



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

**MAÇONNERIES ISOLANTES
AVEC ISOLATION THERMIQUE
PAR L'INTÉRIEUR OU RÉPARTIE**

**PARTIE 1 – SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX PRODUITS
ET AUX OUVRAGES**

AOÛT 2014

NEUF

ÉDITO

Le Grenelle Environnement a fixé pour les bâtiments neufs et existants des objectifs ambitieux en matière d'économie et de production d'énergie. Le secteur du bâtiment est engagé dans une mutation de très grande ampleur qui l'oblige à une qualité de réalisation fondée sur de nouvelles règles de construction.

Le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a pour mission, à la demande des Pouvoirs Publics, d'accompagner les quelque 370 000 entreprises et artisans du secteur du bâtiment et l'ensemble des acteurs de la filière dans la réalisation de ces objectifs.

Sous l'impulsion de la CAPEB et de la FFB, de l'AQC, de la COPREC Construction et du CSTB, les acteurs de la construction se sont rassemblés pour définir collectivement ce programme. Financé dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie grâce à des contributions importantes d'EDF (15 millions d'euros) et de GDF SUEZ (5 millions d'euros), ce programme vise, en particulier, à mettre à jour les règles de l'art en vigueur aujourd'hui et à en proposer de nouvelles, notamment pour ce qui concerne les travaux de rénovation. Ces nouveaux textes de référence destinés à alimenter le processus normatif classique seront opérationnels et reconnus par les assureurs dès leur approbation ; ils serviront aussi à l'établissement de manuels de formation.

Le succès du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » repose sur un vaste effort de formation initiale et continue afin de renforcer la compétence des entreprises et artisans sur ces nouvelles techniques et ces nouvelles façons de faire. Dotées des outils nécessaires, les organisations professionnelles auront à cœur d'aider et d'inciter à la formation de tous.

Les professionnels ont besoin rapidement de ces outils et « règles du jeu » pour « réussir » le Grenelle Environnement.

Alain MAUGARD

Président du Comité de pilotage du Programme
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
Président de QUALIBAT



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

AVANT- PROPOS

Afin de répondre au besoin d'accompagnement des professionnels du bâtiment pour atteindre les objectifs ambitieux du Grenelle Environnement, le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a prévu d'élaborer les documents suivants :

Les **Recommandations Professionnelles** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques de référence, préfigurant un avant-projet NF DTU, sur une solution technique clé améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur vocation est d'alimenter soit la révision d'un NF DTU aujourd'hui en vigueur, soit la rédaction d'un nouveau NF DTU. Ces nouveaux textes de référence seront reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Les **Guides** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter.

Les **Calepins de chantier** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des mémentos destinés aux personnels de chantier, qui illustrent les bonnes pratiques d'exécution et les dispositions essentielles des Recommandations Professionnelles et des Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Les **Rapports** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » présentent les résultats soit d'une étude conduite dans le cadre du programme, soit d'essais réalisés pour mener à bien la rédaction de Recommandations Professionnelles ou de Guides.

Les **Recommandations Pédagogiques** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents destinés à alimenter la révision des référentiels de formation continue et initiale. Elles se basent sur les éléments nouveaux et/ou essentiels contenus dans les Recommandations Professionnelles ou Guides produits par le programme.

L'ensemble des productions du programme d'accompagnement des professionnels « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » est mis gratuitement à disposition des acteurs de la filière sur le site Internet du programme : <http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>



Sommaire

1 - Introduction	7
1.1. • Définition de la maçonnerie isolante ITI et ITR	8
1.2. • Enjeux pour assurer durablement les performances thermiques, environnementales et sanitaires.....	9
2 - Objectifs.....	12
3 - Les éléments de maçonnerie isolants.....	15
3.1. • Les différents classements	15
3.1.1. • Classement en groupe	15
3.1.2. • Catégorie déclarée	16
3.1.3. • Dimensions de coordination	16
3.1.4. • Résistances déclarées par le fabricant	17
3.2. • Les briques de terre cuite.....	17
3.2.1. • Briques LD à perforations verticales pour maçonnerie de type a et b, pose collée, groupe 3.....	18
3.2.2. • Briques LD à perforations horizontales pour maçonnerie de type a et b, pose maçonnée, groupe 4.....	18
3.2.3. • Briques HD à perforations verticales pour maçonneries de type b, pose au mortier allégé, groupe 1	19
3.2.4. • Spécifications des briques isolantes.....	19
3.2.5. • Marquage CE, NF et FDES	21
3.2.6. • Caractéristiques environnementales et sanitaires	23
3.2.7. • Gammes d'accessoires briques	24
3.3. • Les blocs béton de granulats légers.....	25
3.3.1. • Spécifications des blocs de granulats légers.....	27
3.3.2. • Marquages CE et NF.....	29
3.4. • Les blocs béton cellulaire autoclavé	31
3.4.1. • Dimensions et types de blocs	31
3.4.2. • Spécifications des blocs en béton cellulaire	32
3.4.3. • Caractéristiques environnementales et sanitaires	34
4 - Les produits et matériaux associés.....	35
4.1. • Les mortiers de montage.....	35
4.1.1. • Caractéristiques thermiques.....	36
4.2. • Les enduits de façade	37
4.2.1. • Compatibilité entre enduit et maçonnerie	38
4.2.2. • Caractéristique thermique des enduits.....	39
4.2.3. • Treillis anti-fissuration.....	39
4.3. • Les aciers d'armature	39
4.4. • Les bétons	39
4.4.1. • Les bétons de chaînage	39
5 - Etude des dispositions constructives et choix des matériaux	41
5.1. • Rappel des règles de conception et de dimensionnement.....	41



5.2. • Choix des éléments de maçonnerie dans la conception thermique	42
5.2.1. • Principaux Textes réglementaires applicables	42
5.2.2. • Principales dispositions de la RT 2012	43
5.2.3. • Les obligations de résultats	43
5.2.4. • Les exigences de moyens	45
5.2.5. • Résistance thermique de la paroi	45
5.2.6. • Ponts thermiques	49
5.2.7. • Inertie thermique	51
5.2.8. • Etanchéité à l'air	53
5.3. • Choix des murs selon l'exposition	53
5.3.1. • Exposition à la pluie	53
5.3.2. • Murs de sous-sol	54
5.4. • Stabilité mécanique	55
5.4.1. • Contreventement	56
5.4.2. • Chaînages horizontaux	56
5.4.3. • Chaînages verticaux	57
5.4.4. • Jonctions en T	58
5.4.5. • Trumeaux	59
5.4.6. • Appuis de planchers	60
5.4.7. • Linteaux	62
5.4.8. • Coffres de volet roulant (CVR)	63
5.5. • Résistance au feu	63
5.6. • Utilisation en zone sismique	64
5.6.1. • Principe de dimensionnement	66
5.6.2. • Dispositions constructives applicables aux murs de contreventement et aux chaînages	67
5.6.3. • Disposition des chaînages horizontaux et verticaux	69
5.6.4. • Continuité des chaînages dans les angles	69
5.6.5. • Influence des dispositions constructives sur la performance thermique.	70
5.7. • Interfaces avec la maçonnerie	70
5.7.1. • Menuiseries	70
5.7.2. • Réseaux	71
5.7.3. • Saignées et réservations	72
5.8. • Isolation acoustique	72
5.8.1. • Un exemple d'application de la Réglementation Acoustique : les logements d'habitation	73
5.8.2. • Transmission latérale dans le cas des procédés avec Isolation thermique répartie	74
5.9. • Durabilité	76

Annexe 1 : Maçonneries isolantes – Valeurs des ponts thermiques 78

1. Liaison plancher bas / mur	79
2. Liaison plancher bas / mur-refend	80
3. Liaison plancher bas / refend	82
4. Liaison plancher intermédiaire / mur	83
5. Liaison plancher haut / mur	85
6. Liaison plancher haut / refend	86
7. Liaison mur / mur	87
8. Liaison mur / refend	88
9. Liaison mur / menuiserie	89

Annexe 2 – L'inertie thermique des bâtiments 90

1. Inertie thermique et consommations de chauffage	90
2. Inertie thermique et confort d'été	92
3. Analyse du déphasage	93



Annexe 3 – Essais d'étanchéité à l'air sur parois maçonneries enduites Influence du remplissage ou non des joints verticaux 95

1. Contexte et objectifs.....	95
2. Principe général d'essai.....	95
3. Descriptif des essais réalisés.....	96
4. Résultats obtenus.....	97
5. Interprétation.....	98
6. Durabilité des performances.....	99
7. Conclusion.....	99

Bibliographie 101



Introduction

1



Depuis une trentaine d'années, et du fait des différentes crises de l'énergie, des éléments de maçonnerie isolants se sont développés pour participer à la baisse de la consommation d'énergie. Ils sont bien adaptés à la construction de maisons individuelles, de maisons groupées et de petits collectifs en ITI ou en ITR (sans isolant rapporté).

Ces résultats ont été permis par la conjonction des qualités d'isolation, d'inertie et de traitement des ponts thermiques, et le développement par les filières industrielles (terre cuite, bloc béton de granulats légers et béton cellulaire) de la technique de pose à joints minces. Cette technique s'est rapidement développée grâce aux actions de monitorat sur chantier et aux actions de formation pour les jeunes avec le CCCA (Comité de concertation et de Coordination de l'Apprentissage) et pour les professionnels avec la CAPEB et la FFB.

La technique de montage à joints minces a de nombreux avantages qui se caractérisent par :

- moins de matière manipulée : par exemple pour une maison de 120 m² de murs, 180 kg de mortier-colle contre 5,5 T de mortier en montage traditionnel ;
- une consommation d'eau réduite : 90 % d'eau en moins ;
- des chantiers plus propres (moins de déchets à recycler)
- une meilleure maîtrise de la mise en œuvre (mortiers performanciers) ;
- moins de nuisance sonore ;
- des résistances thermiques élevées allant jusqu'à 2,5 m².K/W, pour les éléments de maçonneries isolants de dernière génération utilisés en ITI, et 5,5 m².K/W pour les éléments de maçonneries isolants utilisés en ITR.

La capacité d'isolation moyenne des procédés à isolation répartie est compensée par l'épaisseur du matériau, mais aussi par leur capacité de déphasage thermique, particulièrement appréciable pour le confort d'été. Ces procédés constituent donc une réponse pertinente pour atteindre le niveau de label « Effinergie + » moyennant des équipements dits actifs.

Des solutions en pose maçonnerie en mortier allégé existent aussi mais ne sont pas mises en avant. Ces solutions permettent l'obtention d'une paroi homogène sans perte thermique complémentaire.

La pertinence de ces solutions de maçonneries isolantes est attestée par la part de marché acquise en quelques années et le développement récent de nouvelles exigences dans la perspective des évolutions de la réglementation thermique.

Les maçons se sont aujourd'hui appropriés la technique de mise en œuvre à joint mince, mais il faut dorénavant envisager le procédé comme un système constructif complet à l'échelle de l'enveloppe du bâtiment (murs, planchers, fenêtres, coffres de volets roulants, distribution des fluides, doublage en ITI ...), en optimisant les interfaces entre composants, en utilisant les accessoires adaptés et en coordonnant les interventions des différents corps de métier pour garantir notamment une très bonne performance en étanchéité à l'air des parois.

1.1. • Définition de la maçonnerie isolante ITI et ITR

Les maçonneries isolantes sont classées, selon la réglementation thermique, en deux types (RT 2012, règles TH-Bât-TH-U fascicule 5 Ponts thermiques) : maçonnerie isolante de type a ou de type b (Tableau 1).

Type de maçonnerie isolante	Conductivité thermique équivalente (1) : $\lambda_e (W / mK)$
type a	$\leq 0,2$
type b	entre 0,2 et 0,4

(1) $\lambda_e = e / R$, e étant l'épaisseur de l'élément et R sa résistance thermique.

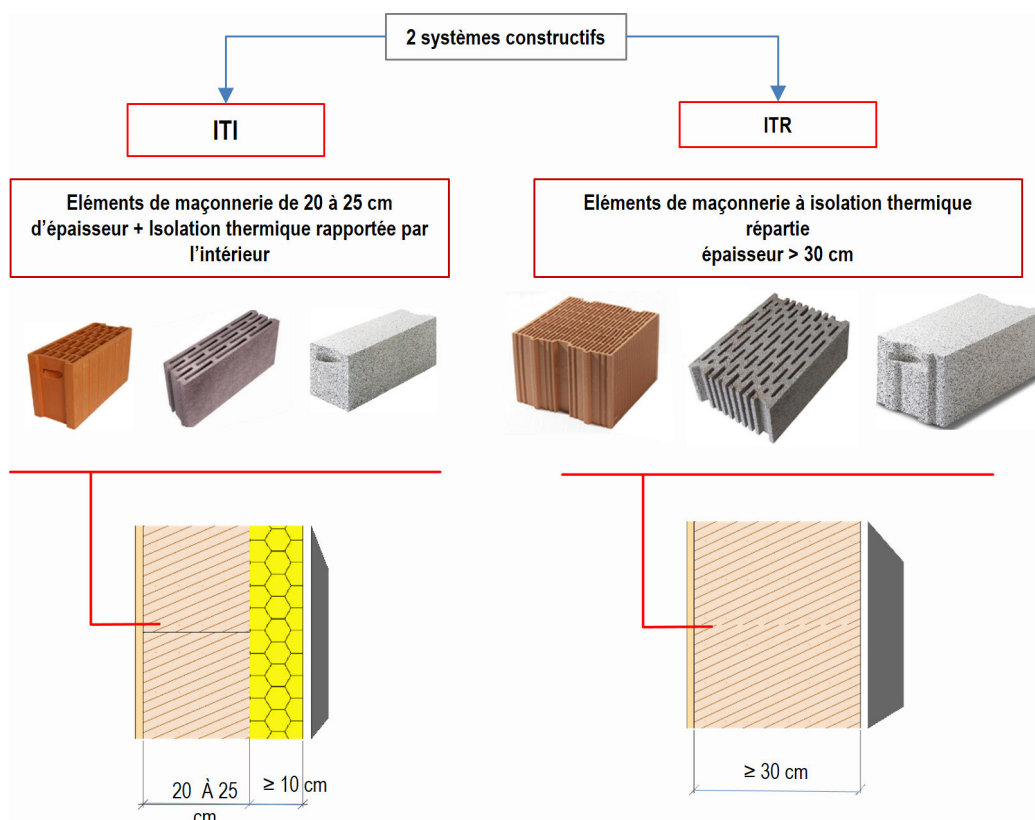
▲ Tableau 1 : Classification des maçonneries isolantes selon les règles Th-BATTh-U 2012

Ce classement sert en particulier à déterminer la valeur forfaitaire des ponts thermiques à prendre en compte dans les calculs (règles Th-BAT Th-U RT 2012, fascicule 5).

Les maçonneries isolantes ont aujourd'hui des valeurs de conductivité thermique équivalente nettement inférieures à celles mentionnées ci-dessus de 0,2 W/(m.K). Pour tenir compte de l'évolution des performances des produits, différents tableaux de valeurs sont présentées dans la suite du document. Ils permettent d'optimiser les spécifications thermiques utilisables lors des calculs (bases d'informations

pour les logiciels de calculs) et de répondre ainsi aux attentes des maîtres d'œuvre et autres utilisateurs.

Deux systèmes de mise en œuvre sont utilisables et présentés (Figure 1) (dessins de principe)



ITI : Isolation thermique par l'intérieur
ITR : isolation thermique répartie

▲ Figure 1 : Définition des systèmes constructifs étudiés

1.2. • Enjeux pour assurer durablement les performances thermiques, environnementales et sanitaires

Une isolation performante

Par leur conception alvéolaire, sous forme de vides d'air entre les cloisons internes, ces solutions garantissent une résistance thermique pour l'ensemble du mur comprise entre 3 et 6 m².K/W, voire au-delà, selon le niveau d'isolation recherché et le système constructif retenu (ITI ou ITR).

Le développement de planelles isolantes associées à une maçonnerie isolante de type a permet de réduire fortement les ponts thermiques de planchers. A titre d'exemple pour le pont thermique entre plancher intermédiaire et façade en ITI, il est estimé à 0,30 W/(m.K), pour une valeur limite moyenne de 0,60 W/(m.K) spécifiée par la RT 2012.



L'emploi de rupteurs thermiques associés aux planchers est également une solution. A ce titre, voir le guide RAGE « Rupteurs sous Avis Techniques » et le guide RAGE « Planchers à poutrelles-et entrevous ».

L'inertie thermique est la capacité d'un matériau à capter la chaleur et à la restituer avec un déphasage de plusieurs heures.

Lors des fortes chaleurs, l'inertie thermique permet de limiter les montées excessives de température à l'intérieur des bâtiments. Les systèmes de construction en maçonnerie offrent en général une bonne inertie thermique et permettent de satisfaire aux spécifications de la RT 2012 (limitation de la T_{ic} ¹).

Pendant la période de chauffage, la paroi restitue durant la nuit la chaleur emmagasinée pendant la journée (apports solaires et internes) et limite ainsi la consommation d'énergie, tout en offrant une ambiance très confortable (écrêtage des phases chaudes et froides).

La RT 2012 impose, pour les maisons individuelles, une perméabilité à l'air inférieure à $0,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ de surface déperditive, hors plancher bas. De nombreuses mesures montrent les excellentes performances des solutions maçonnées enduites, le respect des règles de mise en œuvre actuelles (DTU, ...) permettant d'atteindre des valeurs de perméabilité très inférieures à ce niveau réglementaire sans disposition complémentaire (exemple spécifications du label Effinergie). Par ailleurs, les essais en laboratoire prouvent qu'il est inutile de traiter les joints verticaux des murs pour augmenter l'étanchéité à l'air d'une maçonnerie enduite.

Des qualités environnementales et sanitaires

Les risques sanitaires posés par la détérioration de la qualité de l'air intérieur sont un enjeu de santé publique. Ils sont soulignés par tous les médecins et les scientifiques qui nous alertent sur le développement rapide des moisissures, principale cause de pollution de l'air intérieur. Selon l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, plus de 40 % des logements sont contaminés par les moisissures.

Les moisissures représentent une des causes principales de la pollution intérieure, à l'origine de diverses pathologies, et notamment des allergies respiratoires.

Les moisissures ont besoin, pour se développer, d'humidité et de matières nutritives. Grâce à leur caractère isolant, à la réduction des principaux ponts thermiques, les maçonneries isolantes réduisent sensiblement les zones froides et donc le risque de condensation. Même en cas d'humidité accidentelle (infiltrations, fuites d'eau), l'absence de matières nutritives empêche les moisissures de se développer. En effet, les maçonneries sont exclusivement constituées de matière minérale.

¹ T_{ic} : température intérieure conventionnelle d'un logement exprimée en °C.

Suite au Grenelle de l'Environnement, un décret et un arrêté imposent un étiquetage sanitaire des produits de construction et de décoration par rapport aux émissions de Composés Organiques Volatils (COV).

Du fait de leur constitution exclusivement minérale, les parois maçonnées n'émettent pas de COV. Elles sont classées A+.



Objectifs

2



Les Recommandations professionnelles RAGE Maçonneries isolantes avec isolation thermique par l'intérieur ou répartie serviront de contributions à la définition de règles de l'art applicables aux maçonneries isolantes, en vue de les intégrer dans le NF DTU 20.1. Elles sont structurées en deux documents. Ces deux documents s'appuient principalement sur les enseignements d'opérations de construction et définissent les optimisations possibles aux travers d'outils de spécification (grilles de lecture des contraintes réglementaires et exigences essentielles), solutions génériques adaptées (traitement des ponts thermiques, accessoires...), logique d'organisation de chantier, auto contrôle de la qualité de mise en œuvre.

Ce document constitue la 1ère partie et définit :

- les spécifications relatives aux éléments de maçonnerie isolants conformes aux normes européennes de la série NF EN 771 :
 - Briques de terre cuite à perforations verticales ou horizontales ;
 - Blocs de béton de granulats légers pleins, perforés ou creux ;
 - Blocs en béton cellulaire autoclavé (BCA).
- les prescriptions et performances techniques applicables aux ouvrages de maçonnerie isolante, notamment celles liées à la performance thermique, en relation avec la RT 2012, mais également en regard des autres réglementations en vigueur. Ces spécifications pourraient faire l'objet d'un fascicule de documentation pour le NF DTU 20.1.

La seconde partie des recommandations professionnelles porte sur les dispositions constructives applicables à la mise en œuvre des maçonneries isolantes, en se référant :

- aux spécifications du NF DTU 20.1 ;
- aux spécifications des avis techniques et DTA lorsque ceux-ci sont utilisés ;



- à des dispositions constructives nouvelles, dérogeant aux DTU, lorsque celles-ci sont développées pour répondre à la réglementation thermique RT 2012. Elles serviront de contributions à la définition de règles de l'art applicables aux maçonneries isolantes en vue de les intégrer dans le cahier des clauses techniques du NF DTU 20.1 partie 1.1.

Les procédés de maçonneries isolantes à joints minces doivent :

- Soit être couverts par un Avis technique (Atec) ou un document technique d'application (DTA) couvrant l'élément de maçonnerie, le mortier de montage et leur mise en œuvre ;
- Soit être mis en œuvre avec un mortier de montage conforme au type (T) de la norme NF EN 998-2 et dont la compatibilité avec l'élément maçonné et l'outil d'application est établie en prenant en compte :
 - ses propriétés rhéologiques, qui doivent être adaptées au profil structurel du matériaux à coller et à l'outil d'application préconisé ;
 - sa rétention d'eau, qui doit être adaptée à la porosité du matériau à coller et à l'épaisseur minimale du joint (1mm) ;
 - son aptitude au mouillage (transfert du mortier frais à l'écrasement), qui doit être adaptée à la surface du matériau ;
 - sa durée pratique d'utilisation (DPU) et son temps ouvert (TO), qui doivent être compatibles avec l'application sur chantier.

Cette compatibilité entre mortier de montage, élément de maçonnerie et outil d'application peut être établie par un Atec, un DTA ou une certification prenant en compte les spécifications ci-dessus.

Remarque

A la date de publication de ces recommandations, seuls des Atec et DTA sont délivrés et disponibles sur le site du CSTB :

- Dans le cas des procédés Terre cuite, faire une recherche via la rubrique : « éléments de maçonnerie »
- Dans le cas des mortiers pour blocs béton de granulats légers et béton cellulaire, faire une recherche via les rubriques : « mortiers à joints minces » ou « éléments de maçonnerie ».

Ces deux documents s'appliquent aux deux techniques de mise en œuvre suivantes (Figure 2) :

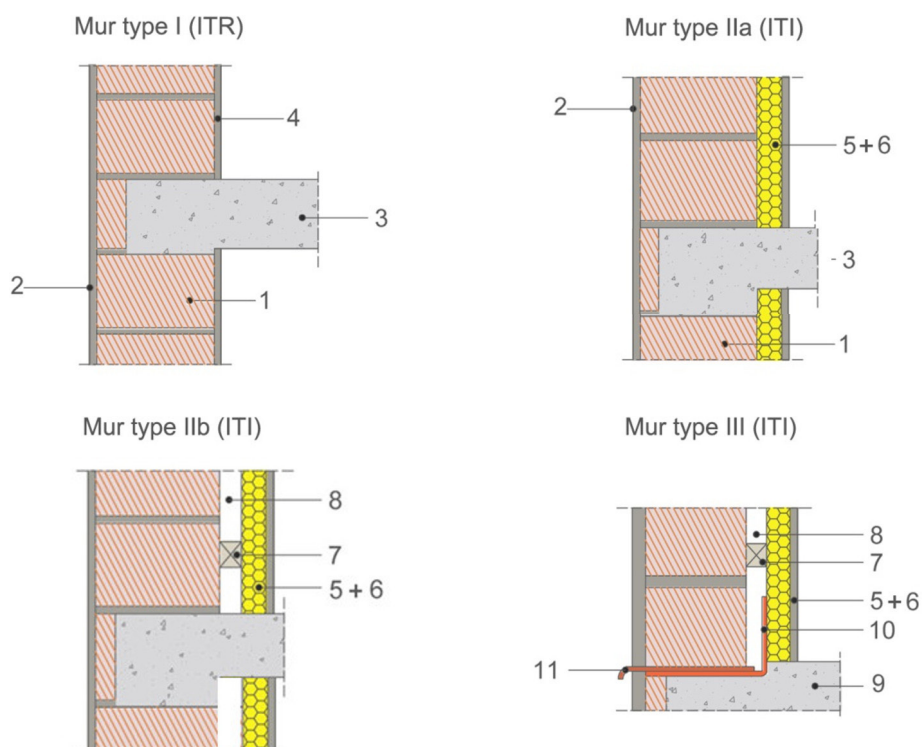
- murs avec isolation thermique par l'intérieur (ITI) ; Ces murs peuvent être de type IIa, IIb ou III (NF DTU 20.1 P3) ;
- murs dont l'élément de maçonnerie assure à lui seul l'isolation thermique (isolation thermique répartie – ITR). Ils sont de type I (NF DTU 20.1 P3).

Les murs peuvent être montés à joints minces ou à joints épais.



Remarque

La mise en œuvre de l'isolation thermique rapportée par l'intérieur sur des éléments de maçonnerie est traitée dans le guide RAGE ITI.



Légende

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1 Élément de maçonnerie | 6 Plaque de plâtre |
| 2 Enduit extérieur | 7 Plot non hydrophile |
| 3 Plancher | 8 Lambe d'air |
| 4 Enduit intérieur | 9 Décrochement |
| 5 Isolant non hydrophile | 10 Relevé d'étanchéité |
| | 11 Exutoire |

▲ Figure 2 : Rappel des différents types de mur visés par le document – Exemples de murs de type I, IIa, IIb, III

Nota

Sauf cas particuliers, la plupart des dessins explicatifs accompagnant le texte s'appliquent à l'ensemble des matériaux (terre cuite, béton de granulats légers, béton cellulaire). Les éléments de maçonnerie sont représentés dans ce cas par un élément plein ne représentant pas la structure interne du matériau, exemple (Figure 2).

Les éléments de maçonnerie isolants

3



Les éléments de maçonnerie présents sur le marché sont conformes aux normes européennes harmonisées de la série NF EN 771 (ces normes ne couvrent que les éléments de maçonnerie en matière minérale. Les éléments de maçonnerie renfermant des constituants d'origine végétale sont exclus du présent document).

La norme européenne est accompagnée d'un complément national qui fixe les niveaux et classes de performance nécessaires pour que les éléments soient aptes à la réalisation des ouvrages selon le NF DTU 20.1.

La marque NF complémentaire permet d'assurer la garantie des performances. Elles sont vérifiées par un organisme tiers et contrôlées de manière continue par le fabricant.


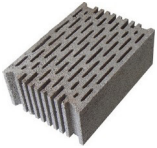




3.1. • Les différents classements

3.1.1. • Classement en groupe

Ce classement, introduit par l'Eurocode 6, tient compte de la structure interne de l'élément (éléments pleins ou alvéolés), du pourcentage de vide et de l'orientation des alvéoles (verticales ou horizontales). Ce regroupement permet d'harmoniser, pour chaque groupe, les règles de dimensionnement mécanique.

La (Figure 3) présente les principaux groupes utilisés en ITI et ITR.



	Briques	Blocs béton isolants	Blocs béton cellulaire
Groupe 1 Éléments pleins ou constitués de trous de faible importance			
Groupes 2 et 3 Éléments constitués d'alvéoles verticales. La distinction de groupe est fonction de la section des alvéoles			
Groupe 4 Éléments constitués d'alvéoles horizontales			

▲ Figure 3 : Classement en groupes des éléments utilisés en ITI et ITR

3.1.2. • Catégorie déclarée

Cette spécification est déclarée par le fabricant dans le cadre du marquage CE.

