs sont les éléments de la charpente (pannes ou poutres) supportant les dalles ; les lignes d'appuis correspondent aux lignes de poteaux de la structure.

Types de joint	Ouverture théorique du joint (*) (mm)	Type de pontage
1. Joint latéral courant entre dalles et joint latéral coïncidant avec une ligne d'appui d'éléments porteurs si les éléments porteurs perpendiculaires au joint sont conçus pour travailler en continuité	≤ 1	Pas de pontage
2. Joint d'about courant entre dalles et joint d'about entre dalles coïncidant avec une ligne d'appui d'éléments porteurs perpendiculaires au joint sont conçus pour travailler en continuité.	≤ 2	<i>Pontage de type A</i> Bande de 20 cm de largeur : - en feutre bitumé 36 S VV HR à sous-face, kraft, granulés minéraux, liège, lorsque le revêtement est protégé par un granulé minéral ou feuille métallique ; - en bitume armé 50 TV VV HR à sous-face, kraft, granulés minéraux, liège, lorsque le système d'étanchéité est protégé par une couche de gravillons.
3. Joint latéral ou d'about entre dalles coïncidant avec une ligne d'appui d'éléments porteurs, autres que ceux visés en 1 et 2.	supérieure à 2 et ≤ 10 (*)	<i>Pontage de type B</i> Mêmes dispositions que pour le type A avec, en plus, un écran complémentaire en voile de verre renforcé 100 g/m ² de 50 cm de largeur, recouvrant la bande de feutre ou de bitume armé.
4. Joint latéral ou d'about entre dalles coïncidant avec une ligne d'appui d'éléments porteurs autres que ceux visés en 1 et 2.	supérieure à 10 et ≤ 20 (*)	<i>Pontage de type C</i> Bande de 20 cm de largeur en métal bitumé zinc 5/10, aluminium 5/10 ou tôle d'acier galvanisée 4/10, avec écran complémentaire en voile de verre ou non tissé de fibre synthétique 100 g/m ² de 50 cm de largeur, recouvrant la bande métallique.
Lorsque la valeur théorique par excès est	> 20	Le joint est traité comme un joint de structure.

(*) Il s'agit d'une valeur conventionnelle calculée suivant l'annexe intitulée :
« Méthode de calcul de la valeur théorique par excès de l'ouverture des joints de type 3 et 4 »
et non de l'amplitude du mouvement du joint.

