

norme française

NF DTU 20.1 P4

Octobre 2008

P 10-202-4

Travaux de bâtiment

Ouvrage en maçonnerie de petits éléments — Parois et murs

Partie 4 : Règles de calcul et dispositions constructives minimales

E : Building works — Small masonry unit walls — Partitions and walls — Part 4 : Calculation rules and minimum construction provisions

D : Bauarbeiten — Kleinelementmauerwerk — Wände und Aussenwände — Teil 4 : Berechnungsregeln und Mindestfestlegungen für den Bau

Statut

Norme française homologuée par décision du Directeur Général d'AFNOR le 10 septembre 2008 pour prendre effet le 10 octobre 2008.

Remplace la norme expérimentale P 10-202-2, d'avril 1994 et ses amendements A1, de décembre 1995 et A2, de décembre 1999.

Correspondance

À la date de publication du présent document, il n'existe pas de travaux internationaux ou européens traitant du même sujet.

Analyse

Le présent document a pour objet de définir les dispositions constructives minimales applicables aux maçonneries traditionnelles de petits éléments dont l'exécution est définie dans la norme NF DTU 20.1 P1-1.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : bâtiment, maçonnerie, paroi, mur, béton, pierre naturelle, règle de construction, règle de calcul, dimension, épaisseur, valeur minimale,

isolation thermique, protection contre l'humidité, condensation, soubassement, drain, évacuation d'eau, action des intempéries.

Modifications

Par rapport aux documents remplacés, les références normatives sont actualisées.

Sommaire

- Liste des auteurs
- Avant-propos commun à tous les DTU
- Avant-propos particulier
- 1 Domaine d'application
- 2 Références normatives
- 3 Dispositions constructives minimales
 - 3.1 Ouvrages en béton associés aux maçonneries
 - 3.1.1 Chaînages horizontaux
 - 3.1.2 Chaînages verticaux
 - 3.1.3 Appui de linteaux isolés
 - 3.1.4 Appui des planchers
 - 3.1.5 Appui des baies
 - 3.1.6 Trumeaux porteurs et retours d'angles
 - 3.1.7 Cas particuliers des ouvrages saillants
 - 3.1.8 Cas particulier des murs enterrés en maçonnerie enduite en blocs de béton cellulaire autoclavé (contreforts de soutènement)
 - 3.2 Fractionnement des murs par des joints de dilatation et de retrait
 - 3.2.1 Considérations générales
 - 3.2.2 Distance maximale entre joints
- 4 Epaisseurs minimales des parois et murs
 - 4.1 Murs de façade
 - 4.1.1 Epaisseurs minimales des parois principales des murs de types I, II et III, en fonction de leur résistance à la pénétration de la pluie
 - 4.1.2 Epaisseurs minimales des murs de type IV
 - 4.1.3 Epaisseurs minimales des murs composites
 - 4.2 Maçonneries extérieures enterrées, limitant des locaux utilisés (murs de sous-sol)
- 5 Règles de calcul statique des maçonneries proprement dites
 - 5.1 Contraintes admissibles dans les parois porteuses sous l'effet de charges verticales
 - 5.1.1 Elancement
 - 5.1.2 Elancements inférieurs ou égaux à 15
 - 5.1.3 Elancements compris entre 15 et 20
 - 5.1.4 Remarque sur l'application du coefficient N
 - 5.2 Evaluation des efforts sollicitant les parois

- 5.2.1 Généralités
- 5.2.2 Efforts dus aux charges verticales
- 5.2.3 Efforts dus aux forces horizontales
- 5.3 Vérification des contraintes
 - 5.3.1 Hypothèses de calcul
 - 5.3.2 Vérification de la résistance de la paroi
- 5.4 Contreventement
- 5.5 Cas des murs doubles
 - 5.5.1 Parois porteuses
 - 5.5.2 Maçonneries de remplissage et maçonneries faiblement chargées
- 6 Règles de calcul pour éviter les condensations dans l'épaisseur des murs
 - 6.1 Préambule
 - 6.2 Domaine d'application
 - 6.3 Enoncé des exigences
 - 6.4 Règles permettant de satisfaire ces exigences
 - 6.4.1 Condensation sur la face intérieure de l'isolant
 - 6.4.2 Condensation dans l'épaisseur de l'isolant
 - 6.4.3 Condensation sur la face intérieure de la paroi extérieure en maçonnerie
 - 6.4.4 Application aux murs courants
- 7 Règles relatives aux parois en maçonnerie utilisées en soubassement
 - 7.1 Domaine de validité
- Annexe A (informative) Conception des ouvrages annexes associés aux maçonneries enterrées : regards d'eaux pluviales et réseaux de drainage
 - A.1 Objet
 - A.2 Considérations générales
 - A.2.1 La nature du terrain de fondation
 - A.2.2 La nature du remblai entre la fouille et le bâtiment
 - A.2.3 La présence éventuelle d'un drainage
 - A.2.4 La présence d'ouvrages relativement étanches en bordure du bâtiment (dallages, trottoirs, etc.) ou la protection des abords du mur périphérique par des ouvrages en saillie (toitures débordantes, auvents, balcons, etc.)
 - A.2.5 L'importance des eaux de ruissellement pouvant venir en contact avec les murs périphériques du bâtiment
 - A.2.6 La présence éventuelle d'une nappe phréatique
 - A.3 Regards d'eaux pluviales
 - A.4 Conception des réseaux de drainage
 - A.4.1 Généralités
 - A.4.2 Conception globale d'un réseau de drainage
 - A.4.3 Conception de la tranchée drainante
 - A.4.4 Prescriptions complémentaires relatives aux drainages périphériques de bâtiments
 - A.4.5 Prescriptions complémentaires relatives aux réseaux collectifs de drainage

- A.4.6 Collecte et évacuation des eaux drainées

- Annexe B (informative) Murs simples en maçonnerie apparente de bâtiments autres que courants
- Annexe C (informative) Extrait du projet de l'Annexe Nationale de la NF EN 1996-1-1 (Eurocode 6)
- Bibliographie

Membres de la commission de normalisation

Président : M TROTON

Secrétariat : M LEMOINE — UMGO

- M AMELINE CAPEB
- M BALCON SOCOTEC
- M BEAUFORT CAPEB
- M BERGOIN CESA
- M BERNARDI CEMENTS CALCIA
- M BERNSTEIN LAIADE
- M BONNET PAREX LANKO SA
- M BOUINEAU CTMNC
- M BRIDIER EXPERT
- M CADOT CESA
- M COLINA ATILH
- M DAVILLER SYNDICAT CHAUX GRASSE
- M DECORNIQUET SARETEC
- M DELMOTTE CSTB
- M DRIAT CSFE
- MME DUCAMP BUREAU VERITAS
- M DUPONT CTMNC
- M FATRE SFBC XELLA
- M FAUCON BNIB-CERIB
- M GAUDIN EGF-BTP
- M LANDON AFNOR
- M LEGRAS SFBC XELLA
- M LEROY SNROC
- M MERLET EXPERT
- M MEYNIEL QUALICONSULT
- M NGUYEN MEDAD DAEI
- M PALLIX CTMNC
- M PIGACHE CTMNC
- M PINÇON BNTEC
- M ROHMAN BOUYGUES
- M ROSIER VICAT
- M RUAULT CAPEB
- M SASSOT CONSULTANT
- M SAUVAGE CERIB
- M THOMASSON SNMI / Expert INEA
- M TROTON CAMPENON BERNARD
- M ZOCCOLI RUBERIOD

Avant-propos commun à tous les DTU

Le marché de travaux doit, en fonction des particularités de chaque projet, définir dans ses documents particuliers, l'ensemble des dispositions nécessaires qui ne sont pas définies dans les DTU ou celles que les contractants estiment

pertinent d'inclure en complément ou en dérogation de ce qui est spécifié dans les DTU.

En particulier, les DTU ne sont généralement pas en mesure de proposer des dispositions techniques pour la réalisation de travaux sur des bâtiments construits avec des techniques anciennes. L'établissement des clauses techniques pour les marchés de ce type relève d'une réflexion des acteurs responsables de la conception et de l'exécution des ouvrages, basée, lorsque cela s'avère pertinent, sur le contenu des DTU, mais aussi sur l'ensemble des connaissances acquises par la pratique de ces techniques anciennes.

Les DTU se réfèrent, pour la réalisation des travaux, à des produits ou procédés de construction, dont l'aptitude à satisfaire aux dispositions techniques des DTU est reconnue par l'expérience.

Lorsque le présent document se réfère, à cet effet, à un Avis Technique ou à un Document Technique d'Application, ou à une certification de produit, le titulaire du marché pourra proposer au maître d'ouvrage des produits qui bénéficient de modes de preuve en vigueur dans d'autres Etats Membres de l'Espace Economique Européen, qu'il estime équivalents et qui sont attestés par des organismes accrédités par des organismes signataires des accords dits « E. A. », ou à défaut fournissant la preuve de leur conformité à la norme EN 45011. Le titulaire du marché devra alors apporter au maître d'ouvrage les éléments de preuve qui sont nécessaires à l'appréciation de l'équivalence. L'acceptation par le maître d'ouvrage d'une telle équivalence est définie par le Cahier des Clauses Spéciales du présent DTU.

Avant-propos particulier

Les nombreux schémas illustrant ce document sont destinés à faciliter la compréhension du texte. Ils constituent des exemples non exclusifs de réalisation des ouvrages auxquels ils se rapportent.

NOTE 1

Les conditions à appliquer dans les zones exposées à l'aléa sismique ne sont pas traitées dans le présent document. Dans l'attente des compléments, qu'il conviendra d'établir suite à la mise en application des NF EN 1996 (Eurocode 6) et NF EN 1998 (Eurocode 8) et leurs annexes nationales, il convient de se reporter à la NF P 06-013 (Règles PS 92) ou, le cas échéant, à la NF P 06-014 (Règles PS-MI 89 révisées 92), qui seront également révisées en conséquence le moment venu.

Les fonctions que les parois et murs traditionnels en maçonnerie ont à assurer dans un bâtiment d'usage courant concernent principalement :

- *la stabilité mécanique sous les sollicitations normales provenant des charges appliquées ou des déformations imposées par les phénomènes thermiques, climatiques et de retrait ;*
- *la sécurité en cas d'incendie et, le cas échéant, d'autres sollicitations exceptionnelles ;*
- *l'étanchéité à la pluie ;*
- *une contribution à la satisfaction des exigences hygrothermiques et acoustiques ;*
- *le cas échéant, l'aspect extérieur et/ou intérieur de la construction.*

En ce qui concerne la stabilité mécanique et la sécurité sous les sollicitations exceptionnelles, on appliquera le cahier des clauses techniques types de la norme NF DTU 20.1 P1-1 relatif aux travaux de maçonnerie.

On se référera en outre :

- *aux indications du présent document pour le calcul et les dispositions constructives minimales des murs, dans l'attente de la NF EN 1996 (Eurocode 6) ;*
- *aux Règles de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé ;*
- *aux Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions ;*
- *à la norme NF DTU 20.12 pour la conception des murs destinés à être associés à une toiture-terrasse avec plancher en béton armé ou béton précontraint, relatif à la conception du gros oeuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité ;*
- *à l'ATec ou Document Technique d'Application ¹ relatif au produit ou procédé considéré si les travaux traditionnels de maçonnerie mettent accessoirement en oeuvre des produits ou procédés non traditionnels faisant l'objet d'Avis Techniques délivrés par la Commission instituée par l'arrêté interministériel du 2 décembre 1969.*

¹

Ou son équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

La sécurité en cas d'incendie est à apprécier, selon la destination des ouvrages, en fonction des dispositions réglementaires en vigueur.

La satisfaction de l'exigence relative à l'étanchéité à la pluie, à la neige fondante et à l'air est à examiner tant en partie courante qu'aux points singuliers des parois et murs.

Le problème de l'étanchéité à la pluie en partie courante est traité dans le Guide pour le choix des types de murs en fonction du site (NF DTU 20.1 P3).

Le problème de l'étanchéité à l'air est à examiner, en particulier pour les murs à double paroi, y compris les murs avec bardage : dans le cas de ces murs, le problème se trouve, en effet, reporté :

- d'une part, au niveau de la paroi intérieure lorsque la paroi extérieure est organisée, pour d'autres raisons, de façon telle qu'elle ne peut assurer cette fonction (par exemple, mise en communication avec l'extérieur en vue du rejet des eaux d'infiltration dans le cas des murs de type III) ;*
- d'autre part, aux liaisons de la paroi intérieure avec les autres ouvrages (baies, refends, planchers, coffres de volets roulants, incorporations électriques, etc.), et ne peut donc être traité de façon complète dans le cadre du présent document.*

Pour l'étanchéité au raccordement des murs avec les menuiseries, on se référera au cahier des clauses techniques des normes NF DTU 20.1, NF DTU 25.41, NF DTU 36.1 et NF DTU 37.1.

NOTE 2

Se référer au paragraphe 5.2.3.2 de la norme NF DTU 20.1 P1-1 relative à l'incidence du non remplissage des joints verticaux sur l'étanchéité à l'air des maçonneries.

Les exigences relatives à l'hygrométrie et à l'acoustique dépendent de la destination du bâtiment ; elles font, d'autre part, intervenir d'autres éléments que les seules parois en maçonnerie et ne peuvent être traitées de façon complète dans le cadre du présent document.

Pour le calcul des caractéristiques thermiques des parois, on se réfère aux « Règles Th-U ».

Les règles destinées à prévenir les risques de condensation dans les parois extérieures comportant une isolation thermique rapportée sur leur face interne font l'objet de l'article 5 du présent document.

En ce qui concerne les parements, on se référera :

- à la norme NF DTU 20.1 P1-1 pour les maçonneries apparentes ;*
- aux normes NF DTU spécifiques au type de finition rapportée pour les maçonneries protégées par un enduit, un revêtement ou un bardage traditionnel : NF DTU 26.1 « Travaux d'enduits de mortiers » ; NF DTU 25.1 « Enduits intérieurs en plâtre » ; NF DTU 55.2 « Revêtements muraux attachés en pierre mince ».*

NOTE 3

L'attention des maîtres d'oeuvre est attirée sur le fait que le parement extérieur n'a pas seulement un rôle esthétique ; il assume, la plupart du temps, une fonction très importante dans la résistance à la pénétration de l'eau de pluie ; ce parement étant directement exposé au choc thermique, les dispositions qui tendent à accentuer ce choc thermique sont à proscrire : à cet égard, les revêtements de couleurs foncées sont à éviter pour les façades ensoleillées.

En règle générale, les murs en maçonneries doivent recevoir, en partie supérieure, une protection contre la pluie.

Le phénomène de fissuration des maçonneries provient souvent, dans le cas d'association de maçonneries au béton armé, des dilatations et retraits différentiels. Il peut se produire indépendamment du respect des règles de conception et d'exécution élaborées dans le présent document. Il ne présente, en général, pas de caractère de gravité dans la mesure où l'ouvrage n'est pas rendu impropre à sa destination.

1 Domaine d'application

Le présent document a pour objet de définir les dispositions constructives minimales (chaînages, appuis des planchers et linteaux, fractionnement des murs par des joints de dilatation et retrait, etc.) applicables aux maçonneries traditionnelles de petits éléments dont l'exécution est définie par la norme NF DTU 20.1 P1-1 (CCT).

NOTE 1

Cet article concerne les liaisons entre les murs de façade et les autres parties de la construction constituant la structure intérieure de la construction (planchers et murs de refends ou ossature du bâtiment lorsque celle-ci est en béton armé). Les dispositions décrites ci-après sont mécaniquement satisfaisantes, mais ne résolvent pas le problème des ponts thermiques notamment en isolation thermique par l'intérieur ou en isolation thermique par l'extérieur. Il peut être nécessaire de faire appel, au cas par cas, à des rupteurs thermiques relevant d'un ATec ou Document Technique d'Application² ou au CPT 1833 du CSTB, dans le cas d'isolation thermique par l'extérieur.

2

Ou son équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

Il détermine, en fonction des techniques d'exécution et des risques de pénétration de la pluie, les épaisseurs minimales des parois et murs.

NOTE 2

Des dispositions différentes peuvent être adoptées lorsque les murs comprennent une isolation thermique rapportée côté extérieur pour lesquels on se référera au Cahier du CSTB n° 1833.

Dans l'attente de la mise en application de la NF EN 1996 (Eurocode 6) traitant de façon complète et détaillée des « Règles de calcul des murs en maçonnerie de petits éléments », il définit les contraintes admissibles dans les murs et fixe des règles simples de vérification de ces contraintes pour les cas courants.

Il donne les règles à suivre pour éviter les condensations dans l'épaisseur des murs à isolation thermique rapportée sur leur face intérieure.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

NF P 06-001,

Bases de calcul des constructions — Charges d'exploitation des bâtiments.

NF DTU 20.1 P1-1,

Travaux de bâtiment — Ouvrages en maçonnerie de petits éléments — Parois et murs — Partie 1-1 : Cahier des Clauses Techniques types (indice de classement : P 10-202-1-1).

NF DTU 20.1 P1-2,

Travaux de bâtiment — Ouvrages en maçonnerie de petits éléments — Parois et murs — Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (indice de classement : P 10-202-1-2).

NF DTU 20.1 P3,

Travaux de bâtiment — Ouvrages en maçonnerie de petits éléments — Parois et murs — Partie 3 : Guide pour le choix des types de murs de façades en fonction du site (indice de classement : P 10-202-3).

NF DTU 20.12 :

NF P 10-203 (Référence DTU 20.12), *Maçonnerie des toitures et d'étanchéité — Gros oeuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité.*

NF EN 772-11,

Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie — Partie 11 : Détermination de l'absorption de l'eau par capillarité des éléments de maçonnerie en béton de granulats, béton cellulaire autoclavé en pierre reconstituée et naturelle et du taux initial d'absorption d'eau des éléments de maçonnerie en terre cuite (indice de classement : P 12-111).

NF EN 10080,

Aciers pour l'armature du béton — Aciers soudables pour béton armé — Généralités (indice de classement : A 35-010).

Règles Th-U (fascicule 4/5),

Parois opaques — Calculs des caractéristiques thermiques des parois opaques.

3 Dispositions constructives minimales

3.1 Ouvrages en béton associés aux maçonneries

3.1.1 Chaînages horizontaux

Les murs en maçonnerie porteuse et en maçonnerie de remplissage sont ceinturés au niveau du plancher bas du rez-de-chaussée ou du dallage, à chaque étage, au niveau des planchers, ainsi qu'en couronnement des murs libres en tête, par un chaînage horizontal en béton armé, continu, fermé ; ce chaînage ceinture les façades et les relie au droit de chaque refend.

NOTE

Dans le cas de maçonnerie de remplissage, la fonction de chaînage est normalement assurée par l'ossature.

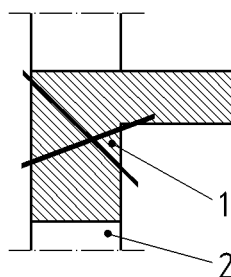
3.1.1.1 Section transversale du béton

La section transversale du béton de ces chaînages doit être limitée en façade (Figure 1).

NOTE

Les sections importantes de béton constituent, en l'absence de précautions particulières, une source de désordres dans les maçonneries.

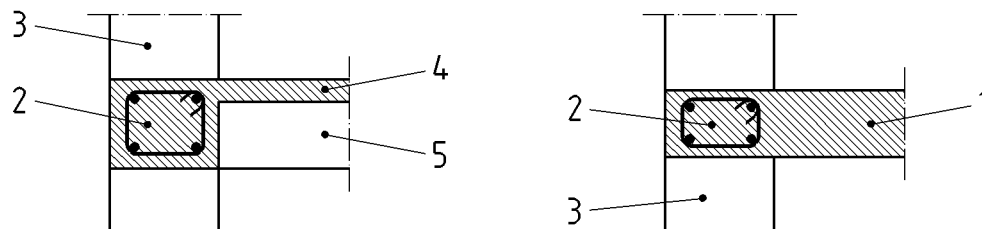
Figure 1 Disposition proscrite

**Légende**

- 1 Chaînage
- 2 Mur en maçonnerie

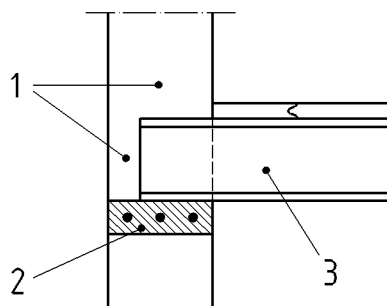
En général, la hauteur d'un chaînage de façade est celle du plancher qui lui est associée (Figure 2). Dans le cas de planchers autres que les planchers en béton armé (par exemple, planchers à solivages en bois ou en métal, certains planchers en béton précontraint ne comportant pas d'armatures dépassant en about, etc.), des chaînages plats peuvent être réalisés (Figure 3).

Figure 2 Chaînages horizontaux

**Légende**

- 1 Plancher dalle ou dallage en béton armé
- 2 Chaînage
- 3 Mur en maçonnerie
- 4 Plancher à hourdis creux
- 5 Poutrelle en béton

Figure 3 Chaînage plat



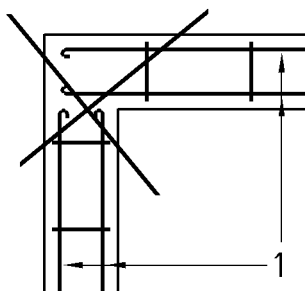
Légende

- 1 Maçonnerie
- 2 Chaînage plat
- 3 Plancher en bois ou en métal

3.1.1.2 Armatures

Les armatures des chaînages horizontaux doivent respecter les règles de bonne construction du béton armé (recouvrements, ancrages, etc.). Des liaisons efficaces doivent être assurées entre les armatures des divers chaînages (Figures 4 et 5).

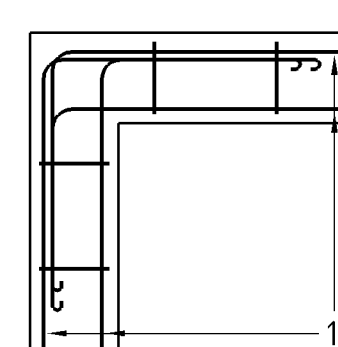
Figure 4 Disposition proscrite



Légende

- 1 Chaînage horizontal

Figure 5 Disposition conforme



Légende

- 1 Chaînage horizontal

Les éventuels chaînages verticaux ne sont pas représentés sur les Figures 4 et 5.

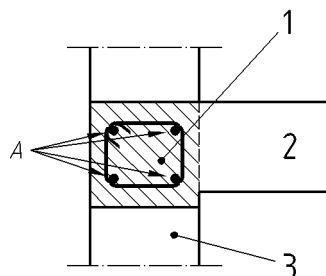
Dans les étages courants, le pourcentage minimal des armatures longitudinales des chaînages surmontant les murs

$$\frac{0,4}{100} \times \frac{500}{R_e}$$

extérieurs et intérieurs, rapporté à la section de béton du chaînage, est de :

Où R_e représente la limite apparente d'élasticité garantie de l'acier, exprimée en MPa (NF EN 10080).

Figure 6 Armatures minimales des chaînages



Légende

- 1 Chaînage
- 2 Plancher
- 3 Mur

La section hachurée correspond à la section concernée par le chaînage.

En outre, la section des armatures longitudinales des chaînages A_n , telle qu'elle résulte du pourcentage précédent, ne peut être inférieure à :

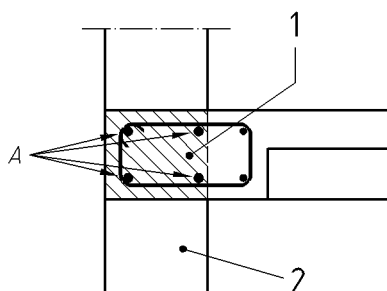
- 3 cm² dans le cas d'aciers de la nuance FeE235 ;
- 1,57 cm² dans le cas d'aciers de la nuance FeE400 ;
- 1,50 cm² dans le cas d'aciers des nuances FeE450 et FeE500.

NOTE 1

À section équivalente, plusieurs barres de faible diamètre sont préférables à des barres de gros diamètre, et les aciers à haute adhérence sont recommandés.

Lorsque la largeur du chaînage excède l'épaisseur du mur, les pourcentages ci-dessus s'appliquent à la section du béton comprise dans l'épaisseur du mur (Figure 7) et les armatures sont à placer dans cette section.

Figure 7 Armatures minimales des chaînages lorsqu'ils excèdent l'épaisseur du mur



Légende

- 1 Chaînage
- 2 Mur

La section hachurée correspond à la section concernée par le chaînage.

Des armatures transversales peuvent, le cas échéant, être prévues pour le montage des armatures longitudinales. Dans le cas de planchers-terrasses en béton armé, la section minimale des armatures longitudinales des chaînages

$$3,08 \times \frac{500}{R_e} \text{ cm}^2$$

est de :

Où R_e est la limite apparente d'élasticité garantie de l'acier, exprimée en MPa.

Ces armatures sont distinctes de celles des voiles d'acrotère ou des corniches.

NOTE 2

La section minimale ainsi définie est de :

- 7 cm² dans le cas d'aciers de nuance FeE235 ;
- 3,85 cm² dans le cas d'aciers de nuance FeE400 ;
- 3,08 cm² dans le cas d'aciers de nuance FeE500.

À section équivalente, plusieurs barres de faible diamètre sont préférables à des barres de gros diamètre, et les aciers à haute adhérence sont recommandés.

Il n'est pas traité du cas des planchers chauffants qui nécessitent un renforcement des armatures longitudinales, suivant la nature du chauffage et la disposition des éléments chauffants.