Les éléments sont de catégorie 1 lorsque la résistance à la compression déclarée (en valeur moyenne ou en valeur caractéristique) est définie avec une probabilité de 95 % d'atteindre cette valeur. Ils seront de catégorie 2 dans le cas contraire.

Nota

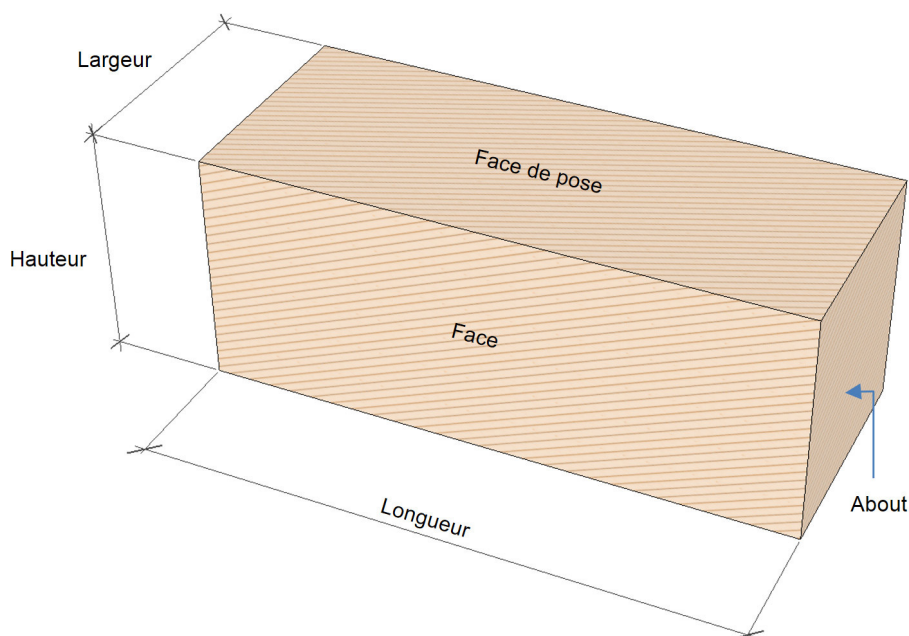
Ce classement est utilisé en particulier pour déterminer les résistances de calcul des éléments, selon l'Eurocode 6.

Il intervient dans la définition du facteur partiel (souvent appelé coefficient de sécurité) relatif à la maçonnerie.

Les éléments de maçonnerie titulaires de la marque NF sont classés en catégorie 1.

3.1.3. • Dimensions de coordination

Les dimensions d'un élément de maçonnerie selon les normes NF EN 771 sont déclarées en dimensions de coordination exprimées en millimètres, dans l'ordre suivant : Longueur, largeur, hauteur (Figure 4).



▲ Figure 4 : Dimensions et surfaces d'un élément de maçonnerie

3.1.4. • Résistances déclarées par le fabricant

Les normes produits de la série NF EN 771 précisent la manière dont sont déclarées les résistances mécaniques, soit en valeur caractéristique (béton de granulats et bétons cellulaire) ou en valeur moyenne (terre cuite) (voir NF DTU 20.1 P4, annexe C).

3.2. • Les briques de terre cuite

Plus de 80 % des briques de structure commercialisées en France sont destinées à constituer des maçonneries isolantes montées à joint mince et sont couvertes par des documents techniques d'application (DTA). Elles sont toutes conformes aux normes ci-dessous et présentent un marquage volontaire NF.

L'épaisseur des briques, qui va de 200 à 500 mm, permet de réaliser des murs selon les deux techniques de mise en œuvre :

- briques de 200 à 250 mm pour l'isolation par l'intérieur ;
- briques de 300 à 500 mm pour la réalisation de monomurs à isolation thermique répartie.

La liste des procédés de maçonneries couverts par un document technique d'application (DTA) est consultable sur le site du CSTB.

Types d'éléments (matériau)	Norme européenne	Complément national	Marquage volontaire NF	Informations
Terre cuite	NF EN 771-1	NF EN 771-1/CN	Référentiel NF 046	www.fft.org www.ctmnc.fr

▲ Tableau 2 : Normes et documents de référence des éléments de maçonneries en TC



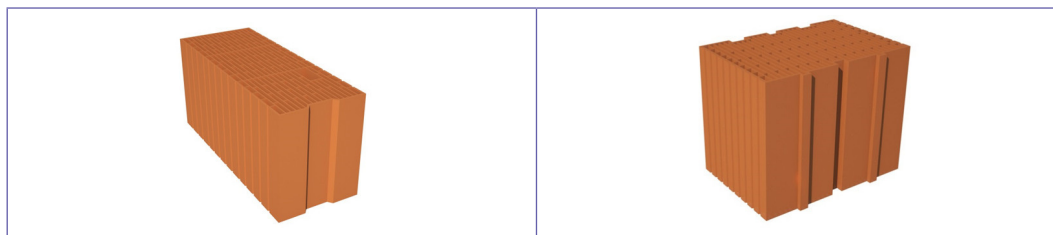
La norme NF EN 771-1 (indice de classement : P 12-021-1) comme toutes les normes élaborées par le comité technique CEN/TC 125 « Maçonnerie » est une norme de déclaration de performances.

La norme NF EN 771-1 CN vient à l'appui de la norme NF EN 771-1 (P 12-021-1) en précisant le système français de classification des briques de terre cuite. Ce système, destiné aux prescripteurs, utilisateurs et fabricants, précise pour toutes les caractéristiques de la norme NF EN 771-1 (P 12-021-1), les valeurs et classes de performances nécessaires pour réaliser des ouvrages de maçonnerie conformes aux normes NF DTU 20.1 (« Travaux de bâtiment — Ouvrages en maçonnerie de petits éléments — Parois et murs ») et NF DTU 20.13 (« Travaux de bâtiment — Cloisons en maçonnerie de petits éléments »).

3.2.1. • Briques LD à perforations verticales pour maçonnerie de type a et b, pose collée, groupe 3

Briques de grand format, permettant de réaliser toute l'épaisseur brute du mur avec un seul élément, comportant des perforations perpendiculaires à la face de pose et dont la plus grande dimension ne dépasse pas 80 cm. Leurs performances thermiques sont améliorées, lorsqu'elles comportent des alvéoles longues et étroites, rectangulaires ou non, disposées en quinconce.

Briques destinées à être utilisées avec des joints minces : Eléments de maçonnerie en terre cuite de catégorie de tolérances (M), utilisés en œuvre avec un mortier de joints minces (T), ou d'usage courant (G), ou allégé (L) comme défini dans la norme NF EN 998-2.



▲ Figure 5 : Exemples de briques à perforations verticales

3.2.2. • Briques LD à perforations horizontales pour maçonnerie de type a et b, pose maçonnée, groupe 4

Briques dont les perforations sont horizontales, c'est-à-dire parallèles à la face de pose, et dont la plus grande dimension d'arête du parallélépipède est inférieure ou égale à 80 cm. La somme des sections des perforations est supérieure à 40 % de la section totale. De plus, dans le cas où le sens de pose des briques à section carrée n'est pas matérialisé, la disposition des cloisons (nombre et écartement) doit être la même quel que soit le sens de pose.



Briques destinées à être utilisées avec des joints minces : éléments de maçonnerie en terre cuite de catégorie de tolérances (M), utilisés en œuvre avec un mortier de joints minces (T) comme défini dans la norme NF EN 998-2.



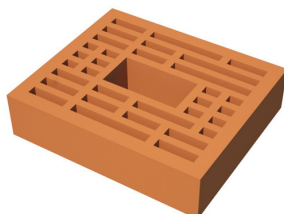
▲ Figure 6 : Exemples de briques à perforations horizontales sans rupture de joint

3.2.3. • Briques HD à perforations verticales pour maçonneries de type b, pose au mortier allégé, groupe 1

Masse volumique apparente supérieure à 1 000 kg/m³

Briques comportant des perforations perpendiculaires à la face de pose, dont la somme des sections des perforations est inférieure ou égale à 25 % de la section totale. Elles ont généralement la forme d'un parallélépipède rectangle dont la plus grande dimension ne dépasse pas 22 cm, et permettent de réaliser toute l'épaisseur brute de la paroi avec un seul élément.

Briques destinées à être utilisées avec des joints épais : Eléments de maçonnerie en terre cuite, utilisés en œuvre avec un mortier allégé (L), comme défini dans la norme NF EN 998-2.



▲ Figure 7 : Exemples de briques apparentes à perforations verticales HD de masse volumique apparente supérieure à 1 000 kg/m³

3.2.4. • Spécifications des briques isolantes

Tolérances

Le fabricant doit déclarer la catégorie de tolérance à laquelle appartiennent ses briques conformément aux paragraphes 5.2.1.2 et 5.3.1.2 de la norme NF EN 771-1 (P 12-021-1) respectivement pour les briques LD et HD.

Dans le cas où le fabricant opte pour la catégorie de tolérances T_m alors le 5.2.2.1 s'applique.

Dans le cas où le fabricant opte pour la catégorie de plages R_m alors le 5.2.2.2 s'applique.



	Longueur	Largeur	Hauteur	Hauteur pour les briques destinées à être posées à joints minces
Briques apparentes calibrées	$x = \pm 3 \% \text{ et } \pm 2 \text{ mm} \leq x \leq \pm 10 \text{ mm}$		$\pm 3 \text{ mm}$	-
Briques enduites	$\pm 3 \%$	$x = \pm 2 \% \text{ et } \pm 2 \text{ mm} \leq x \leq \pm 6 \text{ mm}$	$x = \pm 2 \% \text{ et } \pm 2 \text{ mm} \leq x \leq \pm 6 \text{ mm}$	$\pm 0,5 \text{ mm}$

▲ Tableau 3 : Catégorie de tolérances dimensionnelles T_m

	Longueur	Largeur	Hauteur	Hauteur pour les briques destinées à être posées à joints minces
Briques apparentes calibrées	$\leq 3 \% \text{ et } \leq 10 \text{ mm}$		$\leq 3 \text{ mm}$	-
Briques enduites	$\leq 4 \%$	$\leq 4 \% \text{ et } 4 \text{ mm} \leq x \leq 8 \text{ mm}$	$\leq 5 \text{ mm}$	$\leq 1 \text{ mm}$

▲ Tableau 4 : Catégorie de plages dimensionnelles R_m

Planéité

En complément du paragraphe 5.2.1.2.4 de la norme NF EN 771-1, l'écart maximal de planéité des faces de pose doit être conforme aux exigences du Tableau 5.

Briques apparentes, pleines ou à perforations verticales ou horizontales $> 1\,000 \text{ kg/m}^3$	Calibrées	$\leq 2 \text{ mm}$ si $d < 200 \text{ mm}$ $\leq 1 \%$ si $d \geq 200 \text{ mm}$
Briques enduites et briques apparentes, à perforations horizontales $\leq 1\,000 \text{ kg/m}^3$		$< 5 \text{ mm}$
Briques enduites, pleines ou à perforations verticales		$\leq 6 \text{ mm}$ si $d < 150 \text{ mm}$ $\leq 4 \%$ et $\leq 10 \text{ mm}$ si $d \geq 150 \text{ mm}$

d est la dimension correspondante du produit.

▲ Tableau 5 : Planéité

Rectitude des arêtes

La flèche mesurée selon la méthode E.2 décrite à l'Annexe E de la norme NF EN 771-1 CN doit satisfaire à l'exigence du (Tableau 6).

Briques apparentes, pleines ou à perforations verticales ou horizontales $> 1\,000 \text{ kg/m}^3$	Calibrées	$\leq 2 \text{ mm}$ si $d < 200 \text{ mm}$ $\leq 1 \%$ si $d \geq 200 \text{ mm}$
Briques enduites et briques apparentes, à perforations horizontales $\leq 1\,000 \text{ kg/m}^3$		$\leq 6 \text{ mm}$ si $d < 150 \text{ mm}$ $\leq 4 \%$ et $\leq 10 \text{ mm}$ si $d \geq 150 \text{ mm}$
Briques enduites, pleines ou à perforations verticales		$\leq 2 \text{ mm}$ si $d < 200 \text{ mm}$ $\leq 1 \%$ si $d \geq 200 \text{ mm}$

d est la dimension correspondante du produit.

▲ Tableau 6: Rectitude des arêtes



Propriétés thermiques

Les paragraphes 5.2.5 et 5.3.5 de la norme NF EN 771-1 (P 12-021-1) s'appliquent. De plus :

Les propriétés thermiques des briques de terre cuite peuvent être déclarées en référence soit :

- aux valeurs tabulées qui figurent dans les règles Th-U ;
- ou aux valeurs plus favorables résultant d'une étude spécifique conforme aux règles Th-U et aux normes applicables (en particulier NF EN ISO 6946, NF EN ISO 10211, NF EN ISO 10456).

NOTE

La résistance thermique des briques de terre cuite faisant l'objet d'une certification thermique prime sur les règles Th-U.

Le $\lambda_{10,sec,elt}$ n'est pas une valeur d'entrée directe pour les calculs de la réglementation nationale (RT 2012) qui nécessitent une résistance thermique du mur ($R_{calcul,mac}$) ou le coefficient de transmission thermique de celui-ci (U_{mac}). La norme NF EN 1745 permet de passer du $\lambda_{10,sec,elt}$ aux valeurs utilisables dans la RT2012.

Réaction au feu

Classement A1 ou M0 selon l'ancien classement français.

Briques de maçonneries enterrées

- Briques de maçonneries enterrées obligatoirement enduites
Ces briques doivent présenter une résistance au gel/dégel satisfaisant les prescriptions décrites à l'Annexe C de la Norme NF EN 771.1 CN.
- Briques de maçonneries enterrées pouvant être enduites ou non
Ces briques sont désignées D et doivent présenter une résistance au gel/dégel satisfaisant les prescriptions décrites à l'Annexe D de la Norme NF EN 771.1 CN.

3.2.5. • Marquage CE, NF et FDES

Les prescriptions de marquage CE répondent aux exigences de la norme NF EN 771-1 (P 12-021-1). Enfin, le cas échéant, les briques destinées à être utilisées avec des joints minces doivent être désignées M et les briques de maçonneries enterrées pouvant être enduites ou non doivent être désignées D.

Champ d'application de la Marque NF

La marque NF certifie que les briques sont conformes aux exigences des normes :

- NF EN 771-1 Compil Briques de terre cuite



- NF EN 771-1/CN Briques de terre cuite – Complément national à la NF EN 771-1
prenant en considération :
 - l'aspect (uniquement les briques LD à perforations horizontales),
 - les caractéristiques dimensionnelles,
 - la configuration,
 - les masses volumiques apparente et absolue sèche,
 - l'éclatement,
 - l'absorption d'eau (uniquement HD),
 - le taux initial d'absorption d'eau (uniquement HD),
 - la dilatation à l'humidité,
 - la résistance à la compression,
 - la durabilité (résistance au gel),
 - la teneur en sels solubles actifs,
 - l'efflorescence (uniquement HD).

CERTIFICATION COMPLÉMENTAIRE DE LA CARACTÉRISTIQUE THERMIQUE



La caractéristique représentative de la performance thermique des éléments de terre cuite est la résistance thermique de la maçonnerie (R) exprimée en $m^2.K/W$ et prenant en compte l'influence thermique des joints horizontaux et verticaux (selon le(s) type(s) de montage(s) retenu(s)).

La certification NF Th certifie que les briques sont conformes au Référentiel de Certification, prenant en considération :


- l'épaisseur des parois,
- la masse volumique,
- la masse linéique,
- la conductivité thermique.




Exemples de marquage

	XX	YY	13	02	RC40 / Cat II
	Identification de la société	Identification du site de fabrication	Année de fabrication	Mois de fabrication	Désignation de la classe et catégorie de résistance*


Pour un modèle ayant une caractéristique thermique complémentaire :

	XX	YY	M	13	08	RC60 / Cat I
 Th	Identification de la société	Identification du site de fabrication	Pose à joint mince	Année de fabrication	Mois de fabrication	Désignation de la classe et catégorie de résistance

Pour un modèle ayant une caractéristique sismique complémentaire :

	XX	YY	M	13	09	RC80 / Cat I
 S	Identification de la société	Identification du site de fabrication	Pose à joint mince	Année de fabrication	Mois de fabrication	Désignation de la classe et catégorie de résistance*

Pour un modèle ayant une caractéristique thermique et sismique complémentaire :

	XX	YY	M	14	01	RC40 / Cat I
 Th – S	Identification de la société	Identification du site de fabrication	Pose à joint mince	Année de fabrication	Mois de fabrication	Désignation de la classe et catégorie de résistance*

* L'indication de la catégorie doit apparaître en clair

CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

Les conditions de mise en œuvre des briques de terre cuite sont codifiées dans le document

NF DTU 20.1 Ouvrages en maçonnerie de petits éléments – Parois et murs.

Voir liste produits avec Marque NFTh :

<http://www.marque-nf.com/download/produits/EN/NF046.pdf>

3.2.6. • Caractéristiques environnementales et sanitaires

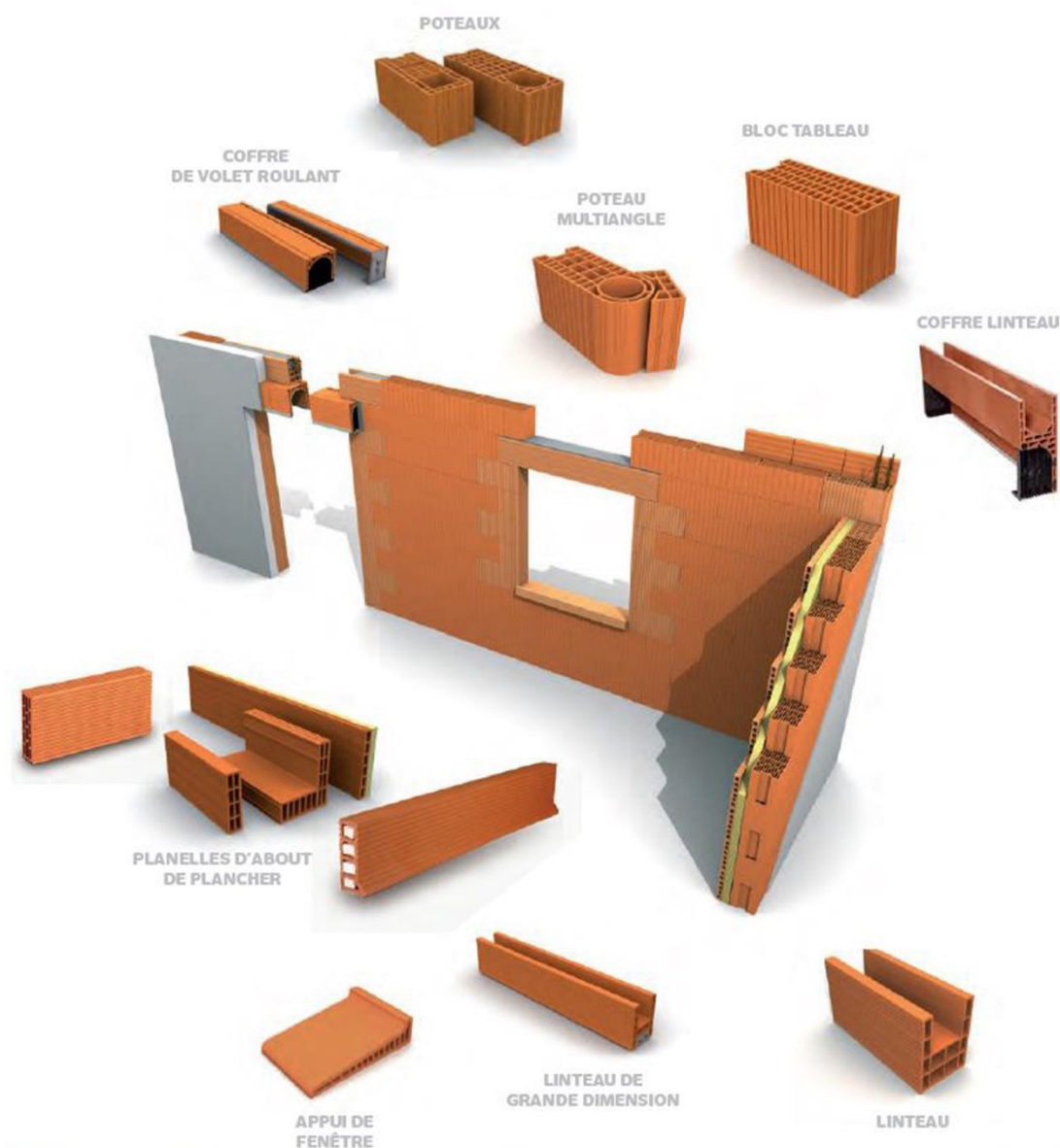
La Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) des briques Terre cuite est établie selon la norme NF P 01-010. Cette fiche est consultable sur la base de données INIES.

3.2.7 • Gammes d'accessoires briques

Les briques Terre cuite sont associées à un ensemble d'éléments accessoires (Figure 8). Ils permettent de traiter les points singuliers des murs et de réaliser les ouvrages aux dimensions requises, avec un minimum de coupes des éléments. Le temps de mise en œuvre s'en trouve réduit et la qualité de la maçonnerie est améliorée.

D'autres produits en terre cuite peuvent être associés à la maçonnerie tels que :

- coffres de volet roulant, simples ou servant de coffrage de linteau (produits sous avis techniques) ;
- prélinteaux ou linteaux préfabriqués, conformes à la norme NF EN 845-2 ;



▲ Figure 8 : Exemples d'accessoires en briques Terre cuite



3.3. • Les blocs béton de granulats légers

Ces produits sont fabriqués à partir d'une grande variété de matériaux légers isolants :

- pierre ponce, schiste et ardoise expansés, argile expansée, pouzzolane, cendres volantes frittées.

Leur structure interne est optimisée et adaptée aux différentes spécifications réglementaires et normatives : thermique, mais également acoustique, mécanique, séisme, feu.

Deux grandes familles de produits sont proposées :

- blocs pleins ou perforés utilisés particulièrement en ITR ;
- blocs alvéolés ou creux du groupe 3, bien adaptés à l'ITI.

Pour améliorer leurs performances thermiques, certains blocs sont proposés avec des isolants intégrés dans les alvéoles.

Une grande variété de produits est disponible, avec des résistances thermiques adaptées à la demande :

- blocs pleins ou perforés pour l'ITR : 1,75 à 4,54 m².K/W pour des épaisseurs allant de 300 à 490 mm ;
- blocs creux pour l'ITI : de 0,5 à 2,5 m².K/W pour des blocs d'épaisseur 200 mm.

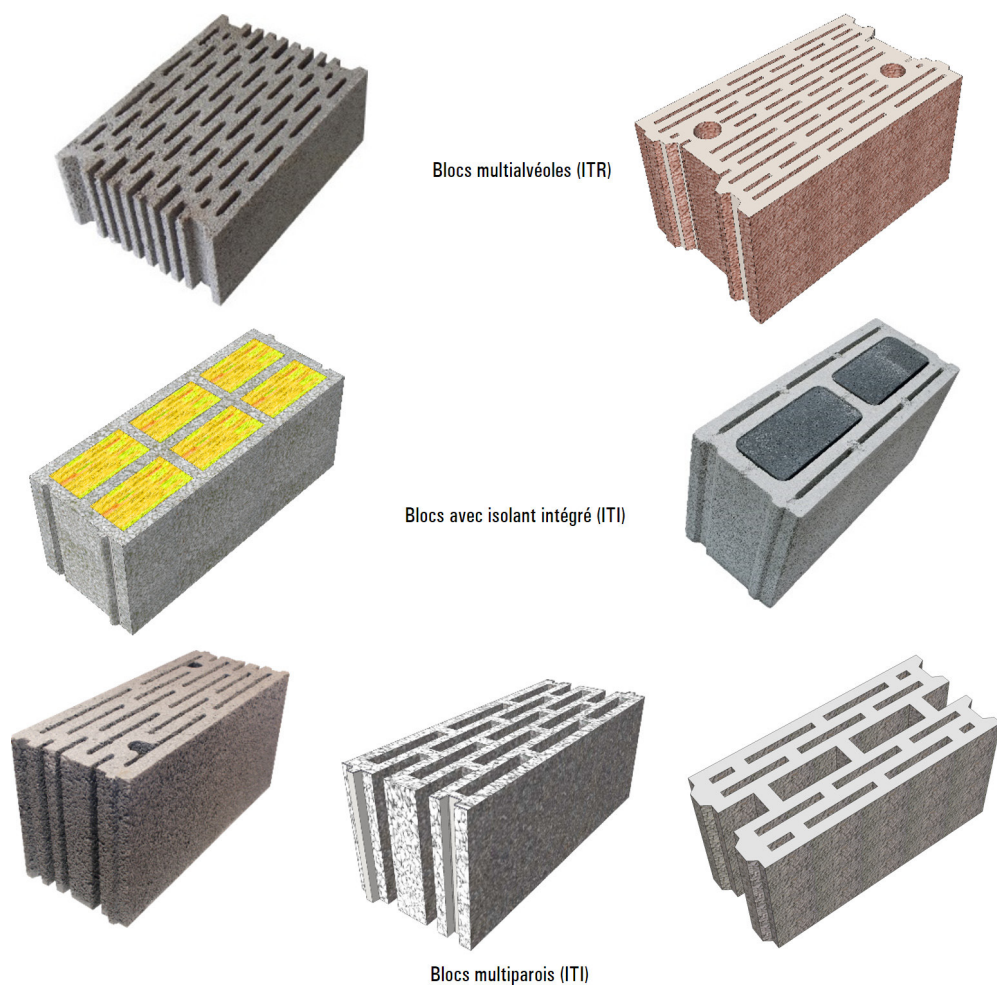
Principales dimensions :

- Longueur (en mm) : 150, 200, 250, 300, 500, 600
- Largeur (en mm) : 150, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450
- Hauteur (en mm) : 50, 200, 250

Les blocs béton sont associés à un ensemble d'éléments accessoires (Figure 10). Ils permettent de traiter les points singuliers des murs et de réaliser les ouvrages aux dimensions requises, avec un minimum de coupes des éléments. Le temps de mise en œuvre s'en trouve réduit et la qualité de la maçonnerie est également améliorée.

D'autres produits peuvent être associés à la maçonnerie tels que :

- coffres de volet roulant, simples ou servant de coffrage de linteau (produits sous avis techniques) ;
- prélinteaux ou linteaux monoblocs en béton standards ou isolants, conformes à la norme NF EN 845-2 ;
- rupteurs thermiques.



▲ Figure 9 : Types de blocs isolants

La plupart des produits sont à alvéoles débouchantes, ce qui permet d'améliorer la résistance thermique de la maçonnerie (suppression du voile de pose).



▲ Figure 10 : Exemples de blocs spéciaux et éléments de granulats légers

3.3.1. • Spécifications des blocs de granulats légers

Les spécifications des blocs sont définies dans la norme NF EN 771-3 et son complément national NF EN 771-3/CN.

Types d'éléments (matériau)	Norme européenne	Complément national	Marquage volontaire NF	Informations
Béton de granulats légers	NF EN 771-3	NF EN 771-3/CN (P 12-023-2)	Référentiel NF 025-A	www.fib.org www.cerib.com

▲ Tableau 7 : Normes et documents de référence des blocs isolants

Tolérances

Les tolérances sur les dimensions de fabrication sont déclarées par le fabricant de blocs, conformément au Tableau 8 (NF EN 771-3, § 5.2.2).