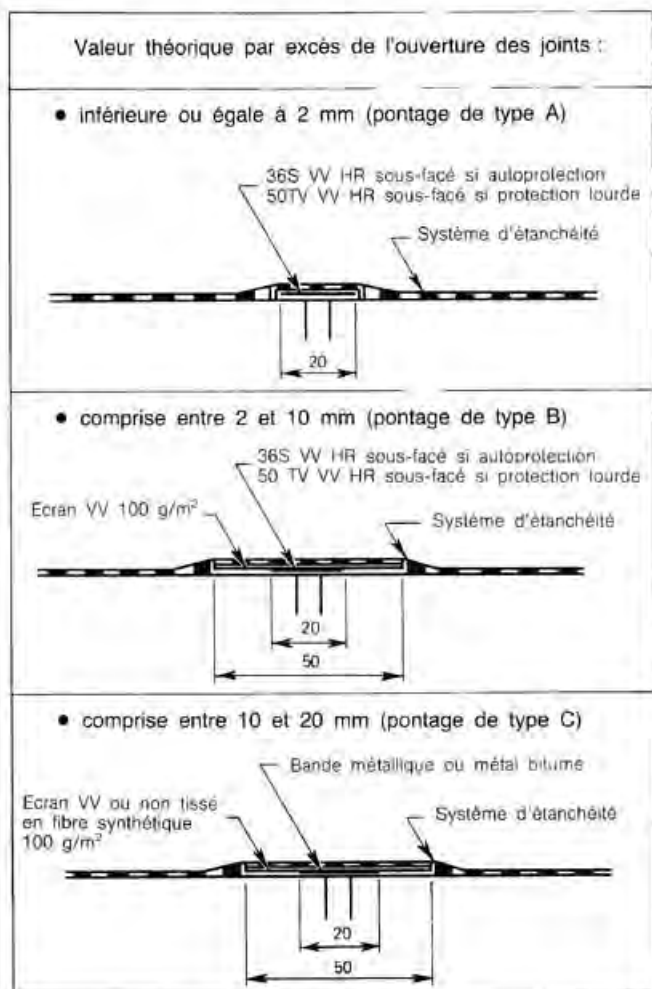
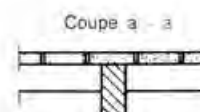
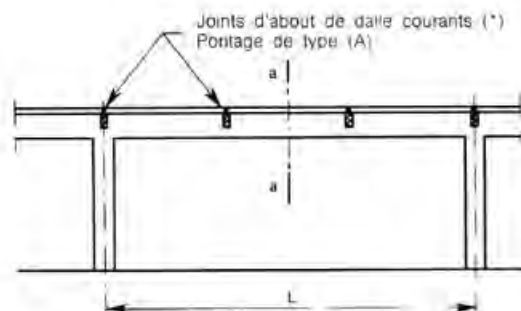
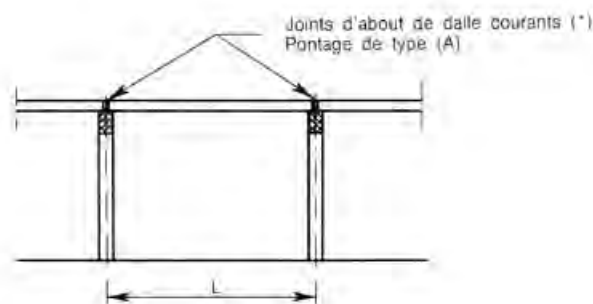
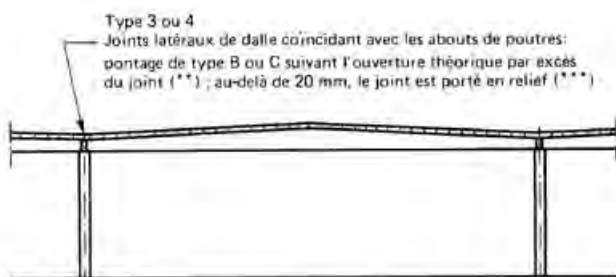


Figure 11 Pontages sur joints

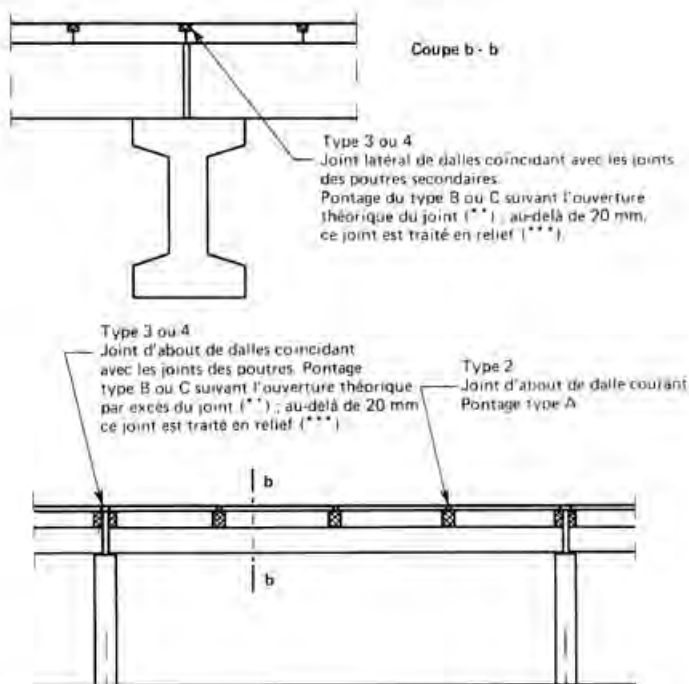


* L'expérience montre que les joints d'abouts de dalles courants ont une ouverture réelle inférieure à 2 mm