3.1.2 Chaînages verticaux

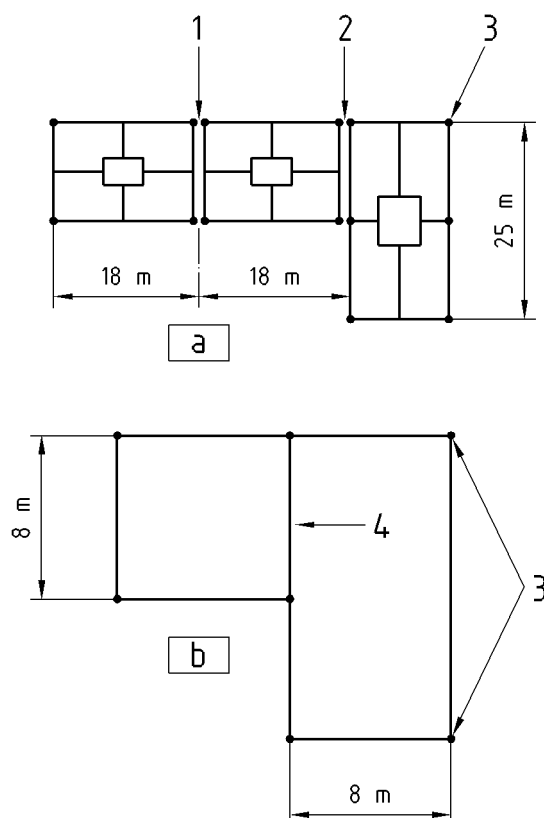
Sauf exception, des chaînages verticaux doivent être établis lorsque les deux conditions ci-après sont réunies :

- a les murs en maçonnerie sont porteurs ;
- b ces murs sont réalisés avec l'un des matériaux ci-après (référéncés dans la norme NF DTU 20.1 P1-2) :
 - briques creuses de terre cuite (à face de pose continue ou à rupture de joint) à perforations horizontales ;
 - briques de terre cuite à perforations verticales à enduire ou destinées à rester apparentes ;
 - blocs creux de granulats courants ;
 - blocs creux de granulats légers ;
 - blocs de béton cellulaire autoclavé.

NOTE 1

L'utilité des chaînages verticaux est double : ils ceinturent la maçonnerie en liaison avec les chaînages horizontaux et s'opposent, par ailleurs, au soulèvement des dalles de planchers en béton armé dans les angles. Ces chaînages doivent être réalisés au moins dans les angles saillants et rentrants des maçonneries, ainsi que de part et d'autre des joints de fractionnement du bâtiment (Figure 8).

Figure 8 Exemples d'implantation des chaînages verticaux pour immeuble collectif et maison individuelle (a) et coupe horizontale (b)



Légende

- 1 Joint diapason ou de dilatation ou refend porteur
- 2 Joint de dilatation
- 3 Chaînages verticaux
- 4 Refend porteur

Ces chaînages verticaux constituent de simples liaisons et n'interviennent pas comme des poteaux d'ossature. Leur section doit toutefois permettre la mise en place correcte du béton (voir 6.2.2 du Cahier des Clauses Techniques types NF DTU 20.1 P1-1).

NOTE 2

Une alvéole de section carrée de 10 cm de côté ou circulaire de 10 cm de diamètre est, en général, suffisante.

La section d'armatures des chaînages verticaux, réalisée en acier à haute adhérence de la nuance FeE500, doit être au moins équivalente à celle qui correspond à $\varnothing 10$. Ces armatures doivent être ancrées par retour d'équerre dans les planchers ou les chaînages horizontaux. Les recouvrements sont établis pour assurer la continuité.

3.1.3 Appui de linteaux isolés

La longueur d'appui de linteaux isolés résultant des calculs statiques qui précèdent sera limitée au minimum de 0,20 m.

NOTE

Voir paragraphe 6.4.4 de la norme NF DTU 20.1 P1-1 (CCT).

3.1.4 Appui des planchers

L'appui des planchers sur les parois porteuses est, sauf justification, au moins égal aux 2/3 de l'épaisseur de ces

parois, enduits non compris.

NOTE

Voir paragraphe 6.1 de la norme NF DTU 20.1 P1-1 (CCT). Cette règle est particulièrement importante dans les derniers niveaux.

3.1.5 Appui des baies

Les appuis de baies en béton armé de grande longueur (supérieure à 2 m) doivent comporter un pourcentage d'armatures longitudinales suffisant pour contrecarrer les effets du retrait.

NOTE

À défaut de justification, un pourcentage minimal forfaitaire de 0,25 % est admis.

3.1.6 Trumeaux porteurs et retours d'angles

Les trumeaux porteurs de moins de 0,80 m de largeur doivent comporter un élément porteur en béton, prolongé au moins jusqu'au chaînage inférieur.

Quand les efforts transmis par cet élément porteur conduisent à des contraintes supérieures aux contraintes admissibles, une semelle de répartition ou un renforcement de ce chaînage est nécessaire dans le matériau constitutif de la maçonnerie. Les armatures du trumeau en béton sont ancrées dans cette semelle.

NOTE

Voir paragraphe 6.4.2 de la norme NF DTU 20.1 P1-1.

3.1.7 Cas particuliers des ouvrages saillants

Il s'agit ici des ouvrages en béton armé, saillants en façade (bandeaux, balcons, loggias, coursives ou corniches), à l'exclusion des acrotères surmontant éventuellement les maçonneries du dernier étage, lesquels sont traités dans la norme NF DTU 20.12.

NOTE

Les figures illustrant le présent paragraphe ne sont pas représentées dans les Règles BAEL. Elles ont pour but de permettre une meilleure compréhension du texte. C'est la raison pour laquelle il a paru utile de rappeler, en face de ces figures, les prescriptions des Règles BAEL.

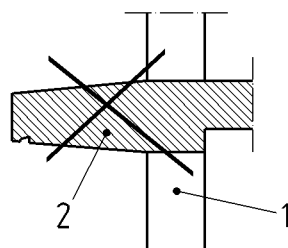
3.1.7.1 Section du béton

Lorsque des ouvrages extérieurs en béton armé sont saillants en façade, leur section doit être réduite à la valeur strictement nécessaire (Figure 9).

NOTE

Il faut éviter les éléments extérieurs volumineux en béton.

Figure 9 Disposition proscrite

**Légende**

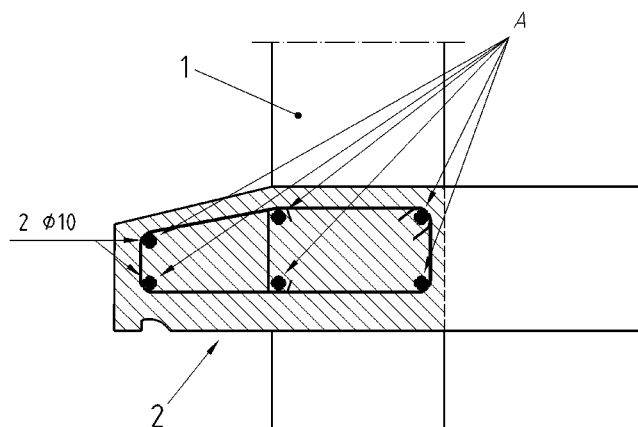
- 1 Mur en maçonnerie
2 Corniche

3.1.7.2 Bandeaux saillants

Leur longueur est, en général, égale à la distance entre joints de fractionnement.

Ils doivent comporter une section minimale d'armatures longitudinales, en acier à haute adhérence de nuance FeE500, au moins égale à 0,40 % de la section du béton (Figure 10).

Figure 10 Bandeau saillant et armatures



$$A_n = 0,4 \times \frac{S}{100} \times \frac{500}{R_e}$$

S = surface hachurée

R_e exprimée en MPa

Légende

- 1 Mur
2 Bandeau

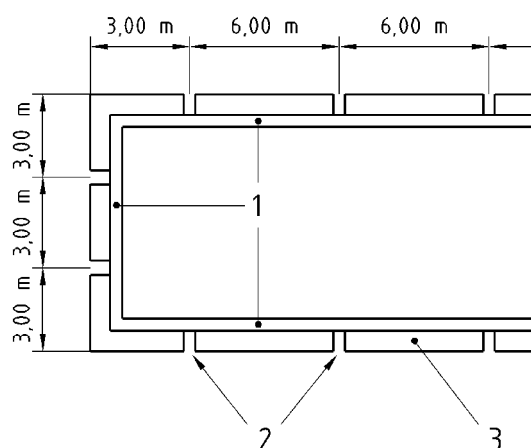
Remarque : Au niveau du bandeau, sont disposés au minimum 2Ø10 ou 3Ø8 suivant la hauteur de l'élément.

3.1.7.3 Balcons, loggias, coursives ou corniches

Lorsque ces éléments sont recoupés par des joints transversaux dont la distance est au plus égale à :

- 6 m dans les régions humides et tempérées (Figure 11) ;

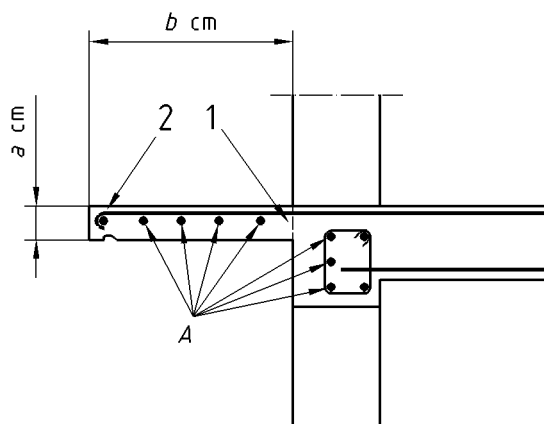
Figure 11 Corniche, joints et chaînages

**Légende**

- 1 Chaînage filant
- 2 Joints
- 3 Corniche

filants

- 4 m dans les régions sèches ou à forte opposition de température (telles la région littorale méditerranéenne et certaines régions de l'Est de la France, à climat relativement continental) ;
Ils doivent comporter une section minimale d'armatures longitudinales, en acier haute adhérence de nuance FeE500, supérieure ou égale à 0,16 % ou 0,20 % de la section du béton (Figure 12) :
Figure 12 Corniche ou balcons recoupés par des joints transversaux rapprochés



$$A_n = 0,16 \text{ ou } 0,20 \times \frac{a \times b}{100} \times \frac{500}{R_e}$$

R_e exprimée en MPa

Légende

- 1 Joint transversal
- 2 Armature de plus gros diamètre

- 0,16 % de la section de béton, lorsque le béton a une résistance à la traction f_{t28} au moins égale à 2,4 MPa et que des précautions sont prises pour éviter une dessiccation trop rapide pendant les premiers jours du durcissement ;
- 0,20 % de la même section lorsque les conditions ci-dessus ne sont pas réalisées.

Lorsque les longueurs des éléments dépassent :

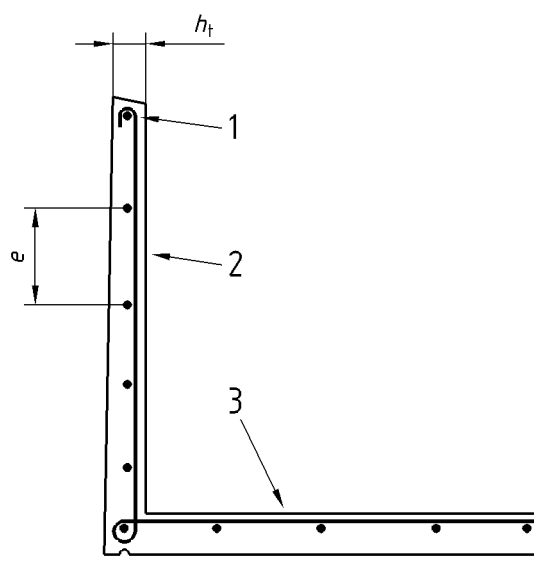
- 12 m dans les régions humides et tempérées ;
- 8 m dans les régions sèches ou à forte opposition de température ;

ou lorsque les éléments sont solidaires à leurs extrémités d'une structure rigide (balcon ou loggia entre deux murs), la section minimale d'armatures longitudinales, en acier HA de nuance FeE500, doit être supérieure ou égale à 0,40 % de la section de béton.

Pour les longueurs comprises entre 6 m et 12 m d'une part, et 4 m et 8 m d'autre part, suivant les régions, la section minimale des armatures longitudinales est obtenue par interpolation linéaire entre les valeurs précédentes.

L'espacement « e » maximal des armatures longitudinales est égal à la plus petite des deux valeurs $2,5 h_t$ (h_t étant l'épaisseur minimale de l'élément) et 25 cm (Figure 13).

Figure 13 Balcon et garde-corps



Légende

- 1 Armature de plus gros diamètre
- 2 Garde corps
- 3 Balcon

On doit renforcer la section d'armatures par la mise en place d'une barre de plus gros diamètre ou éventuellement d'un groupe de barres :

- au voisinage de l'extrémité des éléments en saillie (bandeaux saillants, balcons) ;
- à la partie haute des garde-corps.

NOTE

Les barres de trop gros diamètre placées à l'extrémité d'un élément mince exposé aux intempéries sont à éviter, en raison du risque de corrosion de l'acier et d'éclatement du béton.

Les armatures normales ou de renfort à l'extrémité des éléments saillants ne doivent pas avoir un diamètre supérieur au dixième de l'épaisseur ou de la plus petite dimension du béton.

Pour éviter que des fissures ne se propagent dans le prolongement des joints transversaux lorsque de tels joints ont été prévus, il faut que les balcons, corniches, etc, comportent au droit des joints et au voisinage de la coupure, des armatures dont la section est du même ordre que celle disposée dans l'élément coupé.

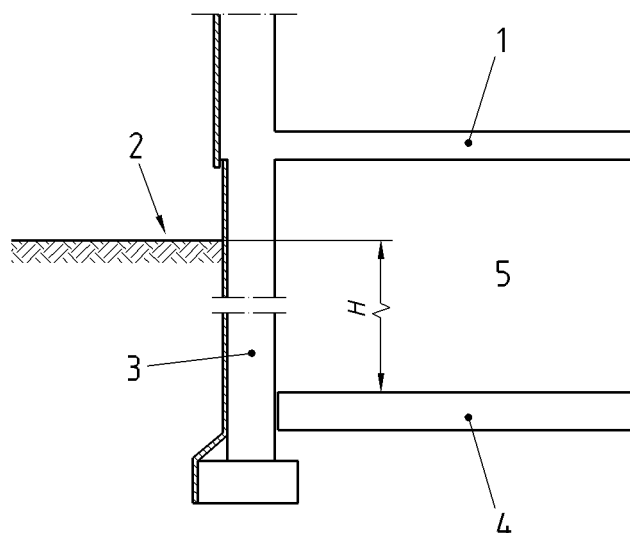
3.1.8 Cas particulier des murs enterrés en maçonnerie enduite en blocs de béton cellulaire autoclavé (contreforts de soutènement)

Afin d'accroître la stabilité des murs précités sous la poussée des terres, il y a lieu d'établir des contreforts verticaux espacés de :

- 6 m lorsque la hauteur H des terres est inférieure à 1,80 m ;
- 2,50 m lorsque la hauteur H des terres est comprise entre 1,80 m et 2,40 m ;

cette hauteur étant mesurée à partir du niveau bas du local (Figures 14 et 15).

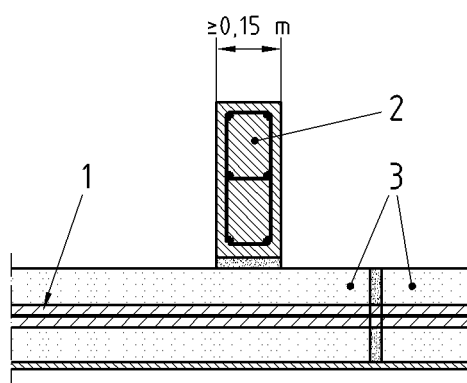
Figure 14 Soubassement en béton cellulaire autoclavé



Légende

- 1 Plancher
- 2 Niveau des terres
- 3 Mur en blocs de béton cellulaire autoclavé
- 4 Dallage
- 5 Sous-sol

Figure 15 Coupe horizontale sur un contrefort au niveau d'un chaînage horizontal



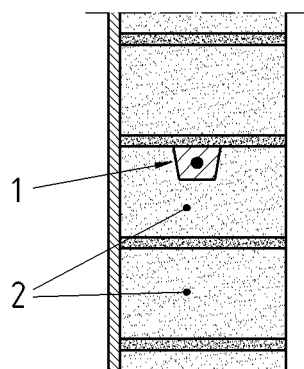
Légende

- 1 Chaînage horizontal intermédiaire en béton armé
- 2 Contrefort vertical
- 3 Blocs de béton cellulaire

En plus de ces raidisseurs verticaux, il est nécessaire d'établir dans les joints horizontaux de maçonnerie situés environ au tiers et aux deux tiers de la hauteur des murs, des chaînages intermédiaires en béton armé de section 5 cm x 5 cm environ, ayant pour armature minimale un acier Ø12 à haute adhérence (Figure 16) ou de mettre en place

dans tous les joints horizontaux des armatures en treillis galvanisé.

Figure 16 Coupe verticale sur un chaînage horizontal



Légende

- 1 Chaînage horizontal
- 2 Blocs de béton cellulaire

3.2 Fractionnement des murs par des joints de dilatation et de retrait

3.2.1 Considérations générales

Des joints de dilatation et de retrait sont nécessaires dans les maçonneries de grande surface.

La distance entre deux joints successifs, ou entre l'extrémité du bâtiment et le premier joint, est à apprécier en fonction des éléments ci-après :

- rôle des maçonneries (porteuses ou de remplissage) ;
- conception générale du bâtiment.

À défaut de justifications, les distances maximales fixées en 3.2.2 sont retenues.

3.2.2 Distance maximale entre joints

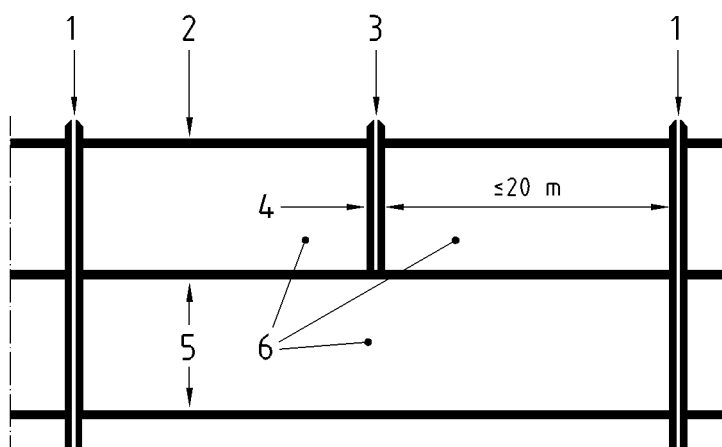
3.2.2.1 Maçonneries porteuses

Dans les constructions à façades en maçonnerie porteuse, les joints de dilatation et de retrait intéressent toute la structure ; leur espacement ne peut être supérieur aux valeurs ci-après :

- 20 m dans les régions sèches ou à forte opposition de température ;
- 35 m dans les régions humides et tempérées.

Lorsque les ouvrages surmontant le plancher en béton armé de la toiture ont une résistance thermique inférieure à celle qui figure dans la norme NF DTU 20.12, il est nécessaire de recouper le gros oeuvre de la toiture et les maçonneries porteuses dans la hauteur du dernier étage par des joints supplémentaires, appelés « joints diapason », et prévus de telle sorte que la distance entre joints de fractionnement successifs ne dépasse pas 20 m (Figures 17 et 18).

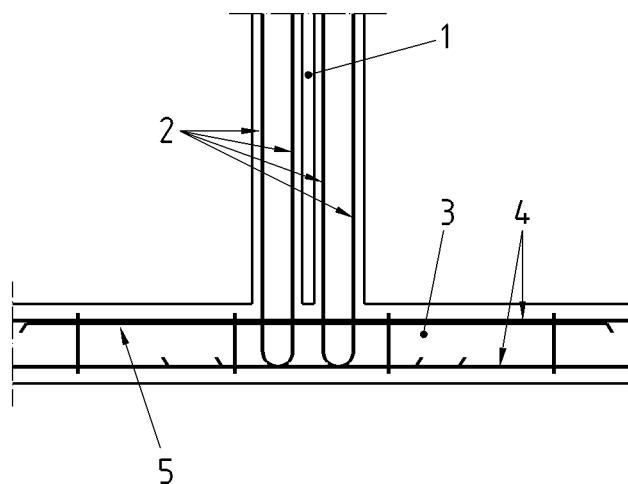
Figure 17 Joint diapason — Principe



Légende

- 1 Joint de dilatation
- 2 Plancher terrasse
- 3 Joint diapason
- 4 Chaînage vertical
- 5 Planchers intermédiaires
- 6 Maçonnerie

Figure 18 Joint diapason — Détail



Légende

- 1 Joint diapason
- 2 Chaînages verticaux
- 3 Plancher
- 4 Chaînage
- 5 Renfort

NOTE

Entre les valeurs limites de 20 m et 35 m, on peut retenir, pour un bâtiment de situation géographique déterminée, une valeur intermédiaire justifiée. À titre d'exemple, on peut admettre comme distances entre joints des longueurs de :

- 20 m dans les départements voisins de la Méditerranée ;

- 25 m dans les régions de l'Est, les Alpes, les Pyrénées et le Massif Central ;
- 30 m dans la région parisienne ;
- 35 m dans les régions de l'Ouest.

Il est à noter, à cet égard, que les règles BAEL admettent que l'on peut ne pas tenir compte, pour les bâtiments courants (bâtiments d'habitation et à usage de bureaux), des effets du retrait et des variations de la température extérieure, dès l'instant que ces bâtiments sont recoupés par des joints dont la distance ne dépasse pas :

- 25 m dans les régions sèches ou à forte opposition de température ;
- 50 m dans les régions humides et tempérées.

Pour la France métropolitaine, un commentaire de ces mêmes règles admet les distances maximales ci-après entre joints :

- 25 m dans les départements de la Méditerranée ;
- 30 m à 35 m dans les régions de l'Est, les Alpes et le Massif central ;
- 40 m dans la région parisienne ;
- 50 m dans les régions de l'Ouest.

Il est toutefois bien précisé, dans ces mêmes règles, que cette tolérance ne s'applique qu'aux bâtiments ayant une ossature complète en béton armé reposant sur des supports normalement flexibles (ce qui est le cas des poteaux courants en béton armé non bloqués par des remplissages).

Lorsque le support des planchers en béton armé est constitué par des panneaux de maçonnerie, ces panneaux n'ont en général pas une déformabilité suffisante, et il en résulte dans les maçonneries des sollicitations de traction et de cisaillement (le problème est d'ailleurs sensiblement le même lorsque des panneaux en maçonnerie viennent en remplissage d'une ossature porteuse en béton armé). C'est la raison pour laquelle les distances entre joints de fractionnement doivent être réduites dans le cas où les murs sont en maçonnerie.

Dans la norme NF DTU 20.12, la résistance thermique minimale requise pour les ouvrages surmontant le plancher de la toiture est de $1 \text{ }^{\circ}\text{C.m}^2/\text{W}$.

3.2.2.2 Maçonneries de remplissage

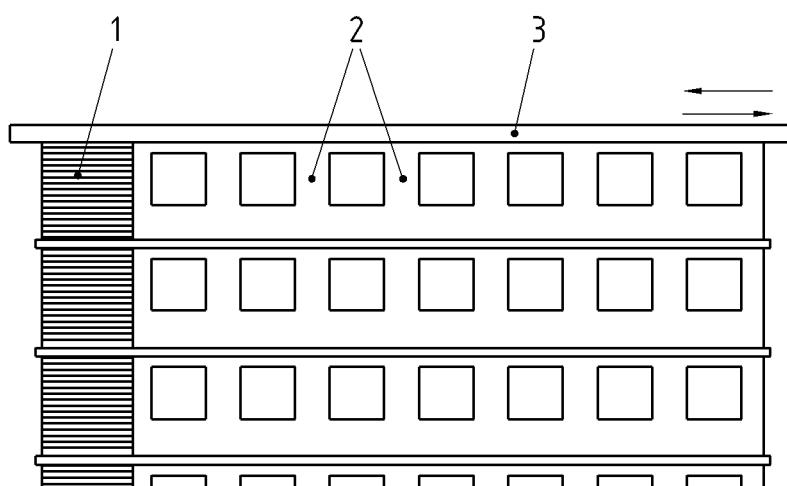
Dans les constructions à façades en maçonnerie de remplissage, les joints de dilatation et de retrait intéressent toute la structure ; leur espacement maximal doit être compris entre les deux limites ci-après :

- 20 m à 35 m dans les régions sèches ou à forte opposition de température ;
- 30 m à 35 m dans les régions humides et tempérées.

NOTE

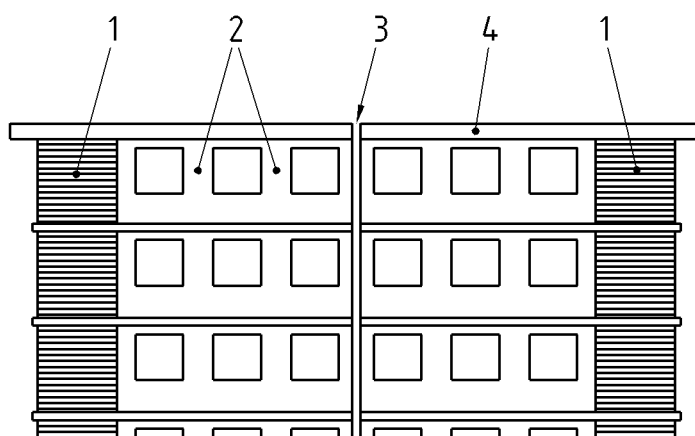
Dans la fourchette des valeurs limites indiquées pour une région donnée, la limite supérieure peut, à titre indicatif, être retenue lorsque les maçonneries de remplissage sont homogènes sur toute la longueur du bâtiment et lorsque le point d'ancrage du plancher (cage d'escalier, cage d'ascenseur) se trouve sensiblement au centre du corps du bâtiment compris entre deux joints successifs. Par contre, la limite inférieure est à retenir lorsqu'il existe un point d'ancrage (cage d'escalier, murs en maçonnerie lourde ou en béton) très excentré par rapport au corps de bâtiment considéré (Figure 19) de telle sorte que les effets du retrait et de la dilatation ne s'exercent pratiquement que dans une seule direction. De même, les solutions dans lesquelles il existe, aux deux extrémités du bâtiment, des maçonneries lourdes ou des murs en béton banché (Figure 20) impliquent presque toujours la création d'un joint intermédiaire, même lorsque la longueur du bâtiment est inférieure aux valeurs ci-dessus.