Catégorie de tolérance	Montage à joints épais mortier allégé	Montage à joints minces mortier colle	
	D1 Blocs à enduire à maçonner	D3 Blocs à enduire à coller	D4 Blocs à enduire ou de parement à coller
Longueur	+ 3 - 5	+ 1 - 3	+ 1 - 3
Largeur	+ 3 - 5	+ 1 - 3	+ 1 - 3
Hauteur	+ 3 - 5	± 1,5	± 1

▲ **Tableau 8** : Ecart admissible en millimètres

Pour les blocs à enduire montés à la colle (joints minces), la spécification dimensionnelle est complétée d'une exigence sur le parallélisme et la planéité des faces d'appui (NF EN 771-3/ CN) :

- 1,5 mm pour la classe D3 (blocs calibrés) ;
- 1 mm pour la classe D4 (blocs rectifiés).

Lorsque l'épaisseur minimale des parois extérieures des blocs isolants de granulats légers est inférieure à 20 mm, un essai de choc dur est demandé (Référentiel NF Blocs en béton de granulats courants et légers).

Résistance mécanique

Les Blocs à enduire de granulats légers sont classés par leur résistance caractéristique à la compression R_c , selon leur groupe (blocs pleins ou creux).

Appellation des produits	Blocs de granulats légers ($M_{vn} < 1750 \text{ kg/m}^3$)	Résistance caractéristique R_c (MPa)
Blocs creux (groupe 3)	L25	2,5
	L30	3,0
	L35	3,5
	L40	4,0
	L50	5,0
	L60	6,0
Blocs pleins ou perforés (groupe 1)	L35	3,5
	L45	4,5
	L70	7,0

▲ **Tableau 9** : Résistance caractéristique déclarée R_c des blocs de granulats légers

Pour les calculs selon l'Eurocode 6, la résistance moyenne R_m des blocs en béton est définie comme suit (NF DTU 20.1 P4, Annexe C) :

$$R_m = 1,18 \times R_c$$

Propriétés thermiques

Les propriétés thermiques des blocs béton de granulats légers peuvent être déclarées sur la base des règles TH-U.



La certification complémentaire NF «Th » permet de garantir les valeurs réelles déclarées.

Leur résistance thermique va de 0,5 à 2,5 m². K/W (λ_e de 0,08 à 0,4 W/(m.K)).

Réaction au feu

Les blocs sont classés A1 ou M0 selon l'ancienne classification française.

3.3.2. • Marquages CE et NF

Les prescriptions de marquage CE répondent aux exigences de la norme NF EN 771-3 et à son complément national NF EN 771-3 CN.

La marque NF certifie que les caractéristiques des blocs béton de granulats légers sont conformes aux spécifications de la norme européenne NF EN 771-3 et de son complément national NF EN 771-3/ CN. Elle garantit que les blocs sont aptes à réaliser des ouvrages de maçonnerie respectant les règles de l'art, notamment les prescriptions de la norme NF DTU 20.1.

Les dimensions de coordination modulaire et de fabrication, les classes de résistance mécanique en compression R_c , la stabilité dimensionnelle, les masses volumiques du béton et des produits, l'absorption d'eau ¹ et la résistance au gel-dégel¹ sont vérifiées périodiquement par un organisme tiers accrédité (audit, essais sur site et en laboratoire extérieur) et sont effectivement respectées de façon continue par le fabricant.

Cette certification volontaire est appliquée par plus de 90 % des usines fabriquant des blocs béton. Le logo NF atteste de la conformité de la production au référentiel de certification NF 025-A.



▲ Figure 11 : Logo NF pour les blocs de béton conformes au référentiel de certification NF 025-A

Certification complémentaire sismique NF « S »

Elle garantit la conformité des blocs porteurs aux exigences de l'Eurocode 8 et à son annexe nationale.

Ces exigences sont rappelées ci-après :

- épaisseur minimale de 200 mm pour les blocs creux et de 150 mm pour les blocs pleins et perforés ;
- les blocs creux doivent comporter une cloison interne porteuse ;

■ 1 pour les blocs de parement

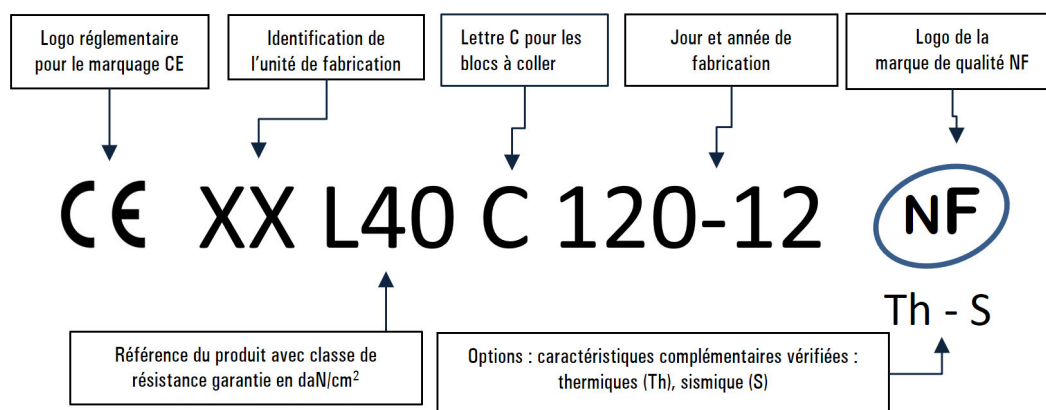


- résistance moyenne normalisée minimale à la compression perpendiculaire à la face de pose : $f_{b, \min} = 4 \text{ N/mm}^2$;
- résistance moyenne normalisée minimale à la compression parallèle à la face de pose : $f_{b, h, \min} = 1,5 \text{ N/mm}^2$.

Certification complémentaire thermique NF « Th »

Elle permet de déterminer et de garantir en permanence les valeurs suivantes :

- épaisseur des parois du bloc ;
- masse volumique absolue sèche du béton des blocs ;
- conductivité thermique λ utile du béton ;
- résistance thermique du mur R_{th} utile.



▲ Figure 12 : Blocs isolants – Exemple de marquage CE-NF

Caractéristiques environnementales et sanitaires

La Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) des blocs en béton est établie selon la norme NF P 01-010. Cette fiche est téléchargeable sur le site de la FIB ou du CERIB. Elle est également consultable sur la base de données INIES.

Une certification complémentaire optionnelle NF peut être mise en place par les fabricants afin de garantir la conformité à la FDES.

La certification a pour objet d'attester que les impacts environnementaux du site de fabrication sont maîtrisés et que les spécifications de la FDES sont respectées. Lorsque cette conformité est établie par un organisme tiers, le marquage NF-FDES (Figure 13) est apposé sur une partie de la production.



▲ Figure 13 : Marquage NF – FDES pour les blocs en béton



3.4. • Les blocs béton cellulaire autoclavé

Le béton cellulaire autoclavé (BCA) est un matériau minéral constitué d'un mélange de sable broyé, chaux et ciment, dont la structure alvéolaire est constituée de micro-bulles d'air obtenues par un procédé spécifique de fabrication. Il permet d'obtenir un matériau homogène très isolant.

La conductivité thermique, ainsi que la résistance mécanique, est fonction de la masse volumique (Tableau 14).

Les blocs de béton cellulaire sont utilisables en pose maçonnée ou collée, ce dernier type de pose étant le plus employé aujourd'hui.

3.4.1. • Dimensions et types de blocs

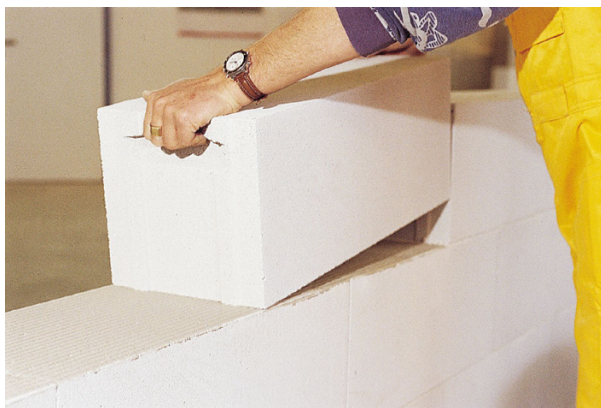
Les principales dimensions disponibles sur le marché sont :

- Longueur (mm) : 600, 625 (jusqu'à 1500)
- Largeur ou épaisseur (mm) : 50, 100, 150, 200, 250, 300, 365, 400, 450, 500
- Hauteur (mm) : 150, 200, 250, 335, 500 (jusqu'à 1000)

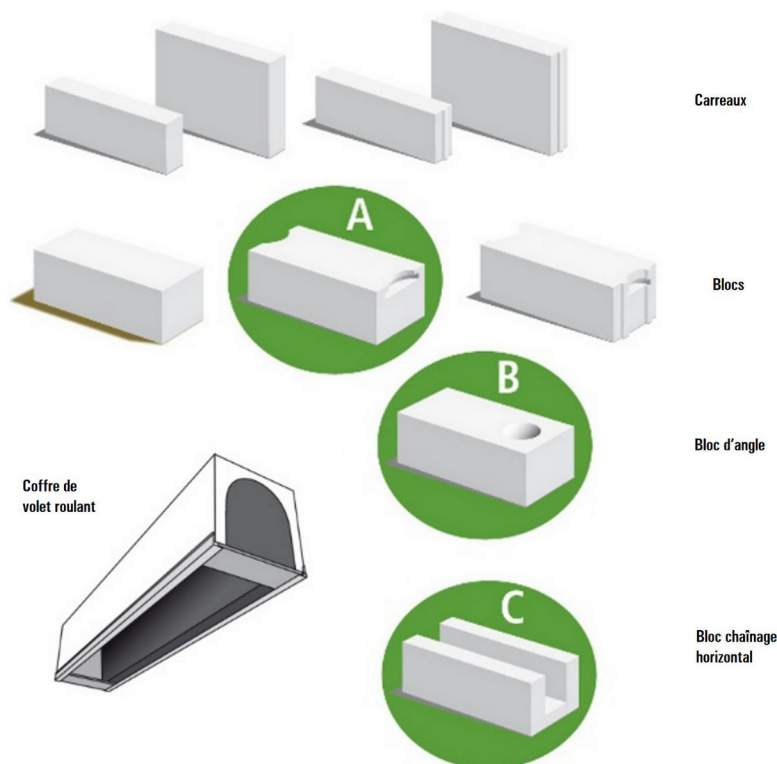
D'autres produits peuvent être associés à la maçonnerie tels que :

- coffres tunnel pour volet roulant ;
- linteaux monoblocs en béton cellulaire.

Certains produits sont munis de poignées de manutention et d'emboitements verticaux pour faciliter la mise en œuvre (Figure 14).



▲ Figure 14 : Poignées de manutention facilitant la mise en œuvre



▲ Figure 15 : Types de blocs en béton cellulaire et produits associés

3.4.2. • Spécifications des blocs en béton cellulaire

Les spécifications des blocs sont définies dans la norme NF EN 771-4 et son complément national 771-4/CN.

Types d'éléments (matériau)	Norme européenne	Complément national	Marquage volontaire NF	Informations
Béton cellulaire autoclavé	NF EN 771-4	NF EN 771-4/CN (P 12-024-2)	Référentiel NF 025-B	www.fib.org www.cerib.com

▲ Tableau 10 : Normes et documents de référence des blocs isolants

Caractéristiques géométriques

	Blocs destinés à être montés avec :		
	mortier d'usage courant (G) et mortier allégé (L)	Mortier pour joint mince (T) Blocs de type A et B	
		T A	T B
Longueur	+ 3 - 5	± 3	± 1,5
Largeur (épaisseur)	± 3	± 2	± 1,5
Hauteur	+ 3 - 5	± 2	± 1,0
Planéité des faces de pose	Aucune exigence		± 1,0
Parallélisme des faces de pose			± 1,0

▲ Tableau 11 : Tolérances admissibles pour les blocs de forme régulière (en mm)

Masse volumique à l'état sec

Masse volumique nominale M_{vn} (kg/m ³)	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

▲ Tableau 12 : Masse volumique à l'état sec du béton cellulaire autoclavé

La masse volumique réelle du béton ne doit pas s'écarter de ± 25 kg/m³ de la masse volumique nominale.

Résistance à la compression à l'état sec

Masse volumique nominale M_{vn} (kg/m ³)	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
Résistance caractéristique minimale (R) en MPa	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0

▲ Tableau 13 : Résistance caractéristique à la compression du béton cellulaire autoclavé

Réaction au feu

Classement A1 ou M0 selon l'ancien classement français.

Conductivité thermique utile

La conductivité thermique utile peut être certifiée (par exemple marque NF) ou issue des règles de calcul thermiques Th-U.

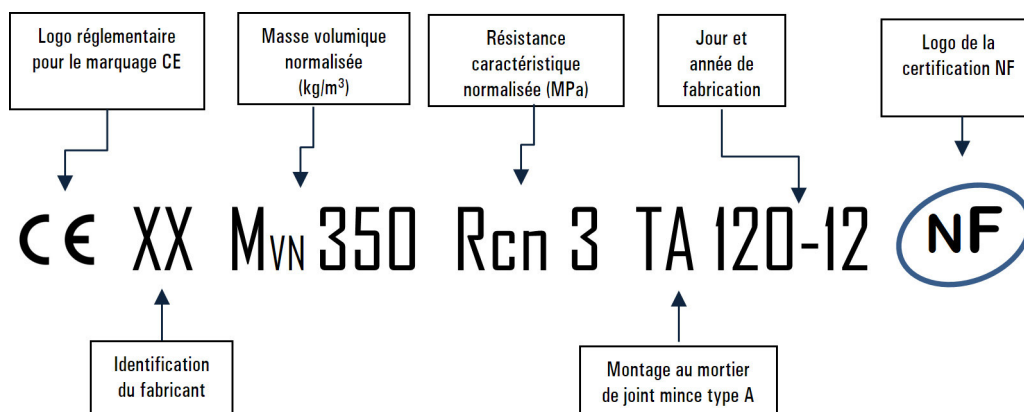
Masse volumique (kg/m ³)	350	400	450	450	500	550
Conductivité thermique utile (W/(m.K))	0,09	0,10	0,11	0,115	0,125	0,140

▲ Tableau 14 : Conductivité thermique utile du béton cellulaire (valeurs certifiées)

Marquages CE et NF

La conformité à la norme NF EN 771-4 et 771-4/CN se matérialise par le marquage CE sur les blocs.

La certification NF atteste la conformité des valeurs spécifiées par un organisme tiers, avec un contrôle continu de la production. Le logo NF certifie la conformité de la production au référentiel NF 025-B.



▲ Figure 16 : Blocs de béton cellulaire – Exemple de marquage CE-NF



3.4.3. • Caractéristiques environnementales et sanitaires

La Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) des blocs en béton cellulaire est établie selon la norme NF P 01-010.

La FDES est téléchargeable sur le site de la FIB ou du CERIB. Elle est également consultable sur la base de données INIES.

Le label optionnel « natureplus » peut être mise en place par les fabricants pour renforcer leur démarche relative au développement durable dans le domaine du bâtiment.



▲ Figure 17 : Logo de référencement à l'action environnementale « natureplus »

Les produits et matériaux associés

4



4.1. • Les mortiers de montage

Différents mortiers de montage peuvent être utilisés pour la mise en œuvre des maçonneries isolantes (NF DTU 20.1 P1-2, § 3.6) (Tableau 15).

Les mortiers industriels et performanciels sont conformes à la norme NF EN 998-2 et identifiés par le marquage CE.

Type de montage	Type de mortier	Textes de référence
à joints épais	de recette, réalisé sur chantier	DTU 20-1, P1.2 § 3.6,
	industriel ou performanciel, type L (mortier léger) (*)	NF EN 998-2
à joints minces	performanciel type T(*)	NF EN 998-2

(*) Conformité à un Avis technique ou un DTA

▲ **Tableau 15** : Types de mortiers utilisables pour le hourdage des maçonneries

Les caractéristiques des mortiers de joints minces sont précisées dans le NF DTU 20.1, P1.2 Annexe E.

Les épaisseurs moyennes des joints de mortier à mettre en œuvre sont définies dans la seconde partie des recommandations professionnelles.

Le mortier de montage doit être adapté à l'élément de maçonnerie.

On rappelle ci-après les différents types de mortiers utilisables (voir § 4.1 et NF DTU 20.1 P1.1 § 5 à 8, P1.2 § 3.6 et Annexe E) :

- Maçonnerie hourdés à joints épais : mortier courant fabriqué sur chantier, mortier industriel ou performanciel courant (type G) ou allégé (type L) ;
- Montage à joint mince : mortier performanciel type T. Ce mortier doit être couvert par un Avis technique ou un DTA, en lien avec les éléments de maçonneries compatibles.



La compatibilité est attestée par deux essais :

- Essai de tack : cet essai permet de vérifier l'aptitude à la mise en œuvre. Il faut que l'élément de maçonnerie puisse être positionné de façon sûre après un temps ouvert minimal de mortier (il doit être adhérent à son support lorsque l'on met en place le rang supérieur) ;
- Essai d'adhérence par temps ouvert : cet essai permet de vérifier que l'adhérence du mortier ne chute en dessous d'un certain seuil durant la durée de temps ouvert du mortier (intervalle de temps entre le moment de l'étalement du mortier et la mise en place de l'élément).

4.1.1. • Caractéristiques thermiques

Le mortier se caractérise par sa conductivité thermique λ exprimée en W/(m.K).

Son influence sur la résistance thermique de la paroi maçonnée est donnée à titre indicatif (Tableau 16), selon sa masse volumique et le mode de pose de la maçonnerie. Les valeurs fournies sont des ordres de grandeur (à déterminer précisément, au cas par cas), mais qui permettent de montrer que les conditions de poses définies par le fabricant doivent être respectées pour obtenir la performance thermique finale souhaitée.

Le comparatif est établi pour un élément de maçonnerie de dimensions : 500, 200, 200 mm et pour des résistances thermiques de paroi de : 0,5, 1 et 2 m².K/W (pose de référence : pose collée).

En pose collée, le mortier de montage utilisé a peu d'influence sur la résistance thermique du mur.

Résistance thermique de référence : R = 0,5 m ² .K/W en pose collée (maçonnerie type b)			
	λ mortier de montage en W/(m.K)	Résistance thermique de la paroi R en m ² .K/W (Joints verticaux non remplis)	Résistance thermique de la paroi R en m ² .K/W (Joints verticaux remplis)
Montage à joints épais continus, ρ 1800 à 2000 kg/m ³ .	1,3	0,43	0,43
Montage à joints épais continus, ρ 500 à 750 kg/m ³ .	0,3	0,51	0,51
Montage à joints minces continus	0,7	0,5	0,49



Résistance thermique de référence : R = 1 m ² .K/W en pose collée (maçonnerie type a)			
	λ mortier de montage en W/(m.K)	Résistance thermique de la paroi R en m ² .K/W (1)	Résistance thermique de la paroi R en m ² .K/W (2)
Montage à joints épais continus, ρ 1800 à 2000 kg/m ³ .	1,3	0,76	0,74
Montage à joints épais continus, ρ 500 à 750 kg/m ³ .	0,3	0,98	0,99
Montage à joints minces continus	0,7	1,00	0,98

Résistance thermique de référence : R = 2 m ² .K/W en pose collée (maçonnerie ITR)			
	λ mortier de montage en W/(m.K)	Résistance thermique de la paroi R en m ² .K/W (1)	Résistance thermique de la paroi R en m ² .K/W (2)
Montage à joints épais continus, ρ 1800 à 2000 kg/m ³ .	1,3	1,21	1,17
Montage à joints épais continus, ρ 500 à 750 kg/m ³ .	0,3	1,81	1,83
Montage à joints minces continus	0,7	2,00	1,95

(1) joints verticaux non remplis.

(2) Joints verticaux remplis avec le même mortier.

▲ **Tableau 16** : Influence du mortier de pose sur la résistance thermique du mur. Evaluation forfaitaire pour un élément de maçonnerie de 500 x 200 x 200 mm – (Épaisseur joints horizontaux : épais : 15 mm, minces : 1,5 mm ; épaisseur joint vertical : 2,5 mm).

4.2. • Les enduits de façade

Le DTU 26.1 précise le choix et les règles de mise en œuvre des enduits de façade : enduits de chantier, industriels ou performanciels, multicouches ou monocouches (Tableau 17).

Les mortiers industriels et performanciels sont conformes à la norme NF EN 998-1, et identifiés par le marquage CE (Tableau 18).

Type d'enduit	Mortier (1)	Norme de référence
Multicouches	De chantier, multicouche	DTU 26.1 P1.1, § 4 et P1.2, § 8
	mortier industriel ou performanciel (2)	NF EN 998-1
Monocouche	mortier performanciel (2)	NF EN 998-1
(1) Dénomination des mortiers : GP : mortier d'enduit d'usage courant LW : mortier d'enduit allégé CR : mortier d'enduit de parement OC : mortier d'enduit monocouche		
(2) mortier performanciel certifié CSTB		

▲ **Tableau 17** : Les différents types d'enduits et mortiers associés



Mortier d'enduit industriel (NF EN 998-1)		
Résistance à la compression à 28 jours	CS I	0,4 à 2,5 N/mm ²
	CS II	1,5 à 5,0 N/mm ²
	CS III	3,5 à 7,5 N/mm ²
	CS IV	≥ 6 N/mm ²
Absorption d'eau par capillarité	W0	Aucune spécification
	W1	$c \leq 0,40 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$
	W2	$c \leq 0,20 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$
Conductivité thermique (1)		selon la norme NF EN 1745

(1) Cette spécification est déterminée par essais ou définie par valeur tabulée, selon le tableau A-12 de la norme NF EN 1745 (valeur selon la masse volumique du matériau)

▲ **Tableau 18** : Principales caractéristiques des mortiers d'enduit industriels (NF EN 998-1)

4.2.1. • Compatibilité entre enduit et maçonnerie

Le DTU 26.1 P1.2, § 8.2.3.2 précise pour les enduits multicouches les valeurs de résistance compatibles avec le support.

Les enduits monocouches doivent faire l'objet d'essais de compatibilité avec le support normalisé conformément à la norme NF EN 1015-21 (classement OC1 à OC3, DTU 26.1 P1.2, § 8.2.3.3).

De plus, les enduits monocouches assurant directement l'imperméabilisation doivent avoir un coefficient d'absorption d'eau par capillarité réduit W1, ou faible W2 pour les surfaces très exposées à la pluie.

Une certification « CSTB Certified » pour les enduits monocouches établit la compatibilité avec des supports types.

Les correspondances support/enduit utilisables pour les maçonneries isolantes sont indiquées en partie 2, § 11.4 des recommandations professionnelles. Elles sont rappelées (Tableau 19).

Type de maçonnerie à enduire (support normalisé) (1)	Enduits multi-couches (GP, CR)	Enduits monocouches (OC)
	Classe de Résistance compatible (2)	Catégories compatibles (3)
Rt 3 Eléments de résistance à l'arrachement élevée (blocs de béton, briques)	CS I à CS IV	OC 1, OC 2
Rt 2 Eléments de résistance à l'arrachement moyenne (briques, blocs de béton de granulats légers)	CS I à CS III	OC 1, OC 2
Rt 1 Eléments de résistance à l'arrachement réduite (blocs de béton cellulaire autoclavé)	CS I, CS II	OC 1

▲ **Tableau 19** : Critères de compatibilité des enduits avec la maçonnerie isolante



4.2.2. • Caractéristique thermique des enduits

Masse volumique du mortier d'enduit ρ en kg/m^3	Conductivité thermique λ en W/(m.K)
$\rho > 2000$	1,8
$1800 < \rho \leq 2000$	1,3
$1600 < \rho \leq 1800$	1,0
$1450 < \rho \leq 1600$	0,8
$1250 < \rho \leq 1450$	0,70
$1000 < \rho \leq 1250$	0,55
$750 < \rho \leq 1000$	0,40
$500 < \rho \leq 750$	0,30

▲ **Tableau 20** : Conductivité thermiques par défaut des mortiers d'enduit (extrait règles Th-BATTh-U RT 2012, fascicule 2)

4.2.3. • Treillis anti-fissuration

Ils servent à renforcer les enduits au niveau de certaines zones (abouts de plancher par exemple) ou lorsque des matériaux de nature différente sont mis en œuvre.

Leurs caractéristiques sont précisées § 5.3 du NF DTU 20.1 P1-2.

4.3. • Les aciers d'armature

Les armatures utilisées pour le renforcement et le chaînage des maçonneries sont réalisées à partir d'armatures lisses ou à haute adhérence, façonnées sur le chantier ou préfabriquées.

L'acier au carbone utilisé est conforme à l'EN 10 080 et l'acier inoxydable austénitique à l'EN 10 088.

Les armatures préfabriquées pour joint d'assise sont conformes à l'EN 845-3.

4.4. • Les bétons

Ils sont utilisés pour la réalisation des ouvrages en béton armé associés à la maçonnerie, notamment les chaînages.

Ils doivent être conformes à la norme NF EN 206-1.

4.4.1. • Les bétons de chaînage

Il est recommandé d'utiliser un béton de classe d'ouvrabilité S3 à S5 ou d'étalement F4 à F6 (bétons fluides).

La dimension maximale des granulats doit être inférieure à 20 mm, ou à 10 mm pour le remplissage de cavités de faibles sections (< 100 mm) ou pour un enrobage d'armature inférieur à 25 mm.



Résistances caractéristiques

La résistance caractéristique à la compression f_{ck} du béton de chaînage peut être déterminée par essais ou forfaitairement selon le Tableau 21 (Eurocode 6).

Classe de résistance du béton	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30 ou plus
F_{ck} (N/mm ²)	12	16	20	25

▲ Tableau 21 : Résistances caractéristiques du béton de chaînage

Caractéristiques thermiques

Type de béton	Masse volumique ρ en kg/m ³	Conductivité thermique λ en W/(m.K)
Béton de granulats courants	2000 < ρ ≤ 2300	1,65
	2300 < ρ ≤ 2600	2
Béton armé, 1 < % d'acier ≤ 2 *	2300 < ρ ≤ 2400	2,3 *
Béton armé, % d'acier > 2 *	ρ > 2400	2,5 *
Béton de pouzzolane ou de laitier expansé	1200 < ρ ≤ 1400	0,44
Béton de cendres volantes frittées	1000 < ρ ≤ 1200	0,35
Béton de ponce naturelle	950 < ρ ≤ 1150	0,46
Béton d'argile ou de schiste expansé	1600 < ρ ≤ 1800	1,05
	1200 < ρ ≤ 1400	0,7
	800 < ρ ≤ 1000	0,33

* Ces valeurs sont utilisées lorsqu'au moins la moitié du pourcentage d'acier indiqué est orientée dans le sens du flux thermique (ce qui est assez rare dans les chaînages courants). Dans le cas contraire, la conductivité de 2,00 W/(m.K) est généralement utilisée pour les chaînages en béton de granulats courants.

▲ Tableau 22 : Conductivité thermique par défaut des bétons (extrait règles Th-BATh-U RT 2012, fascicule 2)

Etude des dispositions constructives et choix des matériaux

5



5.1. • Rappel des règles de conception et de dimensionnement

Le NF DTU 20.1 est le texte de référence pour concevoir et dimensionner les ouvrages en maçonnerie. Il est en cours de réactualisation pour prendre en compte les dispositions constructives et méthodes de calcul adoptées de l'Eurocode 6 (EN 1996 ou NF EN 1996).

Les Eurocodes structuraux deviennent progressivement les textes de référence pour le dimensionnement des ouvrages (Tableau 23). Ils permettent de déterminer les actions s'exerçant sur les ouvrages et précisent les méthodes de calculs utilisables aux différents états limites (états limites ultimes (ELU) et de service (ELS)).