Figure 12 Charpente à poutres principales et éventuellement secondaires en continuité



Charpente à poutres principales seules en discontinuité



Charpente à poutres principales et secondaires en discontinuité

** Les calculs effectués jusqu'ici sur la détermination de l'ouverture théorique par excès de ce type de joints ont donné des valeurs inférieures à 20 mm. Les observations faites in situ montrent que l'ouverture réelle est en général sensiblement inférieure à l'ouverture calculée.

*** Cas rencontré rarement, pouvant néanmoins se présenter lorsque la structure comporte des poutres principales de très grande portée.

Figure 13 Charpente à poutres principales et éventuellement secondaires en discontinuité

4,42 revêtements d'étanchéité des parties courantes et des noues

Rappel : les revêtements multicouche traditionnels ne sont admis que dans les deux cas suivants :

- 1° sous protection rapportée lourde avec ou sans isolation thermique complémentaire ;
- 2° en système autoprotégé, uniquement avec isolation thermique complémentaire.

4,421 pose directe sur les dalles de béton cellulaire

_____ 1 toiture-terrasse plate, pente de 1 à 5 % (limites incluses)

a) Système d'étanchéité multicouche traditionnel indépendant sous protection lourde par feutres bitumés et bitumes armés, à armature verre et/ou polyester définis et exécutés suivant les prescriptions du DTU n° 43.1.

b) Ou systèmes d'étanchéité non traditionnels indépendants sous protection lourde ou semi-indépendants autoprotégés ⁽¹⁾.

_____ 2 toiture de pente > 5 %

Systèmes d'étanchéité non traditionnels, semi-indépendants ⁽¹⁾.

Pour les pentes supérieures à 20 %, les revêtements d'étanchéité sont fixés en tête par adhérence sur une largeur minimale de 50 cm, sauf au droit des joints de types 3 et 4.

4,422 pose sur isolation thermique complémentaire (le point de rosée n'est pas forcément dans l'isolant).

_____ 1 pare-vapeur

Le pare-vapeur comprend :

soit :

- 1 enduit d'imprégnation à froid,
- 1 feutre bitumé perforé 36 S VV HR présentant un sous-façage lié ou granulés minéraux,
- 1 enduit d'application à chaud 1,200 kg/m²,
- 1 feutre bitumé 36 S VV HR,
- 1 enduit d'application à chaud 1,200 kg/m² ;

soit :

- une feuille de bitume élastomère de 2 mm d'épaisseur minimale. (La semi-indépendance est assurée comme indiqué pour le système d'étanchéité dans l'Avis Technique correspondant),
- 1 enduit d'application à chaud 1,200 kg/m² ;

soit :

- 1 enduit d'application à froid,
- 1 feutre amiante perforé, ou
- 1 feutre 36 S VV HR perforé présentant une sous-face granulés minéraux,
- 1 bitume armé type 50 TV soudé

1. Ces systèmes d'étanchéité sont, entre autres, du type bicouche en feuilles à base de bitume élastomère SBS, bénéficiant d'un Avis Technique prévoyant la pose sur toiture en dalles de béton cellulaire autoclavé armé. La mise en œuvre est réalisée conformément aux spécifications de cet Avis Technique.

_____ 2 isolant

_____ 2,1 nature

L'isolation thermique complémentaire est réalisée par panneaux isolants :

- en liège conforme à la norme NF B 57-054 jusqu'à 80 mm d'épaisseur ;
- en isolant faisant l'objet d'un Avis Technique favorable prévoyant leur emploi comme support de revêtement d'étanchéité sur dalles en béton cellulaire autoclavé.

_____ 2,2 mise en œuvre

La mise en œuvre des panneaux est réalisée conformément aux spécifications du DTU n° 43.1 ou n° 43.2 ⁽²⁾ et leur fixation conformément au tableau ci-après.