Figure 19 Maçonnerie de remplissage et point d'ancrage excentré

**Légende**

- 1 Maçonnerie lourde ou béton
- 2 Maçonnerie légère
- 3 Dalle en béton armé

Figure 20 Maçonnerie de remplissage et joint de fractionnement

**Légende**

- 1 Maçonnerie lourde ou béton
- 2 Maçonnerie légère
- 3 Joint de fractionnement
- 4 Dalle en béton armé

Entre les valeurs limites indiquées ci-avant, on peut retenir, pour un bâtiment de situation géographique déterminée, des fourchettes de valeurs intermédiaires justifiées. A titre d'exemple, pour la France métropolitaine, on peut admettre, entre joints, les longueurs ci-après :

- 20 m à 25 m dans les départements voisins de la Méditerranée ;
- 25 m à 35 m dans les régions de l'Est, les Alpes, les Pyrénées et le Massif Central ;
- 30 m à 40 m dans la région parisienne ;
- 35 m à 50 m dans les régions de l'Ouest.

Les prescriptions indiquées en 3.2.2.1 concernant l'étage de sous-toiture (joints diapason) s'appliquent également au cas des maçonneries de remplissage.

Un fractionnement complémentaire, intéressant seulement la maçonnerie de remplissage, par des joints calfeutrés après coup avec un mastic, distants de 8 m à 15 m selon la conception et les conditions d'exposition de la façade, doit éventuellement être prévu à tous les étages, lorsque la maçonnerie est constituée de matériaux à fortes variations dimensionnelles.

4 Epaisseurs minimales des parois et murs

4.1 Murs de façade

4.1.1 Epaisseurs minimales des parois principales des murs de types I, II et III, en fonction de leur résistance à la pénétration de la pluie

Pour la définition des types de murs, il convient de se référer à la partie 3 de la norme NF DTU 20.1.

4.1.1.1 Domaine d'application

L'épaisseur considérée est l'épaisseur brute des parois en maçonnerie des murs simples ou de la paroi extérieure des murs avec doublage constituant des murs de types I, II ou III.

NOTE 1

Toutefois, dans le cas de revêtements minces en pierres attachées (NF DTU 55.2), on peut admettre les épaisseurs qui sont indiquées ci-après pour les murs des types II ou III, étant entendu que, dans ces types de murs, la paroi interne n'est pas enduite sur sa face extérieure.

Cette épaisseur est définie dans l'hypothèse de matériaux répondant aux normes en vigueur, mis en oeuvre conformément aux indications de la norme NF DTU 20.1 P1-1 (CCT).

Pour les murs doubles, on se référera au 7.1.2 de la NF DTU 20.1 P1-1 CCT) et pour les parois de maçonnerie placées en habillage extérieur de maisons légères à ossature porteuse, au paragraphe 7.2 de ce même document.

NOTE 2

Des épaisseurs inférieures à celles définies dans ce paragraphe ne sont pas traitées dans le présent document, il peut s'agir, par exemple :

- de murs de type II ou III où toutes les prescriptions, notamment celles requises vis-à-vis du risque de pénétration de l'eau de pluie (dispositifs spécifiques, précautions contre la fissuration, etc.), excepté celle de l'épaisseur de paroi, sont satisfaites et où, d'autre part, le site de la construction est moins sévère que ne le permettrait le type de mur réalisé : un examen cas par cas est nécessaire pour apprécier dans quelles limites les précautions ci-dessus et la moindre sévérité de l'exposition autorisent une réduction de l'épaisseur ;
- de certains procédés mettant en oeuvre des murs dont la conception générale est identique à celle des murs du type III avec paroi externe en maçonnerie et cloison interne de doublage, mais fondés sur le principe que la paroi extérieure a pour rôle de servir d'écran à la pluie battante et peut laisser passer des quantités d'eau non négligeables, mais sans pression.

4.1.1.2 Murs et parois en moellons et pierre dimensionnée

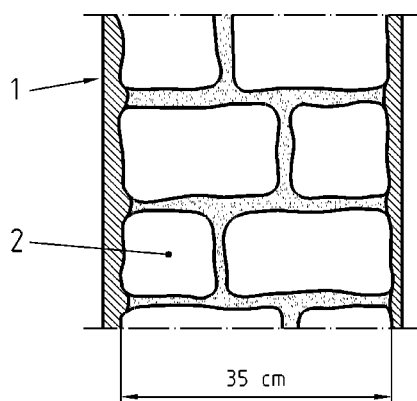
4.1.1.2.1 Murs en moellons enduits

L'épaisseur de la paroi unique (murs des types I et IIa) ou de la paroi extérieure (murs des types IIb et III) est fonction des dimensions courantes des moellons.

NOTE

Il est rare qu'une paroi en moellons enduits puisse avoir une épaisseur inférieure à 35 cm (Figure 21).

Figure 21 Murs du type I en moellons épaisseur minimale



Légende

- 1 Enduit
- 2 Moellon

4.1.1.2.2 Cas des maçonneries apparentes (moellons, moellons équarris, pierre dimensionnée)

Les épaisseurs minimales de maçonneries en pierres apparentes sont fixées en fonction des coefficients de capillarité des matériaux employés.

NOTE 1

Le cheminement de l'eau par capillarité à travers une paroi non enduite est en effet lié au coefficient d'absorption d'eau par capillarité des matériaux constitutifs de cette paroi.

Les prescriptions ci-après ne sont valables que si le coefficient de capillarité C du mortier de pose est du même ordre de grandeur, ou moins élevé, que le coefficient d'absorption d'eau par capillarité $C_{2w,s}$ de la pierre associée.

NOTE 2

Dans le cadre de pose au plâtre ordinaire, il est rappelé que le coefficient de capillarité de ce matériau est en général supérieur à $650 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$.

Compte tenu des considérations ci-dessus, l'épaisseur minimale brute, exprimée en centimètres, des parois extérieures en pierre dimensionnée ou moellons équarris apparents est fixée par le Tableau 1. L'épaisseur minimale des murs en moellons laissés apparents est donnée dans le Tableau 2.

Tableau 1 Epaisseurs minimales des parois extérieures en pierre dimensionnée ou moellons équarris apparents

$C_{2w,s}$ parallèle au sens du lit NF EN 772-11 en $g/m^2 \cdot s^{0,5}$	Mur de type I (cm)	Murs de types IIa et IIb (cm)
≤ 260	30	20
520	30	22,5
780	30	25
1 040	35	30
$> 1\,300$	40	30

Pour les murs de type I, IIa et IIb, lorsque les pierres naturelles utilisées ont des coefficients de capillarité $C_{2w,s}$ intermédiaires entre deux valeurs du tableau, l'épaisseur de la paroi s'obtient par interpolation linéaire.

L'épaisseur des murs de type III est au minimum de 20 cm quelque soit le coefficient de capillarité de la pierre naturelle, avec jointoiement après coup obligatoire.

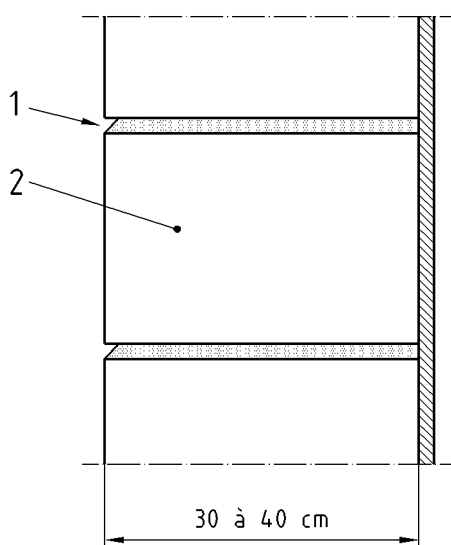
Le jointoiement après coup est obligatoire seulement pour les murs de type IIb.

Les Figures 22 à 28 résument ces dispositions.

Tableau 2 Epaisseurs minimales des parois extérieures en moellons

$C_{2w,s}$ parallèle au sens du lit NF EN 772-11 en $g/m^2 \cdot s^{0,5}$	Mur de type I (cm)	Murs de types IIa et IIb (cm)
≤ 260	35	35
520	35	35
780	35	35
1 040	40	35
$> 1\,300$	45	35

Figure 22 Moellons équarris ou pierre dimensionnée du type I

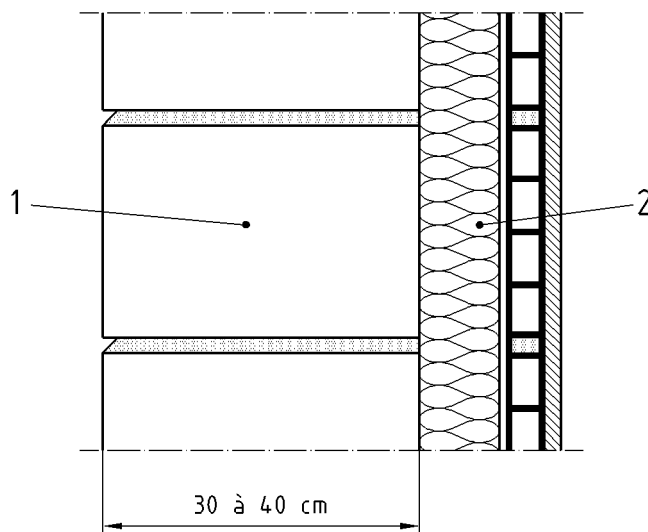


Légende

1 Joint plat ou à glacis

2 Pierre dimensionnée

Figure 23 Moellons équarris ou pierre dimensionnée du type I

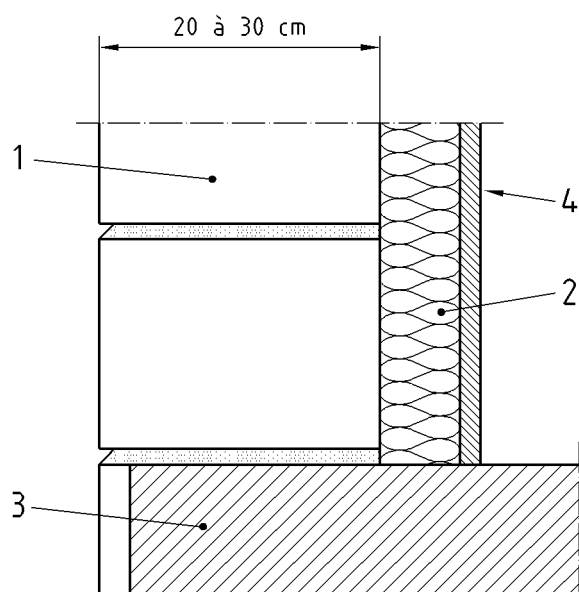


Légende

1 Pierre dimensionnée

2 Isolant hydrophile

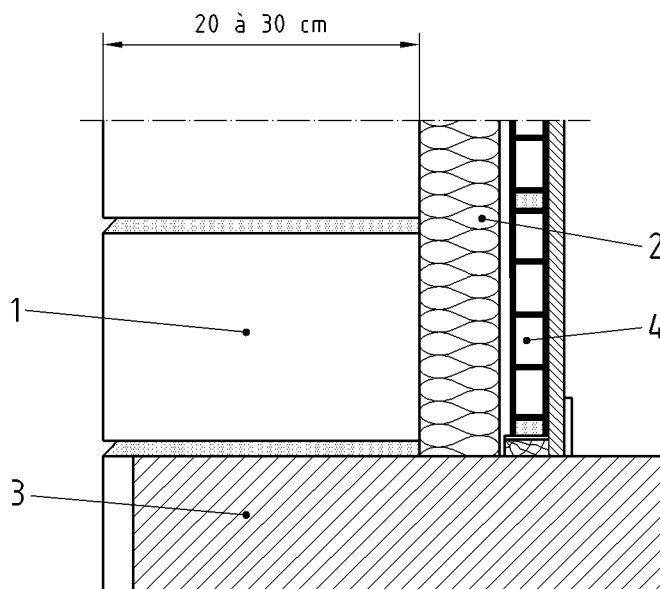
Figure 24 Moellons équarris ou pierre dimensionnée du type IIa



Légende

- 1 Pierre dimensionnée
- 2 Isolant non hydrophile
- 3 Plancher
- 4 Plaque de parement

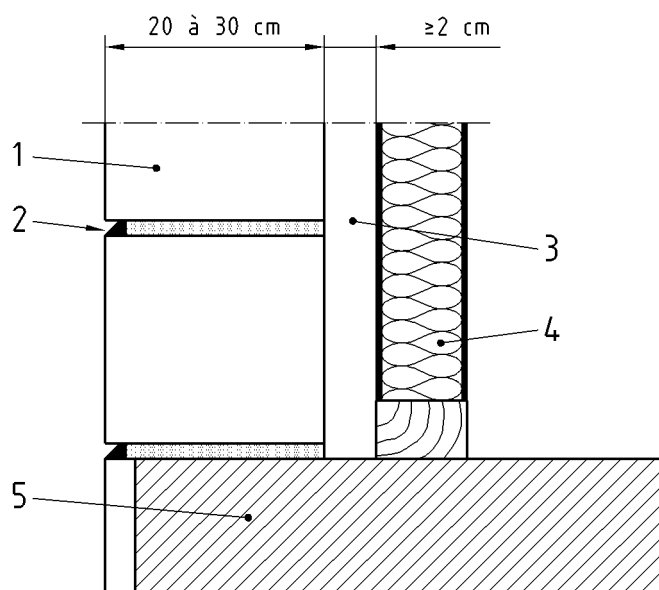
Figure 25 Moellons équarris ou pierre dimensionnée de mur du type IIa



Légende

- 1 Pierre dimensionnée
- 2 Isolant non hydrophile
- 3 Plancher
- 4 Cloison de doublage

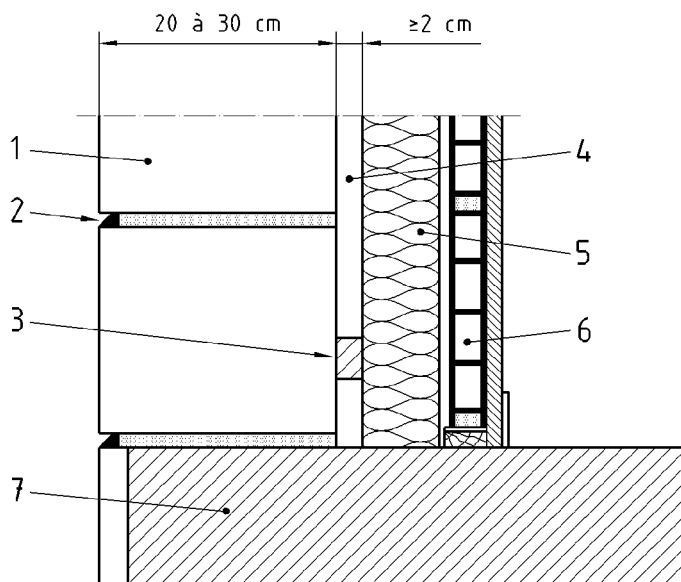
Figure 26 Moellons équarris ou pierre dimensionnée de murs de type IIb



Légende

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| 1 Pierre dimensionnée | 4 Cloison de doublage |
| 2 Jointement après coup | 5 Plancher |
| 3 Lame d'air | |

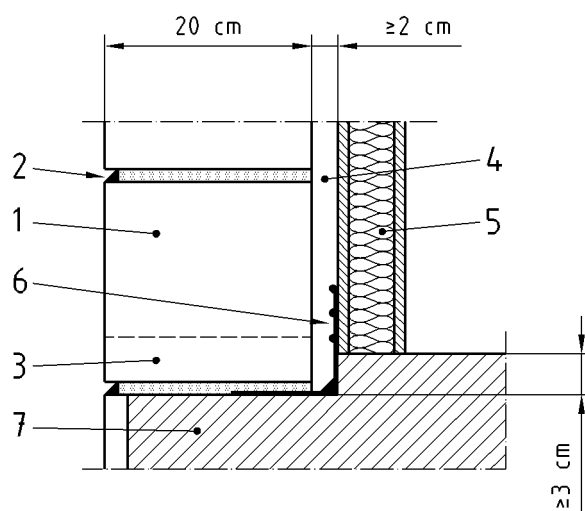
Figure 27 Moellons équarris ou pierre dimensionnée de murs de type IIb



Légende

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1 Pierre dimensionnée | 5 Isolant non hydrophile en panneaux rigides ou semi-rigides |
| 2 Jointement après coup | 6 Cloison de doublage |
| 3 Cales ou plots imputrescibles | 7 Plancher |
| 4 Lame d'air | |

Figure 28 Moellons équarris ou pierre dimensionnée de murs du type III



Légende

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| 1 Pierre dimensionnée | 5 Cloison isolante de doublage |
| 2 Jointement après coup | 6 Profilé en équerre |
| 3 Joint vertical non garni à la base | 7 Plancher |
| 4 lame d'air | |

4.1.1.3 Murs et parois en maçonnerie autre que la pierre

L'épaisseur minimale brute de la paroi extérieure en maçonnerie est, en règle générale, et quel que soit le type de mur, de 20 cm.

Elle peut cependant être différente :

- pour des raisons de disponibilité de matériaux (dimensions de fabrication : murs de 22 en briques pleines ou perforées, que les maçonneries soient destinées ou non à rester apparentes, murs de 19 en blocs pleins ou creux de béton de granulats courants destinés à rester apparents, etc.) ;
- dans le cas des murs de type I : cette épaisseur minimale varie en fonction de la nature du matériau et de l'exposition. Voir NF DTU 20.1 P3.

Tableau 3 Epaisseurs minimales des murs de type I

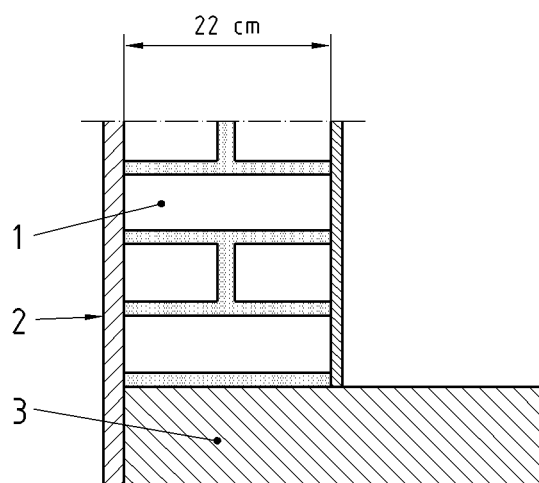
Types de mur	Épaisseur (cm)
Murs en briques pleines ou perforées HD	22
Murs en blocs pleins ou creux de béton de granulats courants	20 ^(a) 27,5 ^(c) 32,5 ^(e)
Murs en blocs pleins ou creux de béton de granulats légers	22,5 27,5 ^(c)
Murs en briques creuses de terre cuite à perforations horizontales LD	20 ^(a) 27,5 ^(b)
Murs en blocs perforés de terre cuite à perforations verticales LD	20 ^(a) 27,5 ^(b) 30 ^(d) 37,5 ^(f)
Murs en blocs pleins de béton cellulaire autoclavé	20 ^(a) 25
<p>(a) L'épaisseur minimale de 20 cm ou 22,5 cm s'applique aux murs du type I dont l'emploi est envisagé :</p> <p>— pour les façades abritées ou en situation (a), (b) ou (c) pour les façades non abritées, dont la hauteur au-dessus du sol ne dépasse pas 6 m.</p> <p>(b) L'épaisseur minimale de 27,5 cm s'applique aux murs de type I dont l'emploi est envisagé en situation (a), (b) ou (c) pour des façades non abritées dont la hauteur au-dessus du sol est comprise entre 6 m et 18 m.</p> <p>(c) L'épaisseur minimale de 27,5 cm suivant la nature du matériau s'applique aux murs du type I dont l'emploi est envisagé en situation (d) pour des façades non abritées hors front de mer, dont la hauteur au-dessus du sol est inférieure à 6 m.</p> <p>(d) L'épaisseur minimale de 30 cm s'applique aux murs du type I en terre cuite en situation (d) pour des façades non abritées hors front de mer, dont la hauteur au-dessus du sol est inférieure à 6 m. Enfin, elle peut être abaissée dans les conditions définies en remarque ci-avant après étude cas par cas.</p> <p>(e) L'épaisseur minimale de 32,5 cm s'applique aux murs du type I dont l'emploi est envisagé en situation (a), (b), (c) pour des façades non abritées dont la hauteur au-dessus du sol est comprise entre 18 m et 28 m.</p> <p>(f) L'épaisseur minimale de 37,5 cm s'applique aux murs du type I dont l'emploi est envisagé en situation (a), (b) ou (c) pour des façades non abritées dont la hauteur au-dessus du sol est comprise entre 18 m et 28 m.</p>	

Les figures 29 à 58 résument la plupart de ces dispositions.

NOTE

Les murs de type I ne sont admis qu'en maçonnerie enduite.

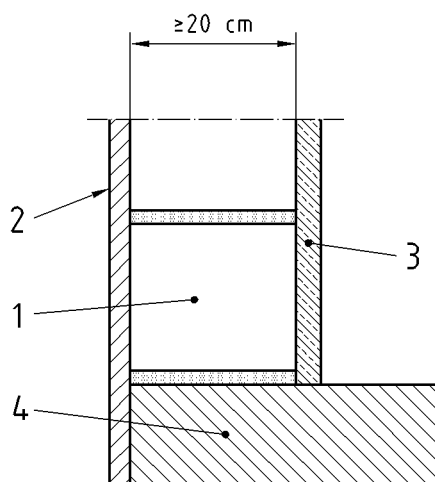
Figure 29 Mur de type I en brique pleine ou perforée



Légende

- 1 Briques pleines ou perforées
- 2 Enduit traditionnel
- 3 Plancher

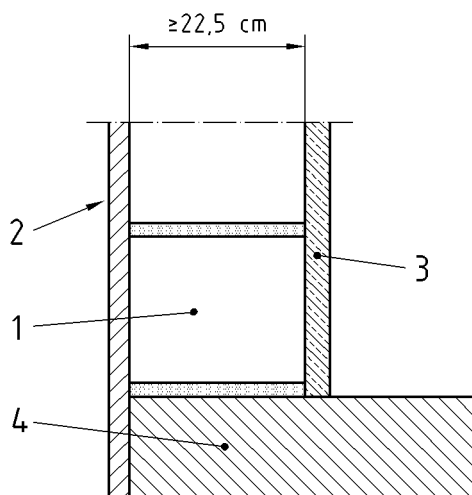
Figure 30 Mur de type I en blocs pleins ou perforés de béton de granulats courants



Légende

- 1 Bloc plein ou perforé de béton de granulats légers
- 2 Enduit extérieur traditionnel
- 3 Enduit isolant hydrophile
- 4 Plancher

Figure 31 Mur de type I en blocs pleins ou perforés de béton de granulats légers



Légende

- 1 Bloc plein ou perforé de béton de granulats légers
- 2 Enduit traditionnel
- 3 Enduit ou revêtement hydrophile
- 4 Plancher

Figure 32 Mur de type I en blocs creux de béton de granulats courants

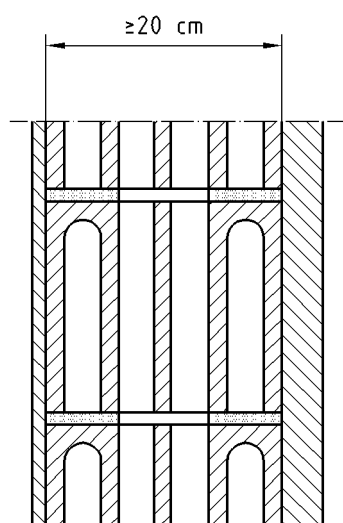


Figure 33 Mur de type I en blocs creux de béton de granulats légers

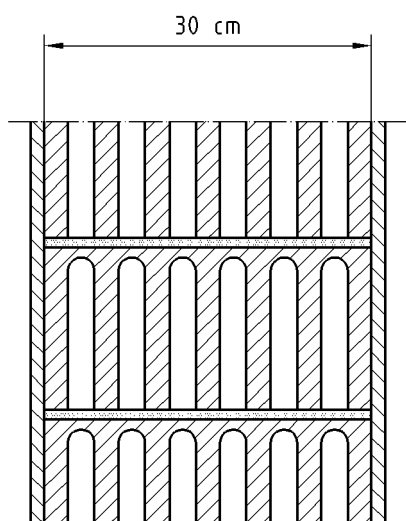


Figure 34 Mur de type I en briques creuses de terre cuite à perforations horizontales

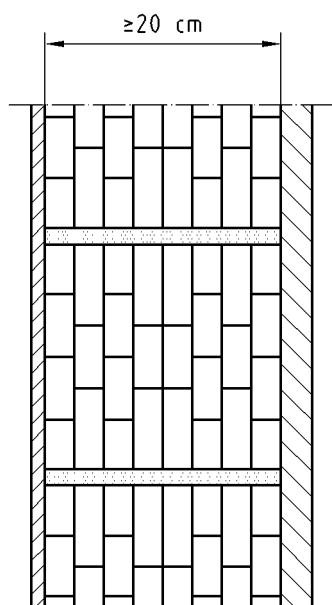


Figure 35 Mur de type I en briques creuses de terre cuite à perforations horizontales et à rupture de joint

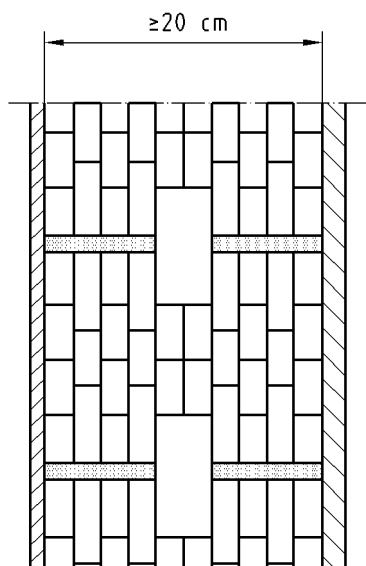


Figure 36 Mur de type I en blocs perforés de terre cuite à perforations verticales