NF EN 1990	Eurocode 0 : Base de calcul des structures
NF EN 1991	Eurocode 1 : Actions sur les structures
NF EN 1992	Eurocode 2 : Calcul des structures en béton
NF EN 1996	Eurocode 6 : Calcul des structures en maçonnerie
NF EN 1997	Eurocode 7 : Calcul géotechnique
NF EN 1998	Eurocode 8 : Calcul des structures pour leur résistance au séisme

▲ Tableau 23 : Les Eurocodes structuraux applicables aux ouvrages en maçonnerie



5.2. • Choix des éléments de maçonnerie dans la conception thermique

5.2.1. • Principaux Textes réglementaires applicables

- Décret et Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Arrêté du 20 juillet 2011 modifié par les arrêtés du 16 et 30 avril 2013 portant approbation de la méthode de calcul Th-B-C-E prévue aux articles 4, 5 et 6 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Annexe à l'arrêté portant approbation de la méthode de calcul Th-BCE 2012.
- Décret du 18 mai 2011 et Arrêté du 11 octobre 2011 relatif aux attestations de prise en compte de la réglementation thermique et de réalisation d'une étude de faisabilité relative aux approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs ou les parties nouvelles de bâtiments.
- Arrêté du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments autres que ceux concernés par l'article 2 du décret du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.
- Règles Th-Bât, règles de détermination de paramètres d'entrée du bâti à utiliser pour le calcul réglementaire, décomposées en :
 1. Règles Th-I pour la détermination de l'inertie du bâtiment ou d'une zone du bâtiment ;
 2. Règles Th-S pour la détermination du facteur solaire des parois du bâtiment ;
 3. Règles Th-L pour la détermination du facteur de transmission lumineuse des parois vitrées du bâtiment ;
 4. Règles Th-U pour la détermination du coefficient moyen de déperdition par transmission à travers les parois déperditives du bâtiment (décomposées en cinq fascicules définissant notamment les caractéristiques des matériaux, les résistances thermiques et coefficients de transmissions surfaciques, les valeurs des ponts thermiques) ;



5.2.2. • Principales dispositions de la RT 2012

La RT 2012 issue des travaux du Grenelle de l'environnement a pour objectif de respecter les engagements écologiques visant à limiter le réchauffement climatique et les émissions de CO₂.

Diverses mesures sont mises en œuvre pour permettre d'atteindre ces objectifs pour les bâtiments neufs ou existants. Elles se concrétisent par des obligations de résultats et de moyens visant à limiter la consommation d'énergie tout en respectant le confort des occupants.

5.2.3. • Les obligations de résultats

Elles se traduisent par la définition de trois critères performanciels :

1. Bbio ≤ Bbiomax.

Ce nouveau coefficient traduit la qualité de conception et d'isolation du bâtiment, indépendamment du système de chauffage : analyse par l'architecte des besoins de chauffage, de refroidissement, d'éclairage artificiel en fonction de l'orientation du bâtiment, de sa forme, de la saison, ...

Cette étude se concrétise par la définition du coefficient Bbio qui doit être inférieur à une valeur maximale Bbiomax déterminée selon certaines modalités (type de bâtiment, zone climatique, altitude...);

2. Consommation conventionnelle en énergie primaire Cep ≤ Cepmax

La consommation conventionnelle est calculée pour les postes suivants : chauffage + refroidissement + eau chaude sanitaire + éclairage + auxiliaires. De ce calcul, il faut déduire la production d'énergie sur place : photovoltaïque, éolien pour déterminer Cep.

Cette consommation s'exprime en kiloWatt-heures « énergie primaire » par m² de surface de plancher hors œuvre nette défini par la RT 2012 (ShonRT) et par an. La valeur limite Cepmax est égale en moyenne à 50 kWhEP /m².an pour les maisons individuelles et à 57,5 kWhEP /m².an pour les bâtiments collectifs jusqu'au 31 décembre 2014.

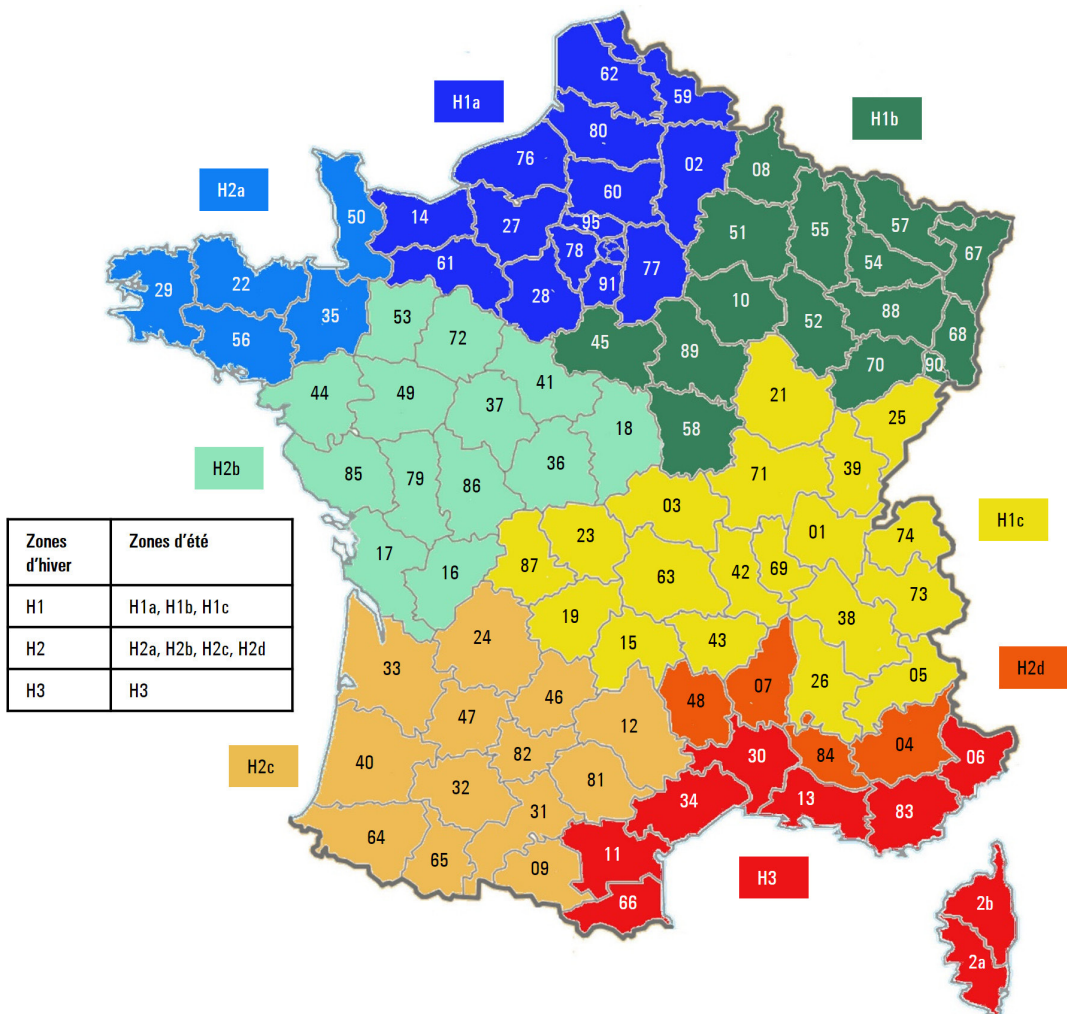
L'énergie primaire (EP) tient compte des pertes qui sont associées à la production de l'énergie finale (EF), celle que l'on consomme réellement.

3. Confort d'été : Tic ≤ Ticréf

En période estivale, la température intérieure conventionnelle du logement, Tic en °C, ne doit pas dépasser, après une séquence de 5 jours chauds, la température de référence Ticréf calculée selon la méthode Th-BCE 2012. La température Ticréf est calculée pour un bâtiment de référence similaire au projet mais avec l'introduction de paramètres spécifiques à ce calcul.



Le calcul des performances thermiques prend en compte la zone climatique dans laquelle se situe le bâtiment (Figure 18).



▲ Figure 18 : Zones climatiques définies pour l'application de la RT 2012

Les critères performanciels Bbio, Cep et Tic dépendent directement des performances thermiques de l'enveloppe du bâtiment. A ce titre, les éléments de maçonnerie jouent un rôle important tant au niveau de l'isolation de la paroi verticale opaque que de la réduction des ponts thermiques (liaison façade/plancher, par exemple). Ils peuvent permettre également d'intervenir sur la limitation de la Tic en contribuant, selon le principe d'isolation retenu, à l'inertie thermique globale du bâtiment. Les paragraphes ci-après explicitent ces différents points.



5.2.4. • Les exigences de moyens

Deux exigences de moyens concernent la maçonnerie :

1. **Isolation thermique : Mise en place de garde-fous**
 - Pont thermique moyen de liaison façade/plancher intermédiaire : $\psi < 0,6 \text{ W}/(\text{m.K})$;
 - Ratio de transmission thermique linéique moyen global des ponts thermiques du bâtiment limité à $0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ SHONRT.K})$;
 - Coefficient de transmission surfacique U de la paroi donnant sur un local à occupation discontinue $\leq 0,36 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$.
2. **Perméabilité à l'air de l'enveloppe**

A la fin de la construction, elle doit être inférieure à :

- $0,6 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2 \text{ de parois déperditives})$, hors plancher bas pour les maisons individuelles ;
- $1 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2 \text{ de parois déperditives})$, hors plancher bas en bâtiments collectifs d'habitation.

5.2.5. • Résistance thermique de la paroi

L'isolation thermique d'une paroi se caractérise au moyen de différents paramètres : sa résistance thermique R ou son coefficient de transmission surfacique U.

Résistance thermique R

Elle est représentative de la performance d'isolation de la paroi : plus la résistance est forte plus la paroi est isolante.

Elle s'exprime en $\text{m}^2 \times \text{degré} / \text{W}$, s'écrivant : $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$.

Les fournisseurs de produits en matériaux pleins et homogènes donnent soit directement cette valeur, soit la conductivité thermique λ du matériau constitutif permettant de calculer le R :

$$R(\text{m}^2.\text{K}/\text{W}) = \frac{e(\text{m})}{\lambda(\text{W}/(\text{m.K}))}$$

e étant l'épaisseur de la paroi et R sa résistance thermique.

Cette formule ne s'applique pas aux parois non homogènes (éléments creux par exemple). Dans ce cas, la valeur de R est à déterminer par essais ou par calculs.

Elle ne s'applique pas non plus si la paroi ou le produit mis en œuvre comporte des ponts thermiques structurels (joints, attaches traversantes, ...) ou des lames d'air ventilées.



Par analogie et à partir de cette valeur, les règles Th-bat définissent une conductivité thermique équivalente λ_e qui s'exprime par :

$$\lambda_e (W / (m.K)) = \frac{e(m)}{R \text{ calcul ou essai } (m^2.K/W)}$$

Cette conductivité thermique équivalente est utilisée par exemple pour classer les maçonneries isolantes :

- Maçonnerie isolante type b : $\lambda_e \leq 0,4 W / (m.K)$
- Maçonnerie isolante type a : $\lambda_e \leq 0,2 W / (m.K)$

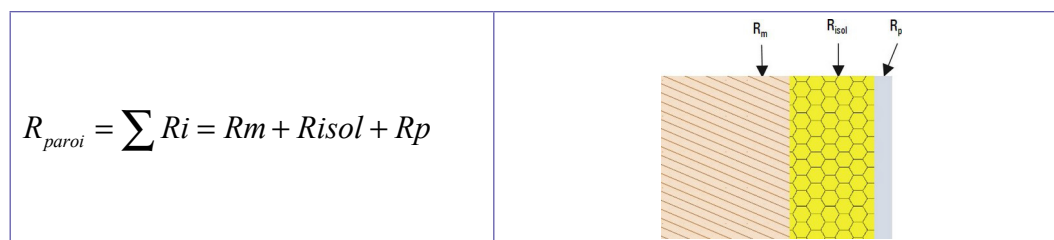
Résistance thermique d'un mur multi-parois

La résistance thermique d'un mur constitué de plusieurs parois s'obtient en faisant la somme des résistances de chacune des parois constitutives.

Par exemple :

$R_{\text{paroi}} = R_{\text{maçonnerie}} (R_m) + R_{\text{isolant}} (R_{\text{isol}}) + R_{\text{plaque de plâtre}} (R_p)$

Que l'on peut écrire de cette façon : $R_{\text{paroi}} = \sum R_i$, R_i étant la résistance thermique d'une des parois constitutives.



▲ Figure 19 : Définition de la résistance d'une paroi multicouches

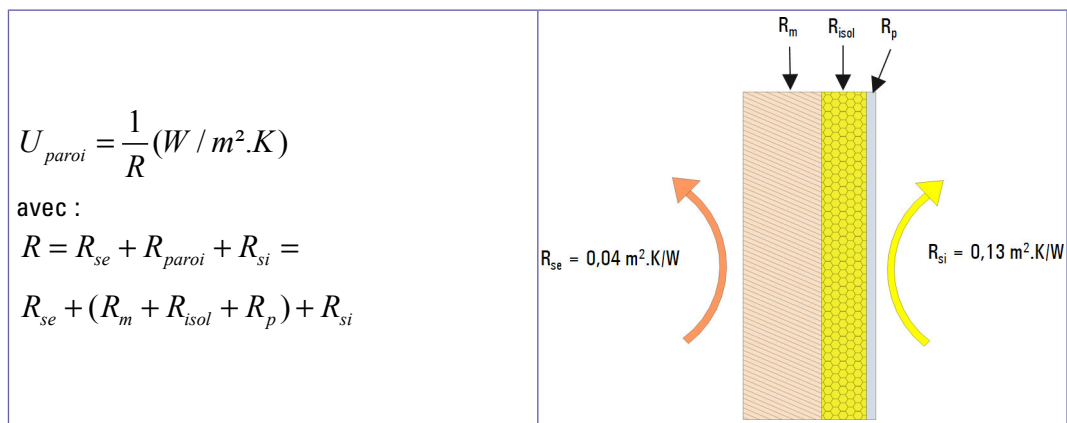
Comme précédemment, cette formule ne s'applique pas si le mur comporte des ponts thermiques structurels affectant plusieurs parois (attaches traversantes, ...) ou des lames d'air ventilées.

Coefficient de transmission surfacique U

Ce coefficient définit la perte thermique au travers de la paroi. Il s'exprime en $W/(m^2.K)$ pour un écart de température de 1 degré entre les ambiances de part et d'autre de la paroi.

Ce coefficient est calculé à partir de la résistance thermique de la paroi en y ajoutant les échanges thermiques superficiels des deux faces exposées :

- R_{se} : résistance thermique superficielle de la face externe exposée exprimée en $m^2.K/W$. Pour une paroi verticale donnant sur l'extérieur, $R_{se} = 0,04 m^2.K/W$;
- R_{si} : résistance thermique superficielle de la face interne exposée exprimée en $m^2.K/W$. Pour une paroi verticale, $R_{si} = 0,13 m^2.K/W$;



▲ Figure 20 : Calcul du coefficient de transmission surfacique U pour une paroi verticale ou d'inclinaison supérieure à 60 ° donnant sur l'extérieur

Exemples de solutions

Les tableaux suivants (Tableau 24), (Tableau 25), (Tableau 26) donnent une synthèse des performances des différents éléments de maçonnerie selon différents scénarios.

Résistance thermique Murs – ITI					
Option 1 : cas courants					
ÉLÉMENT DE MAÇONNERIE	TYPE B		TYPE A		
λ_e (W/(m.K))	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10
Épaisseur (m)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
R (m².K/W)	0,50	0,67	1,00	1,30	2,00
ISOLANT					
λ (W/(m.K))	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
Épaisseur (m)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
R (m².K/W)	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13
PLAQUE DE PLÂTRE					
λ (W/(m.K))	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Épaisseur (m)	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
R (m².K/W)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Enduit					
λ (W/(m.K))	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Épaisseur (m)	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
R (m².K/W)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ECHANGES THERMIQUES PAROIS EXTÉRIEURES ET INTÉRIEURES					
Rse (m².K/W)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Rsi (m².K/W)	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Épaisseur totale mur (m)	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
R paroi (m².K/W) (1)	3,69	3,86	4,19	4,49	5,19
U (W/(m².K)) (2)	0,26	0,25	0,23	0,21	0,19
(1) Valeur sans les résistances superficielles Rse et Rsi					
(2) U maxi pour une paroi donnant sur un local à occupation discontinue : 0,36					

▲ Tableau 24 : Evaluation des résistances thermiques – Murs ITI – Option 1 : cas courants : λ isolant 0,032 W/(m.K)



Résistance thermique MURS – ITI Option 2 : optimisation du système					
ÉLÉMENT DE MAÇONNERIE	TYPE B		TYPE A		
λ_e (W/(m.K))	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10
Épaisseur (m)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
R (m ² .K/W)	0,50	0,67	1,00	1,30	2,00
ISOLANT					
λ (W/(m.K))	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Épaisseur (m)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
R (m ² .K/W)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
PLAQUE DE PLÂTRE					
λ (W/(m.K))	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Épaisseur (m)	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
R (m ² .K/W)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Enduit					
λ (W/(m.K))	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Épaisseur (m)	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
R (m ² .K/W)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
ECHANGES THERMIQUES PAROIS EXTÉRIEURES ET INTÉRIEURES					
Rse (m ² .K/W)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Rsi (m ² .K/W)	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Épaisseur totale mur (m)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
R paroi (m ² .K/W) (1)	4,58	4,75	5,08	5,38	6,08
U (W/(m ² .K)) (2)	0,21	0,20	0,19	0,18	0,16
(1) Valeur sans les résistances superficielles Rse et Rsi					
(2) U maxi pour une paroi donnant sur un local à occupation discontinue : 0,36 W/(m ² .K).					

▲ **Tableau 25** : Évaluation des résistances thermiques – Murs ITI – Option 2 : Optimisation de l'isolant : λ isolant 0,030 W/(m.K)

Résistance thermique murs – ITR				
ÉLÉMENT DE MAÇONNERIE	TYPE A			
λ_e (W/(m.K))	0,20	0,15	0,13	0,13
Épaisseur (m)	0,35	0,35	0,35	0,5
R (m ² .K/W)	1,75	2,33	2,60	3,71
PLAQUE DE PLÂTRE				
λ (W/(m.K))	0,25	0,25	0,25	0,25
Épaisseur (m)	0,013	0,013	0,013	0,013
R (m ² .K/W)	0,05	0,05	0,05	0,05
ENDUIT				
λ (W/(m.K))	1,3	1,3	1,3	1,3
Épaisseur (m)	0,015	0,015	0,015	0,015
R (m ² .K/W)	0,01	0,01	0,01	0,01
ECHANGES THERMIQUES PAROIS EXTÉRIEURES ET INTÉRIEURES				
Rse (m ² .K/W)	0,04	0,04	0,04	0,04
Rsi (m ² .K/W)	0,13	0,13	0,13	0,13
Épaisseur totale mur (m)	0,38	0,38	0,38	0,53
R paroi (m ² .K/W) (1)	1,81	2,40	2,66	3,78
U (W/(m ² .K)) (2)	0,50	0,39	0,35	0,25
(1) Valeur sans les résistances superficielles Rse et Rsi				
(2) U maxi pour une paroi donnant sur un local à occupation discontinue : 0,36 W/(m ² .K).				

▲ **Tableau 26** : Murs ITR : Evaluation des résistances thermiques selon différentes épaisseurs d'éléments

5.2.6. • Ponts thermiques

Les valeurs des ponts thermiques sont définies dans les règles de calcul Th-bâtThU, fascicule 5. Les tableaux de l'Annexe 2 complètent ces valeurs en caractérisant les ponts thermiques pour des éléments de maçonnerie de type a et b, mis en œuvre avec des planelles de résistances thermiques différentes (de 0,07 à 0,8 m².K/W).

D'autres valeurs de calcul peuvent être utilisées dans le cadre d'un Avis technique (montage avec rupteurs thermiques, par exemple) ou dans le cas de valeurs calculées dans le cadre d'une étude spécifique conforme aux règles Th-U et aux normes applicables (en particulier NF EN ISO 6946, NF EN ISO 10211, NF EN ISO 10456).

Le (Tableau 27) donne à titre d'exemples différentes valeurs de ponts thermiques de liaisons de plancher d'étage réalisées à partir de planelles, pour différentes configurations présentées (Figure 21) et (Figure 22) (valeurs conformes à la RT 2012).

	Ponts thermiques ψ (en W/(m.K) avec ITI		Ponts thermiques ψ (en W/(m.K) avec ITR	
	plancher béton	Plancher à poutrelles	plancher béton	Plancher à poutrelles
Eléments isolants Type b $\lambda_e = 0,4$ W/(m.K)	Planelle $R_p : 0,1$ m ² .K/W			
	0,67	0,61		
	Planelle $R_p : 0,22$ m ² .K/W			
	0,58	0,55		
	Planelle épaisseur 6,5 cm isolante $R_p : 0,8$ m ² .K/W			
	0,53	0,47		
Eléments isolants Type a $\lambda_e = 0,2$ W/(m.K)	Planelle $R_p : 0,3$ m ² .K/W		Planelle épaisseur 7 cm $R_p : 0,5$ m ² .K/W	
	0,44	0,38	0,31 à 0,35	0,30 à 0,34
	Planelle épaisseur 6,5 cm $R_p : 0,8$ m ² .K/W		Planelle épaisseur 7 cm + 3 cm isolant $R_p : 1,5$ m ² .K/W	
	0,37	0,33	0,19 à 0,21	0,18 à 0,20
Eléments isolants Type a $\lambda_e = 0,2$ W/(m.K)	Planelle épaisseur 6,5 cm $R_p : 1,0$ m ² .K/W			
	0,35	0,32		
	Planelle épaisseur 6,5 cm isolante $R_p : 1,4$ m ² .K/W			
	0,32	0,30		

▲ Tableau 27 : Exemples de valeurs de ponts thermiques. Liaison plancher intermédiaire (étage) façade / Plancher épaisseur 20 cm



ITI – Solutions traditionnelles	
<p>Planelle sans isolant Épaisseur planelle ≥ 5 cm</p>	<p>Planelle associée à un isolant sur sa partie arrière Épaisseur planelle ≥ 7 cm</p>
ITI – Solutions non traditionnelles	
<p>Planelle associée à un isolant sur sa partie arrière Épaisseur planelle < 7 cm</p>	<p>Planelle avec isolant intégré dans la planelle</p>

Nota : appui de plancher : $B \geq 2 \times t / 3$

▲ Figure 21 : Exemple de pont thermique plancher – façade (cas de l'ITI)

ITR – Solutions traditionnelles	
<p>Planelle sans isolant Épaisseur planelle ≥ 5 cm</p>	<p>Planelle associée à un isolant sur sa partie arrière Épaisseur planelle ≥ 7 cm (ou 10 cm blocs béton)</p>

Nota : appui de plancher : $B \geq 2 \times t / 3$

▲ Figure 22 : Exemple de pont thermique plancher – façade (cas de l'ITR)

Note

les solutions non traditionnelles ci-dessus relèvent de l'Avis technique ou du DTA.

5.2.7 • Inertie thermique

A l'échelle d'un matériau ou d'une paroi, isolation et inertie sont des caractéristiques thermiques qui agissent, physiquement, de manière non conjointe puisqu'il est nécessaire de laisser passer la chaleur dans l'épaisseur d'une paroi pour que celle-ci puisse la stocker. A l'échelle d'un bâtiment, on peut cependant dire que l'inertie thermique intervient de manière « complémentaire » à l'isolation. Son rôle d'amortisseur permet de limiter les gradients thermiques dus aux variations de conditions extérieures et intérieures, améliorant ainsi le confort des locaux, en particulier en période estivale. Elle limite les pics de chaleur l'été et contribue, dans certains cas, à une réduction sensible des besoins en chauffage l'hiver et en demi-saison. Son effet sur les performances thermiques est lié à la classe d'inertie du bâtiment (Tableau 28).

La classe d'inertie quotidienne d'un bâtiment est définie selon 5 classes : « très légère », « légère », « moyenne », « lourde » et « très lourde ». Elle est déterminée à partir des règles Th-I en prenant en compte les caractéristiques du niveau le plus défavorable, en général le dernier étage du bâtiment.

La méthode forfaitaire détermine, en fonction du niveau d'inertie des parois verticales et horizontales (plancher, plafond), la classe d'inertie du bâtiment, en se plaçant dans la pièce la plus faible en inertie thermique.

Plancher	Plafond	Paroi verticale	INERTIE
Lourd	Lourd	Lourde	Très lourde
-	Lourd	Lourde	Lourde
Lourd	-	Lourde	Lourde (1)
Lourd	Lourd	-	Lourde
-	-	Lourde	Moyenne
-	Lourd	-	Moyenne
Lourd	-	-	Moyenne (2)
-	-	-	Très légère

(1) Cas courant pour une isolation thermique répartie (ITR) avec éléments de maçonnerie isolants et plancher en béton ou poutrelles et hourdis, avec dalle de compression d'au moins 4 cm si entrevous béton ou terre cuite, et 5 cm si entrevous isolants.

(2) Cas courant pour une isolation thermique par l'intérieur (ITI) avec éléments de maçonnerie isolants et plancher en béton ou poutrelles et hourdis, avec dalle de compression d'au moins 4 cm si entrevous béton ou terre cuite, et 5 cm si entrevous isolants.

▲ **Tableau 28** : Détermination de la classe d'inertie quotidienne d'un bâtiment

Confort d'été

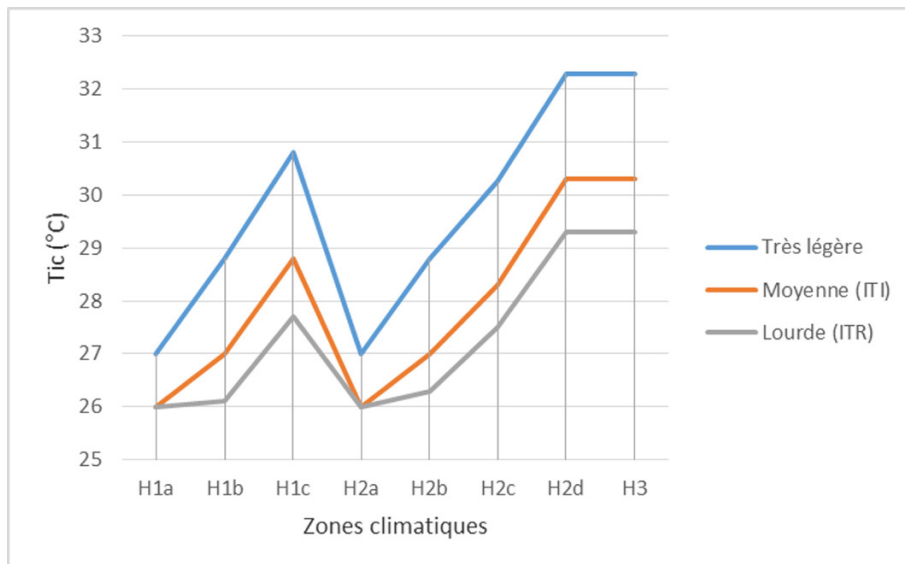
La RT 2012 impose une limitation de la température intérieure des logements. Elle est définie à partir de la Température Intérieure Conventiennelle (Tic) atteinte au cours d'une séquence de 5 jours chauds.

La Tic doit être inférieure à une température de référence : la Tic réf.

Le calcul de ces températures est défini dans les règles Th-BCE 2012.



L'étude présentée en [Annexe 2] montre que, quelle que soit la zone géographique, un bâtiment à forte inertie sera plus confortable l'été (du fait de la limitation d'élévation de température à l'intérieur du logement) qu'un bâtiment à inertie très légère qui peut se montrer inconfortable et parfois non conforme à la réglementation (Figure 23).