On utilise les fixations définies par l'annexe A.

On utilise également les fixations particulières à un producteur de dalles, définies par son Avis Technique.

_____ 3 étanchéité

L'étanchéité sur panneaux isolants est réalisée conformément aux spécifications des Avis Techniques correspondants, notamment en ce qui concerne le choix de l'étanchéité en fonction de la pente de la toiture (> 1 %), c'est-à-dire :

- a) dans le cas d'étanchéité traditionnelle conformément :
 - aux DTU n° 43.1 et n° 43.2 ⁽²⁾ sur liège ;
 - aux Avis Techniques des isolants sur les autres panneaux ;
- b) dans le cas d'étanchéité non traditionnelle conformément à l'Avis Technique du revêtement.

4,423 cas des toitures-terrasses techniques (pente ≤ 7 %) et des chemins de circulation (pente ≤ 50 %)

Dans le cas de pose sur isolation thermique complémentaire, l'Avis Technique de l'isolant doit prévoir cette utilisation associée à un élément porteur en dalles de béton cellulaire autoclavé armé.

Les ouvrages sont réalisés :

- a) dans le cas de revêtements traditionnels :
 - de pente ≤ 5 % conformément au DTU n° 43.1,
 - de pente > 5 % conformément au DTU n° 43.2 ⁽²⁾ ;
- b) dans le cas de revêtements non traditionnels conformément à l'Avis Technique du revêtement.

4,43 ouvrages annexes

Les relevés, acrotères, costières, joints de dilatations, souches, ventilations, canalisations et les évacuations d'eaux pluviales sont réalisés conformément aux spécifications des DTU n° 43.1, 43.2 ⁽²⁾ ou aux Avis Techniques correspondants.

2. Dans l'attente de la parution du DTU n° 43.2. Les prescriptions du DTU n° 43.4 sont applicables.

Revêtements d'étanchéité sous protection rapportée lourde

	Toutes régions climatiques de vent Tous sites	
Fixations	Collage à l'EAC à raison de 1,200 kg/m ²	Fixations mécaniques seules (si l'Avis Technique de l'isolant le prévoit).
Lits inférieurs (1)	E A C	1 fixation centrale par panneau
1 seul lit et lits supérieurs	E A C	1 fixation centrale par panneau de surface < 1,2 m ² 2 fixations par panneau de surface ≥ 1,2 m ²

Revêtements autoprotégés

	Régions climatiques de vent		
Sites	1 et 2 normal 3 protégé	2 exposé 3 normal et exposé	Toutes régions Tous sites
Pentes (%)	≤ 40 (2)		≤ 200
Fixations	Collage à l'EAC à raison de 1,200 kg/m ²		Fixations mécaniques seules
Lits inférieurs (1)	E A C	E A C	1 fixation centrale par panneau
1 seul lit et lits supérieurs	E A C	E A C + 4 fixations au m ²	Partie courante 5 fixations par m ²
			Sur 1 m de largeur (rive, faîtage, émergence, égout) 6 fixations par m ² (3)

4,5 finitions en sous-face de toiture

Les revêtements d'aspect, le cas échéant appliqués en sous-face, doivent permettre les échanges hygrométriques entre le matériau constitutif des dalles et l'ambiance du local couvert (4).

1. Dans le cas où l'on superpose deux lits de panneaux collés par EAC et si le lit inférieur n'est pas parementé, on devra enduire d'EAC les deux faces en regard.

2. Le collage à l'EAC sur des pentes > 40 % doit faire l'objet d'une étude particulière non visée par les présentes.

3. La répartition régulière dans les deux sens est faite avec un minimum de 4 fixations à l'intérieur du panneau, à raison d'une par angle, la distance séparant le bord de la rondelle du bord du panneau étant ≥ 0,05 m. Les fixations communes à plusieurs panneaux adjacents ne sont pas admises. Dans le cas de plusieurs lits de panneaux, les fixations ci-dessus intéressent la totalité de l'épaisseur de l'isolation thermique. La longueur des fixations sera telle que, tout en respectant l'exigence de résistance caractéristique à l'arrachement (cf. annexe 1), l'enfoncement dans la dalle réserve une marge d'au moins 3 cm en sous-face, pour éviter l'arrachement du béton cellulaire en plafond.