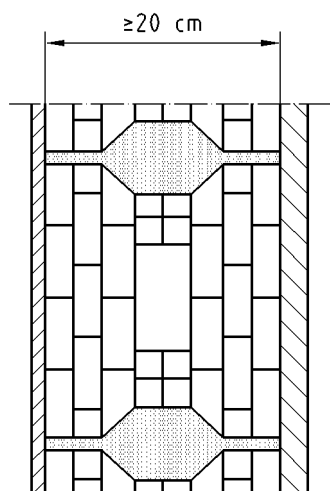


Figure 37 Mur de type I en blocs enduits de béton cellulaire autoclavé

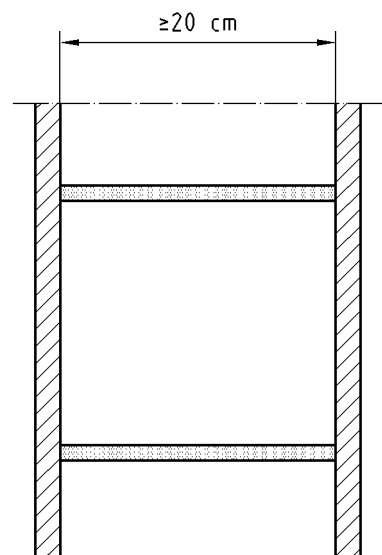
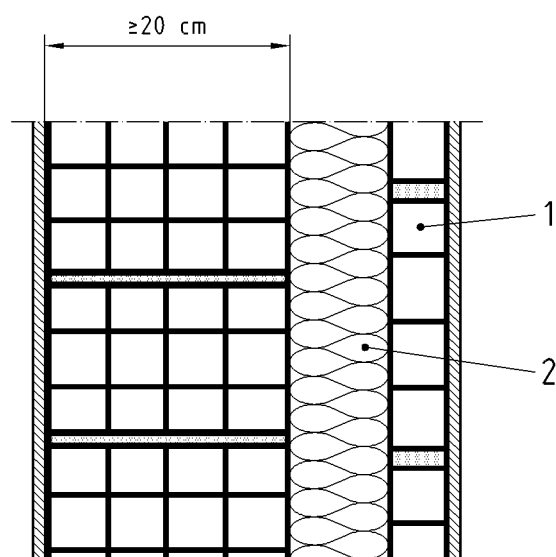


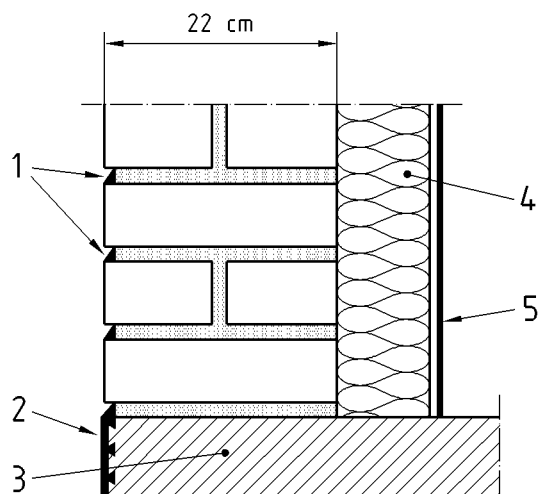
Figure 38 Mur de type I avec une double paroi et un isolant hydrophile en sandwich



Légende

- 1 Cloison de doublage
- 2 Isolant hydrophile

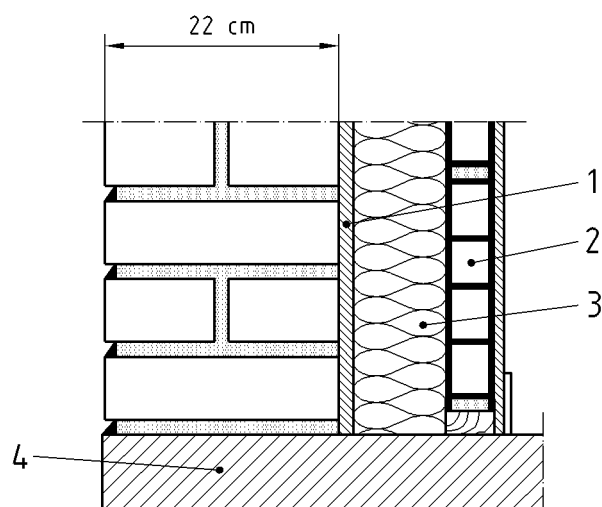
Figure 39 Exemple de mur de type IIa



Légende

- 1 Jointement après coup
- 2 Plaquettes éventuelles
- 3 Plancher
- 4 Isolant non hydrophile
- 5 Plaque de parement

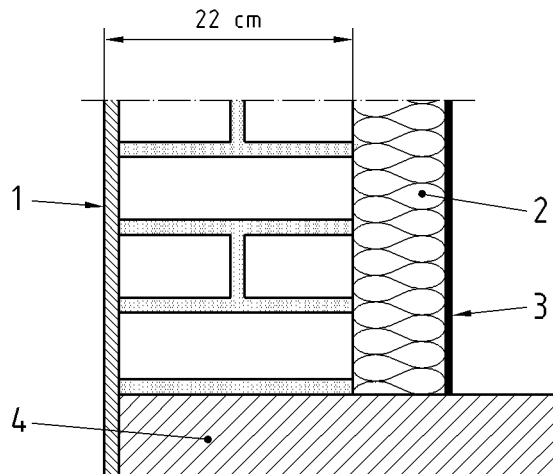
Figure 40 Exemple de mur de type IIa



Légende

- 1 Enduit éventuel
- 2 Cloison de doublage
- 3 Isolant non hydrophile
- 4 Plancher

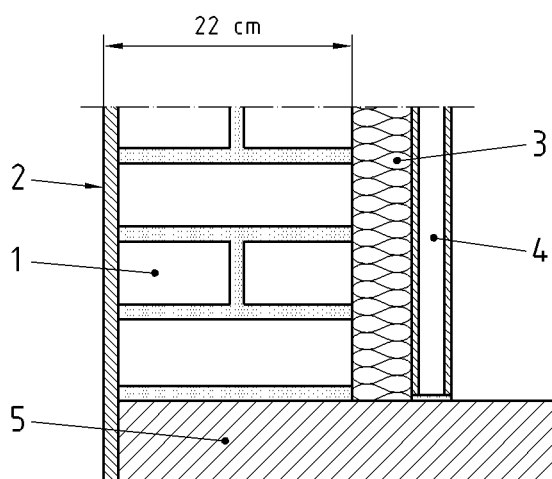
Figure 41 Exemple de mur de type IIa



Légende

- 1 Enduit traditionnel
- 2 Isolant non hydrophile
- 3 Plaque de parement
- 4 Plancher

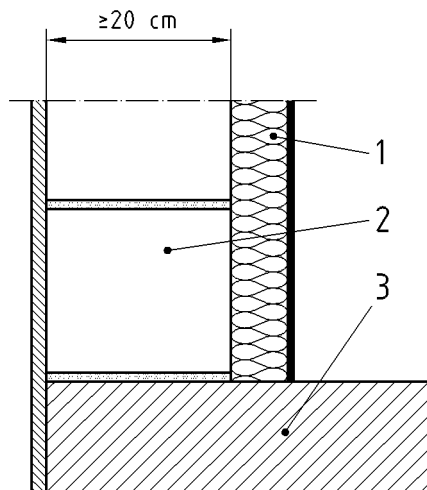
Figure 42 Exemple de mur de type IIa



Légende

- 1 Brique pleine ou perforée
- 2 Enduit traditionnel
- 3 Isolant non hydrophile
- 4 Cloison de doublage
- 5 Plancher

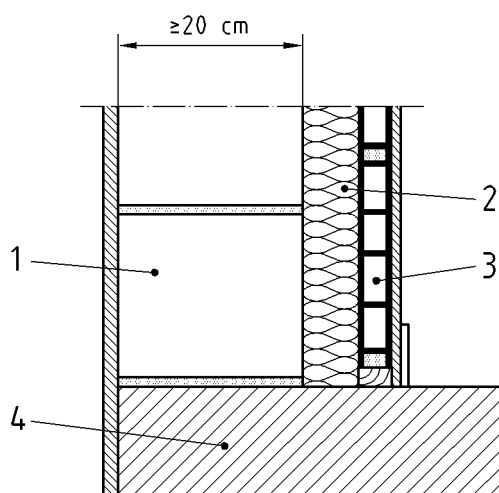
Figure 43 Exemple de mur de type IIa en blocs pleins enduits de béton de granulats courants ou légers



Légende

- 1 Doublage isolant non hydrophile
- 2 Blocs pleins de granulats courants ou légers
- 3 Plancher

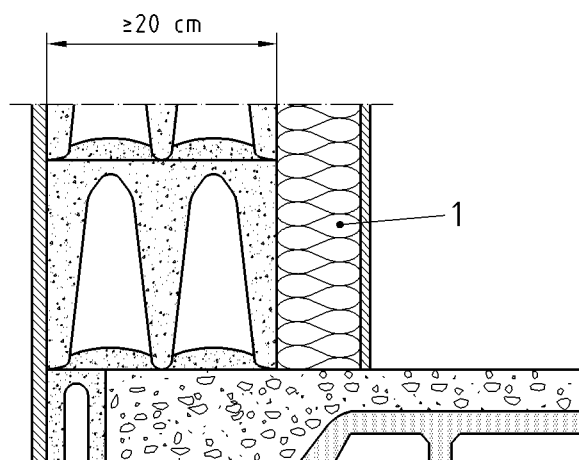
Figure 44 Exemple de mur de type IIa en blocs pleins enduits de béton de granulats courants ou légers



Légende

- 1 Blocs pleins de granulats courants ou légers
- 2 Isolant non hydrophile
- 3 Cloison de doublage
- 4 Plancher

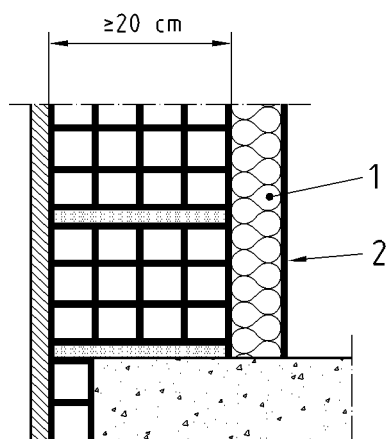
Figure 45 Exemple de mur de type IIa en blocs creux de béton de granulats courants ou légers



Légende

- 1 Isolant non hydrophile

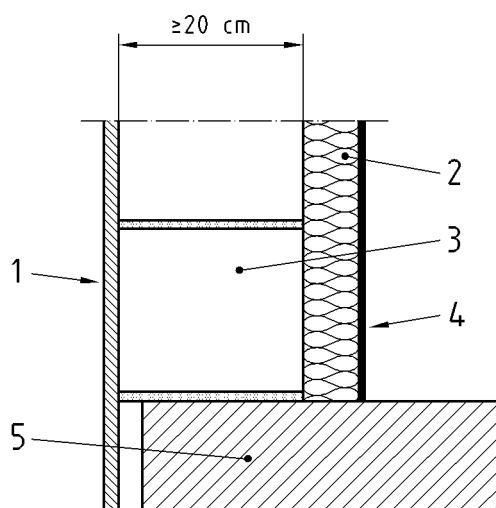
Figure 46 Mur de type IIa en briques creuses ou blocs perforés de terre cuite



Légende

- 1 Isolant non hydrophile
- 2 Plaque de parement

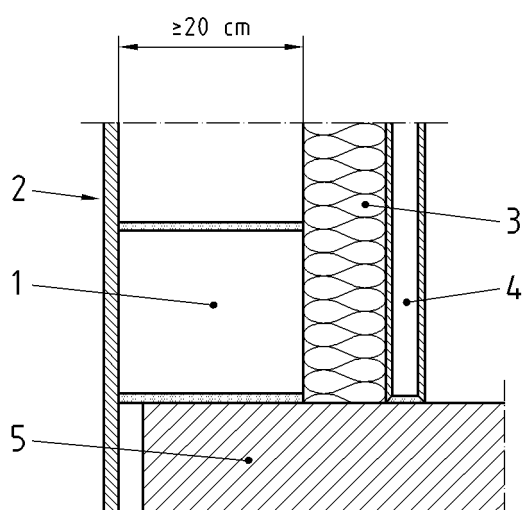
Figure 47 Mur de type IIa en blocs enduits de béton cellulaire autoclavé



Légende

- 1 Enduit
- 2 Isolant non hydrophile
- 3 Béton cellulaire autoclavé
- 4 Plaque de parement
- 5 Plancher

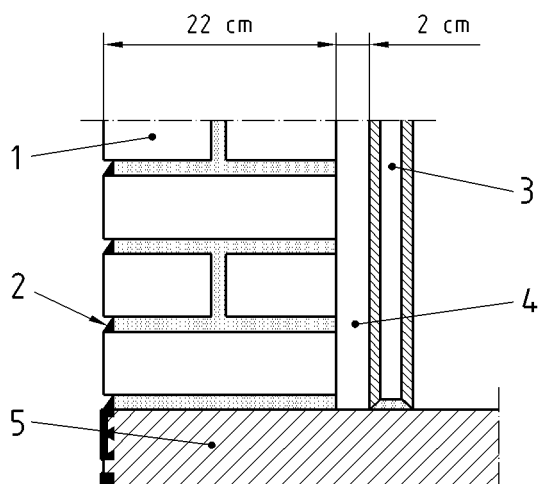
Figure 48 Mur de type IIa en blocs enduits de béton cellulaire autoclavé



Légende

- 1 Béton cellulaire autoclavé
- 2 Enduit
- 3 Isolant non hydrophile
- 4 Cloison de doublage
- 5 Plancher

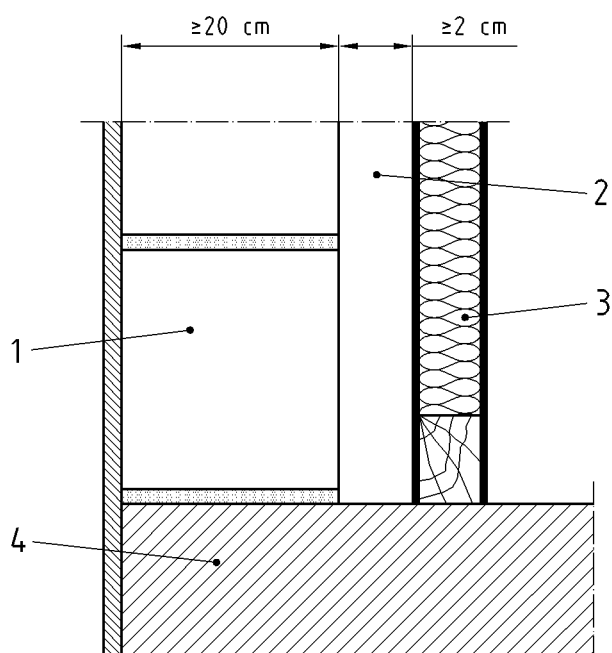
Figure 49 Mur de type IIb en briques pleines ou perforées



Légende

- 1 Briques pleines ou perforées
- 2 Jointement après coup (ou lissage en montant et enduit côté intérieur)
- 3 Cloison de doublage
- 4 Lamé d'air
- 5 Plancher

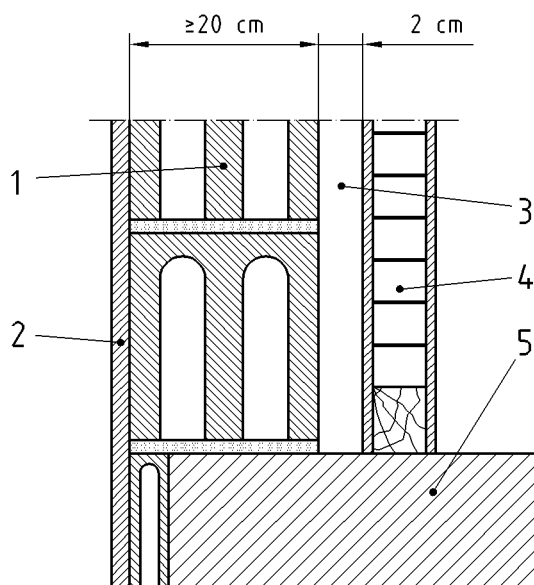
Figure 50 Mur de type IIb en blocs pleins enduits de béton de granulats courants ou légers



Légende

- 1 Blocs pleins ou perforés de granulats courants ou légers
- 2 lame d'air
- 3 Cloison sèche de doublage
- 4 Plancher

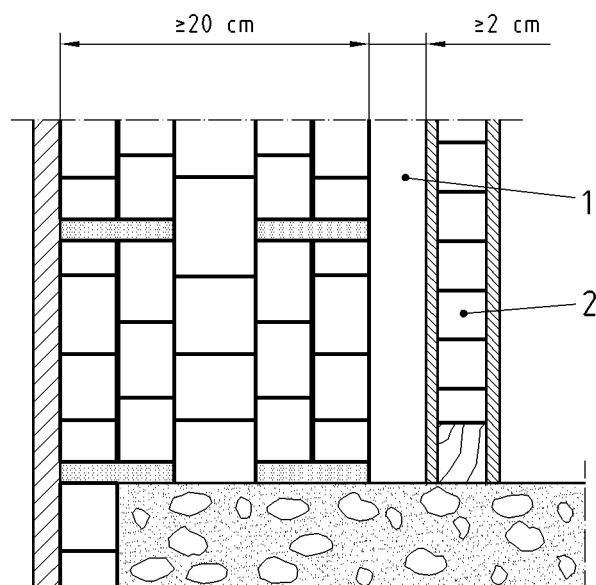
Figure 51 Mur de type IIb en blocs creux enduits de béton de granulats courants ou légers



Légende

- 1 Blocs creux de granulats courants ou légers
- 2 Enduit traditionnel
- 3 lame d'air
- 4 Cloison de doublage
- 5 Plancher

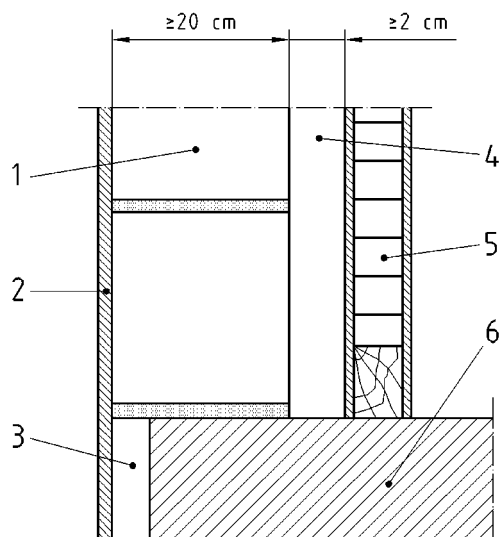
Figure 52 Mur de type IIb en briques creuses ou blocs perforés de terre cuite



Légende

- 1 Lame d'air
- 2 Cloison de doublage

Figure 53 Mur de type IIb en blocs enduits de béton cellulaire autoclavé



Légende

- 1 Bloc de béton cellulaire autoclavé
- 2 Enduit traditionnel
- 3 Plaque de béton cellulaire
- 4 Lame d'air
- 5 Cloison de doublage
- 6 Plancher

Figure 54 Mur de type III en briques pleines ou perforées apparentes



- 1 Jointement après coup ou lissage en montant et enduit côté intérieur
- 2 Joint vertical non garni
- 3 Cloison de doublage
- 4 Lame d'air
- 5 Profilé en équerre
- 6 Plancher

Technical drawing of a wall cross-section showing insulation and waterproofing details. The drawing includes the following components and labels:

- 1**: Horizontal insulation layer.
- 2**: Vertical insulation layer.
- 3**: Vertical insulation layer.
- 4**: Vertical insulation layer.
- 5**: Vertical insulation layer.
- 6**: Foundation or base structure.
- 7**: Drainage channel or pipe.

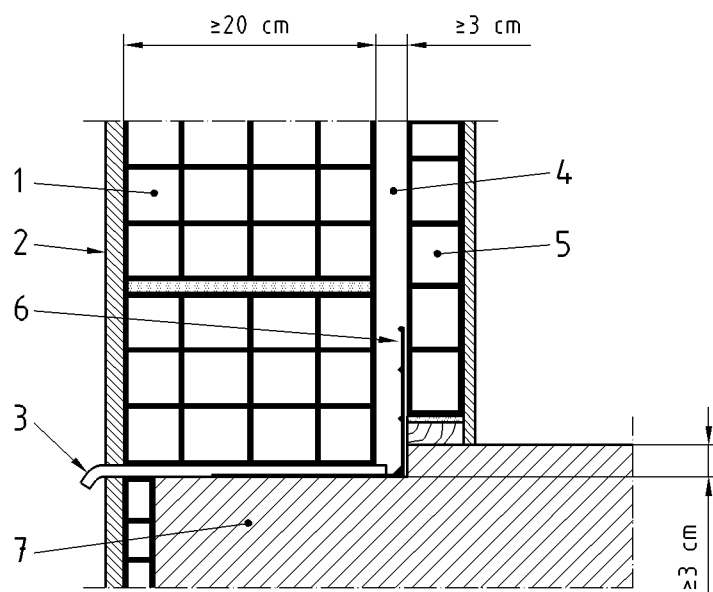
Dimensions and specifications:

- Horizontal dimension: $\geq 20 \text{ cm}$
- Vertical dimension: $\geq 3 \text{ cm}$

Légende

- | | | | |
|---|--|---|---------------------|
| 1 | Blocs pleins ou perforés de granulats courants ou légers | 4 | Cloison de doublage |
| 2 | Enduit | 5 | Équerre en PVC |
| 3 | Lame d'air | 6 | Plancher |

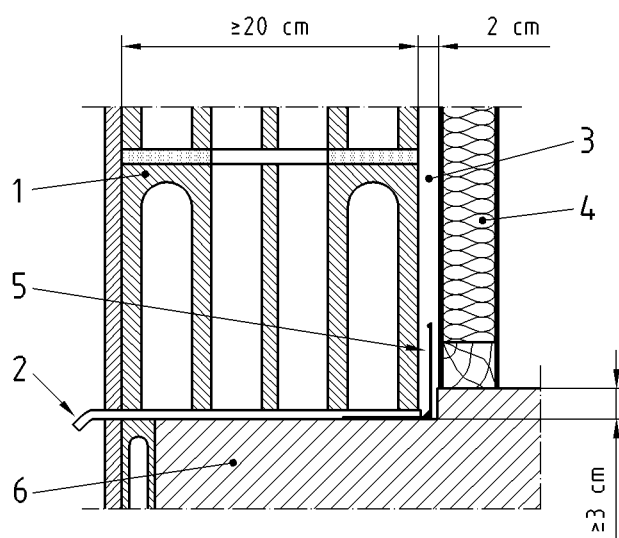
Figure 56 Mur de type III en briques creuses ou blocs perforés de terre cuite



Légende

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1 Brique creuse | 5 Cloison de doublage |
| 2 Enduit traditionnel | 6 Équerre en PVC |
| 3 Exutoire | 7 Plancher |
| 4 lame d'air | |

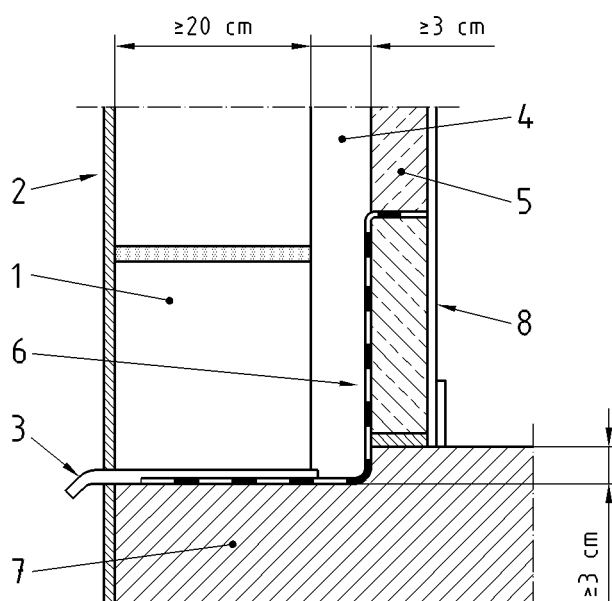
Figure 57 Mur de type III en blocs creux de granulats courants et cloison de doublage



Légende

- | | |
|---|-----------------------|
| 1 Blocs creux de granulats courants ou légers | 4 Cloison de doublage |
| 2 Exutoire | 5 Cornière |
| 3 lame d'air | 6 Plancher |

Figure 58 Mur de type III en béton cellulaire autoclavé et cloison de doublage

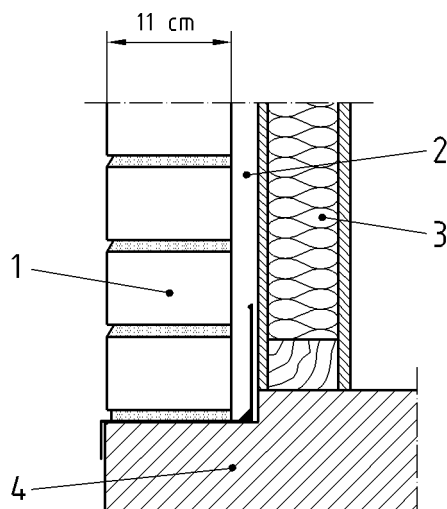


Légende

- | | |
|------------------------------|---|
| 1 Béton cellulaire autoclavé | 5 Cloison de doublage en blocs de béton cellulaire de 7 cm d'épaisseur minimale ou autres matériaux |
| 2 Enduit | |
| 3 Exutoire | 6 Relevé étanche |
| 4 lame d'air | 7 Plancher |
| | 8 Enduit intérieur |

Les Figures 59 et 60 représentent deux exemples de murs non conformes au présent document.