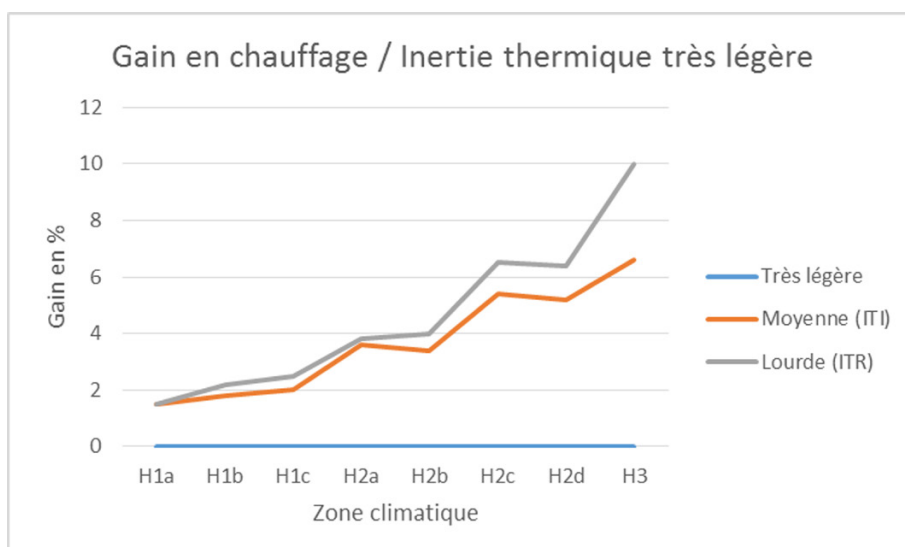
▲ Figure 23 : Evaluation de la Tic pour différentes classes d'inertie selon la zone climatique (maison individuelle, petit collectif)

Gain en chauffage

L'inertie thermique améliore la valeur du Bbio et contribue de ce fait à minimiser les besoins en chauffage.

En période hivernale ensoleillée et en demi-saison, les planchers, séparatifs et murs de façade selon le système d'isolation retenu, vont emmagasiner les apports internes et les calories fournies par le soleil.

La (Figure 24). précise pour l'étude présentée en [Annexe 2] les gains obtenus comparativement à une inertie thermique très légère.



▲ Figure 24 : Gain en chauffage en fonction de l'inertie thermique

5.2.8. • Etanchéité à l'air

L'étude présentée en [Annexe 3] montre que les différentes maçonneries enduites ayant subi un test d'étanchéité à l'air (tableau 2 de l'Annexe 3) présentent toutes une perméabilité à l'air très faible, moins de 1% du débit limite de 0,6 m³/h.m² spécifié par la réglementation (valeurs mesurées sous une pression de 4 Pa).

Dans ces conditions, il n'est pas nécessaire d'envisager la mise en place d'un dispositif supplémentaire d'étanchéité (film plastique complémentaire ou enduit intérieur projeté).

De même, la réalisation d'un essai d'étanchéité à l'air intermédiaire avant enduisage de la paroi extérieure, comme cela est parfois suggéré, n'est utile que pour vérifier certains points singuliers de mise en œuvre. La valeur de la perméabilité mesurée avant enduisage est sans grand intérêt et non représentative du résultat final.

5.3. • Choix des murs selon l'exposition

5.3.1. • Exposition à la pluie

Le NF DTU 20.1 P3 précise les configurations de façades à utiliser selon l'exposition à la pluie (Figure 2).

L'épaisseur minimale brute de la paroi extérieure en maçonnerie est généralement de 20 cm. En ITR (murs de type I) cette épaisseur peut être plus importante du fait de la nature du matériau et de l'exposition. Les épaisseurs minimales à utiliser sont rappelées (Tableau 29).

Hauteur du mur au-dessus du sol (m)	Situation a, b ou c		Situation d		
	Façades abritées	Façades non abritées	Façades abritées	Façades non abritées	
				Zone littorale sauf front de mer	Front de mer
< 6 m	I	I ou IIa	I	I (3) ou IIa	IIb
6 à 18 m		I (1) ou IIa		IIa	
18 à 28 m		I (2) ou IIa		IIb	III
28 à 50 m		IIa ou IIb		III	III
50 à 100 m		III			

Epaisseurs minimales brute des éléments de murs type I (ITR)
 (1) 27,5 cm
 (2) 37,5 cm : briques TC à perforations verticales ou blocs béton de granulats légers.
 (3) Blocs béton cellulaire : 25 cm ;
 – briques TC à perforations verticales : 30 cm ;
 – blocs béton de granulats légers : 27,5 cm.

▲ Tableau 29 : Configurations des types de façade en ITI et ITR selon l'exposition



5.3.2. • Murs de sous-sol

Le § 7.4.2 de la NF DTU 20.1 P1-1 définit les prescriptions applicables aux maçonneries enterrées (voir également l'Annexe A de la NF DTU 20.1 P4) :

Catégories

- Catégorie 1 : Locaux habitables en sous-sol ;
- Catégorie 2 : Locaux utilisés comme chaufferie, garage ou certaines caves ;
- Catégorie 3 : murs de vide sanitaire ou périphériques de terre-plein.

Choix des matériaux

Murs obligatoirement enduits sur les faces en contact avec le sol (*)		Murs pouvant être enduits ou non sur les faces en contact avec le sol (*)	
Éléments	Épaisseur minimale	Éléments	Épaisseur minimale
Blocs de béton cellulaire autoclavé	25 cm (mise en œuvre selon NF DTU 20.1 P4, § 3.1.8)	Blocs pleins, perforés ou creux de béton de granulats courants ou légers	20 cm
briques (de terre cuite LD) de maçonnerie enterrées obligatoirement enduites	20 cm	Briques (de terre cuite HD et LD de maçonnerie enterrées pouvant être enduites ou non) désignées D	20 cm

(*) L'enduit doit être prolongé sur une hauteur de 15 cm au-dessus du sol fini.

▲ Tableau 30 : Murs de sous-sol – Choix des matériaux

Les éléments creux sont à utiliser en situation hors gel.

Lorsque ce n'est pas le cas :

- les éléments creux ne peuvent être utilisés que lorsqu'un drainage est prévu ;
- s'il existe un risque d'accumulation d'eau prolongé, on doit utiliser des éléments pleins ou perforés.

Choix du revêtement extérieur selon le dispositif de drainage.

Un revêtement d'étanchéité est à mettre en place sur la face extérieure de la maçonnerie pour les éléments de catégorie 1 et 2, défini § 7.4.2.4 de la NF DTU 20.1 P 1-1. Ce revêtement est fonction de la nécessité ou non d'un drainage.

Le drainage n'est pas nécessaire	Un drainage est prévu
<p>Murs de catégorie 2 Dispositif A : (Enduit d'imperméabilisation conforme à NF DTU 26.1 ou mortier réalisé avec ciment résistant aux milieux agressifs (NF DTU 20.1 P1-2, § 3.1) + 2 couches d'un enduit d'imprégnation à froid)</p>	<p>Murs de catégorie 2 Dispositif A + Dispositif de drainage vertical (nappe à excroissance, mur en éléments creux, géotextile) + Le drainage vertical doit être relié au drainage en pied</p>
<p>Murs de catégorie 1 Dispositif B : (Enduit de dressement+ Revêtement d'étanchéité sous avis technique ou DTA (membrane, système bicouche, ou complexe élasto-plastique)+ Protection (nappe à excroissance, mur en éléments creux, géotextile ou panneaux isolants sous avis technique ou DTA). Les locaux doivent être aérés et ventilés).</p>	<p>Murs de catégorie 1 Dispositif B Avec protection qui fait également office de drainage vertical (nappe à excroissance, mur en éléments creux, géotextile) + Le drainage vertical doit être relié au drainage en pied</p>

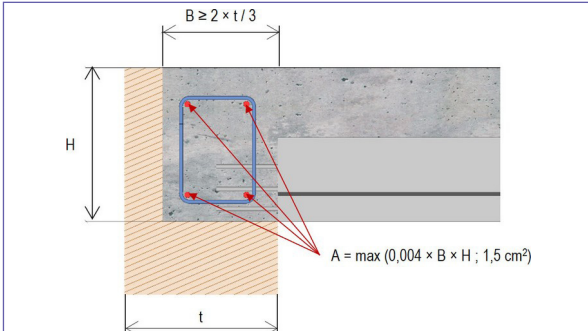
▲ **Tableau 31** : Étanchéité pour murs de sous-sol – Choix du revêtement de la paroi enterrée

Coefficient de transmission surfacique des parois enterrées

Le coefficient de transmission surfacique des parois enterrées est calculé selon les règles Th-Bât – Th-U fascicule 4, § 2.2.2. Il est fonction de la configuration du bâtiment (surface de plancher, épaisseur des murs périphériques) et des différentes résistances thermiques des matériaux utilisés (plancher, murs), ainsi que de la conductivité thermique du sol.

Ponts thermiques

Ils sont indiqués en [Annexe 1]. La (Figure 25) donne la valeur de ponts thermiques pour un local chauffé en sous-sol.

	<p>Mur et planelle en maçonnerie type b $\psi = 0,31 \text{ W}/(\text{m.K})$</p>
	<p>Mur et planelle en maçonnerie type a $\psi = 0,30 \text{ W}/(\text{m.K})$</p>

▲ **Figure 25** : Exemples de ponts thermiques mur et plancher en sous-sol – Cas d'un local chauffé

5.4. • Stabilité mécanique

La stabilité mécanique d'un ouvrage en maçonnerie est assurée par liaisonnement mécanique des murs porteurs et des planchers, au moyen de chaînages.



Les murs porteurs reprennent les charges verticales. Ils peuvent également être dimensionnés pour reprendre en plus les charges horizontales dues au vent, à la poussée des terres et au séisme (murs de contreventement).

La résistance mécanique d'un mur doit être vérifiée en fonction des conditions de chargement et d'appui des efforts sollicitants.

Le NF DTU 20.1 P4 définit différentes méthodes de vérification de la résistance d'un mur :

- Contraintes admissibles dans les parois porteuses sous l'effet de charges verticales, centrées ou excentrées, et fonction de l'élançement géométrique (rapport (h/e) d'un mur qui est limité à 20, h étant la distance verticale entre planchers, et e l'épaisseur du mur porteur)
- Vérification des contraintes localisées au niveau des appuis de planchers, des linteaux et autres appuis ponctuels.

On peut également se référer à l'Eurocode 6, parties 1-1 ou 3 pour déterminer la résistance des murs porteurs ou non, selon différents cas de chargements.

5.4.1. • Contreventement

Le contreventement peut être assuré par les murs de façade et les murs intérieurs (refends, murs séparatifs). Ces murs doivent être liaisonnés aux planchers par des chaînages horizontaux. Ils peuvent également être liaisonnés aux murs transversaux par harpage ou à l'aide de chaînages verticaux (voir Recommandations professionnelles RAGE Maçonneries isolantes avec isolation thermique par l'intérieur ou répartie – Partie 2 : Règles de mise en œuvre, § 7.1).

En situation sismique, les murs de contreventement doivent être systématiquement chaînés (cf. 5.6).

On pourra se référer à l'Eurocode 6 pour le dimensionnement de ces murs.

5.4.2. • Chaînages horizontaux

Ils sont disposés en partie supérieure des murs porteurs (murs de façade, de contreventement ou de refend) pour ceinturer un plancher en béton et assurer ainsi le monolithisme de l'ensemble.

Ils sont également disposés en couronnement des murs libres en tête (pointes de pignon par exemple).

Les chaînages horizontaux sont à liaisonner aux chaînages verticaux présents dans les murs porteurs.

Ils seront conformes aux spécifications du NF DTU 20.1 P4, § 3.1.1.



La section du chaînage est indiquée dans les Recommandations professionnelles RAGE Maçonneries isolantes avec isolation thermique par l'intérieur ou répartie – Partie 2 : Règles de mise en œuvre, § 7.1.

Pour les ouvrages dimensionnés au séisme, les dispositions à appliquer sont indiquées (cf. 5.6).

5.4.3. • Chaînages verticaux

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 26).

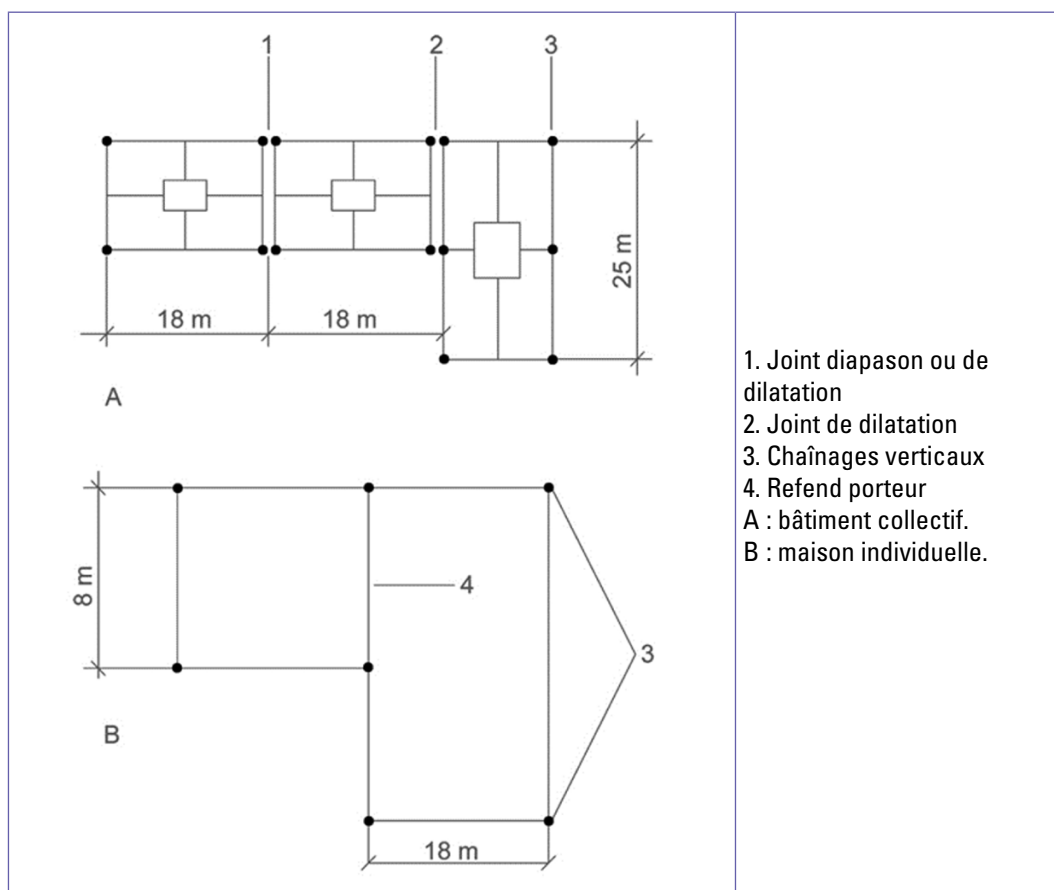
Ils peuvent être réalisés :

- Soit au moyen d'éléments spéciaux de coffrage munis d'un alvéole carré ou circulaire ;
- Soit par coffrage. Cette solution est toutefois à limiter, du fait du pont thermique qu'elle crée.

Les aciers utilisés seront de nuance Fe E 500 avec une section minimale correspondant à 2 HA 10.

La continuité des armatures sera assurée par un recouvrement de longueur 50Φ .

Pour les ouvrages dimensionnés au séisme, ces dispositions sont à remplacer par celles du § (cf. 5.6).



▲ Figure 26 : Exemple d'implantation des chaînages verticaux (NF DTU 20.1)



5.4.4. • Jonctions en T

Selon les dispositions du NF DTU 20.1 P1.1, § 6.5 et P4, § 3 .1.2, ces jonctions sont à réaliser de préférence par harpage de manière à assurer la continuité de l'appareillage.

Le harpage des maçonneries de même nature et d'épaisseur égale est recommandé. Il permet d'améliorer le contreventement dans une direction en prenant en compte les maçonneries perpendiculaires en renfort (en T ou en L).

Toutefois, pour les maçonneries faiblement chargées, il est possible d'utiliser une liaison par pénétration partielle du mur intérieur dans le mur extérieur.

Dans le cas où la jonction ne joue aucun rôle dans le contreventement, une simple juxtaposition est utilisable.

Le (Tableau 32) rappelle les différentes dispositions applicables.

Fonction du mur intérieur	Parois de même nature	Parois de natures différentes
Mur de refend ou de contreventement (solution générale)	Harpage	Simple juxtaposition figure 5-11 ⁽¹⁾⁽²⁾
Mur de refend ou de contreventement faiblement chargé	Liaison par engravure totale ou partielle (un bloc sur trois) ⁽¹⁾	
Mur séparatif simple	Simple juxtaposition ⁽¹⁾⁽²⁾	

(1) Si nécessaire, la stabilité transversale peut être réalisée par au moins trois liaisons ponctuelles réparties sur la hauteur du mur et conformes à la NF DTU 20.1 P1-2, § 5.8.
(2) En situation d'incendie, cette solution demande à être justifiée.

▲ Tableau 32 : Jonctions en T des murs intérieurs et des façades

Voir dessin des différentes dispositions dans les Recommandations professionnelles Règles Maçonneries isolantes avec isolation thermique par l'intérieur ou répartie partie 2, (cf. 7.3).

En situation sismique, ces solutions sont admises à la condition de respecter les règles constructives précisées (cf. 5.6) pour la réalisation des murs de contreventement et des chaînages.

Dans le cas de liaisons par engravures, les ponts thermiques pourront être limités :

- soit en interposant, en fond de liaison, un matériau isolant (solution non traditionnelle) ;
- soit en utilisant une liaison simple disposée en tête et en pied de mur. Dans ce cas l'isolant et le joint de calfeutrement sont à adapter à l'usage prévu (isolation phonique, résistance au feu).

Ponts thermiques

La (Figure 27) donne la valeur des ponts thermiques des différentes liaisons façade / mur intérieur présentées ci-dessus. Les autres ponts thermiques sont définis en [Annexe 1].



	Mur et refend en maçonnerie type b $\psi = 0,25 \text{ W}/(\text{m.K})$
	Mur et refend en maçonnerie type a $\psi = 0,09 \text{ W}/(\text{m.K})$
	Mur en maçonnerie type b, refend en maçonnerie courante $\psi = 0,09 \text{ W}/(\text{m.K})$
	Mur en maçonnerie type a, refend en maçonnerie courante $\psi = 0,07 \text{ W}/(\text{m.K})$
	Mur et refend en maçonnerie type a $\psi = 0,07 \text{ W}/(\text{m.K})$
	Mur en maçonnerie type a, refend en maçonnerie courante $\psi = 0,08 \text{ W}/(\text{m.K})$

▲ Figure 27 : Comparaison des ponts thermiques entre façade et mur intérieur

5.4.5. • Trumeaux

La largeur minimale des trumeaux porteurs en maçonnerie est définie comme suit (NF DTU 20.1 P1.1, § 6.4.2) :

- 0,80 m et deux fois la longueur de l'élément courant de maçonnerie lorsque celui-ci mesure moins de 50 cm ;
- Une fois et demi la longueur de l'élément de maçonnerie sinon. Dans ce cas les murs doivent être montés en utilisant des demi-éléments en association avec l'élément courant.

Les trumeaux porteurs de largeur plus faible doivent comporter un élément porteur en béton armé intégré à la maçonnerie si elle le permet, ou doivent être réalisés en béton armé (voir la Figure 27 des Recommandations professionnelles RAGE Maçonneries isolantes avec isolation thermique par l'intérieur ou répartie – Partie 2). De ce fait, ils doivent être pris en compte dans les calculs thermiques.

L'élément porteur en béton armé doit être liaisonné aux chaînages horizontaux. Il est à réaliser conformément au DTU 21. Les éléments de maçonnerie peuvent servir de coffrage pour réaliser ce renfort (voir la Figure 26 des Recommandations professionnelles RAGE Maçonneries isolantes avec isolation thermique par l'intérieur ou répartie – Partie 2 : Règles de mise en œuvre) La vérification des contraintes reprises par le trumeau est à effectuer conformément au § 3.1.6 de la NF DTU 20.1 P4.



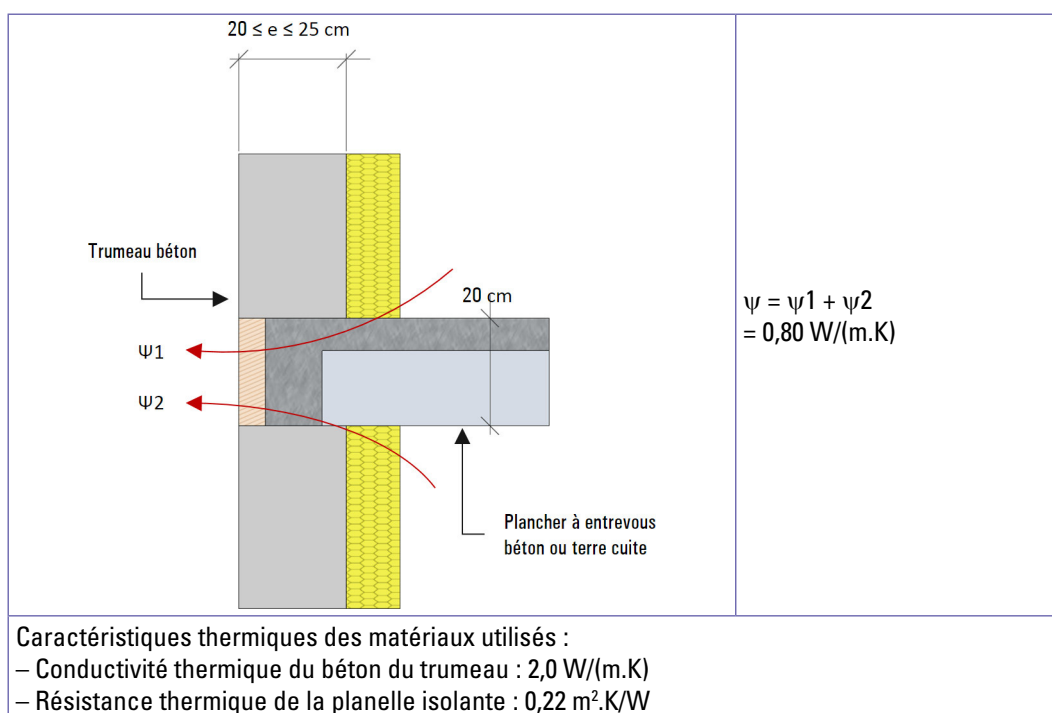
Les trumeaux en maçonnerie de largeur inférieure à 1,2 m doivent être montés à joints verticaux hourdés (remplis ou collés) (NF DTU 20.1 P1-1, § 5.2.3.2).

Cas particulier d'une maçonnerie en terre cuite réalisée avec briques enduites ou apparentes de longueurs supérieures à 0,4 m : lorsque la largeur du trumeau est inférieure ou égale à 1 m, les jambages des tableaux doivent être réalisés à l'aide d'éléments spéciaux (NF DTU 20.1 P1-1, § 8.1.2.5).

Caractéristiques thermiques

La résistance thermique de la paroi de béton est déterminée en fonction de la conductivité thermique du type de béton utilisé (Tableau 22).

Les ponts thermiques sont définis dans les règles Th-BAT Th-U, fascicule 5, exemple (Figure 28).



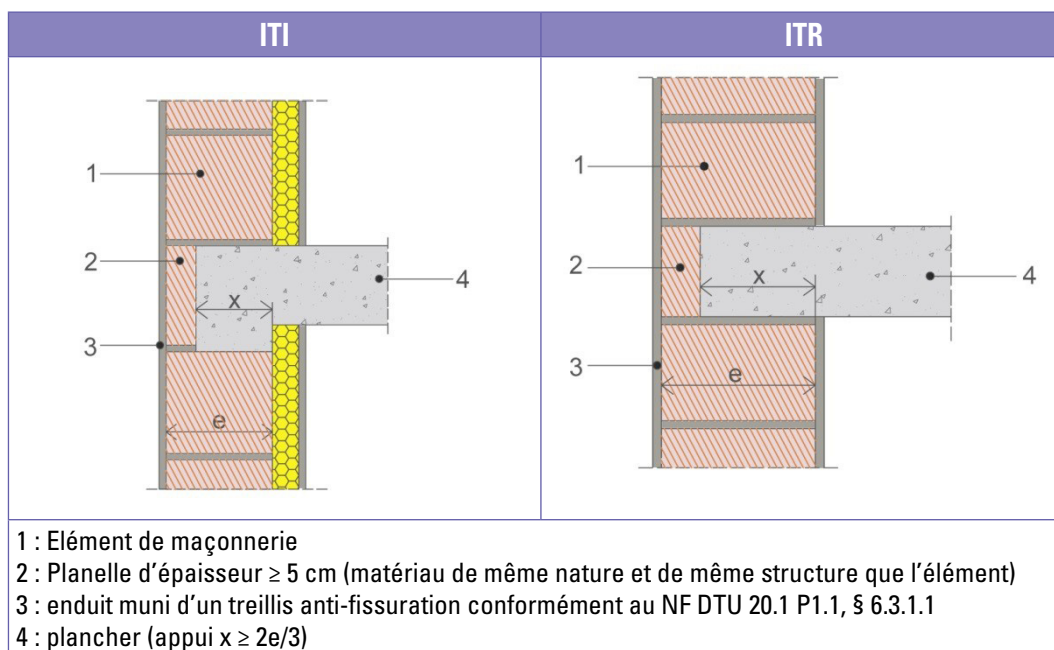
▲ Figure 28 : Exemples de ponts thermiques au niveau d'un trumeau

5.4.6. • Appuis de planchers

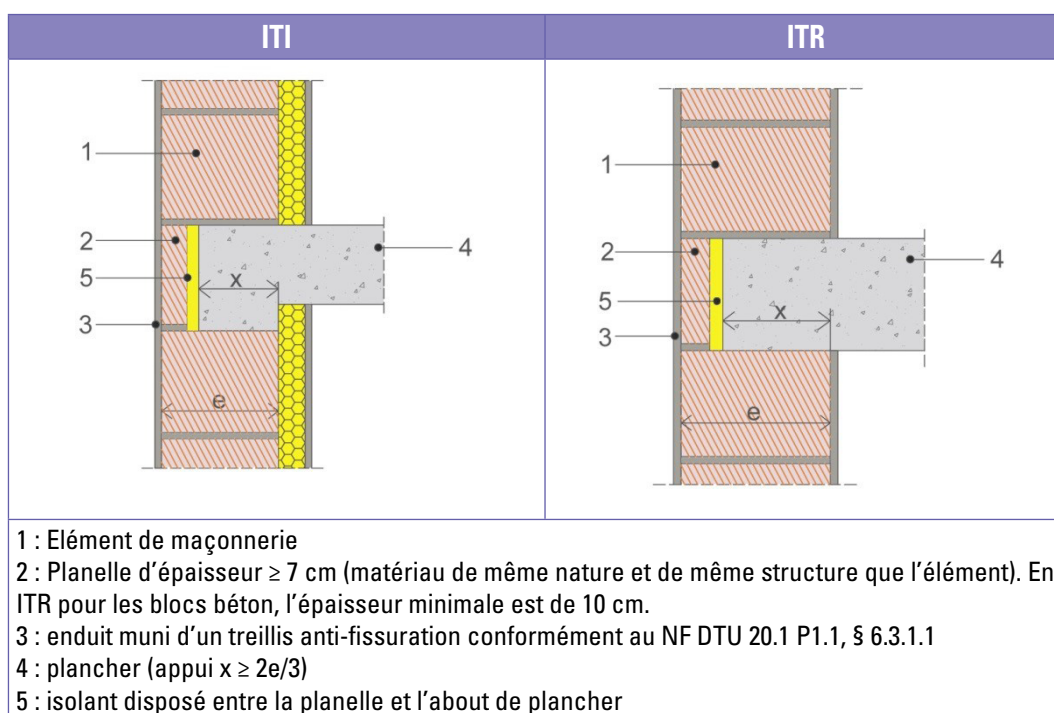
La largeur minimale d'appui (intégrant le chaînage horizontal périphérique) sur les parois porteuses est en général égale aux 2/3 de l'épaisseur brute du mur (NF DTU 20.1 P 1 .1, § 6). Des dérogations peuvent toutefois être admises, dans le cadre d'avis techniques ou DTA de procédés notamment.