4. Ces prescriptions s'appliquent au cas où la toiture est réalisée sur locaux où la quantité de vapeur de l'ambiance intérieure est inférieure en moyenne, pendant la saison froide, à celle de l'ambiance extérieure majorée de 5 g/m³ (locaux à faible ou moyenne hygrométrie). Lorsque la quantité de vapeur de l'ambiance intérieure est égale à celle de l'ambiance extérieure majorée de 5 à 7,5 g/m³ (locaux à forte hygrométrie), la toiture doit avoir sa face supérieure ventilée et sa face inférieure munie d'un pare-vapeur ; dans ce cas, les dispositions à prendre sont définies dans les Avis Techniques des procédés de toiture en dalles correspondants.

1 fixations spécifiques pour isolant sur dalles de béton cellulaire autoclavé armé

La fixation comporte :

- un système de cheville et vis, ou de cheville et clou à déviation, ou de vissage direct, présentant une résistance caractéristique à l'arrachement au moins égale à 90 daN. La résistance caractéristique est mesurée selon l'annexe du DTU n° 43.2 sur support en bloc de béton cellulaire de résistance caractéristique à sec d'au moins 3,5 MPa ;
 - une rondelle en acier galvanisé ou électrozingué Ø 70 mm minimum, d'épaisseur 0,5 mm si elle est nervurée, 1 mm si elle est plane. Des rondelles de section différente (carrée à bords arrondis) peuvent être utilisées, à condition que leur surface soit équivalente au moins à celle d'une rondelle Ø 70 mm.
- La rondelle comporte une cuvette évitant le désaffleurement de la tête de vis.

2 méthode de calcul de la valeur théorique par excès de l'ouverture des joints de types 3 et 4

L'attention est attirée sur le caractère conventionnel du mode d'évaluation proposé, en l'absence de résultats expérimentaux et de mesures systématiques effectuées sur des réalisations existantes, qui seraient seuls susceptibles de mettre en évidence l'interaction des divers éléments constitutifs des constructions. Le fait de négliger de telles influences conduit donc nécessairement à une surévaluation de l'ouverture des joints.

Il est rappelé que la méthode de calcul proposée n'est pas applicable aux structures dans lesquelles les éléments porteurs situés de part et d'autre d'un joint sont en « continuité », au sens donné à ce terme en Résistance des Matériaux, c'est-à-dire lorsque ces éléments porteurs sont calculés en poutre continue sur appuis, avec ou sans adaptation.

Dans la pratique courante, la méthode s'applique à des ossatures réalisées à partir d'éléments préfabriqués – en béton armé ou, plus souvent, en béton précontraint – assemblés sur leurs appuis.

1 données et hypothèses

a) L'ouverture d'un joint est provoquée par les rotations d'appui ω_g et ω_d des éléments porteurs implantés perpendiculairement au joint et situés de part et d'autre de celui-ci (fig. 1).

b) Les éléments porteurs ci-dessus sont supposés reposer sur les supports (poteaux pour les éléments porteurs principaux appelés poutres, poutres pour les éléments porteurs secondaires appelés pannes) par l'intermédiaire d'une articulation fixe, autorisant les rotations sous charges mais s'opposant à tout mouvement de translation susceptible d'augmenter l'ouverture du joint. Il y a lieu de s'assurer que cette dernière hypothèse de fixité en translation est bien vérifiée ; dans le cas contraire, le joint considéré devrait être assimilé à un joint de dilatation.

c) Dans aucun cas, il n'est tenu compte d'une éventuelle mise en continuité partielle des éléments porteurs, au droit de leurs appuis, du fait de l'intervention de la toiture constituée par les dalles en béton cellulaire enserrées dans une résille en béton armé.