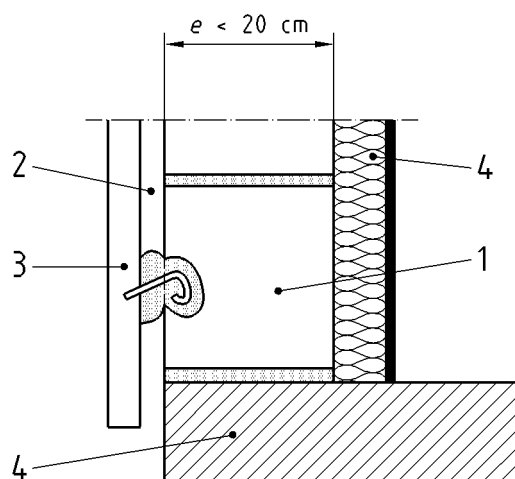
Figure 59 Exemple de mur du type III non conforme au présent document



Légende

- | |
|-----------------------------|
| 1 Brique pleine ou perforée |
| 2 lame d'air |
| 3 Cloison de doublage |
| 4 Plancher |

Figure 60 Exemple de mur du type III non conforme au présent document



Légende

- 1 Bloc plein de béton
- 2 Lame d'air
- 3 Pierre mince agrafée
- 4 Doublage isolant
- 5 Plancher bas du rez-de-chaussée

4.1.2 Epaisseurs minimales des murs de type IV

Les épaisseurs brutes sont fonction des règles de calcul et d'élancement, sans descendre en dessous de 15 cm en cas de mur porteur ou de 10 cm en cas de mur de remplissage.

NOTE

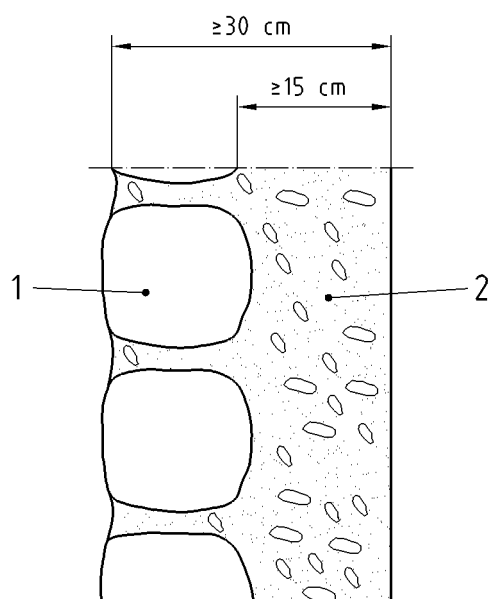
Pour les maçonneries de remplissage dont la hauteur entre appuis dépasse 30 e (en mètres) ou 4,50 m, il convient de justifier la résistance au vent en assimilant la paroi à une plaque simplement appuyée sur deux, trois ou quatre côtés.

4.1.3 Epaisseurs minimales des murs composites

4.1.3.1 Murs composites en maçonnerie apparente (pierres, briques pleines ou perforées, blocs en béton) et béton banché

L'épaisseur minimale de ces murs est fixée à 30 cm, dont 15 cm au moins de béton (Figures 61 et 62).

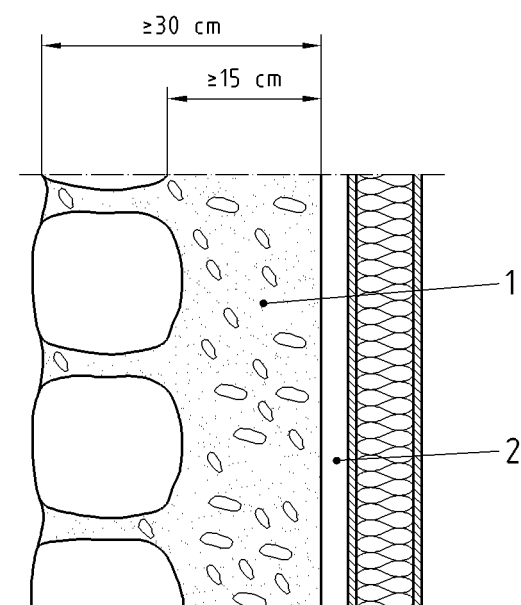
Figure 61 Exemple de mur composite (maçonnerie et béton banché)



Légende

- 1 Moëllon assisé
- 2 Béton banché

Figure 62 Exemple de mur composite (maçonnerie et béton banché)



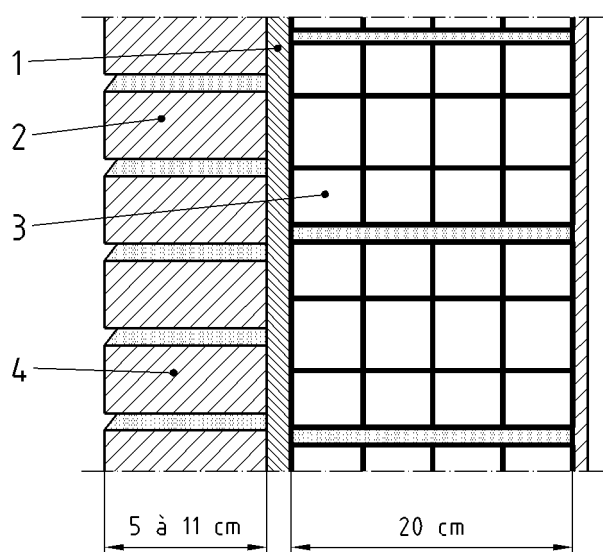
Légende

- 1 Béton banché
- 2 Lame d'air

4.1.3.2 Murs composites en briques pleines (ou perforées) et briques creuses (ou blocs perforés de terre cuite) ou en blocs pleins en béton et blocs creux en béton

L'épaisseur de la maçonnerie de briques creuses (ou blocs perforés) ou de blocs creux en béton, en paroi de mur composite, ne doit pas être inférieure à 20 cm (Figures 63 et 64).

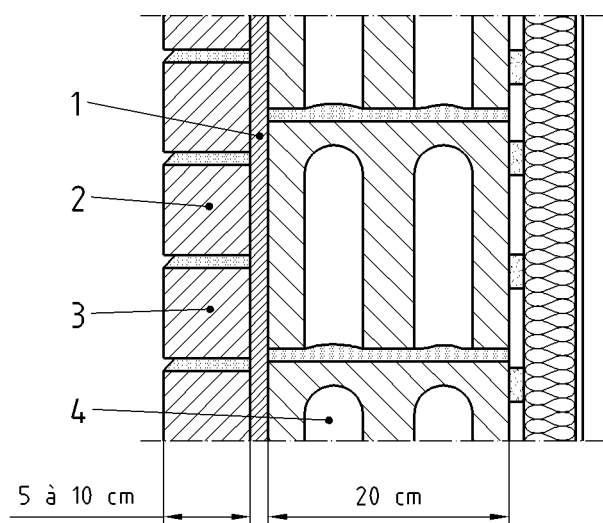
Figure 63 Exemple de mur composite



Légende

- 1 Enduit traditionnel
- 2 Mur monté après l'enduit
- 3 Brique creuse montée en premier
- 4 Brique pleine (ou perforée) ou mulot agrafé

Figure 64 Exemple de mur composite



Légende

- 1 Enduit traditionnel
- 2 Blocs en béton apparent
- 3 Mur monté après l'enduit
- 4 Blocs creux montés en premier

4.2 Maçonneries extérieures enterrées, limitant des locaux utilisés (murs de sous-sol)

Les épaisseurs minimales des maçonneries extérieures enterrées, limitant des locaux utilisés ou utilisables (sous-sols, caves, garages, dépôts, etc.) ne peuvent être inférieures aux valeurs ci-après (épaisseurs brutes, enduits éventuels

non compris avec une tolérance de 1 cm) :

- matériaux pleins (sauf béton cellulaire) : 20 cm ;
- matériaux creux (blocs creux en béton, briques creuses de terre cuite, blocs perforés de terre cuite) : 20 cm ;
- blocs pleins de béton cellulaire autoclavé : 25 cm.

5 Règles de calcul statique des maçonneries proprement dites

5.1 Contraintes admissibles dans les parois porteuses sous l'effet de charges verticales

La contrainte C de compression (supposée uniforme) admissible en partie courante d'une paroi porteuse s'obtient en divisant la résistance nominale R à l'écrasement du matériau élémentaire qui constitue le mur par un coefficient N appelé coefficient global de réduction :

$$C = \frac{R}{N}$$

NOTE 1

Pendant la période transitoire, dans l'attente de l'intégration des NF EN 1996 (Eurocode 6) et NF EN 1998 (Eurocode 8) et des annexes nationales correspondantes, les présentes règles de calculs ne sont pas modifiées. La résistance nominale R est celle qui résulte des essais d'écrasement tels qu'ils sont définis par les normes concernant les matériaux de la série NF EN 771 et, le cas échéant, par leurs Compléments Nationaux (CN) ainsi que par la norme d'essai NF EN 772-1, désormais applicables (voir note 3), soit :

- pour les briques de terre cuite, la valeur correspondant à la classe de résistance déclarée : R (valeur moyenne) exprimée en MPa ;
- pour les blocs en béton, la valeur correspondant à la classe de résistance déclarée : R_c (valeur caractéristique) exprimée en MPa ;
- pour les blocs en béton cellulaire autoclavé, la valeur correspondant à la masse volumique nominale MV_n déclarée : R_{cn} (valeur caractéristique) exprimée en MPa ;
- pour la pierre naturelle, la valeur correspondant à la résistance déclarée : R (valeurs moyennes) exprimée en MPa.

NOTE 2

Ce mode d'expression, qui n'introduit pas de modification significative par rapport aux normes de produits précédemment applicables, permet de conserver inchangées les valeurs du coefficient N définies ci-après (5.1.2 et 5.1.3)

NOTE 3

Pour information, et en Annexe C du présent document, sont présentées les données d'entrée qui permettront de déterminer la valeur de R selon le projet d'annexe nationale de la NF EN 1996 (Eurocode 6).

5.1.1 Elancement

L'élancement est le rapport entre la distance verticale entre planchers, et l'épaisseur brute du mur porteur.

5.1.2 Elancements inférieurs ou égaux à 15

Pour des élancements ne dépassant pas 15, les valeurs du coefficient N pour les différents matériaux sont indiquées dans les Tableaux 4 et 5.

NOTE 1

Si ces valeurs peuvent paraître élevées, c'est qu'en fait N est égal au produit de deux coefficients partiels.

Le coefficient de sécurité proprement dit, qui tient compte de la dispersion des résistances du matériau, de l'exécution, de l'accroissement accidentel des surcharges, etc. est de l'ordre de 3.

Le rapport entre la résistance à l'écrasement d'un élément du matériau utilisé et la résistance d'un élément de paroi complet (en général de hauteur d'étage) exécuté avec ces mêmes matériaux dépend des matériaux employés, de la hauteur libre de la paroi et du mode de chargement (centré ou excentré).

NOTE 2

Les coefficients s'appliquent aux valeurs déclarées.

Tableau 4 Cas des maçonneries montées à joints épais de mortier

Matériaux	Coefficient global N	
	Chargement centré	Chargement excentré
Briques creuses de terre cuite à faces de poses continues, avec joints pleins	7	10
Briques creuses de terre cuite à rupture de joint ou à joints partiels	9	11
Briques pleines ou perforées de terre cuite destinées à rester apparentes ou à être enduites	7	9
Blocs perforés de terre cuite à perforations verticales destinées à rester apparents ou à être enduits	7	9
Blocs pleins ou creux en béton de granulats courants	6	8
Blocs pleins ou creux en béton de granulats légers	6	8
Pierre dimensionnée	8	10
Blocs de béton cellulaire autoclavé	8	10

Tableau 5 Cas des maçonneries montées à joints minces et continus de mortier-colle bénéficiant d'un avis technique ou DTA

Matériaux	Coefficient global N	
	Chargement centré	Chargement excentré
Blocs pleins de béton cellulaire autoclavé	5	6,5

Les coefficients N , pour les autres maçonneries, sont proposés dans les ATec ou Document Technique d'Application ³ correspondant.

³

Ou son équivalent dans les conditions indiquées dans l'avant-propos.

Le chargement centré correspond au cas des murs de refend intérieurs et à certains murs de façade comportant des porte-à-faux (balcons, etc.) ; le chargement excentré correspond au cas des murs de façade autres que ceux visés précédemment.

5.1.3 Elancements compris entre 15 et 20

Pour des élancements compris entre 15 et 20, les valeurs du coefficient N fixé au 5.1.2 sont à multiplier par un coefficient de majoration indiqué dans le Tableau 6 ci-après.

Tableau 6 Coefficients de majoration du coefficient N pour des élancements compris entre 15 et 20

Élancement	Coefficient de majoration
16	1,07
17	1,13
18	1,20
19	1,27
20	1,33

Pour des valeurs intermédiaires des élancements, le coefficient de majoration s'obtient par interpolation linéaire.

5.1.4 Remarque sur l'application du coefficient N

L'application du coefficient global de réduction N ne dispense pas de vérifier que les contraintes localisées restent admissibles.

5.2 Evaluation des efforts sollicitant les parois

5.2.1 Généralités

Les seuls efforts pris en compte dans le présent paragraphe sont les suivants :

- des forces verticales : celles qui résultent de l'action de la pesanteur (charges permanentes, charges d'exploitation, charges de neige) ;
- des forces horizontales : celles qui résultent de l'action directe du vent sur les façades.

Il n'est pas tenu compte des efforts résultant des retraits et dilatations.

NOTE

Le respect des dispositions constructives minimales indiquées au 3.2 du présent document permet de négliger les effets du retrait et de la dilatation.

Ne sont pas envisagés :

- les sollicitations exceptionnelles (chocs et explosions) ;
- les effets des séismes ;
- les efforts résultant de la participation de la maçonnerie au contreventement de l'ouvrage.

Les prescriptions ci-après s'appliquent à défaut de justifications plus précises.

5.2.2 Efforts dus aux charges verticales

Les charges verticales agissant sur les murs peuvent être déterminées en faisant, s'il y a lieu, application de la dégression des charges telle qu'elle est énoncée par la norme NF P 06-001.

On peut admettre, dans cette évaluation, la discontinuité des divers éléments de plancher au droit des murs.

5.2.3 Efforts dus aux forces horizontales

Lorsqu'il est nécessaire de justifier la résistance de la paroi en maçonnerie au vent agissant perpendiculairement à la façade, on suppose que le panneau de maçonnerie est assimilable à une plaque simplement appuyée sur ses côtés.

Lorsque la paroi extérieure est reliée à la paroi interne par des attaches, l'influence de ces attaches n'est pas, sauf justifications spéciales, prise en compte pour la vérification des efforts dans le panneau de maçonnerie.

5.3 Vérification des contraintes

5.3.1 Hypothèses de calcul

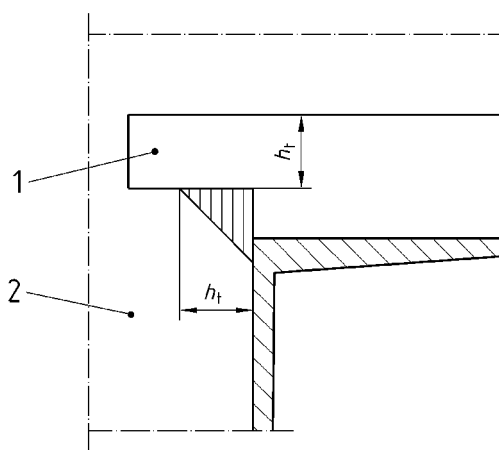
On admet que la distribution des contraintes dans une paroi est uniforme, sauf en ce qui concerne les contraintes dues aux charges du plancher ou du linteau situé immédiatement au-dessus de la section horizontale de la paroi considérée.

Le supplément local de contrainte, dû à la réaction d'appui d'un linteau ayant le même plan moyen que la paroi, est évalué en supposant que la longueur d'appui du linteau est au plus égale à sa hauteur, et que la répartition des contraintes correspondantes est triangulaire sur une longueur limitée à une fois la hauteur du linteau (Figures 65 et 66).

NOTE

Si la contrainte maximale dans la maçonnerie est portée, du fait de ce supplément, à une valeur supérieure à la valeur admissible indiquée au paragraphe 5.3.2.3 ci-après, on peut être conduit à augmenter la hauteur du linteau.

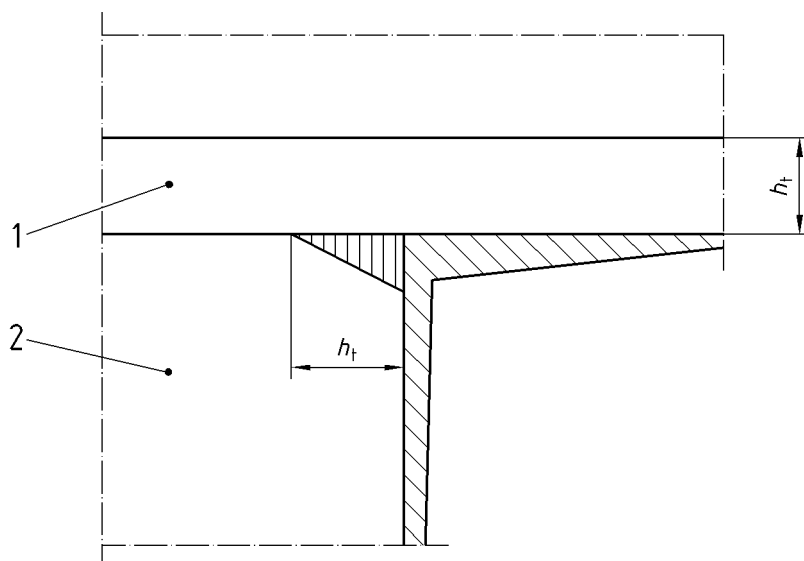
Figure 65 Linteau isolé ou filant



Légende

- 1 Linteau isolé ou filant
- 2 Trumeau en maçonnerie

Figure 66 Linteau filant



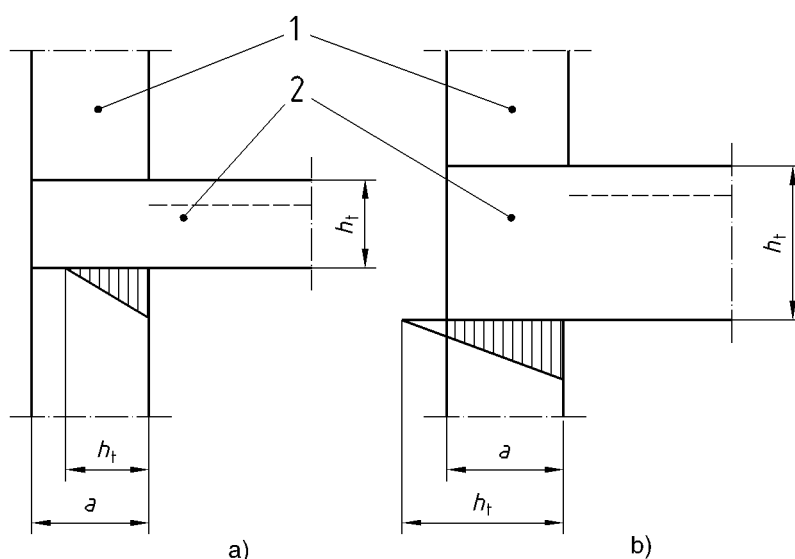
Légende

- 1 Linteau filant
- 2 Trumeau en maçonnerie

De même, les contraintes supplémentaires dues aux charges réparties apportées par une dalle sont évaluées en

supposant que la largeur d'appui de la dalle est limitée à son épaisseur et que la distribution des contraintes correspondantes est triangulaire (Figure 67 a)) ou trapézoïdale (Figure 67 b)) suivant les épaisseurs relatives de la paroi et de la dalle.

Figure 67 Distributions des contraintes



Légende

- 1 Mur en maçonnerie
- 2 Dalle ou poutre

Enfin, le supplément local de contrainte dû à la réaction d'appui d'une poutre perpendiculaire au plan moyen de la paroi peut être évalué en limitant la profondeur de la surface d'appui à la hauteur totale de la poutre et en admettant que la distribution des contraintes correspondantes sur cette surface est triangulaire ou trapézoïdale.

5.3.2 Vérification de la résistance de la paroi

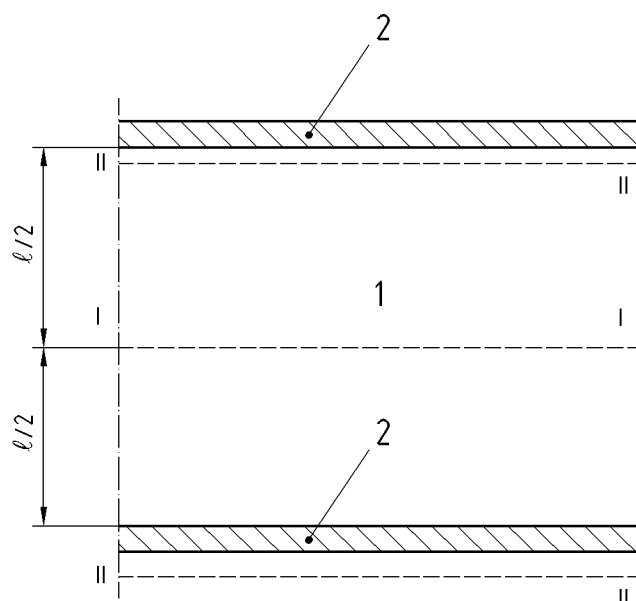
5.3.2.1 Généralités

La vérification des contraintes est à effectuer :

- en partie courante de la paroi (en général à mi-hauteur) ;
- aux points singuliers : trumeaux, appuis de linteaux, appuis de poutres, appuis de planchers.

5.3.2.2 Vérification dans la section horizontale située à mi-hauteur de la paroi

Figure 68 Vérification à mi-hauteur de la paroi

**Légende**

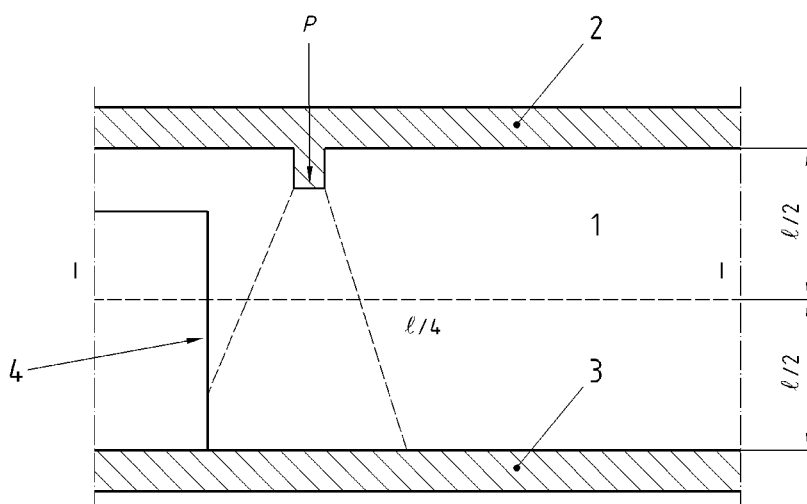
- 1 Mur
- 2 Plancher

La vérification doit être effectuée en tenant compte, éventuellement, des efforts dus à l'action du vent. Deux vérifications sont à effectuer.

5.3.2.2.1 Vérification des contraintes dues aux charges verticales seules

On peut admettre qu'une charge concentrée se répartit uniformément à l'intérieur de la zone délimitée par les deux droites partant du point d'application de la charge, et inclinées sur la verticale de $l/4$, l étant la distance entre deux planchers (Figure 69).

Figure 69 Contraintes exercées par les charges verticales

**Légende**

- 1 Panneau de maçonnerie
- 2 Plancher
- 3 Plancher en béton armé
- 4 Bord du panneau de maçonnerie

La contrainte de compression à mi-hauteur de la paroi, supposée uniformément répartie en tenant compte des hypothèses ci-dessus, doit être au plus égale à la contrainte admissible C définie en 5.1.

5.3.2.2.2 Vérification sous l'action des charges verticales et du vent normal

Sous l'action cumulée des charges verticales et du vent normal, la contrainte extrême de compression ne doit pas dépasser les $9/8$ de la contrainte admissible C , tandis que la contrainte extrême de traction ne doit pas excéder le tiers de la contrainte d'adhérence du mortier.

NOTE 1

Cette dernière condition suppose qu'il existe une adhérence convenable entre les éléments de maçonnerie et le mortier (humidification éventuelle des matériaux, précautions contre la dessiccation, etc.).

Cette vérification doit en particulier être effectuée pour les murs de remplissage dépassant l'élancement de 15.

NOTE 2

Par contre, cette vérification n'est en général pas nécessaire pour les parois porteuses de constructions courantes normalement contreventées et d'élancement inférieur à 15.

5.3.2.3 Vérification des contraintes localisées

Pour la section du mur située immédiatement au-dessous du plancher, il faut vérifier que les contraintes extrêmes de compression, déterminées en cumulant les contraintes réparties, (provenant des étages supérieurs) et les contraintes locales maximales (correspondant aux charges apportées par le plancher) sont inférieures au quart de la résistance à l'écrasement R du matériau.

Cette même règle s'applique au repos des linteaux sur les maçonneries.

Lorsque, sous une charge concentrée, par exemple un talon de poutre ou un trumeau en béton, la contrainte extrême de compression, calculée en tenant compte des indications ci-dessus, dépasse le quart de la résistance à l'écrasement R du matériau, cette charge peut être répartie au moyen d'une semelle, dimensionnée de telle façon que la contrainte dans la section horizontale du mur située immédiatement au-dessous de cette semelle ne dépasse pas $R/4$.

5.4 Contreventement

Le calcul des efforts qui en résultent n'est pas traité dans le présent document.

5.5 Cas des murs doubles

Au point de vue de la résistance mécanique, les murs doubles sont classés en deux catégories :

- maçonnerie porteuse ;
- maçonnerie de remplissage et maçonnerie faiblement chargée.