Epaisseur minimale des planelles

Elle varie de 5 à 10 cm selon le type de montage : interposition ou non d'un isolant entre la planelle et l'about de plancher. Elle est définie (Figure 29) et (Figure 30).



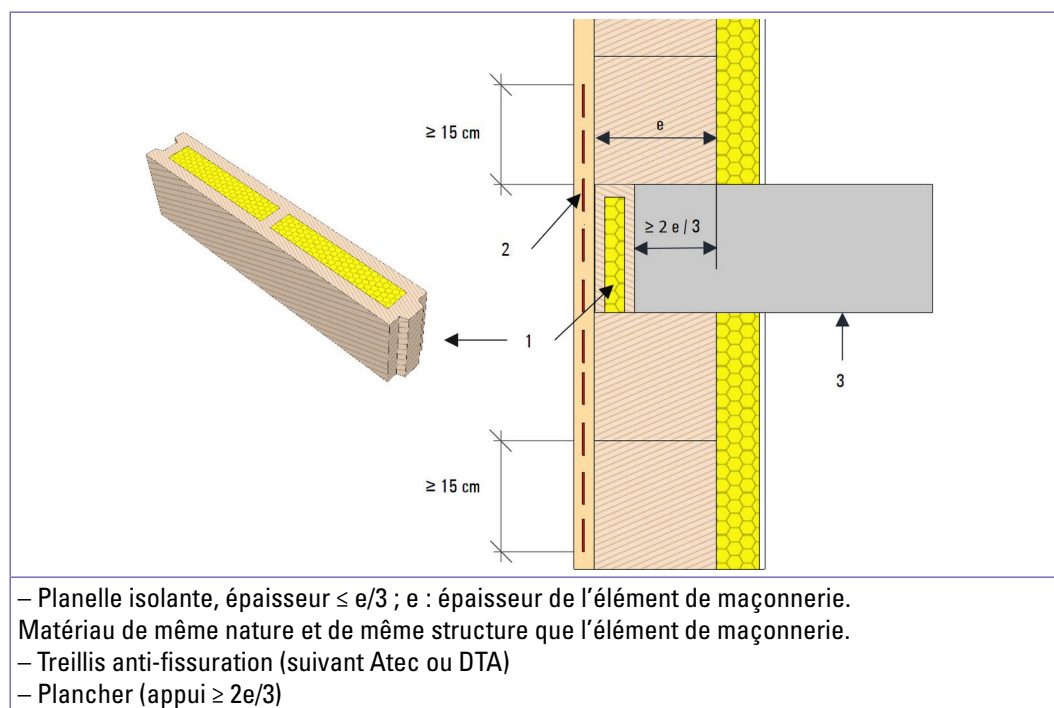
▲ Figure 29 : Planelle d'habillage de l'about d'un plancher (pas d'isolant entre planelle et about)



▲ Figure 30 : Planelle d'habillage de l'about d'un plancher (Isolant entre planelle et about)

La (Figure 31) propose, en dérogation au NF DTU 20.1, une planelle avec isolant intégré.

Elle permet de limiter les ponts thermiques et de respecter l'appui minimal pour le plancher (2/3 de l'épaisseur du mur).



▲ Figure 31 : Planelle avec isolant intégré

Treillis anti-fissuration

Il est à mettre en œuvre dans l'enduit recouvrant les planelles de planchers sur les deux derniers niveaux du bâtiment. Les dispositions de recouvrement sont précisées dans les Recommandations professionnelles RAGE Maçonneries isolantes avec isolation thermique par l'intérieur ou répartie – Partie 2 : Règles de mise en œuvre, § 7.10 et § 11.4.

Ponts thermiques

A titre comparatif, les valeurs des ponts thermiques pour différents types de montage sont données § (cf.5.26). D'autres valeurs sont disponibles en [Annexe 1].

5.4.7. • Linteaux

Ces éléments sont destinés à reprendre les charges verticales s'exerçant en partie supérieure d'une baie (ou d'une ouverture).

Ils sont soit préfabriqués conformément à la norme NF EN 845-2 (voir DTU20-1 P1-2), soit réalisés au moyen d'éléments de coffrage en U permettant de réaliser la poutre en béton armée coulé sur place. Ces éléments de coffrage peuvent être de la longueur du linteau à réaliser.

Il est également possible d'utiliser des pré-linteaux associés à un coffrage complémentaire.

Voir exemples de linteaux dans les Recommandations professionnelles RAGE Maçonneries isolantes avec isolation thermique par l'intérieur ou répartie – Partie 2 : Règles de mise en œuvre, § 7.9.



On utilisera préférentiellement des éléments de coffrage en matériau similaire à celui de la maçonnerie, de manière à conserver l'homogénéité de la paroi. Dans le cas contraire, un treillis anti-fissuration devra être mis en œuvre dans l'enduit (voir Recommandations professionnelles RAGE Maçonneries isolantes avec isolation thermique par l'intérieur ou répartie – Partie 2 : Règles de mise en œuvre, § 7.10)

5.4.8. • Coffres de volet roulant (CVR)

Ils sont généralement constitués d'un coffre complet ou d'un demi-coffre et viennent se monter à l'avancement de la maçonnerie, en appui sur les jambages de la baie.

Ils peuvent être porteurs ou non et servir de plan de coffrage pour la réalisation du linteau ou du chaînage horizontal.

Ces éléments sont soit conformes à la norme éléments de maçonnerie dont ils dépendent, soit définis dans le cadre d'un avis technique délivré par le GS 16.

Ils peuvent également dépendre d'une autre norme telle que la norme NF EN 1520 pour les éléments en béton de granulats légers, armés.

Voir exemples de montage dans les Recommandations professionnelles RAGE Maçonneries isolantes avec isolation thermique par l'intérieur ou répartie – Partie 2 : Règles de mise en œuvre, §. 7.10.

Dans le cas d'emploi d'un demi-coffre associé à une menuiserie de type BBI (bloc- baie inversé avec coffre enrouleur de volet situé sur la partie extérieure de la fenêtre), les fonctions d'étanchéité à l'air et à l'eau sont assurées directement par le bloc baie, le demi-coffre n'ayant plus qu'une fonction esthétique.

Il est recommandé d'utiliser des coffres ou des demi-coffres réalisés dans le même matériau que celui de la maçonnerie (NF DTU 20.1 P1.1, § 6.4.4).

La performance thermique d'un CVR est définie par son coefficient de transmission surfacique U_c , déterminé selon les règles Th-U, fascicule 3, § 2.3.5. Il s'exprime en fonction de sa surface projetée, $H_c \times L_c$ en $W/(m^2.K)$, H_c représentant la hauteur du coffre et L_c sa longueur.

Pour plus d'informations, consulter le Guide RAGE : Coffres de volets roulants.

5.5. • Résistance au feu

La résistance au feu des éléments de construction est définie par l'arrêté du 22 mars 2004, en remplacement de l'arrêté du 3 août 1999.

Le classement au feu européen « REI » fait référence aux normes NF EN 13501-2 et NF EN 1996-1-2, NF EN 1364-1 et 1365-1.

Spécification	Ancien classement français		Nouveau classement européen (*)
Stable au feu	Stabilité au feu sous son poids propre ou sous un chargement donné : SF	Coupe feu (CF)	Stabilité au feu sous son poids propre : pas d'indice de classement
			Stabilité au feu sous un chargement donné : R
Pare flamme	PF		E
Isolation thermique	Pas d'indice de classement		I
(*) Autres critères complémentaires : M : action mécanique (tenue sous un choc par exemple) ; W : tenue au rayonnement.			

▲ **Tableau 33** : Résistance au feu – Classement français et européen

L'ancien classement français est toujours en vigueur dans les règlements. Il sera progressivement remplacé par le classement européen, au fur et à mesure de la révision de ces textes.

La résistance au feu des murs en maçonnerie doit être déterminée par essais (les méthodes de calcul proposées dans la norme NF EN 1996-1-2 ne sont pas applicables en France).

Les valeurs de résistance au feu des murs de maçonnerie en terre cuite, béton de granulats légers et en béton cellulaire et les protocoles d'essais sont détenues par les fabricants. Les consulter pour obtenir cette performance. On rappelle que la valeur de résistance au feu est liée au mur de maçonnerie testé associant élément et mortier de montage.

5.6. • Utilisation en zone sismique

La prévention au risque sismique est fixée par les décrets suivants :

- Décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique, modifié par l'Arrêté du 25 octobre 2012.
- Décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 : Délimitation des zones de sismicité du territoire français.

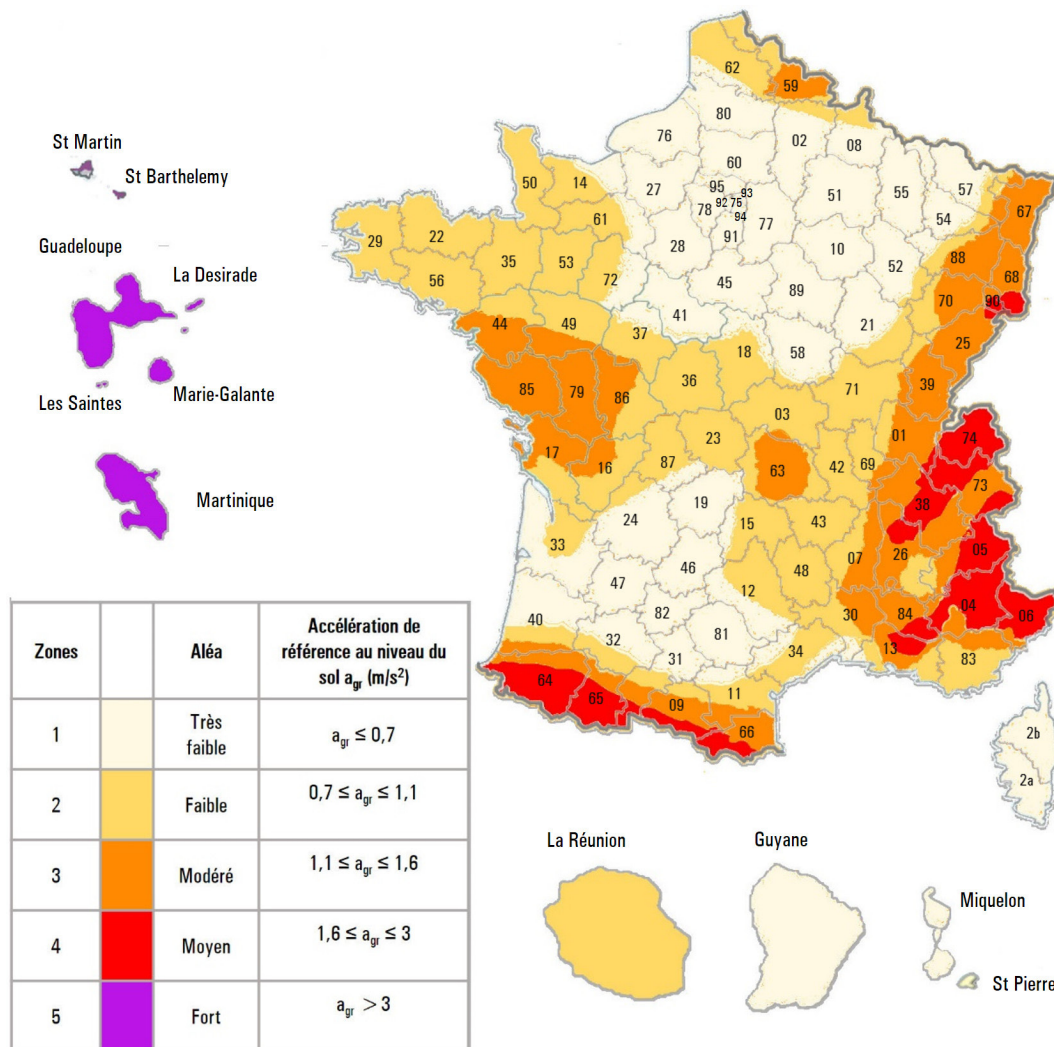
Le zonage sismique est indiqué (Figure 32).

L'arrêté du 22 octobre 2010 définit la classification des bâtiments soumis à un risque sismique. Il précise également les règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » (Tableau 34).

L'arrêté du 25 octobre 2012 modifie l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ». Il reporte la date de fin de période transitoire d'application des règles de construction parasismique, initialement prévue au 31 octobre 2012, jusqu'au 1^{er} janvier 2014.



Ce report permet de pouvoir continuer à appliquer les règles issues de la réglementation précédente et de donner le temps aux professionnels concernés de mettre à jour les documents techniques par rapport à la nouvelle norme de construction Eurocode 8 introduite par l'arrêté du 22 octobre 2010.



▲ Figure 32 : Zonage sismique

Règles générales pour tous les bâtiments	Eurocode 8 : NF EN 1998-1-1, NF EN 1998-3 et NF EN 1998-5 et annexes nationales associées. A titre transitoire jusqu'au 1 ^{er} janvier 2014 : Règles PS 92 (NF P 06-013, déc. 1995).
Règles simplifiées pour certains types de bâtiments (maisons individuelles par exemple ⁽¹⁾)	Règles PS-MI 89 révisées 92 (NF P 06-014, mars 1995 amendée A1 février 2001). Guide CP-MI Antilles. Recommandations AFPS, édition 2004.

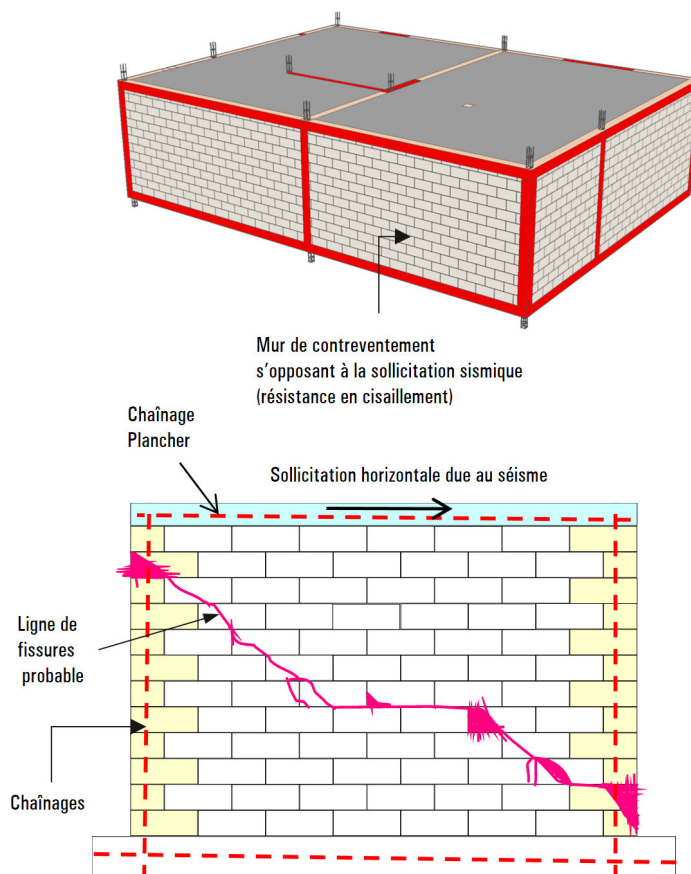
▲ Tableau 34 : Règles de construction applicables selon le type de construction et le zonage sismique



Zonage sismique	Catégorie d'importance des bâtiments (*)			
	I	II	III	IV
1	AUCUNE EXIGENCE PARASISMIQUE			
2	AUCUNE EXIGENCE PARASISMIQUE		Eurocode 8 ou PS-MI ⁽³⁾	Eurocode 8
3	AUCUNE EXIGENCE PARASISMIQUE	Eurocode 8 ou PS-MI ⁽¹⁾	Eurocode 8	
4		Eurocode 8 ou CP-MI ⁽²⁾		
5				
<p>(1) Emploi possible des PS-MI selon les conditions d'application de la norme (§ 1.1 Domaine d'application).</p> <p>(2) Emploi possible des CP-MI pour les maisons individuelles.</p> <p>(3) Emploi possible des PS-MI pour les bâtiments scolaires selon les conditions d'application de la norme (§ 1.1 Domaine d'application).</p> <p>(*) I : Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée. II : Habitations individuelles ; Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m ; Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5 ; Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, h ≤ 28 m, max. 300 pers ; Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes ; Parcs de stationnement ouverts au public. III : Établissements scolaires ; Établissements recevant du public des 1^{re}, 2^e et 3^e catégories ; Bâtiments dont la hauteur dépasse 28 mètres : bâtiments d'habitation collective ou bâtiments à usage de bureaux ; Autres bâtiments pouvant accueillir simultanément plus de 300 personnes appartenant notamment aux types suivants : bâtiments à usage commercial ou de bureaux, non classés établissements recevant du public, bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle. IV : Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public ; Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie ; Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne ; Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise ; Centres météorologiques.</p>				

5.6.1. • Principe de dimensionnement

La structure est constituée de murs de contreventement (murs chaînés) liaisonnés aux planchers et à la fondation. Ils servent à reprendre les sollicitations sismiques engendrées par la masse des différentes parties du bâtiment (Figure 33).

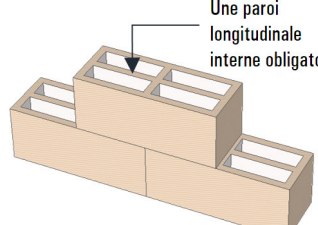


▲ Figure 33 : Murs de contreventement résistant à la sollicitation horizontale sismique

5.6.2. • Dispositions constructives applicables aux murs de contreventement et aux chaînages

On rappelle ci-dessous les principales règles de l’Eurocode 8 applicables à la réalisation des murs de contreventement.

Des Avis techniques ou des DTA permettent, dans certaines conditions, de déroger à ces règles (voir liste sur le site du CSTB).

Objet		Eurocode 8
Types d’éléments : pleins ou creux avec au moins une paroi interne longitudinale porteuse située dans un même plan vertical commun.		 <p>Une paroi longitudinale interne obligatoire</p>
Largeur ou épaisseur minimale des blocs	Blocs pleins ou perforés	Groupe 1 : 150 mm
	Blocs creux	Groupe 2, 3 et 4 : 200 mm
Résistance mécanique des éléments, hors béton cellulaire	Normale à la face de pose	Groupes 1 à 4 : $f_{b,min}$: 4 MPa
	Parallèlement à la face de pose	$f_{bh,min}$ (hors béton cellulaire) : 1,5 MPa



Objet		Eurocode 8
Résistance mécanique des éléments en béton cellulaire	Bâtiment d'au plus deux étages : $M_{vn} \geq 350 \text{ kg/m}^3$ et épaisseur $\geq 250 \text{ mm}$	$f_{b,min} : 2,8 \text{ MPa}$ $f_{bh,min} : 2,8 \text{ MPa}$
	Bâtiments toutes hauteurs : $M_{vn} \geq 450 \text{ kg/m}^3$ et épaisseur $\geq 200 \text{ mm}$	$f_{b,min} : 4 \text{ MPa}$ $f_{bh,min} : 1,5 \text{ MPa}$
Elancements et rapport dimensionnel		$h_{ef}/t_{ef} \text{ max} : 20$ $(l/h)_{\text{mini}} \text{ mur} : 0,4$
Mise en œuvre des joints verticaux de maçonnerie		Remplis ou non (voir partie 2, § 6)
Chaînages horizontaux	Positionnement	Au niveau de chaque plancher et avec un espacement maximum de 4 m.
	Section transversale minimale du chaînage	Dimensions : 150 mm minimum (1)
	Chaînages horizontaux non apparents	Dimensions : 150 mm minimum (1)
	Section transversale minimale des armatures	300 mm ² et 1 % de la section transversale du chaînage (section à diviser par deux en couronnement des combles)
	Cadres	HA 5 minimum, espacement 150 mm maximum
	Longueur minimale de recouvrement des armatures	60 ϕ
Chaînages verticaux	Positionnement	Au bord libre de chaque élément de mur. A chaque intersection de murs lorsqu'un chaînage est distant de plus de 1,5 m. De chaque côté des ouvertures de surface > 1,5 m ² .
	Section transversale minimale du chaînage	Dimensions : 150 mm minimum (1)
	Chaînages de hauteur $\leq 3 \text{ m}$ et coulés dans des alvéoles :	Dimensions : 150 mm minimum (1)
	Section transversale des armatures	Identique aux chaînages horizontaux
	Espacement maximal entre chaînages	5 m
- Dimension transversale des chaînages : \square 150 mm ou carré de 150 x 150 mm (NF EN 1996-1-1). - La section est divisée par deux pour les chaînages de couronnement des combles (AN Eurocode 8) - Section majorée pour les bâtiments simple en maçonnerie de plus de 1 étage (ou 2 niveaux) (AN Eurocode 8).		

▲ **Tableau 35** : Dispositions constructive des murs de contreventement reprenant les sollicitations sismiques

Le Guide des dispositions constructives parasismiques édité par l'AFPS peut être consulté pour de plus amples informations [44].

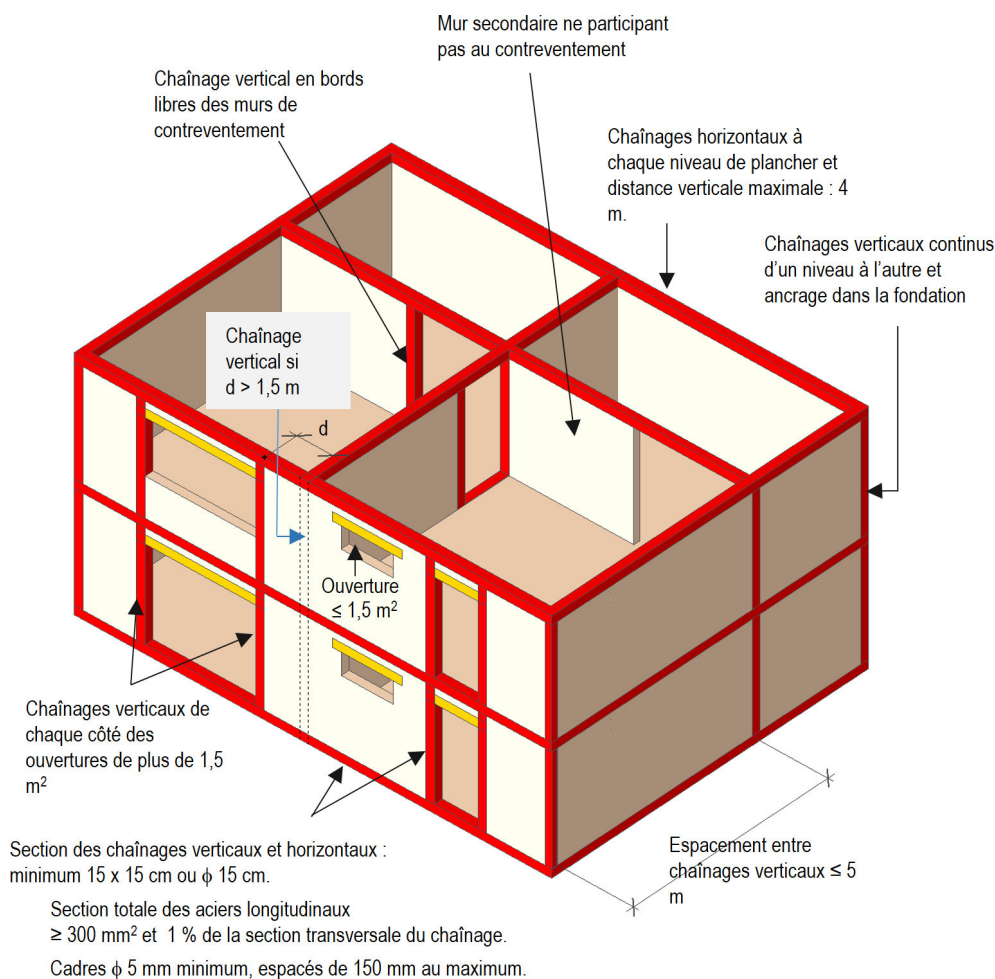


5.6.3. • Disposition des chaînages horizontaux et verticaux

Les murs de contreventement en maçonnerie associés à la façade seront liaisonnés par un chaînage vertical.

La (Figure 34) rappelle le positionnement de ces chaînages selon les spécifications de l'Eurocode 8.

On rappelle que ces chaînages doivent être ancrés à la fondation et liaisonnés avec les chaînages horizontaux concourants.



▲ Figure 34 : Eurocode 8 – Positionnement des chaînages verticaux des murs de contreventement

5.6.4. • Continuité des chaînages dans les angles

Le § (cf. 7.4) de la partie 2 rappelle les dispositions de mise en œuvre.

La maçonnerie de 20 cm d'épaisseur nécessite un phasage particulier lors de l'exécution de la jonction du chaînage horizontal et vertical (voir la figure 21 des Recommandations professionnelles RAGE Maçonneries isolantes avec isolation thermique par l'intérieur ou répartie – Partie 2 : Règles de mise en œuvre).

Le béton de chaînage peut être un béton de granulats courants ou légers conforme aux spécifications de la norme NF EN 206-1 (béton de classe d'ouvrabilité S3 à S5 ou d'étalement F4 à F6 (bétons fluides).



Il n'y a pas de difficulté particulière pour la réalisation des chaînages sur les maçonneries d'épaisseur supérieure ou égale à 25 cm.

5.6.5. • Influence des dispositions constructives sur la performance thermique.

L'augmentation du nombre et de la section des chaînages en zone sismique entraîne une augmentation du nombre et du coefficient de déperdition de certains types de ponts thermiques. Cette évolution est prise en compte par les bureaux d'études thermiques qui dimensionnent les ouvrages et vérifient leur conformité réglementaire.

En première approximation et pour quelques maisons individuelles types, cette évolution se traduit par un accroissement du BBio (selon la géométrie de la maison, la zone climatique, ...) de :

- 1% environ avec une maçonnerie isolante avec isolation complémentaire par l'intérieur ;
- 2 à 7 % avec une maçonnerie à isolation répartie.

Par ailleurs, le remplissage des joints verticaux avec un mortier traditionnel épais peut avoir un impact sur la résistance thermique de la maçonnerie. En toute rigueur, cette influence dépend de la résistance thermique de la maçonnerie, de la géométrie de la poche à mortier et de la conductivité thermique du mortier utilisé. Le (Tableau 16) fournit quelques ordres de grandeur de l'impact de ce remplissage.

5.7. • Interfaces avec la maçonnerie

5.7.1. • Menuiseries

L'interfaçage avec les menuiseries est précisé dans le NF DTU 20.1 pour la partie réalisation de la baie.

La mise en œuvre des menuiseries est définie dans la NF DTU 36.5 (avril 2010) : mise en œuvre des fenêtres et portes extérieures constituée des parties suivantes :

- NF DTU 36.5 P1-1: Cahier des clauses techniques types (CCT) ;
- NF DTU 36.5 P1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (CGM) ;
- NF DTU 36.5 P2 : Cahier des clauses administratives spéciales types (CCS) ;
- FD DTU 36.5 P3 : Mémento de choix en fonction de l'exposition.