d) Lorsque les éléments porteurs sont calculés sans tenir compte d'aucune continuité, mais qu'ils comportent néanmoins, à leurs extrémités, des armatures de liaisons susceptibles d'assurer un assemblage efficace entre deux éléments adjacents, il peut en être tenu compte dans l'évaluation des rotations d'appui sous les réserves suivantes :

- les dimensions du blocage entre abouts d'éléments préfabriqués sont suffisantes pour autoriser la mise en œuvre d'un béton sain ;
- les armatures supérieures sortant en attente des éléments préfabriqués ont une longueur et un façonnage tel que leur mise en continuité mécanique est assurée ;
- la section des chapeaux est suffisante pour pouvoir

équilibrer, sous une tension égale à $\frac{2}{3} \sigma_e$, un moment

fléchissant d'appui M_A au moins égal à $0,15 M_0$, M_0 étant le moment maximal sollicitant l'élément porteur considéré sous l'effet de la totalité des charges.

e) Les éléments de structure surmontant les éléments porteurs considérés dans l'évaluation de l'ouverture d'un joint sont supposés liés rigidement à ces derniers ; ils subissent donc sans aucune atténuation les mouvements qui leur sont imposés du fait des rotations d'appui des éléments porteurs.

2 expression de l'ouverture d'un joint

$$e = (\omega_g + \omega_d) H$$

Les hauteurs H à considérer dans les divers cas sont indiquées sur les figures 1a, 1b, 1c.

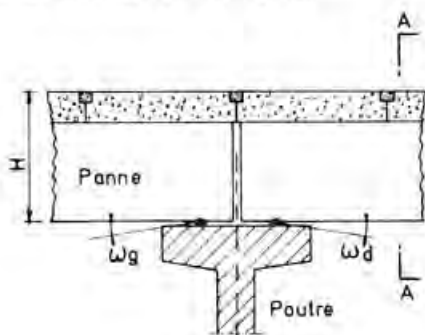


Figure 1 a

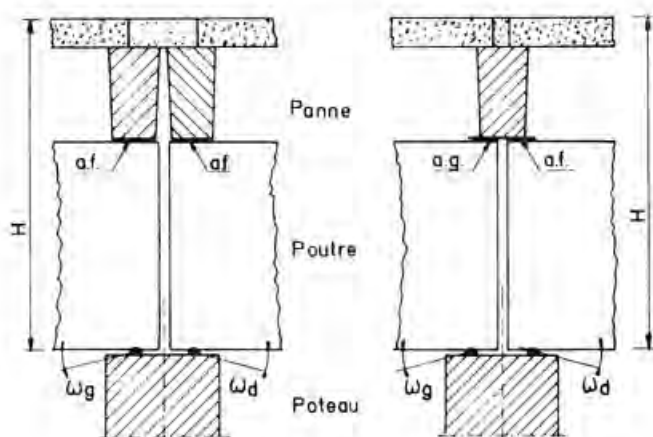


Figure 1 b

a.f. : appui fixe

Figure 1 c

a.g. : appui glissant

3 mode d'évaluation des rotations d'appui des éléments porteurs

a) Les rotations d'appui des éléments porteurs sont évaluées par application des lois de la résistance des matériaux, en tenant compte des variations d'inertie éventuelle de ces pièces et de la répartition des charges.

b) Les sections résistantes à faire intervenir dans ce calcul sont les suivantes :

- élément porteur ne supportant pas directement la toiture en béton cellulaire : section de l'élément porteur seul ;
- élément porteur supportant directement la toiture en béton cellulaire : il est loisible d'adjoindre à la section de l'élément porteur celle du béton de blocage entre dalles qui le surmonte (fig. 2).