5.5.1 Parois porteuses

Dans un mur double porteur, une seule paroi est considérée comme porteuse : celle qui est constituée par le matériau le moins déformable.

NOTE

La rotation des appuis du plancher sous l'action de la flexion élastique et du fluage implique que c'est la paroi interne qui subit les déformations de raccourcissement les plus grandes.

La déformabilité relative de la paroi non porteuse peut être réalisée par divers moyens, y compris par une désolidarisation en tête.

5.5.2 Maçonneries de remplissage et maçonneries faiblement chargées

Dans le cas de maçonneries faiblement chargées, une seule des parois est, du point de vue du calcul, considérée

comme transmettant les charges, l'élanement est limité à 30.

NOTE

Lorsque les deux parois ont des épaisseurs différentes, la plus épaisse est normalement celle qui est considérée comme porteuse.

Lorsque les épaisseurs sont identiques et lorsque les deux parois sont à base de matériaux différents, celle qui est constituée par le matériau le moins déformable est normalement considérée comme porteuse.

Les murs qui conviennent pour les maçonneries faiblement chargées sont représentés aux Figures 44 et 45 de la norme NF DTU 20.1 P1-1.

6 Règles de calcul pour éviter les condensations dans l'épaisseur des murs

6.1 Préambule

Certaines des règles formulées dans le présent paragraphe peuvent se révéler insuffisantes dans le cas de locaux surpeuplés ou occupés par intermittence.

Les exigences relatives à la fonction hygrothermique des murs de façade répondent à la destination du bâtiment ; elles font intervenir, d'autre part, d'autres paramètres et ne peuvent être traitées de façon complète dans le cadre des présentes règles.

6.2 Domaine d'application

Pour le calcul des caractéristiques thermiques des parois, on se référera aux « Parois opaques — Calcul des caractéristiques thermiques des parois opaques » Règles Th-U (fascicule 4/5).

Les présentes règles concernent uniquement les murs de façade avec isolation thermique rapportée sur leur face intérieure ou insérée entre les deux parois (murs doubles).

Elles ont pour objet de définir les conditions auxquelles doivent satisfaire ces murs pour se prémunir contre les risques de condensation de la vapeur d'eau dans l'épaisseur du mur.

NOTE 1

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

- s'il n'existe pas de cloison de doublage, l'isolation thermique est alors obtenue en fixant, sur la face intérieure de la paroi unique en maçonnerie, un complexe associant une plaque de plâtre et un isolant ;
- s'il est prévu une cloison de doublage autoportante, celle-ci peut être à âme isolante, séparée de la paroi extérieure par une lame d'air ;
- si celle-ci n'est pas spécialement isolante, l'isolant est mis en place dans l'espace existant entre la paroi extérieure et la cloison de doublage et peut soit remplir complètement cet espace, soit être appliqué côté cloison de doublage en ménageant une lame d'air entre l'isolant et la paroi extérieure.

Ne sont pas visés par le présent document :

- les murs en maçonnerie avec isolation thermique rapportée sur leur face extérieure ;
- les solutions propres à éviter les condensations superficielles sur la face intérieure des murs de façade.

NOTE 2

Les conditions d'utilisation de certains locaux peuvent conduire à des condensations superficielles sur la face intérieure des murs de façade, notamment sur les points faibles thermiques (ponts thermiques) partiellement 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 (peinture laquée, papier lavable avec, éventuellement, traitement anticryptogamique du support, tapisserie avec sous-couche mince isolante, etc.) n'entrent pas dans le cadre des travaux concernés par le présent document.

6.3 Enoncé des exigences

Il ne doit pas y avoir de condensation dans l'épaisseur de l'isolant, ni sur sa face intérieure.

Les condensations sur la paroi extérieure du mur ne doivent pas être dommageables.

NOTE

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

- des condensations à la surface intérieure de la paroi extérieure en maçonnerie sont inévitables ;
- des condensations peuvent également se produire, dans certains cas (d'hygrométrie et/ou de conception du mur) dans l'épaisseur ou sur la face intérieure de l'isolant.

6.4 Règles permettant de satisfaire ces exigences

6.4.1 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} :

$$R_{TI} > 3R_{TP}$$

6.4.2 Condensation dans l'épaisseur de l'isolant

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.

$$W_i = W_e + \frac{W}{n}$$

Cet équilibre s'écrit :

où :

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

NOTE

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.

6.4.2.1 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 :
 $W/n > 7,5 \text{ g/m}^3$

NOTE

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 ventilations mécaniques contrôlées et de systèmes propres à évacuer les pointes de production de vapeur d'eau, dès qu'elles se produisent (hottes, etc.) ;
- 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 WP industriels, etc. ;
- 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 dans la présente note est donné à titre indicatif pour les valeurs du taux horaire de renouvellement d'air prescrit par la réglementation. L'emploi de menuiseries à étanchéité renforcée, ou la mise en oeuvre de joints dans les feuillures, qui pourrait modifier considérablement l'hygrométrie d'un local, nécessite la création d'entrées d'air supplémentaires en sorte de respecter le taux de renouvellement d'air précité.

6.4.2.2 Règles propres aux divers types de locaux

6.4.2.2.1 Locaux à faible ou moyenne hygrométrie

Il n'est formulé aucune règle particulière pour les locaux à faible hygrométrie et à hygrométrie moyenne.

6.4.2.2.2 Règles propres aux divers types de locaux

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

$$\frac{1}{R_{DP}} < 0,60 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$$

:

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.

NOTE

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.

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

6.4.3 Condensation sur la face intérieure de la paroi extérieure en maçonnerie

NOTE

Une telle condensation est inévitable ; le problème est de concevoir la paroi 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 g/m².h.

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

On distingue :

- 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 de la paroi extérieure 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) de la paroi extérieure et de l'épaisseur d'isolant. Une forte épaisseur d'isolant abaissant la température de la paroi extérieure augmente, toute chose égale par ailleurs, le risque ;
- la résistance à la diffusion des couches intérieures ($R_{DP} + R_{DI}$) propre à limiter la quantité d'humidité qui diffuse et à la tenir en dessous d'une valeur acceptable.

6.4.3.1 Cas des parois extérieures à forte résistance thermique

Aucune prescription n'est imposée lorsque la résistance thermique R_{TM} de la paroi extérieure en maçonnerie satisfait à la condition ci-après :

$$3R_{TM} > R_{TI} + R_{TP}$$

6.4.3.2 Cas des parois extérieures à faible résistance thermique

Si $3R_{TM} < (R_{TI} + R_{TP})$, l'une des deux règles ci-après doit être respectée.

6.4.3.2.1 Limitation du flux de vapeur

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 alors les suivantes :

- en dehors des zones très froides :

NOTE

Sont considérés comme zones très froides : les zones où la température de base, calculée conformément aux Règles Th-CE est inférieure à -15°C ou les zones d'altitude supérieure à 600 m situées en zone climatique H1 uniquement, telle qu'elle est définie par les règlements en vigueur (actuellement arrêté du 24 mars 1982).

$$\text{Si } R_{TM} < 0,086 \text{ m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C/W} \text{ alors } \frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 0,06 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$$

- dans les zones très froides :

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

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.

6.4.3.2.2 Evacuation de 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.

Cette règle n'est utilisable que dans le cas des murs de type III, puisque ceux-ci comportent une lame d'air, une récupération et une évacuation.

Tableau 7 Règles applicables aux maçonneries avec isolation intérieure rapportée

	Il y a une lame d'air entre l'isolant et la maçonnerie extérieure	Pas de lame d'air entre l'isolant et la paroi extérieure	
		Paroi intérieure autoportante (cloison)	Paroi intérieure non autoportante (plaque)
Dispositions constructives			
Règles applicables	1 3.1 ou 3.2	1 2 3.1	1 2 3.1
<p> R_T est la résistance thermique e / λ, avec λ la valeur de la conductivité thermique R_{TM} est la résistance thermique de la paroi extérieure en maçonnerie R_{TI} est la résistance thermique de l'isolant, lame d'air incluse R_{TP} est la résistance thermique de la paroi interne, pare-vapeur exclu R_D est la résistance à la diffusion R_{DI} est la résistance à la diffusion de l'isolant, pare-vapeur éventuel exclu R_{DP} est la résistance à la diffusion de la paroi interne, pare-vapeur éventuel inclus </p>			
<p>Légende</p> <p> 1 Maçonnerie extérieure 2 Lame d'air 3 Isolation thermique 4 Paroi intérieure autoportante 5 Paroi intérieure non autoportante ----- : Barrière de vapeur (pare-vapeur) éventuelle </p>			
<p>Enoncé des règles</p> <p>1 Règle pour éviter la condensation sur la face intérieure de l'isolant :</p> $R_{TI} > 3R_{TP}$ <p>2 Règle pour éviter la condensation dans l'épaisseur de l'isolant, dans le cas de locaux à forte hygrométrie :</p> $\frac{1}{R_{DP}} < 0,06 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$ <p>3 Règles pour limiter les effets de la condensation sur la paroi extérieure (cas où $R_{TI} + R_{TP} > 3 R_{TM}$) :</p> <p>3.1 limiter le flux de vapeur :</p> <p>si : $R_{TM} < 0,086 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$: $\frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 0,06 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$</p> <p>si zone très froide : $\frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 0,015 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$</p> <p>3.2 récupérer l'eau en bas du mur et l'évacuer + protection en pied de l'isolant.</p>			

6.4.4 Application aux murs courants

Suivant la conception du mur, les règles à envisager sont résumées dans le Tableau 7.

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

Les tableaux 8 et 9 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.

NOTE

À titre d'exemple d'application, en envisageant le cas des deux isolants : laine minérale (verre ou roche) et polystyrène expansé, et étant donné que la résistance thermique des maçonneries extérieures, compte tenu des épaisseurs minimales fixées à l'article 4, est toujours supérieure à 0,086 m².°C/W, on s'aperçoit qu'une barrière de vapeur est nécessaire uniquement dans les zones très froides et dans les locaux à forte hygrométrie avec l'un ou l'autre des deux isolants.

Tableau 8 Valeurs de la résistance à la diffusion de parois intérieures courantes (R_{DP})

Type de paroi		R_{DP} (m ² .h.mmHg/g)
Revêtements	— plaques de plâtres cartonnées 10 mm	1
	— contreplaqué 8 mm	10
	— panneaux de particules 15 mm — 22 mm	8 — 12
Cloisons	— plaques de plâtres sur réseau carton 10 mm — 30 mm — 10 mm	2
	— carreaux de plâtre 50 mm	5
	— briques plâtrières enduites 50 mm	4
	— panneaux de particules 50 mm	10
	— blocs de béton cellulaire 70 mm	3
Pare-vapeur	— papier imprégné de bitume	15 — 60
	— feuille aluminium 15 µm sur plaque de plâtre	100
	— feuille polyéthylène > 50 µm	> 100

Tableau 9 Valeurs de la perméabilité à la vapeur des principaux isolants utilisés ($R_{DI} = e / \pi$)

Type d'isolant			π (g/m.h.mmHg)
Laines minérales			6 000 à 8 000.10 ⁻⁵
Polystyrène expansé	moulé en blocs ou en plaques	qualité Q1 9 kg/m ³ à 13 kg/m ³	400.10 ⁻⁵
		qualité Q2 13 kg/m ³ à 16 kg/m ³	300.10 ⁻⁵
		spécial doublage 11 kg/m ³ à 13 kg/m ³	340.10 ⁻⁵
	moulé en continu par voie humide	11 kg/m ³ à 16 kg/m ³	250.10 ⁻⁵
		16 kg/m ³ à 20 kg/m ³	150.10 ⁻⁵
	thermo-comprimé en continu par voie sèche	12 kg/m ³ à 15 kg/m ³	240.10 ⁻⁵
		15 kg/m ³ à 20 kg/m ³	150.10 ⁻⁵
		20 kg/m ³ à 25 kg/m ³	80.10 ⁻⁵
		15 kg/m ³ à 35 kg/m ³	80.10 ⁻⁵
	extrudé	avec peau de surface 25 kg/m ³ à 40 kg/m ³	80.10 ⁻⁵
		sans peau de surface 28 kg/m ³ à 32 kg/m ³	90.10 ⁻⁵
PVC cellulaire 25 kg/m ³ à 35 kg/m ³			35.10 ⁻⁵
mousse rigide de polyuréthane et polyisocyanurate 30 kg/m ³ à 35 kg/m ³			200.10 ⁻⁵
Verre cellulaire			négligeable

7 Règles relatives aux parois en maçonnerie utilisées en soubassement

Les règles de conception des parties hors sol et enterrées des maçonneries de soubassement figurent au paragraphe 7.4 — Prescriptions particulières aux maçonneries de soubassement de la norme NF DTU 20.1 P1-1 (CCT).

7.1 Domaine de validité

Les dispositions indiquées ci-après supposent que :

- les fondations ont été conçues de telle sorte que, sous l'action des venues d'eau, il ne risque pas de se produire des tassements différentiels générateurs de fissures pouvant laisser entrer des quantités d'eau importantes ;

NOTE 1

Les tassements différentiels provoquent en général d'importantes fissures dont l'amplitude est supérieure aux possibilités d'élongation des enduits habituels.

- lorsque le terrain est baigné par une nappe phréatique de niveau variable, le niveau le plus bas du ou des sous-sols doit être situé au-dessus du niveau le plus haut atteint par la nappe ;

NOTE 2

Les dispositions propres à éviter l'inondation des sous-sols dans le cas de remontée de la nappe phréatique figurent dans la norme NF DTU 14.1.

- il ne peut y avoir accumulation, pendant une assez longue durée, des eaux le long des murs périphériques ;

NOTE 3

Une telle accumulation risque de se produire notamment lorsque les conditions suivantes sont réunies :

- le bâtiment est fondé sur un terrain peu perméable ;
- d'importantes venues d'eau sont susceptibles de se manifester (eaux de ruissellement conduites vers le bâtiment par la pente du terrain, ou encore eaux circulant dans une nappe située au-dessus du terrain peu perméable) ;
- il n'est pas prévu de réseau de drainage.

•

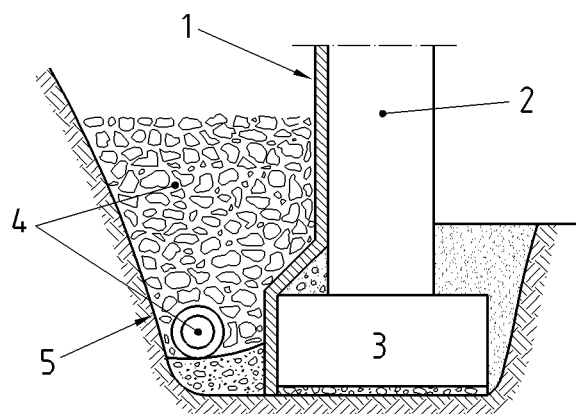
Les dispositions indiquées au présent paragraphe sont alors insuffisantes et il est nécessaire de s'orienter vers une solution de cuvelage conforme à la norme NF DTU 14.1.

En outre, la partie enterrée sur les deux faces situées immédiatement au-dessus de la semelle de fondation risque d'être soumise à accumulation d'eau durant une période prolongée et au gel concomitant si elle ne se trouve pas à une profondeur suffisante pour la mettre à l'abri des conséquences du gel ; il ne peut, par suite, dans ce cas, être utilisé pour cette partie d'ouvrage, des maçonneries d'éléments creux.

NOTE 4

Une étude doit être effectuée pour le raccordement des feuilles ou complexes élasto-plastiques avec les points singuliers : semelle de fondations (voir Figure 70), mur en retour, etc.

Figure 70 Revêtement extérieur par feuilles ou complexes élasto-plastiques raccordement entre le mur et la semelle

**Légende**

- 1 Revêtement extérieur
- 2 Mur
- 3 Semelle
- 4 Drainage
- 5 Talus des fouilles

NOTE 5

Les revêtements par enduit extérieur ou par membrane ne sont pas conçus pour résister à une fissuration de leur support. Il est donc rappelé qu'ils ne peuvent être efficaces que si toutes les dispositions ont été prises au niveau des fondations pour éviter les fissurations des murs sous l'action des tassements différentiels.

Annexe A (informative) Conception des ouvrages annexes associés aux maçonneries enterrées : regards d'eaux pluviales et réseaux de drainage

A.1 Objet

La présente annexe concerne la conception de certains ouvrages qui, bien qu'ils n'appartiennent pas à la catégorie des ouvrages en maçonnerie d'éléments, peuvent avoir une incidence notable sur le bon comportement des murs périphériques enterrés.

Les considérations ci-après sont également valables dans le cas des constructions comportant un dallage sur terre-plein.

NOTE

Lorsqu'il y a des pénétrations d'eau dans les sous-sols, la cause n'en incombe pas toujours à la seule paroi de maçonnerie ; de nombreuses infiltrations, en effet, sont imputables à certains ouvrages annexes mal conçus ou mal réalisés, tels que ceux qui font l'objet des articles A.3 et A.4

A.2 Considérations générales

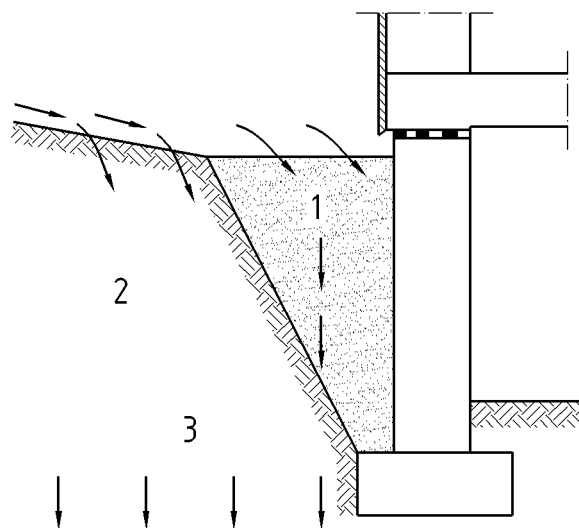
La conception des murs enterrés de sous-sols est à choisir en fonction des considérations ci-après :

- la conception d'un mur périphérique de sous-sol est tributaire des exigences d'utilisation du sous-sol.
- la fonction d'étanchéité à l'humidité d'un mur de sous-sol dépend de plusieurs paramètres, parmi lesquels :

A.2.1 La nature du terrain de fondation**NOTE**

Si le terrain de fondation est perméable (sables, graviers, etc.) et non immergé, les eaux de ruissellement s'infiltrent rapidement sans soumettre le mur périphérique à une importante humidité permanente (Figure A.1) ; par contre, si le terrain de fondation est peu perméable (argile, limon, etc.), les eaux d'infiltration peuvent venir s'accumuler le long du mur enterré (Figure A.2).

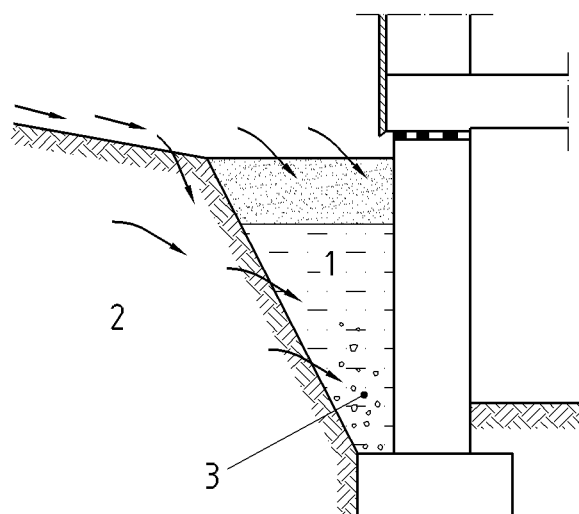
Figure A.1 Infiltrations d'eau en terrain perméable

**Légende**

- 1 Remblai
- 2 Terrain perméable
- 3 Tranchée des fouilles

Remarque : Dans un sol perméable, l'eau s'infiltré rapidement et ne stagne pas le long de l'ouvrage.

Figure A.2 Accumulation d'eau en terrain peu perméable

**Légende**

- 1 Remblai
- 2 Terrain peu perméable
- 3 Eau

Remarque : Dans un sol peu perméable, l'eau s'accumule dans le remblai des fouilles si celui-ci est perméable.

A.2.2 La nature du remblai entre la fouille et le bâtiment**NOTE**

La nature du remblai entre la fouille et le bâtiment n'a que peu d'influence lorsque le terrain de fondation est perméable ; par contre, si le sol dans lequel a été ouverte la fouille est peu perméable et si aucun drainage n'a été prévu, il est dangereux de remblayer la tranchée de fouille avec des matériaux très perméables.

A.2.3 La présence éventuelle d'un drainage**NOTE**

Il est difficile d'indiquer les cas où un réseau de drainage est nécessaire. Il s'agit en effet de cas d'espèce. On peut cependant conseiller de drainer chaque fois que le bâtiment est fondé sur une couche peu perméable surmontée par un sol perméable, les eaux de ruissellement peuvent alors venir au contact des murs du sous-sol suffisamment longtemps pour pénétrer dans le bâtiment à travers le mur ou même en cheminant sous la fondation.

Cependant, un réseau de drainage, même le mieux conçu et réalisé, est inutile et même nuisible s'il n'est pas possible d'évacuer d'une manière efficace les eaux collectées. Si cette évacuation ne peut être réalisée de façon satisfaisante, il existe, lorsque le bâtiment est fondé sur un terrain peu perméable, des risques d'accumulation de l'eau, pendant une assez longue durée, le long des murs périphériques. Donc, dans ce cas, non seulement le drainage est inutile, mais encore, quelles que soient les précautions prises pour étancher le mur, l'eau risque d'entrer par le sol. Il y a donc lieu, dans ce cas, de recourir à une solution de cuvelage telle qu'elle est définie par la norme NF DTU 14.1.

Enfin, il peut exister d'autres cas où le drainage est contre-indiqué : se reporter au paragraphe A.4.1.2 « Remarque préliminaire importante ».

Si un drainage a été prévu, les indications permettant de faciliter sa conception figurent à l'article A.4.

A.2.4 La présence d'ouvrages relativement étanches en bordure du bâtiment (dallages, trottoirs, etc.) ou la protection des abords du mur périphérique par des ouvrages en saillie (toitures débordantes, auvents, balcons, etc.)

A.2.5 L'importance des eaux de ruissellement pouvant venir en contact avec les murs périphériques du bâtiment

NOTE

Le relief naturel ou artificiel du terrain environnant joue à cet égard un rôle important. C'est ainsi que, dans les terrains peu perméables, il est dangereux, en l'absence d'un réseau périphérique de drainage, de prévoir des mouvements de terre tels qu'ils créent une cuvette dont le centre serait occupé par le bâtiment.

A.2.6 La présence éventuelle d'une nappe phréatique

NOTE

Même lorsque la remontée de cette nappe ne provoque pas l'inondation du sous-sol (ce qui nécessiterait des dispositions conformes à la norme NF DTU 14.1), la présence d'une nappe voisine du niveau des fondations perturbe l'écoulement des eaux de ruissellement.

A.3 Regards d'eaux pluviales

Les eaux pluviales doivent, à la partie inférieure des tuyaux de descente, être recueillies dans un regard étanche afin de les empêcher de s'infiltrer le long des murs enterrés.

Ce regard ne doit pas être mis en place sur un remblai non compacté ou sur un terrain dont les caractéristiques risquent d'être modifiées par des venues d'eau ; il doit être posé sur un support rigide non susceptible de tassements sensibles.

NOTE 1

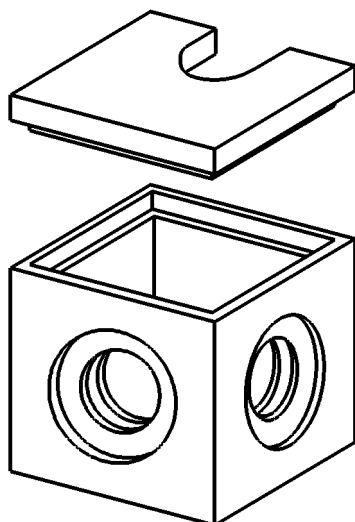
Ce support peut être constitué par un socle en béton fondé sur le bon sol ou par des profilés scellés dans le mur de soubassement. Il est rappelé que les regards d'eaux pluviales réalisés en place sans précautions risquent de se disloquer s'ils reposent sur un sol compressible, et permettent ainsi à d'importantes quantités d'eau de se répandre le long des murs périphériques. Les regards coulés en place doivent comporter quatre faces verticales et un fond. Les faces internes de ces cinq parois doivent être enduites.

NOTE 2

Il est impossible d'assurer l'étanchéité d'un regard lorsque celui-ci est réalisé en assemblant sur place trois éléments minces constituant trois des faces verticales du regard, la quatrième face étant réalisée par le mur lui-même.

Les regards préfabriqués en béton (Figure A.3), permettent de donner à ce problème une solution satisfaisante.

Figure A.3 Regard d'eau pluviale préfabriqué



A.4 Conception des réseaux de drainage

A.4.1 Généralités

A.4.1.1 Définition et domaine de validité

On appelle réseau de drainage un ouvrage destiné à collecter et à évacuer les eaux du sol.

Le présent article concerne uniquement les drainages destinés à protéger les parties enterrées des bâtiments contre les venues d'eaux, dans les limites fixées au paragraphe 7.1 du présent document.

NOTE

Il existe d'autres types de drainages, par exemple les drainages agricoles, les drainages de stabilisation des pentes, les drainages sous certains radiers, etc.

A.4.1.2 Remarque préliminaire importante

Le drainage n'est pas une technique convenant dans tous les cas :

- si le sol est baigné par une nappe, une étude doit être faite en vue de déterminer si une solution de drainage est possible ; en effet, si un sol très peu perméable peut éventuellement permettre une solution de drainage acceptable, dans le cas d'un sol perméable il faudra très probablement recourir à un cuvelage ;
- si le terrain est hétérogène, un drainage sans précautions particulières peut alimenter des veines de terrain perméable sans exutoire qui peuvent ainsi être mises en charge et présenter, dans des terrains en pente, des dangers d'instabilité d'ensemble ;
- enfin, il ne sert à rien de recueillir les eaux dans un drainage s'il n'est pas possible d'évacuer ces eaux d'une façon satisfaisante.