Les produits non traditionnels sont définis par un avis technique ou un DTA lié à la norme NF EN 14351-1.



Les menuiseries sont fixées au gros-œuvre selon trois dispositions principales (NF DTU 20.1 P1-1, § 9.1.2 ou DTU 36.5 P1-1, annexe B) :

- en applique sur la face intérieure du mur ;
- en applique sur la face intérieure avec feuillure ;
- en tableau ou en tunnel avec feuillure dans le mur et éventuellement ébrasement.

Les deux premiers modes de pose sont généralement utilisés en ITI. En ITR, les trois modes de pose sont utilisables.

Les règles principales de mise en œuvre sont présentées dans les Recommandations professionnelles RAGE Maçonneries isolantes avec isolation thermique par l'intérieur ou répartie – Partie 2 : Règles de mise en œuvre , § 8.3 et § 11.3.

Performances thermiques

Les ponts thermiques sont précisés en [Annexe 1], en fonction de la résistance thermique de la paroi.

Appui de fenêtre

L'appui de fenêtre est disposé sur un lit de mortier, en partie supérieure de l'allège.

L'appui de fenêtre est défini dans le NF DTU 20.1 P1, § 6.4.5.1 ou DTU 36.5 P1-1, annexe B. Il est soit préfabriqué (appui en béton conforme à la norme NF P 98-052 par exemple), soit réalisé à l'aide de petits éléments maçonnés. Ses dimensions principales sont rappelées en partie 2, § 8.3

Il peut être muni d'un larmier servant de coupure de capillarité. Ses bords latéraux peuvent être munis d'un rejingot servant à évacuer l'eau de pluie, ou être engravés de 5 cm environ dans les tableaux verticaux.

L'emploi d'un appui avec rejingots latéraux est recommandé pour simplifier la mise en œuvre. Il évite le défonçage du tableau en partie basse et répond aux spécifications parasismiques en permettant la réalisation du chaînage du jambage.

5.7.2. • Réseaux

La mise en œuvre des réseaux sera réalisée en conformité avec les différentes normes et DTU dont ils dépendent :

- NF DTU 60.1 : Plomberie sanitaire pour bâtiments à usage d'habitation.
- NF DTU 60.5 : Canalisations en cuivre – Distribution d'eau froide et chaude sanitaire, évacuation d'eaux usées, d'eaux pluviales, installations de génie climatique
- NF DTU 60.31 : Canalisations en chlorure de polyvinyle non plastifié – Eau froide avec pression.

- NF DTU 60.33 : Canalisations en polychlorure de vinyle non plastifié – Évacuation d'eaux usées et d'eaux vannes.
- NF DTU 61.1 : Installations de gaz dans les locaux d'habitation.
- NF DTU 65.9 : Installations de transport de chaleur ou de froid et d'eau chaude sanitaire entre productions de chaleur ou de froid et bâtiments
- NF DTU 65.10 : Canalisations d'eau chaude ou froide sous pression et canalisations d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales à l'intérieur des bâtiments – Règles générales de mise en œuvre.
- NF DTU 68.3 : Installations de ventilation mécanique.
- NF C 15-100 pour les réseaux électriques ;
- NF DTU 60.1 pour la plomberie et les réseaux d'eau sanitaire.

5.7.3. • Saignées et réservations

L'Eurocode 6-1, § 8.6 précise les dispositions constructives à respecter pour les murs de façade ou les murs intérieurs.

Les saignées ou réservations ne sont pas admises dans les linteaux, chaînages ou maçonnerie armée. Dans les murs creux, il est recommandé d'utiliser les alvéoles pour réaliser ces passages.

La forme et les dimensions admissibles des saignées et réservations sont indiquées dans les Recommandations professionnelles RAGE Maçonneries isolantes avec isolation thermique par l'intérieur ou répartie – Partie 2 : Règles de mise en œuvre, § 8.4.

5.8. • Isolation acoustique

Depuis son apparition dans les années 90, la réglementation acoustique (baptisée NRA Nouvelle Réglementation Acoustique en 1996 pour les logements d'habitation [6]) a évolué au travers de plusieurs décrets et arrêtés ministériels, pour prendre en considération différents types de bâtiments (hôtels, bâtiments de santé, bâtiments scolaires...), l'harmonisation européenne des indices globaux acoustiques, des méthodes d'évaluation des objectifs réglementaires... Les principaux indices acoustiques concernés sont :

- l'isolement acoustique d'un bruit situé à l'intérieur du bâtiment, $D_{nT,A}$
- l'isolement acoustique d'un bruit situé à l'extérieur du bâtiment, $D_{nT,A,tr}$
- le niveau de bruit de chocs à l'intérieur du bâtiment, $L'_{nT,w}$
- le niveau de bruit émis par les équipements, L_{nAT}
- l'aire d'absorption équivalente d'une circulation commune, A
- le temps de réverbération d'un local, Tr .



Les objectifs réglementaires s'appliquent selon la destination du type d'ouvrage : établissement d'enseignement, hôtel, établissement de santé ou logement d'habitation doivent répondre à des exigences spécifiques.

5.8.1. • Un exemple d'application de la Réglementation Acoustique : les logements d'habitation

Cette réglementation est dictée par l'arrêté du 30 juin 1999 [47] et l'arrêté du 23 juillet 2013 [48]. Elle s'applique aux logements en bâtiments collectifs, ou en maisons construites en bande (avec un ou plusieurs murs mitoyens) et aux maisons individuelles.

Cinq critères acoustiques réglementaires s'appliquent : le $D_{nT,A}$, le $D_{nT,A,tr}$, le $L_{nT,w}$, le L_{nAT} et A . Les 3 premiers critères sont directement impactés par la performance acoustique de la maçonnerie (façade, refend, séparatifs).

5.8.1.1. • Isolement acoustique vis-à-vis d'un bruit situé à l'extérieur du bâtiment, $D_{nT,A,tr}$

Vis-à-vis des bruits émis à l'extérieur des logements, l'isolement acoustique ($D_{nT,A,tr}$) fixé par la réglementation acoustique est compris entre 30 dB pour une zone de catégorie 5, et 45 dB pour une zone de catégorie 1; la catégorie étant définie par le plan local d'urbanisme (P.L.U.) de la circonscription. Ces performances d'ouvrages s'appliquent tant aux immeubles collectifs qu'aux maisons individuelles ou en bandes. A proximité d'un aéroport, le $D_{nT,A,tr}$ requis est compris entre 32 dB en zone D, et 45 dB en zone A. Pour les zones C et D (resp. $D_{nT,A,tr} = 35$ dB et 32 dB), les performances d'ouvrages ne s'appliquent qu'aux logements de fonction et aux maisons individuelles non groupées, voire exceptionnellement aux logements collectif selon certains contrats de territoire et l'évolution réglementaire.

La performance acoustique des maçonneries isolantes (avec ou sans doublage thermique ou thermo-acoustique) est déterminée à partir d'essais en laboratoire. L'indice d'affaiblissement obtenu permet au bureau d'étude acoustique de dimensionner l'ouvrage et de valider la solution pour l'obtention des exigences réglementaires, ou contractuelles si elles sont supérieures.

Les maçonneries isolantes permettent le respect des exigences réglementaires. Pour les niveaux d'isolement les plus importants, une attention particulière devra cependant être apportée quant au choix du doublage, des menuiseries et des entrées d'air de ventilation.

5.8.1.2. • Isolement acoustique vis-à-vis d'un bruit situé à l'intérieur du bâtiment, $D_{nT,A}$

En dehors des maisons individuelles, la réglementation acoustique fixe également des exigences d'isolement acoustique ($D_{nT,A}$) vis-à-vis

des bruits émis à l'intérieur des immeubles. Différents niveaux d'exigences sont requis, compris entre 37 dB et 58 dB, en fonction du type des locaux d'émission et de réception (cuisine, salle d'eau, séjour, chambre, garage, local d'activité, circulations communes).

La paroi principalement sollicitée dans ce cas est de fait la paroi séparative (refend ou plancher) dont l'indice d'affaiblissement doit être suffisamment élevé en regard de l'objectif recherché. En ITI, le problème des transmissions latérales est principalement solutionné par l'apport acoustique des complexes de doublages isolants thermiques et acoustiques en PSE élastifié et/ou en laine minérale, ou encore des doublages par contre-cloisons sur ossature. En conséquence, une pénétration des refends à 5 cm dans la façade maçonnée, conformément au NF DTU 20.1, est le plus souvent suffisante. L'utilisation de murs d'éléments creux de 20 cm en parois séparatives de logement n'est envisageable qu'avec un complément d'isolation acoustique de type contre-cloisons sur ossature ou doublages acoustiques performants. De même les doubles parois maçonnées enduites sont également compatibles avec la plupart des exigences réglementaires. En ce qui concerne les parois séparatives à isolation thermique répartie, ces procédés ne sont pas envisageables sans un traitement acoustique complémentaire.

5.8.1.3. • Niveau de bruit de chocs à l'intérieur du bâtiment, $L'nT,w$

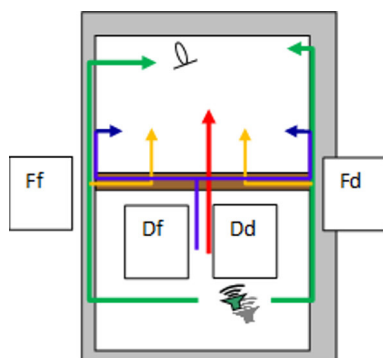
En dehors des maisons individuelles, la réglementation acoustique fixe enfin des exigences relatives au bruit de chocs standardisé qui ne doit pas dépasser 58 dB dans chaque pièce principale d'un logement lorsque des impacts sont produits sur le sol des locaux extérieurs à ce logement (voir détail dans l'arrêté du 30 juin 1999).

Comme dans le cas précédent, les façades et parois verticales doivent être judicieusement conçues et réalisées pour minimiser la contribution des transmissions latérales.

5.8.2. • Transmission latérale dans le cas des procédés avec Isolation thermique répartie

Sans aucun isolant thermique rapporté, le seul indice d'affaiblissement acoustique de chaque paroi n'est plus suffisant pour estimer de manière juste et réaliste la performance acoustique d'un ouvrage. Pour le comprendre, il est nécessaire d'appréhender les principaux facteurs vibratoires qui permettent de déterminer l'isolement acoustique dans les immeubles collectifs en isolation thermique répartie.

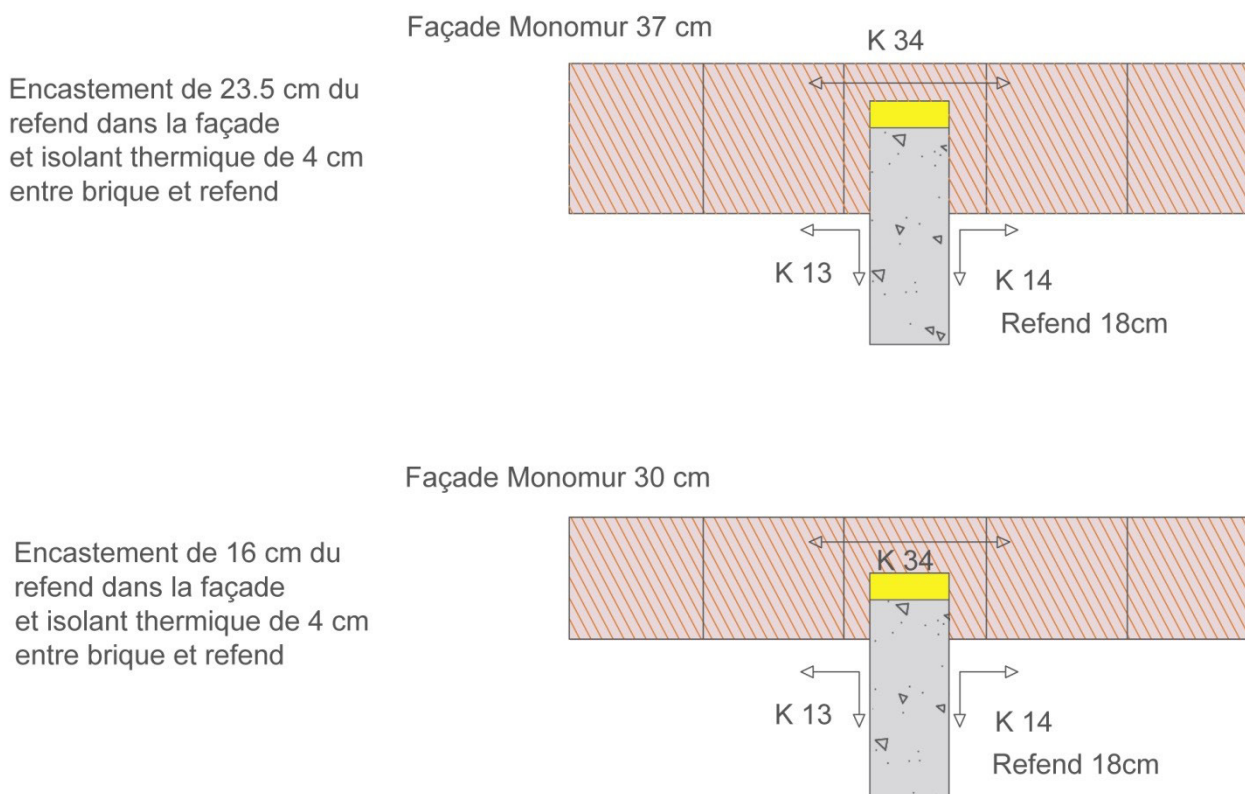
La (Figure 35) suivante illustre les principaux chemins sonores qui participent à l'isolement acoustique. Il est explicite que tous les paramètres acoustiques et structuraux (tels que les affaiblissements acoustiques des parois et les affaiblissements vibratoires aux jonctions) doivent être pris en compte dans le calcul d'isolement acoustique pour bien estimer et correspondre à la réalité de l'ouvrage.



▲ Figure 35 : Chemins direct et indirects des transmissions du bruit entre 2 locaux superposés ou contigus

Le résultat des études menées avec le CSTB a permis de valider des dispositions constructives agréées par l'organisme de certification Qualitel (FIC n°2009/AI12-1 pour l'emploi des briques en terre cuite ITR) pour répondre, par exemple, aux exigences réglementaires d'isolement entre 2 pièces principales entre logements. Ces recommandations constructives sont détaillées dans le Référentiel Millésime 2012 Qualitel – Habitat et Environnement [49].

La (Figure 36) illustre les recommandations de mise en œuvre validées par Qualitel pour l'emploi des briques ITR en terre cuite de 30 cm et de 37,5 cm en façade d'ouvrage avec un objectif de $D_{nT,A} \leq 53$ dB en séparatif vertical. Ces recommandations ont pour objectif d'améliorer les transmissions latérales en optimisant les flux d'énergie vibratoire à la jonction de la façade, via le refend séparatif, afin d'en améliorer l'isolement acoustique horizontal.



▲ Figure 36 : Recommandations de mise en œuvre des refends sur façades en briques ITR de terre cuite de 37,5 cm et de 30 cm

De la même façon, des recommandations de mise en œuvre ont été validées par Qualitel pour l'emploi des blocs ITR en béton cellulaire en façade d'ouvrage, en 30 cm et 36,5 cm d'épaisseur et avec une masse volumique supérieure ou égale à 350 kg/m³. Pour un objectif en DnT,A ≤ 53 dB en séparatif vertical, il est demandé :

- un enduit intérieur (pas de plaque de plâtre collée) ;
- un séparatif en béton de 20 cm ;
- un encastrement du séparatif dans la maçonnerie de façade de 5 cm minimum avec un isolant minéral de 2 cm en bout de refend (ou de 20 cm sans laine minérale).

Pour plus de détails sur ces solutions constructives types, se référer au référentiel Millésime 2012 Qualitel – Habitat et Environnement [49].

5.9. • Durabilité

Maçonnerie

Les maçonneries ont une durée de vie importante, très supérieure à la durée indicative d'utilisation précisée dans la NF EN 1990-1-1 NA (50 ans pour les structures de bâtiment).

La durabilité est liée à de nombreux paramètres, dont en particulier :

Le choix des matériaux. Ceux-ci doivent être sélectionnés en fonction des conditions environnementales du lieu de construction. Différentes classes environnementales et d'exposition sont définies dans le NF DTU 20.1 et dans la NF EN 1996-2. Les principales classes d'environnement sont :

- Environnement sec ;
- humide sans gel ;
- humide avec gel (carte de gel définie dans la norme NF EN 206-1) ;
- marin ;
- chimique agressif.

Les isolants intégrés dans les éléments de maçonnerie sont en général réalisés en polystyrène expansé ou en laine minérale. De nombreuses applications ont démontré que le polystyrène expansé satisfait sans remarque particulière à cette exigence de durabilité.

Pour la laine minérale, l'exigence de durabilité est normalement assurée, compte-tenu des remarques suivantes :

- Pour les applications dans le bâtiment, les laines minérales doivent être conformes à la norme NF EN 13162. La certification ACERMI permet de garantir leurs spécifications. Elles sont classées non hydrophiles afin de garantir leur durabilité en présence d'humidité ;

- En cas de mouillage accidentel, les laines minérales reprennent toutes leurs propriétés thermo-acoustiques après séchage naturel. Elles sont naturellement non hygroscopiques et n'absorbent pas l'humidité de l'air ;
- Sur le plan de la stabilité mécanique, l'emploi de ce matériau dans des alvéoles de petite dimension élimine le risque de tassement dans le temps.

Leurs conditions de mise en œuvre doivent respecter les règles précisées dans le NF DTU 20.1 ou dans la NF EN 1996-2.

Ouvrages complémentaires en béton

Les armatures devront respecter les distances nominales d'enrobage c_{nom} qui varient de 20 à 50 mm selon l'exposition et la résistance du béton (voir DT 20.1 et NF EN 1996-2). Pour les linteaux voir le NF DTU 20.1 P1-2, annexe D.

Pour les maçonneries enduites sur la face exposée à l'aide d'un mortier d'enduit conformément à la norme NF P 15-201 (DTU 26. 1), les valeurs de c_{nom} peuvent être réduites d'une valeur allant jusqu'à 10 mm, correspondant à la couche de mortier d'enduit appliqué, si la granulométrie des granulats du béton le permet et si l'épaisseur minimale d'enrobage de 15 mm est respectée.

Annexe 1 : Maçonneries isolantes – Valeurs des ponts thermiques



Extrait du catalogue simplifié des règles Th-U 5/5 à partir du catalogue détaillé de ces mêmes règles

Valeurs des ponts thermiques linéaires ψ exprimés en $W/(m.K)$

Rappel des définitions

- Maçonnerie isolante type a : Maçonnerie à isolation répartie de conductivité thermique équivalente :

$$\lambda_e \leq 0,2 W/(m.K)$$

- Maçonnerie isolante type b : Maçonnerie à isolation répartie de conductivité thermique équivalente :

$$0,2 \leq \lambda_e \leq 0,4 W/(m.K)$$

Dans les calculs, en plancher intermédiaire et en plancher haut, les faux plafonds ne sont pas pris en compte.

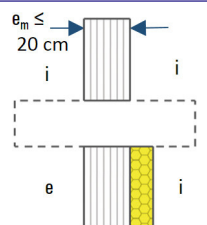
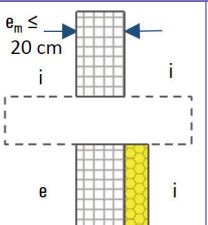
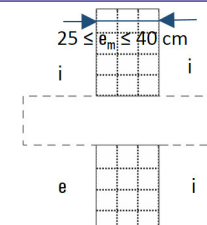
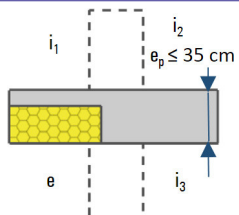
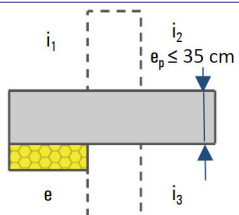
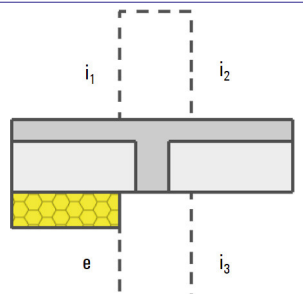
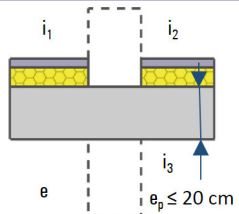
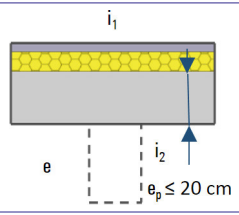


1. LIAISON PLANCHER BAS / MUR

	Isolation par l'intérieur		Isolation répartie
	Maçonnerie isolante Type b	Maçonnerie isolante Type a	Maçonnerie isolante Type a Mur bas en maçonnerie courante
Plancher bas à entrevous isolants			
	0,29 (ITI.1.2.39)	0,28 (ITI.1.2.27)	0,28 (ITR.1.2.18)
Plancher bas en béton plein ou à entrevous béton ou terre-cuite isolé en sous-face Ri ≥ 1,4 m².K/W			
	0,54 (ITI.1.2.37)	0,50 (ITI.1.2.25)	0,48 (ITR.1.2.16)
	0,46 (ITI.1.2.38)	0,44 (ITI.1.2.26)	0,45 (ITR.1.2.17)
	0,45 (ITI.1.1.12)	0,42 (ITI.1.1.8)	0,40 (ITR.1.1.7)
Plancher bas en béton plein ou à entrevous béton ou terre-cuite isolé avec chape flottante sur isolant Rsc ≥ 2,0 m².K/W			
	0,07 (ITI 1.2.42)	0,07 (ITI 1.2.30)	0,10 (Catalogue simplifié)



2. LIAISON PLANCHER BAS / MUR-REFEND

	Isolation par l'intérieur		Isolation répartie
	Maçonnerie isolante Type b	Maçonnerie isolante Type a	Maçonnerie isolante Type a
			
Plancher bas à entrevous isolants			
	0,32	0,18	0,10 (Cat. Simpl.)
Plancher bas en béton plein isolé en sous-face (épaisseur d'isolant= 100mm)			
	0,28	0,14	0,10 (ITR.1.3.1 ou ITR1.3.3)
Plancher bas à entrevous béton (ou terre-cuite) isolé en sous-face (épaisseur d'isolant= 100mm)			
	0,27	0,14	0,10 (ITR.1.3.1 ou ITR1.3.3)
Plancher bas en béton plein avec chape flottante sur isolant (R_{sc}^(a) ≥ 2,0 m².K/W) (épaisseur d'isolant= 100mm)			
	0,75	0,67	CAS 20 : 0,70 (Cat. Simpl.)
	0,66	0,63	CAS 25 : 0,65 (Cat. Simpl.)

	Isolation par l'intérieur		Isolation répartie
	Maçonnerie isolante Type b	Maçonnerie isolante Type a	Maçonnerie isolante Type a
	0,64	0,56	0,61 (Cat. Simpl.)
	0,54	0,52	0,46 (Cat. Simpl.)

(a) : Rsc : résistance thermique sous chape



3. LIAISON PLANCHER BAS / REFEND

	Isolation par l'intérieur		/
	Maçonnerie Type b	Maçonnerie Type a	
			/
Plancher bas en béton ou à entrevous béton ou terre-cuite isolé en sous-face ou à entrevous isolants			
	0,43 (Cat. Simpl.)	0,43 (Cat. Simpl.)	/
	0,24 (DC.1.1.2)	0,24 (DC.1.1.2)	/
Plancher bas en béton ou à entrevous béton ou terre-cuite isolé sous chape 0,5 ≤ R_{sc} ≤ 3,5 m².K/W			
	0,25 (DC.1.2.12)	0,11 (DC.1.2.11)	/
	0,19 (DC.1.1.5)	0,09 (DC.1.1.6)	/
	0,00 (DC.1.3.10)	0,00 (DC.1.3.10)	/



4. LIAISON PLANCHER INTERMÉDIAIRE / MUR

	Isolation par l'intérieur		Isolation répartie
	Maçonnerie isolante Type b	Maçonnerie isolante Type a	Maçonnerie isolante Type a
Plancher béton			
	<p>0,67 (ITI.2.1.19, pour $R_{\text{plan}}^{(a)}=0.1(\text{m}^2\text{K}/\text{W})$)</p>	<p>0,44 (ITI.2.1.24, pour $R_{\text{plan}}=0.3(\text{m}^2\text{K}/\text{W})$)</p>	<p>0,35 (ITR.2.1.9, pour $R_{\text{plan}}\geq 0.5(\text{m}^2\text{K}/\text{W})$)</p>
	0,81	0,76	<p>CAS 10 : 0,77 (3.1.1.2)</p>
Plancher à entrevous béton ou terre-cuite			
	<p>0,61 (ITI.2.1.20, pour $R_{\text{plan}}=0.1(\text{m}^2\text{K}/\text{W})$)</p>	<p>0,38 (ITI.2.1.25, pour $R_{\text{plan}}=0.3(\text{m}^2\text{K}/\text{W})$)</p>	<p>0,34 (ITR.2.1.10, pour $R_{\text{plan}}\geq 0.5(\text{m}^2\text{K}/\text{W})$)</p>
	0,68	0,64	<p>0,73 (3.1.1.2)</p>



Isolation par l'intérieur	
Trumeau béton $\lambda = 2 \text{ W/(m.K)}$	
	<p> $20 \leq e \leq 25 \text{ cm}$ $R \geq 0,22 \text{ m}^2.\text{K/W}$ </p>
<p>Plancher à entrevous béton ou terre-cuite (plancher 20cm et entrevous béton 16 cm ($\lambda_e = 1,30 \text{ W/(m.K)}$))</p>	
<p> $e_p \leq 20 \text{ cm}$ </p>	<p>0,8</p>



5. LIAISON PLANCHER HAUT / MUR

	Isolation par l'intérieur		Isolation répartie
	Maçonnerie isolante Type b	Maçonnerie isolante Type a	Maçonnerie isolante Type a
Plancher béton isolé au – dessus $R_i \geq 2,5 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$			
	0,58 ($R_p :$ $0,22(\text{m}^2\text{K}/\text{W})$)	0,50 ($R_p :$ $0,22(\text{m}^2\text{K}/\text{W})$)	0,50 (ITR.3.1.1, pour R_p $\geq 0,5(\text{m}^2\text{K}/\text{W})$)
	0,30	0,16	0,10 (ITR.3.2.1 et ITR.3.2.3)
Plancher à entrevous béton⁽¹⁾ ou terre-cuite isolé au-dessus $R_i \geq 2,5 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$⁽¹⁾ plancher 20cm et entrevous béton 16 cm ($\lambda_{\text{equ}} = 1,30 \text{ W}/(\text{m}.\text{K})$)			
	0,49 ($R_p :$ $0,22(\text{m}^2\text{K}/\text{W})$)	0,44 ($R_p :$ $0,22(\text{m}^2\text{K}/\text{W})$)	0,48 (ITR.3.1.2, pour $R_{\text{plan}} \geq 0,5(\text{m}^2\text{K}/\text{W})$)
	0,30	0,16	0,10 (ITR.3.2.1 et ITR.3.2.3)



6. LIAISON PLANCHER HAUT / REFEND

	Isolation par l'intérieur	
	Maçonnerie isolante Type b	Maçonnerie isolante Type a
Plancher en béton plein isolé au – dessus Ri ≥ 2,5 m².K/W		
	0,20	0,11 (DC.2.2.3)
	0,02 (DC.2.1.1.)	0,02 (DC.2.1.1.)
Plancher à entrevous béton isolé au – dessus Ri ≥ 2,5 m².K/W		
	0,20	0,11 (DC.2.2.3)
	0,02 (DC.2.1.1.)	0,02 (DC.2.1.1.)
Plancher léger Ri ≥ 3,2 m².K/W		
	0,20	0,15 (Cat. simpl.)
	0,05 (DC.2.1.2.)	0,05 (DC.2.1.2.)