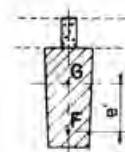


Figure 2

Par ailleurs, le calcul est mené,

- dans le cas du béton armé, en tenant compte des conséquences de la fissuration du béton (cf. Règles CC BA 68) ;
- dans le cas du béton précontraint, en admettant qu'il n'y a pas fissuration du béton pour les pièces justifiées en classes I ou II et l'hypothèse inverse pour la classe III.

c) Les déformations à considérer dans l'évaluation des rotations d'appui sont limitées à la part des déformations totales acquises après exécution du revêtement d'étanchéité : les rotations résultantes sont désignées par « rotations d'appui actives ».

Dans les cas courants, compte tenu notamment des délais de mise en œuvre qui sont observés, les hypothèses suivantes peuvent être admises, quant aux déformations à prendre en compte dans les calculs pour les diverses actions :

- poids propre des éléments porteurs en béton (principaux et secondaires) : 50 % des déformations de fluage ;
- précontrainte : comme ci-dessus ;
- poids propre des dalles en béton cellulaire : 75 % des déformations de fluage ;
- étanchéité : totalité des déformations de fluage ;
- protection lourde éventuelle : totalité des déformations ;
- charges d'exploitation permanentes : totalité des déformations ;
- charges d'exploitation variables : déformations instantanées ;
- charges climatiques : déformations instantanées.

Toutefois, pour ce dernier type de charge, l'attention est attirée sur le fait que, dans certaines régions, la neige peut subsister sur les couvertures des bâtiments pendant des délais importants : il doit donc en être tenu compte en ajoutant aux déformations instantanées une part des déformations de fluage (25 à 50 %).

4 exemple

cas d'une panne précontrainte à inertie constante justifiée en classe I ou II

La rotation d'appui active ω_a à faire intervenir dans les calculs d'ouvertures de joints est la suivante :

$$\omega_a = \frac{1}{3 E_v I} \left(\frac{q l^2}{8} - k_p F e' - k_A M_A \right)$$

avec :

$$q = k_1 p_1 + k_2 p_2 + k_3 p_3 + k_A p_A + k_5 s_1 + k_6 s_2 + k_7 s_3$$

Les notations sont les suivantes :

- l portée de la panne
- E_v module de déformation longitudinale différée du béton : $E_v = 7\,000 \sqrt{\sigma'_{28}}$ (bars)
- σ'_{28} résistance nominale, à la compression, du béton constitutif de la panne
- I moment d'inertie de la section transversale de la panne pris par rapport à sa fibre neutre (comme indiqué en 3b ci-dessus, il est loisible de substituer à cette section celle définie par la figure 2, sous réserve d'une mise en œuvre soignée du béton de blocage entre dalles de béton cellulaire)
- q charge fictive de calcul de la rotation d'appui
- F force de précontrainte finale
- e' excentricité de la précontrainte par rapport à la fibre neutre de la panne ou, éventuellement, du complexe panne/béton de blocage
- k_1 à k_7 , k_p , k_A coefficients sans dimension de prise en compte des sollicitations
- p_1 poids propre de la panne
- p_2 charge apportée par l'étanchéité
- p_3 charge apportée par les dalles en béton cellulaire
- p_4 charge apportée par la protection lourde
- s_1 charge d'exploitation permanente
- s_2 charge d'exploitation variable
- s_3 charge climatique
(les charges p et s sont rapportées à l'unité de longueur de la panne)
- M_A moment de continuité partielle (se reporter au § 1d).

valeurs numériques dans les cas courants (cf. § 3c)

$$k_1 = \frac{1}{3}$$

$$k_A = k_5 = 1$$

$$k_2 = \frac{1}{2}$$

$$k_6 = \frac{1}{3}$$

$$k_3 = \frac{2}{3}$$

$$k_7 = \frac{1}{3} \text{ (cf. remarque au § 3c)}$$

$$k_p = \frac{1}{2}$$

$$k_A = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} \text{ pour un appui de rive} \\ 1 \text{ pour un appui d'avant-rive} \\ \frac{3}{2} \text{ pour un appui central} \\ (0 \text{ dans le cas d'une seule travée}) \end{array} \right.$$