Si la solution de drainage n'est pas possible, on peut envisager de faire un cuvelage des locaux enterrés, choix qui doit être fait dès la conception et qui doit, le plus souvent, découler d'une étude de terrain appropriée.

Dans le cas d'utilisation de drains verticaux, la conception du réseau de drainage est à adapter en fonction du système particulier utilisé ; cette adaptation fait partie de l'étude particulière visée au A.4.5.3 ; elle concerne en particulier la tranchée drainante.

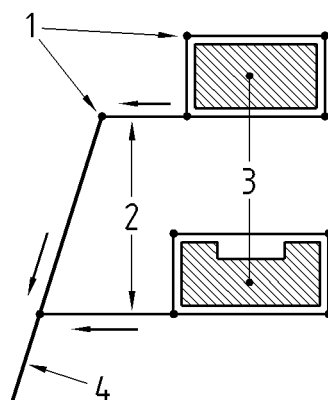
A.4.2 Conception globale d'un réseau de drainage

La conception globale du réseau de drainage dépend à la fois de la surface, du relief et de la nature du terrain à assainir, ainsi que du nombre et de la densité des bâtiments implantés sur le terrain, de la profondeur de leur encastrement, etc.

NOTE

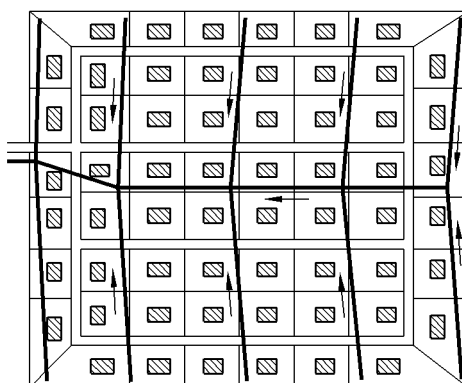
Lorsqu'il faut assainir des bâtiments isolés, le réseau de drainage peut en général être constitué par des drains périphériques reliés à un collecteur (Figure A.4). Par contre, lorsque le terrain comporte un grand nombre de bâtiments, il peut être plus simple et plus économique de réaliser un réseau général de drainage. La Figure A.5 constitue un exemple d'un tel réseau lorsque le terrain à drainer est sensiblement plat.

Figure A.4 Drainage périphérique individuel

**Légende**

- 1 Regards
- 2 Drains
- 3 Bâtiments
- 4 Collecteur

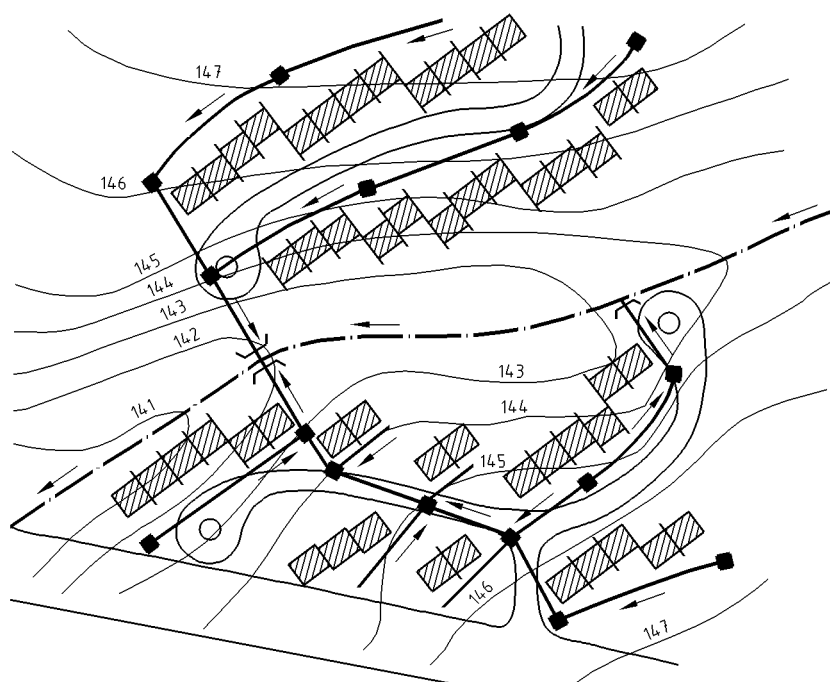
Figure A.5 Exemple de drainage collectif d'un lotissement sur un terrain sensiblement plat

**Légende**

- Pavillon
- Rue
- Drain

Bien entendu, une solution mixte peut être envisagée en fonction du nombre de bâtiments et de la configuration du terrain, ce dernier pouvant imposer une solution plutôt qu'une autre, surtout s'il est en pente. La Figure A.6 donne un exemple de drainage d'un lotissement sur un terrain en pente.

Figure A.6 Exemple de drainage collectif d'un lotissement sur un terrain en pente



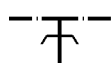
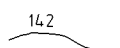
Légende



Drain et regard



Pavillon

Égout ou collecteur
Raccordement

Courbe de niveau



Voirie

A.4.3 Conception de la tranchée drainante

La tranchée drainante est constituée par :

- une zone de collecte et d'évacuation des eaux, comportant souvent un tuyau ;
- des matériaux filtrants.

A.4.3.1 Zone de collecte

Lorsque la quantité d'eau à évacuer est importante, un tuyau doit être mis en place dans la zone de collecte. Ce tuyau doit être réalisé en matériaux non corrodables et imputrescibles. Seuls doivent être emboîtés les tuyaux en béton poreux ou les tuyaux à parois perforées.

Le diamètre du drain se détermine en fonction de la quantité d'eau à évacuer.

La pente du tuyau est comprise entre 3 mm et 10 mm par mètre.

Les tuyaux de drainage sont, la plupart du temps, soit en terre cuite, soit en béton (poreux ou perforé), soit en PVC perforé.

Pour des drainages périphériques, le diamètre minimal intérieur du tuyau est de l'ordre de 100 mm ; pour des drainages en épi, ce diamètre peut être plus faible (60 mm à 80 mm) selon la distance entre deux drains voisins.

La pente du drain ne peut être choisie au hasard : trop faible, elle permet le dépôt dans le drain des particules fines éventuellement entraînées par l'eau ; trop forte, elle provoque l'érosion du terrain avoisinant.

A.4.3.2 Matériaux filtrants

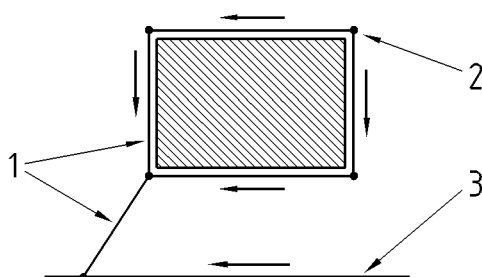
La tranchée drainante doit être remplie de matériaux perméables. Ce remplissage doit être obligatoirement réalisé

selon l'un des deux procédés ci-après :

NOTE 1

Sur les terrains sensiblement plats, le drainage ceinture totalement le bâtiment (Figure A.7) ; sur les terrains en pente notable, le drainage n'est en général pas nécessaire sur la façade aval (Figure A.8).

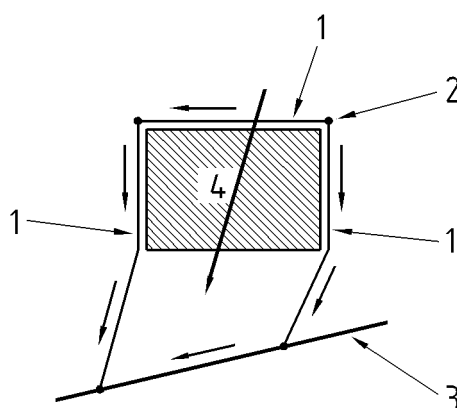
Figure A.7 Cas des terrains sensiblement plats



Légende

- 1 Drains
- 2 Regard
- 3 Collecteur

Figure A.8 Cas des terrains en pente



Légende

- 1 Drains
- 2 Regard
- 3 Collecteur éventuel

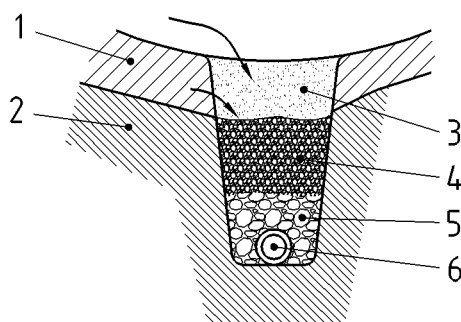
A.4.3.2.1 Remplissage avec des matériaux granulaire

La tranchée drainante est remplie de plusieurs couches de matériaux granuleux dont la granulométrie est croissante dans le sens de l'écoulement de l'eau. La granulométrie de deux couches successives doit être choisie de telle sorte que les particules les plus fines de la première couche ne puissent être entraînées par l'eau dans les vides de la deuxième couche.

NOTE

Cette condition est satisfaite lorsque les granulométries de deux couches successives respectent une certaine loi dite « loi des filtres ». La Figure A.9 donne un exemple d'une tranchée drainante dont les trois couches de matériaux sont conformes à cette loi.

Figure A.9 Exemple de tranchée drainante

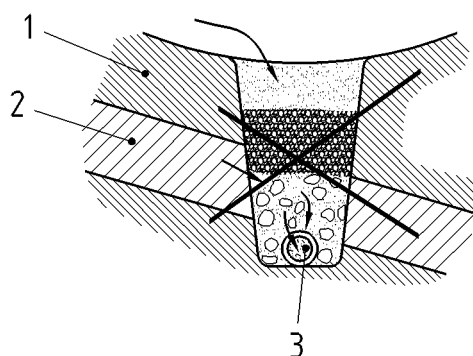
**Légende**

- 1 Terrain perméable
- 2 Terrain peu perméable
- 3 Sable 0/3
- 4 Gravillon 5/15
- 5 Cailloux 30/60
- 6 Drain

La Figure A.9 représente un exemple de tranchée drainante destinée à recueillir les seules eaux de surface. Cette solution ne convient pas, notamment, dans les deux cas ci-après :

- le terrain dans lequel est creusée la tranchée drainante comporte une couche perméable dans laquelle circulent des eaux. Si cette couche perméable se situe au niveau de la partie basse de la tranchée, le risque d'entraînement, dans le drain, des éléments fins de cette couche perméable est grand. Cet entraînement ne pourrait être évité que si les granulométries de la couche perméable et celle de la couche filtrante du drain située au même niveau satisfaisaient également à la loi des filtres. Cette condition étant difficile à réaliser, il est préférable de s'orienter vers la solution décrite à la Figure A.13 ;

Figure A.10 Entraînement des éléments

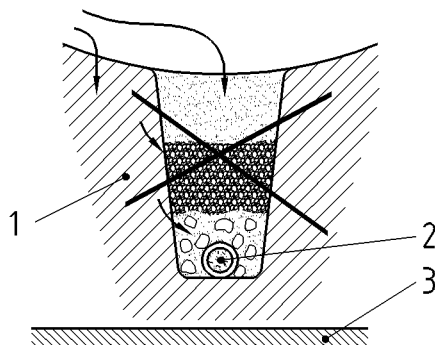
**Légende**

- 1 Terrain peu perméable
- 2 Terrain perméable
- 3 Colmatage

- la tranchée drainante est creusée dans un terrain constitué de matériaux sableux à grains fins (ce qui explique leur faible perméabilité et justifie le drainage) tels que « sable à lapin » (sable de Fontainebleau, sable d'estuaire, etc.) ou limon sableux. Dans ce cas également, le risque de colmatage par entraînement des fines peut être grand (Figure A.11). On peut y remédier, soit en s'orientant, comme précédemment, vers la solution

décrite à la figure A.13 ; soit en utilisant des tuyaux en béton poreux à joints étanches et non susceptibles de se dégrader dans le temps, la tranchée étant alors, pour éviter l'entraînement des fines du terrain avoisinant, remplie avec du sable 0/3 (Figure A.12).

Figure A.11 Colmatage du

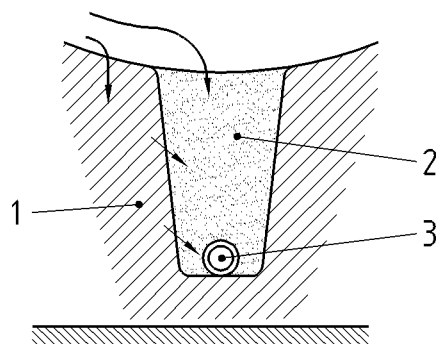


Légende

- 1 Sable fin perméable
2 Colmatage
3 Terrain imperméable

drain

Figure A.12



Légende

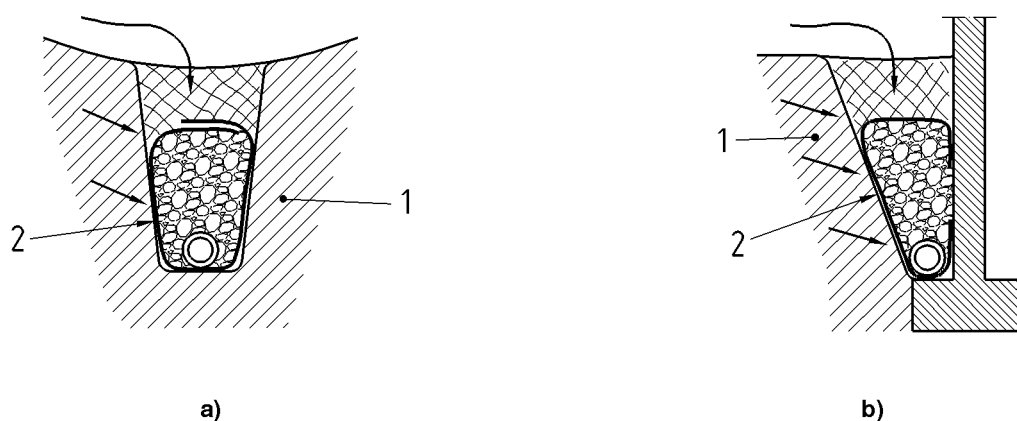
- 1 Sable fin perméable
2 Sable 0/3
3 Drain en béton poreux

Remplissage en sable 0/3

A.4.3.2.2 Utilisation de géotextiles

L'élément filtrant est constitué par un géotextile imputrescible (par exemple du type polyester) d'au moins 200 g/m² en contact sur une face avec le terrain, et enveloppant complètement ou partiellement un remplissage en cailloux (Figure A.13 a) et b)).

Figure A.13 Utilisation de géotextile

**Légende**

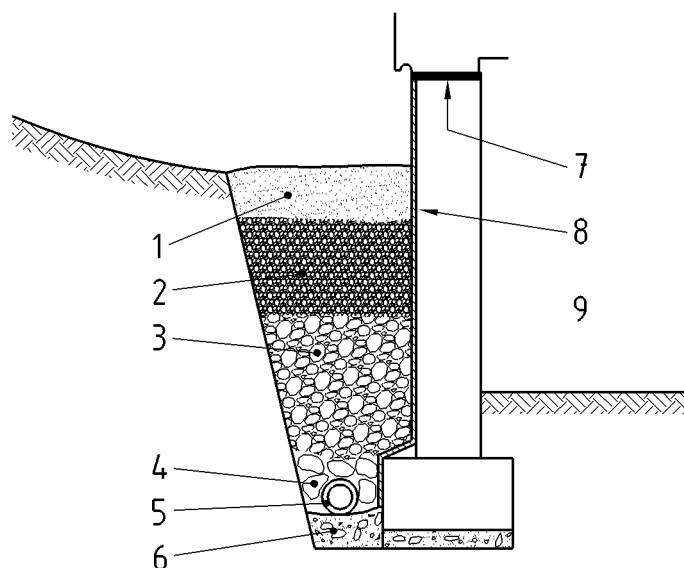
- 1 Terrain naturel
- 2 Géotextile

A.4.4 Prescriptions complémentaires relatives aux drainages périphériques de bâtiments

En fonction de la pente du terrain, chaque bâtiment est entouré partiellement ou totalement, par un drainage.

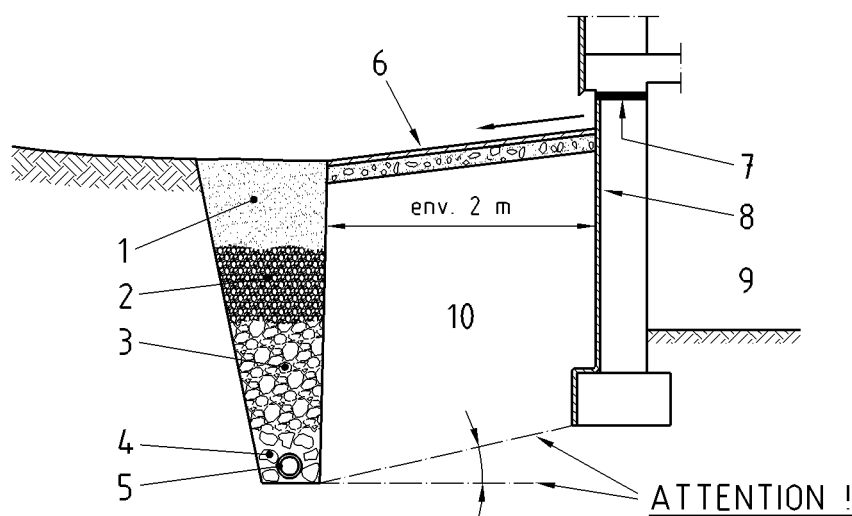
Le drainage périphérique est soit situé le long des fondations du bâtiment (Figure A.14), soit situé à une distance d'environ 2 m des murs extérieurs (Figure A.15).

Figure 14 Solution de drainage

**Légende**

- | | |
|-------------------|--------------------------|
| 1 Sable | 6 Forme en béton |
| 2 Gravillon | 7 Coupeur de capillarité |
| 3 Cailloux | 8 Revêtement extérieur |
| 4 Grosses pierres | 9 Sous-sol |
| 5 Drain | |

Figure A.15 Solution de drainage

**Légende**

- | | |
|-------------------|---------------------------------|
| 1 Sable | 6 Dallage périphérique éventuel |
| 2 Gravillon | 7 Coupure de capillarité |
| 3 Cailloux | 8 Revêtement extérieur |
| 4 Grosses pierres | 9 Sous-sol |
| 5 Drain | 10 Terrain imperméable |

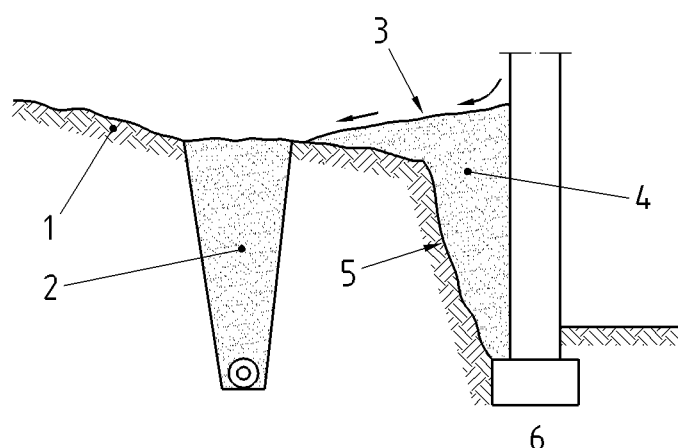
Dans le cas où le drainage est situé immédiatement le long des fondations superficielles, il est interdit de descendre la tranchée drainante à un niveau inférieur à celui des fondations. Le tuyau du drain est alors posé sur un béton maigre donnant les pentes mises en oeuvre le long de la semelle (Figure A.14) ou sur le débord de celle-ci par rapport au mur de soubassement.

Dans le cas où le drainage est exécuté à une certaine distance des murs extérieurs, il convient d'éloigner les eaux de ruissellement de la façade et de les ramener vers le drain (Figures A.15 et A.16).

NOTE 1

Cela peut être obtenu à l'aide d'une contre-pente (Figure A.16) ou d'une protection superficielle (Figure A.17), etc. Il est bien évident, toutefois, qu'en cas de très importants ruissellements sur la façade, la contre-pente sans protection superficielle risque d'être insuffisante si le remblaiement entre la fouille et les murs périphériques est réalisé à l'aide de matériaux perméables.

Figure A.16 Drainage distant des fondations et contre-pente

**Légende**

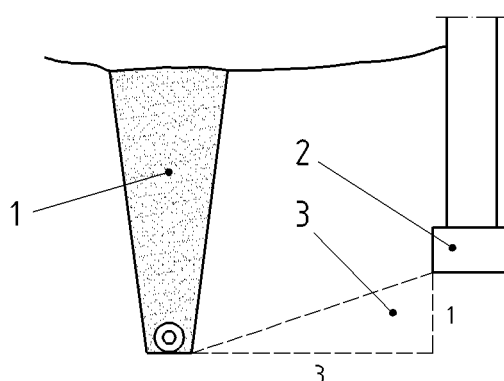
- 1 Terrain naturel
- 2 Tranchée drainante
- 3 Contre-pente
- 4 Remblai
- 5 Talus de la fouille
- 6 Terrain peu perméable

Lorsque la tranchée drainante est descendue à un niveau inférieur à celui des fondations, la distance de la tranchée et le niveau du collecteur doivent être tels qu'il n'en résulte pas un risque de décompression du terrain de fondation.

NOTE 2

Dans le cas où le bâtiment est fondé sur un terrain argileux, il paraît raisonnable que la pente entre l'arase inférieure des fondations et le fond de la tranchée ne dépasse pas 1 pour 3 (Figure A.17).

Figure A.17 Pente maximale conseillée en terrain argileux

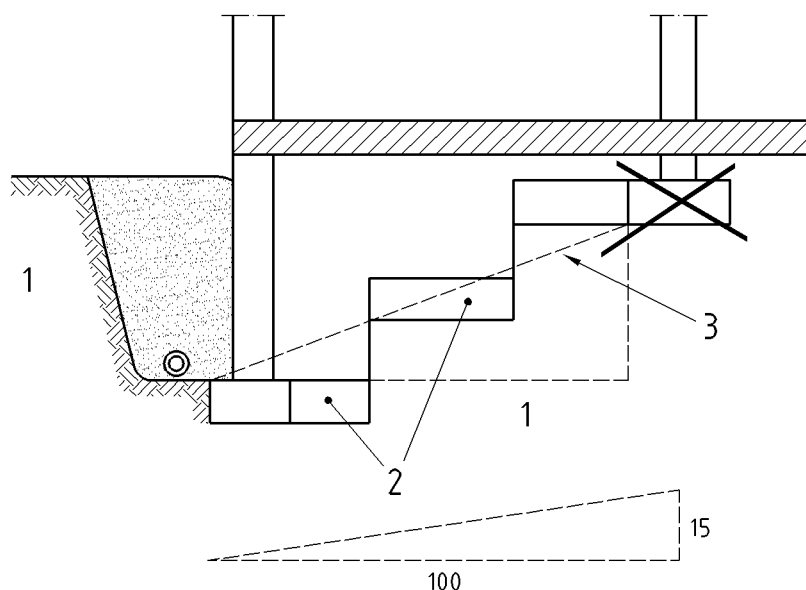
**Légende**

- 1 Tranchée drainante
- 2 Semelle
- 3 Terrain argileux

Dans le cas particulier de sables fins, ce risque de décompression par entraînement des fines, sous un gradient hydraulique même faible et à des distances importantes, conduit à vérifier la pente sous laquelle les fondations sont vues du fil d'eau du drain, non seulement pour les semelles voisines, mais pour les autres également (Figure A.18). Il

est prudent, dans ce cas, de ne pas dépasser une pente de 15 %.

Figure A.18 Pente maximale conseillée dans les sables fins



Légende

- 1 Sables fins
- 2 Redans
- 3 Pente trop forte

Il appartient au maître d'oeuvre de décider si le drain doit être situé au voisinage immédiat des fondations ou à une certaine distance de celles-ci.

Le choix entre l'une ou l'autre des deux solutions peut être guidé par les considérations ci-après :

- le drainage à environ 2 m des fondations peut, lorsqu'il est correctement exécuté, présenter l'avantage de protéger le terrain de fondation contre les variations de teneur en eau provoquées par des ruissellements périodiques. Il est bien évident toutefois que cette solution ne peut trouver son plein effet que si la quantité d'eau pouvant s'infiltrer entre la tranchée drainante et le mur périphérique est peu importante. Cette solution permet aussi, lorsque le drain est descendu à une profondeur inférieure à celle des fondations, sous réserve de rabattre l'eau contenue dans le sol, ce qui peut être intéressant pour mettre un sous-sol hors d'eau ;
- le drainage au voisinage immédiat des fondations présente l'inconvénient de provoquer, au niveau des fondations, une certaine humidification du sol. Si cette humidification est périodique, elle peut provoquer, notamment dans les terrains argileux, des désordres de tassements ; elle implique donc le choix correct de fondation, choix qui sort du cadre du présent document ; le fait que les murs du sous-sol risquent d'être soumis à des ruissellements d'eau peut également intervenir dans le choix du revêtement de ces murs.

A.4.4.1 Des regards doivent être implantés :

- au point haut du drain ;
- à chaque changement important de direction du tuyau ;
- au raccordement de deux drains.

Leur diamètre doit être suffisant pour permettre un tringlage éventuel ; ces regards doivent, à leur extrémité supérieure, être munis d'un bouchon de visite ; ce bouchon doit être conçu et placé de telle sorte qu'il évite l'introduction, dans le regard, de terre, de gravais ou autres corps étrangers.

NOTE

Dans les terrains argileux, ces regards peuvent, en général être constitués par des tuyaux en PVC ayant un diamètre intérieur de l'ordre de 150 mm.

Dans les terrains à grains fins peu perméables (sable de Fontainebleau, etc.), où les risques de colmatage sont plus importants, on peut utiliser des regards à décantation.

A.4.5 Prescriptions complémentaires relatives aux réseaux collectifs de drainage

A.4.5.1 Domaine de validité

Les prescriptions ci-après sont des prescriptions générales ayant pour but d'orienter les maîtres d'oeuvre dans leur choix.

Elles ne dispensent pas d'une étude particulière qui peut être nécessaire dans certains cas.

A.4.5.2 Distance entre drains

La distance entre deux drains voisins est à déterminer en fonction de la perméabilité du sol.

NOTE

Si l'on s'en réfère aux habitudes en matière d'assainissement des terrains agricoles, on peut pratiquement envisager, selon la nature des sols, les distances suivantes entre drains :

- 8 m à 12 m dans les terrains compacts argileux ;
- 12 m à 16 m dans les terrains limoneux ;
- 16 m à 20 m dans les terrains sableux ou sablo-graveleux.

A.4.5.3 Profondeur de la tranchée drainante

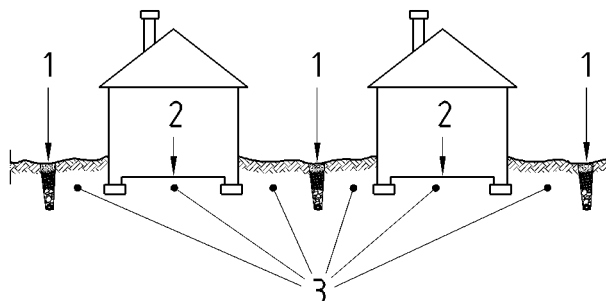
La profondeur à laquelle doivent être descendues les tranchées drainantes dépend à la fois de la nature du terrain et de la qualité d'eau à évacuer.

NOTE

En dehors du cas où le terrain est baigné par une nappe phréatique — cas qui, ainsi qu'il a été indiqué précédemment, pose un problème ne pouvant être résolu par le drainage — l'on peut rencontrer plusieurs cas, parmi lesquels les deux ci-après :

- le terrain est moyennement perméable (par exemple, sable à grains fins du genre sable de Fontainebleau) et soumis à des écoulements d'eau. Dans ce cas, les tranchées drainantes doivent être descendues à un niveau plus bas que les fondations de façon à éviter des accumulations prolongées d'eau le long des murs des sous-sols ;

Figure A.19 Drainage en terrain moyennement perméable



Légende

1 Drainage

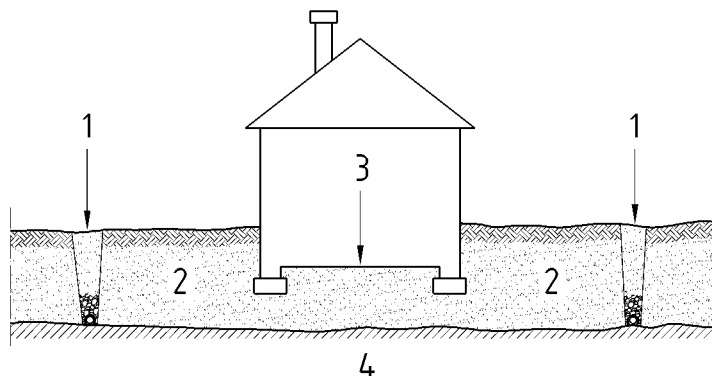
2 Sous-sol

perméable 3 Terrain moyennement perméable

- le terrain superficiel est perméable (par exemple sables et gravillons d'alluvions anciennes) et surmonte un terrain très peu perméable situé cependant à un niveau inférieur à celui des sous-sols. Pour que le drain puisse

recueillir les eaux d'infiltration circulant à la surface de la couche peu perméable, il doit être implanté plus bas que le niveau du sous-sol.

Figure A.20 Drainage et terrain très peu



Légende

- 1 Drainage
- 2 Terrain perméable
- 3 Sous-sol
- 4 Terrain très peu perméable

perméable

A.4.6 Collecte et évacuation des eaux drainées

A.4.6.1 Généralités

Les eaux collectées par les tranchées drainantes peuvent être évacuées :

- soit par déversement naturel ;

NOTE

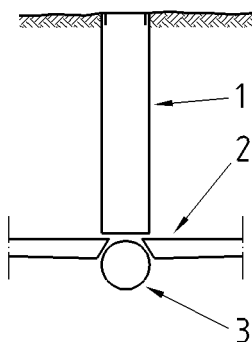
Ce peut être le cas dans les terrains en pente

- soit par l'intermédiaire d'un collecteur.

A.4.6.2 Collecteurs

Les collecteurs peuvent être constitués :

- soit par un tuyau de plus gros diamètre (Figure A.21) ; Figure A.21 Collecteur de type

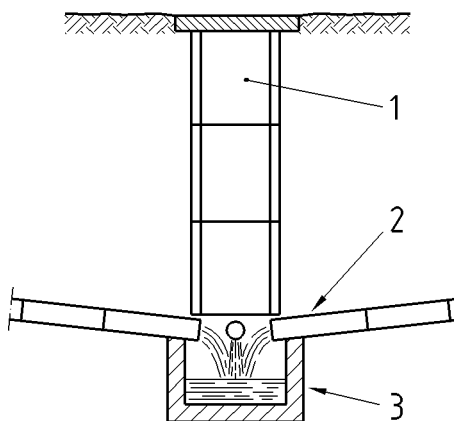
**Légende**

1 Regard

2 Drain

tuyau 3 Collecteur

- soit par un caniveau (Figure A.22). Figure A.22 Collecteur de type

**Légende**

1 Regard

2 Drains

caniveau 3 Collecteur

Un regard doit être implanté à chaque raccordement d'un drain avec le collecteur.

A.4.6.3 Evacuation des eaux collectées

Hormis les cas où il est possible d'évacuer les eaux collectées grâce à la pente du terrain, l'évacuation peut s'effectuer, après autorisation des services compétents :

- soit dans un égout d'eaux pluviales ;
- soit dans un cours d'eau, etc.

Remarque importante

En dehors des solutions d'évacuation indiquées précédemment, il en existe d'autres, mais aucune d'entre elles ne peut donner des garanties équivalentes.

NOTE

Parmi ces autres solutions, on peut citer :

- la bâche étanche qui recueille les eaux du drain et les évacue à un niveau supérieur, grâce à une ou plusieurs pompes de relevage. Or, les pompes de relevage peuvent ne pas fonctionner au moment opportun soit par défaillance de leurs organes mécaniques (due notamment à un défaut d'entretien), soit par manque (accidentel ou provoqué) de courant électrique. Ce procédé n'est donc vraiment sûr que dans le cas d'ensembles immobiliers possédant des circuits électriques de secours et d'alarme maintenus en état de fonctionnement ;

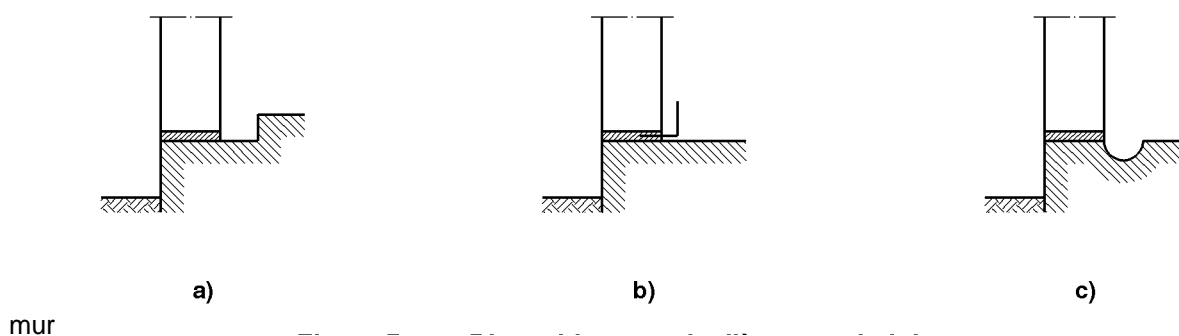
- le puisard absorbant creusé dans le terrain peu perméable. La capacité d'absorption du terrain environnant étant très faible, ce système ne peut convenir que dans le cas rarissime où le drainage ne débite qu'à des intervalles éloignés et lorsque, de surcroît, les eaux à évacuer sont peu abondantes.

Annexe B (informative) Murs simples en maçonnerie apparente de bâtiments autres que courants

Pour ces types de murs, les conditions et limites d'emploi sont les suivantes :

- les situations de la construction admises sont les situations a), b), c), et d) de la norme NF DTU 20.1 P3 « Guide de choix (sauf front de mer) » ;
- les parois ont une partie supérieure qui se situe au maximum à 12 m au-dessus du sol ;
- les épaisseurs minimales admises des parois sont les suivantes :
 - murs en blocs en béton destinés à rester apparents : 19 cm ;
 - murs en blocs perforés de terre cuite destinés à rester apparents : 20 cm ;
 - murs en briques pleines ou perforées destinés à rester apparents : 22 cm ;
 - murs en blocs de béton cellulaire autoclavé, pose collée : 20 cm ;
 - murs en pierre (moellons, moellons équarris, pierre dimensionnée) : les épaisseurs sont fixées en fonction du coefficient $C2_{w,s}$ de capillarité du matériau employé suivant le Tableau 1 du paragraphe 4.1.1.2.2 du présent document ;
- en fonction de l'appréciation du risque d'humidité en face intérieure du mur (exposition, hauteur du bâtiment), des dispositions d'arrêt en pied de mur sont à prévoir (voir Figures B.1 a), b), c)). L'éventualité d'humidité en pied de mur exclut les revêtements de sol sensibles à l'humidité (sol plastiques, revêtements de sol en résine coulée, parquet, etc.).

Figure B.1 Dispositions particulières en pied de



Annexe C (informative) Extrait du projet de l'Annexe Nationale de la NF EN 1996-1-1 (Eurocode 6)

La détermination de f_b passe par la prise en compte des trois documents suivants :

- Le paragraphe 3.1.2. de la NF EN 1996-1-1 (Eurocode 6) qui indique que :
 - « la résistance en compression normalisée est obtenue en convertissant la résistance à la compression des éléments en utilisant la NF EN 772-1, Annexe A » ;
 - « lorsque le fabricant déclare la résistance à la compression normalisée des éléments de maçonnerie comme une résistance caractéristique, il convient de convertir cette dernière en résistance moyenne équivalente, au moyen d'un coefficient de variation des éléments ». Ce dernier est appelé coefficient de passage, et est noté δ_p dans ce qui suit.
- L'annexe A de la norme NF EN 772-1, qui précise que la résistance à la compression normalisée f_b est déterminée à partir des données suivantes :

- un coefficient de conditionnement δ_c , destiné à convertir la résistance à la compression obtenue pour différents types de fonctionnement au regard d'un conditionnement de référence (séchage à l'air) ;
 - un facteur de forme δ , destiné à convertir la résistance en compression obtenue au regard de celle d'un élément de géométrie de référence (100 mm par 100 mm).
- Les normes de la série NF EN 771, qui stipulent que le fabricant déclare soit la résistance caractéristique f_c , soit la résistance moyenne f_{moy} . Le tableau ci-dessous indique les choix retenus.

Tableau C.1 Résistance caractéristique et résistance moyenne selon les normes de la série EN 771

	Blocs en béton		Briques de terre cuite		Blocs en béton cellulaire autoclavé		Pierres naturelles	
	NF EN 771-3	NF EN 771-3/CN	NF EN 771-1	NF EN 771-1/CN	NF EN 771-4	NF EN 771-4/CN	NF EN 771-6	NF EN 772-1
Résistance caractéristique	f_c ou	R_c (valeur garantie)	—	—	f_c ou	R_{cn} (valeur garantie)	—	—
Résistance moyenne	f_{moy} (valeur déclarée)	—	f_{moy} (valeur déclarée)	R_m (valeur garantie)	f_{moy} (valeur déclarée)	—	f_{moy} (valeur déclarée)	R (valeur moyenne)

Ainsi, en application des données et références ci-dessus, on aboutit aux formules suivantes :

- pour les blocs en béton, $f_b = R_c \cdot \delta_c \cdot \delta \cdot \delta_p$;
- pour les blocs en béton cellulaire, $f_b = R_{cn} \cdot \delta_c \cdot \delta \cdot \delta_p$;
- pour les briques de terre cuite $f_b = R_m \cdot \delta_c \cdot \delta$;
- pour les pierres naturelles, $f_b = f_{moy} \cdot \delta_c \cdot \delta = 0,8 \cdot R \cdot \delta_c \cdot \delta$ avec $f_{moy} = 0,8 \cdot R$ (0,8 étant le coefficient de dispersion).

Pour les éléments de maçonnerie en béton de granulats courants ou légers ou en béton cellulaire autoclavé, de catégorie 1 et certifiés sur ce point, la valeur du coefficient de passage δ_p est prise à 1,18. Cette valeur est justifiée à partir de statistiques déduites des données fournies dans le cadre des certifications de produits existant en France. La valeur du coefficient de conditionnement δ_c est prise égale à 1 pour les éléments de maçonnerie en béton de granulats courants, en briques de terre cuite et en pierre naturelle, et à 0,8 pour les éléments de maçonnerie en béton cellulaire (séchage en étuve avant essai).

En résumé, les valeurs des coefficients δ_c et δ_p sont données dans le tableau ci-dessous.

Tableau C.2 Valeurs des coefficients δ_c et δ_p

	δ_c	δ_p	$\delta_c \cdot \delta_p$
Béton	1,00	1,18	1,18
Terre cuite	1,00	1,00	1,00
Béton cellulaire	0,80	1,18	0,94
Pierre naturelle	0,80	1,00	0,80

Les valeurs du coefficient de forme δ données dans l'Annexe A de la norme NF EN 772-1 sont rappelées pour mémoire dans le tableau ci-dessous : Tableau C.3 Valeurs de δ proposées dans l'Annexe A de la norme NF EN 772-1

Hauteur (cm)	Largeur (cm)				
	5	10	15	20	≥ 25
4	0,80	0,70	—	—	—
5	0,85	0,75	0,70	—	—
6,5	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
10	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
15	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
20	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
≥ 25	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

Il est donc très important de bien clarifier les informations fournies dans le cadre du marquage CE (voir commentaires ci-dessus), notamment la distinction entre les deux options : valeur moyenne ou valeur caractéristique de f_b , à partir de laquelle sera déterminée pour les calculs selon le DTU en période transitoire, dans l'attente de l'application de la NF EN 1996 (Eurocode 6), la résistance « nominale » des produits.

Bibliographie

NF P 06-013, *Règles de construction parasismique — Règles PS applicables aux bâtiments, dites règles PS 92.*

NF P 06-014, *Règles de construction parasismique — Construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés — Règles PS-MI 89 révisées 92 — Domaine d'application — Conception — Exécution.*

NF DTU 14.1 : NF P 11-221 (Référence DTU 14.1), *Travaux de bâtiment — Travaux de cuvelage.*

NF DTU 25.1 : NF P 71-201 (Référence DTU 25.1), *Travaux de bâtiment — Enduits intérieurs en plâtre*.

NF DTU 25.41, *Travaux de bâtiment — Ouvrages en plaques de plâtre* (indice de classement : P 72-203).

NF DTU 26.1, *Travaux de bâtiment — Travaux d'enduits de mortiers* (indice de classement : P 15-201).

NF DTU 36.1 : NF P 23-201 (Référence DTU 36.1), *Travaux de bâtiment — Menuiserie en bois*.

NF DTU 37.1 : NF P 24-203 (Référence DTU 37.1), *Travaux de bâtiment — Menuiseries métalliques.*

NF DTU 55.2 : NF P 65-202 (Référence DTU 55.2), *Travaux de bâtiment — Revêtements muraux attachés en pierre mince.*

NF EN 771 (toutes les parties), *Spécifications pour éléments de maçonnerie* (indice de classement : P 12-02X).

NF EN 772-1, *Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie — Partie 1 : Détermination de la résistance à la compression* (indice de classement : P 12-101).

NF EN 1996 (toutes les parties), *Eurocode 6 — Calcul des ouvrages en maçonnerie* (indice de classement : P 10-6XX).

NF EN 1998 (toutes les parties), *Eurocode 8 — Calcul des structures pour leur résistance aux séismes* (indice de classement : P 06-03X).

NF EN 13252, *Géotextiles et produits apparentés — Caractéristiques requises pour l'utilisation dans les systèmes de drainage* (indice de classement : G 38-184).

Règles BAEL 91 révisées 99, *Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites.*

CPT (1833), *Produits et systèmes d'étanchéité et d'isolation complémentaires de parois verticales (GS7) : Conditions générales d'emploi des systèmes d'isolation thermique des façades par l'extérieur faisant l'objet d'un avis technique* (Cahiers CSTB 1833).

Liste des documents référencés

#1 - Règles PS 92 (DTU NF P06-013) (décembre 1995) : Règles de construction parasismique - Règles PS applicables aux bâtiments + Amendement A1 (février 2001) + Amendement A2 (novembre 2004)

#2 - Règles PS-MI 89 révisées 92 (NF P06-014) (décembre 1995) : Règles de construction parasismique - Construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés - Domaine d'application - Conception - Exécution + Amendement A1 (février 2001) + Amendement A2 (janvier 2011) (Indice de classement : P06-014)

#3 - NF DTU 20.1 P1-1 (octobre 2008) : Travaux de bâtiment - Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (Indice de classement : P10-202-1-1)

- #4 - 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)
- #5 - NF DTU 20.1 P3 (octobre 2008) : Travaux de bâtiment - Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs - Partie 3 : Guide pour le choix des types de murs de façades en fonction du site (Indice de classement : P10-202-3)
- #6 - NF DTU 25.41 P1-1 (février 2008) : Travaux de bâtiment - Ouvrages en plaques de plâtre - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques (Indice de classement : P72-203-1-1)
- #7 - RT 2005 - Règles Th-U (fascicule 4/5) (janvier 2007) : Parois opaques - Calcul des caractéristiques thermiques des parois opaques
- #8 - NF DTU 26.1 P1-1 (avril 2008) : Travaux de bâtiment - Travaux d'enduits de mortiers - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques (Indice de classement : P15-201-1-1)
- #9 - DTU 55.2 (NF P65-202-1) (octobre 2000) : Travaux de bâtiment - Revêtements muraux attachés en pierre mince - Partie 1 : Cahier des clauses techniques (Indice de classement : P65-202-1)
- #10 - GS 7 : Conditions générales d'emploi des systèmes d'isolation thermique des façades par l'extérieur faisant l'objet d'un Avis Technique (Cahiers du CSTB, Cahier 1833, mars 1983)
- #11 - NF DTU 20.1 P1-2 (octobre 2008) : Travaux de bâtiment - Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (Indice de classement : P10-202-1-2)
- #12 - 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)
- #13 - DTU 14.1 (NF P11-221-1) (mai 2000) : Travaux de bâtiment - Travaux de cuvelage - Partie 1 : Cahier des clauses techniques + Erratum (novembre 2000) (Indice de classement : P11-221)

Liste des figures

- Figure 1 Disposition proscrite
- Figure 2 Chaînages horizontaux
- Figure 3 Chaînage plat
- Figure 4 Disposition proscrite
- Figure 5 Disposition conforme
- Figure 6 Armatures minimales des chaînages
- Figure 7 Armatures minimales des chaînages lorsqu'ils excèdent l'épaisseur du mur
- Figure 8 Exemples d'implantation des chaînages verticaux pour immeuble collectif et maison individuelle (a) et coupe horizontale (b)
- Figure 9 Disposition proscrite
- Figure 10 Bandeau saillant et armatures
- Figure 11 Corniche, joints et chaînages filants
- Figure 12 Corniche ou balcons recoupés par des joints transversaux rapprochés
- Figure 13 Balcon et garde-corps
- Figure 14 Soubassement en béton cellulaire autoclavé
- Figure 15 Coupe horizontale sur un contrefort au niveau d'un chaînage horizontal
- Figure 16 Coupe verticale sur un chaînage horizontal
- Figure 17 Joint diapason — Principe
- Figure 18 Joint diapason — Détail
- Figure 19 Maçonnerie de remplissage et point d'ancrage excentré
- Figure 20 Maçonnerie de remplissage et joint de fractionnement
- Figure 21 Murs du type I en moellons épaisseur minimale
- Figure 22 Moellons équarris ou pierre dimensionnée du type I
- Figure 23 Moellons équarris ou pierre dimensionnée du type I
- Figure 24 Moellons équarris ou pierre dimensionnée du type IIa
- Figure 25 Moellons équarris ou pierre dimensionnée de mur du type IIa
- Figure 26 Moellons équarris ou pierre dimensionnée de murs de type IIb
- Figure 27 Moellons équarris ou pierre dimensionnée de murs de type IIb
- Figure 28 Moellons équarris ou pierre dimensionnée de murs du type III
- Figure 29 Mur de type I en brique pleine ou perforée
- Figure 30 Mur de type I en blocs pleins ou perforés de béton de granulats courants
- Figure 31 Mur de type I en blocs pleins ou perforés de béton de granulats légers
- Figure 32 Mur de type I en blocs creux de béton de granulats courants
- Figure 33 Mur de type I en blocs creux de béton de granulats légers
- Figure 34 Mur de type I en briques creuses de terre cuite à perforations horizontales

- Figure 35 Mur de type I en briques creuses de terre cuite à perforations horizontales et à rupture de joint
- Figure 36 Mur de type I en blocs perforés de terre cuite à perforations verticales
- Figure 37 Mur de type I en blocs enduits de béton cellulaire autoclavé
- Figure 38 Mur de type I avec une double paroi et un isolant hydrophile en sandwich
- Figure 39 Exemple de mur de type IIa
- Figure 40 Exemple de mur de type IIa
- Figure 41 Exemple de mur de type IIa
- Figure 42 Exemple de mur de type IIa
- Figure 43 Exemple de mur de type IIa en blocs pleins enduits de béton de granulats courants ou légers
- Figure 44 Exemple de mur de type IIa en blocs pleins enduits de béton de granulats courants ou légers
- Figure 45 Exemple de mur de type IIa en blocs creux de béton de granulats courants ou légers
- Figure 46 Mur de type IIa en briques creuses ou blocs perforés de terre cuite
- Figure 47 Mur de type IIa en blocs enduits de béton cellulaire autoclavé
- Figure 48 Mur de type IIa en blocs enduits de béton cellulaire autoclavé
- Figure 49 Mur de type IIb en briques pleines ou perforées
- Figure 50 Mur de type IIb en blocs pleins enduits de béton de granulats courants ou légers
- Figure 51 Mur de type IIb en blocs creux enduits de béton de granulats courants ou légers
- Figure 52 Mur de type IIb en briques creuses ou blocs perforés de terre cuite
- Figure 53 Mur de type IIb en blocs enduits de béton cellulaire autoclavé
- Figure 54 Mur de type III en briques pleines ou perforées apparentes
- Figure 55 Mur de type III en blocs pleins enduits de béton de granulats courants ou légers
- Figure 56 Mur de type III en briques creuses ou blocs perforés de terre cuite
- Figure 57 Mur de type III en blocs creux de granulats courants et cloison de doublage
- Figure 58 Mur de type III en béton cellulaire autoclavé et cloison de doublage
- Figure 59 Exemple de mur du type III non conforme au présent document
- Figure 60 Exemple de mur du type III non conforme au présent document
- Figure 61 Exemple de mur composite (maçonnerie et béton banché)
- Figure 62 Exemple de mur composite (maçonnerie et béton banché)
- Figure 63 Exemple de mur composite
- Figure 64 Exemple de mur composite
- Figure 65 Linteau isolé ou filant
- Figure 66 Linteau filant
- Figure 67 Distributions des contraintes
- Figure 68 Vérification à mi-hauteur de la paroi
- Figure 69 Contraintes exercées par les charges verticales
- Figure 70 Revêtement extérieur par feuilles ou complexes élasto-plastiques raccordement entre le mur et la semelle
- Figure A.1 Infiltrations d'eau en terrain perméable
- Figure A.2 Accumulation d'eau en terrain peu perméable
- Figure A.3 Regard d'eau pluviale préfabriqué
- Figure A.4 Drainage périphérique individuel
- Figure A.5 Exemple de drainage collectif d'un lotissement sur un terrain sensiblement plat
- Figure A.6 Exemple de drainage collectif d'un lotissement sur un terrain en pente
- Figure A.7 Cas des terrains sensiblement plats
- Figure A.8 Cas des terrains en pente
- Figure A.9 Exemple de tranchée drainante
- Figure A.10 Entraînement des éléments fins
- Figure A.11 Colmatage du drain
- Figure A.12 Remplissage en sable 0/3
- Figure A.13 Utilisation de géotextile
- Figure 14 Solution de drainage
- Figure A.15 Solution de drainage
- Figure A.16 Drainage distant des fondations et contre-pente
- Figure A.17 Pente maximale conseillée en terrain argileux
- Figure A.18 Pente maximale conseillée dans les sables fins
- Figure A.19 Drainage en terrain moyennement perméable
- Figure A.20 Drainage et terrain très peu perméable
- Figure A.21 Collecteur de type tuyau
- Figure A.22 Collecteur de type caniveau
- Figure B.1 Dispositions particulières en pied de mur

Liste des tableaux

Tableau 1 Epaisseurs minimales des parois extérieures en pierre dimensionnée ou moellons équarris apparents

Tableau 2 Epaisseurs minimales des parois extérieures en moellons

Tableau 3 Epaisseurs minimales des murs de type I

Tableau 4 Cas des maçonneries montées à joints épais de mortier

Tableau 5 Cas des maçonneries montées à joints minces et continus de mortier-colle bénéficiant d'un avis technique ou DTA

Tableau 6 Coefficients de majoration du coefficient N pour des élancements compris entre 15 et 20

Tableau 7 Règles applicables aux maçonneries avec isolation intérieure rapportée

Tableau 8 Valeurs de la résistance à la diffusion de parois intérieures courantes (R_{DP})

Tableau 9 Valeurs de la perméabilité à la vapeur des principaux isolants utilisés ($R_{DI} = e / \pi$)

Tableau C.1 Résistance caractéristique et résistance moyenne selon les normes de la série EN 771

Tableau C.2 Valeurs des coefficients δ_c et δ_p

Tableau C.3 Valeurs de δ proposées dans l'Annexe A de la norme NF EN 772-1