7. LIAISON MUR / MUR

	Isolation par l'intérieur (avec ou sans chaînage)		Isolation répartie
	Maçonnerie isolante Type b	Maçonnerie isolante Type a	Maçonnerie isolante Type a
Rentrant	<p>$R_i \geq 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ $e_m : 15 \text{ à } 30 \text{ cm}$</p>	<p>$R_i \geq 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ $e_m : 15 \text{ à } 30 \text{ cm}$</p>	<p>Avec ou sans chaînage</p> <p>$e_m : 25 \text{ à } 40 \text{ cm}$</p>
	0,11 (ITI.4.2.3)	0,08 (ITI.4.2.4)	0,10 (ITR.4.2.2)
Sortant	<p>Murs de toute nature et de toute épaisseur</p> <p>$R_i \geq 2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$</p>		<p>Avec ou sans chaînage</p> <p>$e_m : 25 \text{ à } 40 \text{ cm}$</p>
	0,02 (ITI.4.1.1)	0,02 (ITI.4.1.1)	0,10 (ITR.4.1.2)

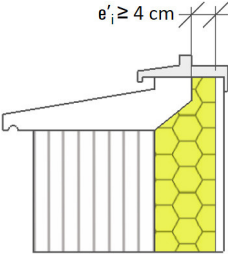
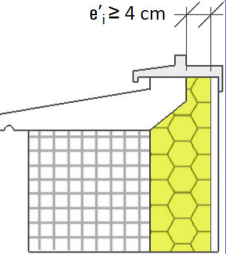
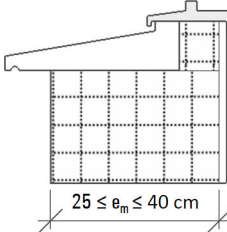
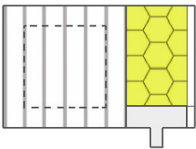
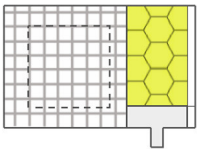
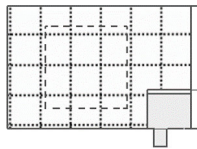




8. LIAISON MUR / REFEND

	Sans chaînage vertical		
	Isolation par l'intérieur		Isolation répartie
	Maçonnerie isolante Type b	Maçonnerie isolante Type a	
Intérieur : Refend en maçonnerie de même nature que la façade			
	0,25	0,09 (ITI.4.3.13)	0,07 (ITR 4.3.3)
Intérieur : Refend en maçonnerie courante			
	0,25	0,09 (ITI.4.3.13)	0,07 (ITR 4.3.3)
	Avec chaînage vertical		
	Isolation par l'intérieur		Isolation répartie
	Maçonnerie isolante Type b	Maçonnerie isolante Type a	Maçonnerie isolante Type a
Intérieur : Refend en maçonnerie de même nature que la façade			
	0,31	0,18	0,10 (ITR.4.3.4)
Intérieur : Refend en maçonnerie courante			
	0,42	0,32	0,11 (ITR.4.3.2)

9. LIAISON MUR / MENUISERIE

	Isolation par l'intérieur		Isolation répartie
	Maçonnerie isolante Type b	Maçonnerie isolante Type a	Maçonnerie isolante Type a
En appui			
	0,08	0,09	0,24 (ITR.5.1.1)
En tableau ou linteau			
	0,00	0,00	0,10 (ITR.5.2.1)

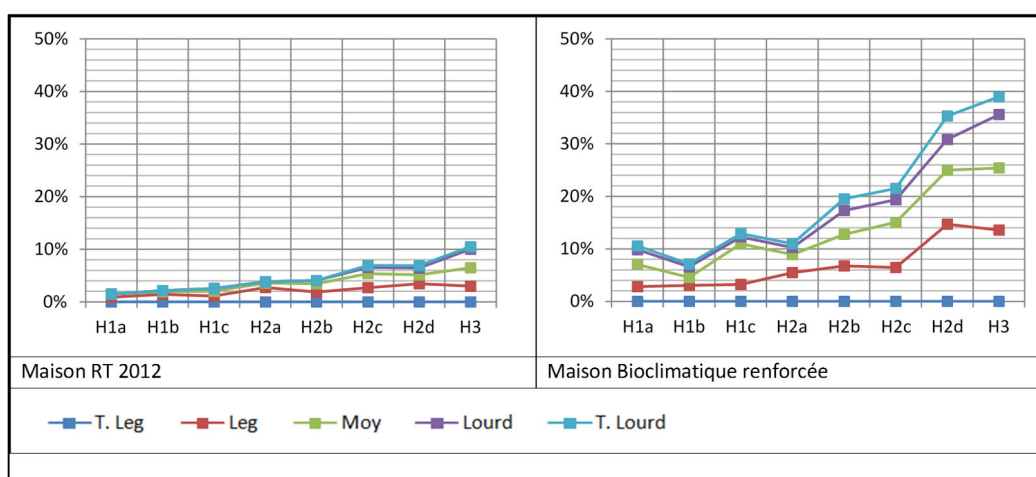
Annexe 2 – L'inertie thermique des bâtiments



1. Inertie thermique et consommations de chauffage

Les deux graphes suivants présentent l'évolution de la consommation énergétique calculée avec un logiciel RT 2012 pour une maison individuelle de plain-pied et en fonction :

- de la zone climatique (en abscisse) ;
- du niveau d'inertie (par rapport à une inertie « moyenne » de référence) ;
- de la réglementation thermique.



▲ Figure A2-1 : Gain en Besoin de Chauffage (Bch) par rapport à l'inertie très légère pour une maison type RT2012 et une maison à conception Bioclimatique renforcée

On constate :

- que l'inertie thermique peut permettre de réaliser des gains de consommation importants (écart maximum de 40% environ pour la maison bioclimatique en zone H3)



- que cet écart est d'autant plus important que les apports solaires le sont (maison bioclimatique et sud de la France) ; a contrario, pour une maison mal orientée en climat peu ensoleillé, l'inertie n'est pas un paramètre dimensionnant ;
- que plus l'inertie est importante, plus le gain entre deux niveaux est faible (le passage d'une inertie lourde à « très lourde » peut ne pas être pertinent).

L'inertie thermique permet donc de capter, stocker et valoriser les apports solaires et internes. Elle permet généralement de diminuer la durée de la période de chauffage, et de façon plus générale, d'améliorer le confort du bâtiment. Dans une optique de développement des maisons passives ou des maisons à énergie positive, l'inertie d'un bâtiment va devenir dimensionnante.

Remarque : les résultats présentés ici peuvent être sensiblement différents pour des bâtiments à occupation discontinue avec de fortes variations de consigne de chauffage (ex. écoles, ...) et surtout si les apports internes et solaires sont faibles. Dans ce cas, la remontée en température de l'air du bâtiment et de toute sa structure (relance du lundi matin, par exemple) peut se traduire par des puissances appelées importantes, et des surconsommations.

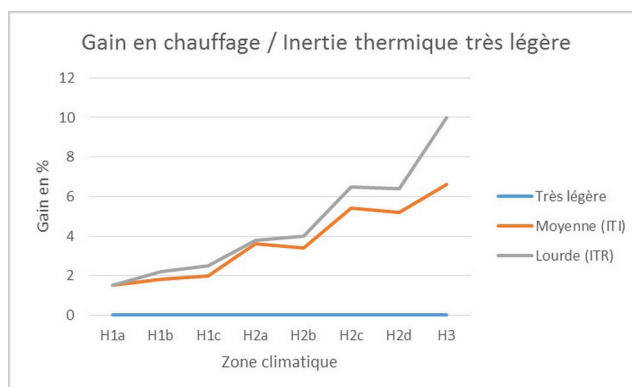
Gain en chauffage

L'inertie thermique améliore la valeur du Bbio et contribue de ce fait à minimiser les besoins en chauffage.

En période hivernale ensoleillée et en demi-saison, les planchers, séparatifs et murs de façade selon le système d'isolation retenu, vont emmagasiner les apports internes et les calories offertes par le soleil.

Le graphique A2-1 présenté en annexe précise les gains obtenus comparativement à une inertie thermique très légère.

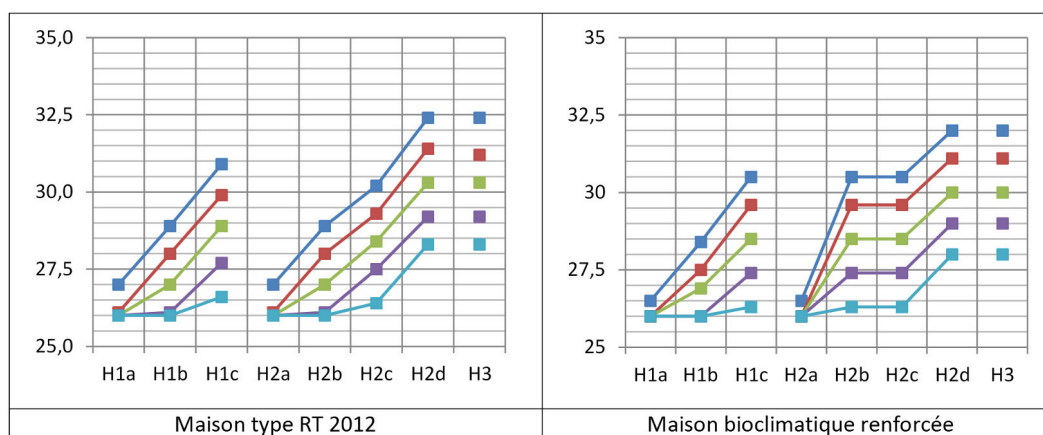
▲ Graphique A2-1 : Gain en chauffage en fonction de l'inertie thermique





2. Inertie thermique et confort d'été

Pour les mêmes configurations de calcul que dans le chapitre précédent, les courbes ci-dessous présentent l'évolution du Tic.



▲ Figure A2 2 : Exemples de températures intérieures conventionnelles RT2012(Tic) pour une maison de plain pied

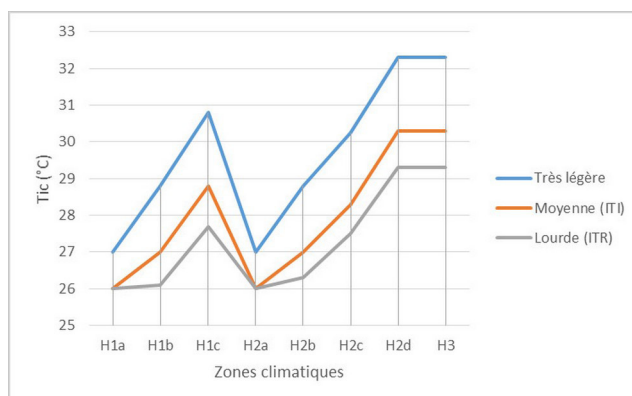
Un niveau d'inertie insuffisante, « très légère » voire « légère », se traduit par des températures intérieures conventionnelles élevées, synonymes d'inconfort important ou de mise en place d'un dispositif de rafraîchissement / climatisation (→ coût à l'achat et à l'entretien = + consommations énergétiques supplémentaires). Les températures atteintes peuvent également rendre le projet non réglementaire.

Remarque : dans les graphes précédents, les faibles différences entre la maison « standard » et « bioclimatique » s'expliquent par les hypothèses prises dans le calcul réglementaire, en particulier en ce qui concerne la gestion des occultations.

Il faut noter que le rôle de l'inertie thermique sur le confort est également lié aux conditions de ventilation du bâtiment :

- Un bâtiment avec une faible inertie thermique subit d'importantes élévations de températures dès les premiers jours de chaleurs et/ ou de fort ensoleillement (=> inconfort) mais sa température peut redescendre également assez facilement durant les nuits.
- Un bâtiment avec une forte inertie thermique mais mal ventilé la nuit subira des variations de températures moindres (=> confort). Cependant, la chaleur emmagasinée la journée étant peu évacuée durant la nuit, la température moyenne du bâtiment va augmenter progressivement et si une longue période de canicule se produit, un niveau d'inconfort peut être atteint au bout de plusieurs jours ou plusieurs semaines
- L'idéal est donc un bâtiment avec suffisamment d'inertie, de bonnes protections solaires et une sur-ventilation nocturne (naturelle ou mécanique, suivant le type de bâtiment, l'environnement acoustique, ...) pour évacuer, la nuit, l'essentiel de la chaleur emmagasinée le jour.

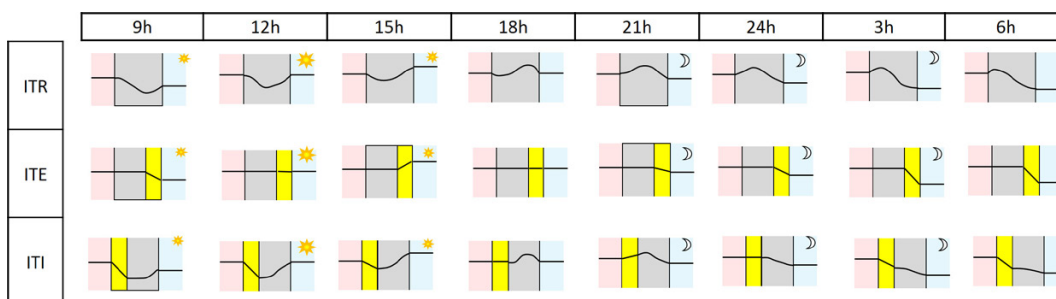
▲ Graphique A2-2 : Evaluation de la Tic pour différentes classes d'inertie selon la zone climatique (maison individuelle, petit collectif)



3. Analyse du déphasage

La notion de déphasage, que l'on trouve dans un bon nombre de documents techniques ou commerciaux, est liée à la dynamique de cheminement de la chaleur à travers un mur. On peut alors parler d'inertie de transmission.

Ce phénomène est très grossièrement illustré par les graphes ci-dessous. On y voit, en fonction du temps, l'évolution de l'onde de température à travers un mur isolé (ITR, ITE et ITI) lors d'une journée ensoleillée d'hiver ou de demi-saison.



▲ Figure A2-3 – Exemple d'évolution de la température dans un mur isolé

Dans le cas d'une isolation répartie, on constate qu'une onde de chaleur se propage à travers le mur. Cela se traduit par une variation de la température à la surface intérieure du mur qui ressemble à celle subie à l'extérieur mais avec :

- une amplitude moindre du fait du caractère isolant du mur ;
- un déphasage qui avoisine souvent une dizaine d'heure.

Lors d'une période ensoleillée en hiver, on peut donc avoir :

- un apport énergétique complémentaire la nuit (effet favorable) ;
- mais un besoin de chauffage supérieur pendant la journée (effet défavorable sauf si les apports internes et solaires sont suffisants).



Lors d'une période de canicule en été, on peut donc avoir :

- un apport de chaleur supplémentaire la nuit (effet défavorable car cela peut augmenter l'inconfort nocturne) ;
- mais des surfaces intérieures plus fraîches pendant la journée (effet favorable).

Comme énoncé précédemment, la présence d'un isolant intérieur ou extérieur (ITI ou ITE) bloque pratiquement cet effet de propagation.

Il faut noter qu'avec les réglementations thermiques successives (RT2005 → RT2012 → RT2020), l'augmentation de la résistance thermique des façades devrait rendre ce phénomène de plus en plus négligeable : les maçonneries à isolation répartie deviennent en effet de plus en plus isolantes (augmentation de l'épaisseur, incorporation d'éléments isolants, ...) ou sont utilisées avec une isolation complémentaire rapportée.

Annexe 3 – Essais d'étanchéité à l'air sur parois maçonnées enduites Influence du remplissage ou non des joints verticaux



1. Contexte et objectifs

La réglementation thermique 2012 (RT 2012) [1] se met progressivement en place et avec elle le contrôle systématique de l'étanchéité à l'air à réception des ouvrages.

Pour obtenir le niveau de performance exigé, de nombreuses solutions sont avancées par certains experts ou suggérées par certains documents, normes ou guides [8], [39], [40] : remplissage des joints verticaux, enduits intérieurs, films plastiques à ajouter,

Dans le cadre du Programme de Recherche Développement Métier de la FFB, l'UMGO, le CERIB et le CTMNC ont confié au 1^{er} trimestre 2012 une campagne d'essais à Ginger CEBTP, avec deux principaux objectifs :

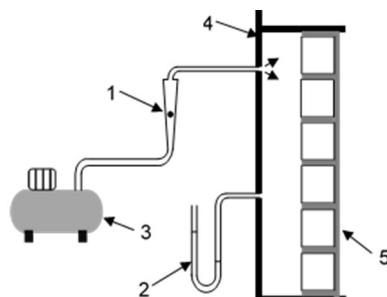
- connaître le niveau de perméabilité à l'air atteint en partie courante par une maçonnerie réalisée soit en blocs béton soit en briques de terre cuite avec enduit extérieur ;
- quantifier l'impact du remplissage des joints verticaux sur cette propriété.

Le présent document synthétise l'ensemble des résultats obtenus [41].

2. Principe général d'essai

L'essai réalisé est un essai de laboratoire qui s'appuie sur la norme NF EN 12114 [7]. Les corps d'épreuve (Figure A3-1), à savoir des murets de dimensions 1,50 m x 1,50 m, sont montés à l'intérieur d'un cadre métallique étanche. Ce cadre est ensuite plaqué de façon également étanche sur une paroi (ou un caisson) au travers de laquelle est insufflé de l'air au moyen d'un compresseur ou d'un ventilateur.

Pour la réalisation de l'essai, on applique par paliers successifs une différence de pression négative ou positive comprise entre 5 et 100 Pa environ. La lecture de la pression s'effectue à l'aide d'un manomètre. Le débit d'air traversant est mesuré à chaque palier à l'aide de débitmètres à colonne d'air.



1. Réglage et mesure du débit d'air
2. Mesure de la pression dans le caisson
3. Générateur : compresseur (ou ventilateur)
4. Caisson étanche
5. Corps d'épreuve

▲ Figure A3-1 : Exemple de dispositif d'essai

On extrapole ensuite le débit de fuite pour une pression de 4 Pa, afin de se rapprocher des conditions d'expression de l'exigence de la RT 2012.

3. Descriptif des essais réalisés

Les différents montages réalisés dans le cadre de cette étude sont présentés dans le Tableau A3-1. Les variables choisies concernent le type de montage (joints minces ou épais), le remplissage ou non des joints verticaux, ainsi que l'épaisseur du joint vertical. Ces différentes configurations permettent d'être suffisamment représentatifs des chantiers les plus répandus.

▲ Tableau A3-1 : Configurations d'essais

N° Muret	Élément de maçonnerie	Type de montage	Joints verticaux	Épaisseur joint vertical
1	Bloc béton	Joints minces	Non remplis	2 mm
2			Remplis	2 mm
3		Joints épais	Non remplis	2 mm
4			Remplis	5 mm
5	Briques de terre cuite à perforations verticales	Joints minces	Non remplis	5 mm
6			Remplis	2 mm
7		Joints épais	Non remplis	2 mm
8			Remplis	2 mm

Remarque

L'épaisseur des joints verticaux non remplis est généralement fixée à 2 mm selon le NF DTU 20.1 (Partie 1.1 – chapitre 5.2.3.2) [8]. Les configurations avec joints verticaux non remplis de 5 mm ont pour but de simuler un cas extrême de montage. Les montages ont été effectués dans des cadres métalliques de dimensions intérieures 1,5 m x 1,5 m. Après un séchage de 21 jours environ, les parois maçonnées ont été revêtues avec un enduit monocouche finition grattée, d'épaisseur nominale 10 mm.

Les tests de perméabilité à l'air ont été réalisés 21 à 28 jours après l'application de l'enduit.



▲ Photographies 1, 2 et 3 : Exemple de montage de maçonnerie : avant enduit en blocs de béton (à gauche), avant enduit en briques de terre cuite (au centre) et après enduit (à droite).

4. Résultats obtenus

Le Tableau A3-2 présente les résultats obtenus pour les différentes parois maçonnées enduites, après extrapolation des débits à 4 Pa.

▲ Tableau A3-2 : Récapitulatif des résultats obtenus

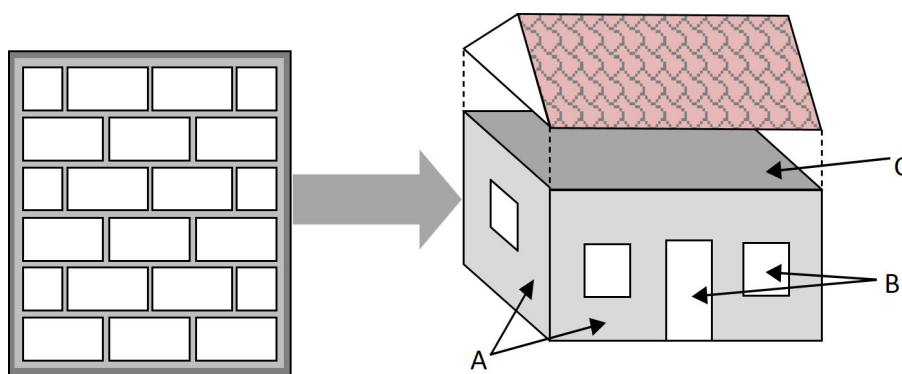
N° Essais	Type de montage	Perméabilité mesurée à 4 Pa en m ³ /(h.m ²)
1	Bloc béton – Joint H. mince – Joint V. non rempli – 2 mm	0,0028
2	Bloc béton – Joint H. épais – Joint V. rempli – 2 mm	0,0027
3	Bloc béton – Joint H. épais – Joint V. non rempli – 2 mm	0,0032
4	Bloc béton – Joint H. épais – Joint V. non rempli – 5 mm	0,0041
5	Brique TC – Joint H. minces – Joint V. non rempli – 5 mm	0,0027
6	Brique TC – Joint H. minces – Joint V. rempli – 2 mm	0,0029
7	Brique TC – Joint H. minces – Joint V. non rempli – 2 mm	0,0066
8	Brique TC – Joint H. épais – Joint V. non rempli – 2 mm	0,0078



En première approximation et de façon sécuritaire, il est possible de comparer directement les résultats obtenus à l'objectif réglementaire de la RT 2012 (soit $0,6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ sous 4Pa). Ces résultats apparaissent donc particulièrement faibles.

5. Interprétation

Afin d'affiner l'analyse, le Tableau A3-3 présente pour une maison individuelle, le pourcentage de débit induits par les parois maçonnées par rapport à l'objectif fixé par la RT 2012. Ce bilan global, illustré en (Figure A3-2), est réalisé en considérant une habitation carrée de plain-pied de 100 m^2 habitables avec 83 m^2 de maçonneries (A) pour 17 m^2 de menuiserie (B) et 100 m^2 de planchers hauts (C) (ratios d'ouvertures RT 2012).



▲ Figure A3-2 : Passage de la mesure de perméabilité sur mur en laboratoire (à gauche), à l'impact de cette perméabilité à l'air pour un bâtiment type

▲ Tableau A3-3 : Exploitation des résultats de mesures : pourcentage de fuite induit par les parois maçonnées enduites dans une maison individuelle type

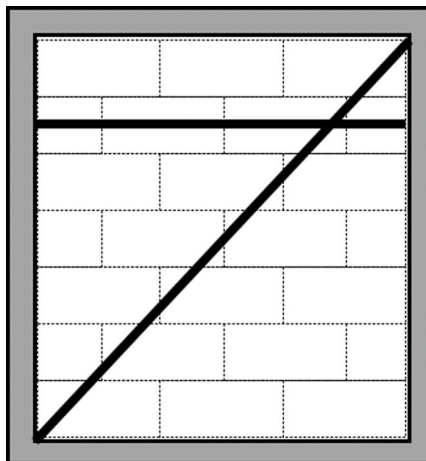
N° Essais	Débit mesuré extrapolé pour la maison (en m^3/h)	Débit limite réglementaire calculé pour la maison (en m^3/h)	Pourcentage débit mesuré / débit limite
1	0,232	120	0,19 %
2	0,224		0,19 %
3	0,266		0,22 %
4	0,340		0,28 %
5	0,224		0,19 %
6	0,240		0,20 %
7	0,548		0,46 %
8	0,647		0,54 %

Les résultats montrent que pour une maison individuelle type respectant à minima l'exigence de la RT 2012 (soit $0,6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ sous 4Pa), la contribution de toutes les parois maçonnées enduites reste inférieure à 1 % de cette valeur, ce qui veut dire que 99% des pénétrations d'air parasites auraient pour origine les autres éléments de la maison



6. Durabilité des performances

n complément et afin d'estimer la pérennité de la perméabilité à l'air en présence d'une altération du plan d'étanchéité, les deux essais précédents N°3 et N°7 ont été renouvelés avec un enduit fissuré.



Pour chaque essai, deux fissures traversantes (impactant uniquement l'enduit, pas les éléments de maçonnerie) ont été réalisées sur enduit frais, une horizontale et une en diagonale (voir figure ci-contre) soit environ 1,6 m de fissure par m² de mur. Chaque fissure fait environ 0,5 mm d'ouverture.

Les résultats obtenus, respectivement 0,034 et 0,011 m³/(h.m²) sous 4 Pa, sont supérieurs aux précédents mais restent très éloignés de l'objectif réglementaire de la RT 2012 (0,6 m³/h.m² sous 4Pa).

7. Conclusion

L'ensemble des résultats obtenus présente des valeurs extrêmement faibles et montre que :

- une paroi maçonnée enduite à l'extérieur peut être considérée comme étanche à l'air ;
- cette performance est indépendante de la nature du matériau de maçonnerie testé, du type de montage (joints minces ou épais) et du remplissage ou non-remplissage des joints verticaux.

Il est donc superflu de prévoir des dispositifs supplémentaires d'étanchéité à l'air (enduit intérieur, films plastiques...), pour l'atteinte de l'objectif réglementaire.

La réalisation d'un essai d'étanchéité à l'air intermédiaire est à vocation pédagogique. Il sert avant tout à vérifier qualitativement les points singuliers (portes et fenêtres, coffres de volets roulants, fourreaux, tuyaux, charpente...) à un moment où ils sont encore accessibles. La valeur mesurée n'a pas de sens avant enduisage.



Ces travaux contribueront à la mise à jour des textes existants (Carnets Minifil, NF DTU 20.1, ...) en réaffirmant la pertinence du positionnement du plan d'étanchéité à l'air à l'extérieur du gros œuvre, lorsque celui-ci est isolé par l'intérieur ou à isolation répartie.

Note

ces résultats confirment le principe de traitement de l'étanchéité à l'air élaboré dans le cadre de l'étude ADEME-FFB-CERIB-CTMNC et validé par de nombreux essais sur chantiers [42] et [43].

Bibliographie

- [1] Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments
- [2] Arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages.
- [3] Décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique, modifié par l'Arrêté du 25 octobre 2012.
- [4] Décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 : Délimitation des zones de sismicité du territoire français.
- [5] Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »
- [6] Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation.
- [7] Norme NF EN 12114 – Performance thermique des bâtiments – Perméabilité à l'air des composants et parois de bâtiments – Méthode d'essai en laboratoire
- [8] NF DTU 20.1 – Travaux de bâtiment – Ouvrages en maçonnerie de petits éléments – Parois et murs, 2009/01
- [9] NF DTU 26.1 – Travaux d'enduits de mortiers – avril 2008
- [10] NF DTU 36.5 – Travaux de bâtiment – Mise en œuvre des fenêtres et portes extérieures – avril 2010
- [11] NF DTU 44.1 – Travaux de bâtiment – Étanchéité des joints de façade par mise en œuvre de mastics – août 2012



- [12] NF DTU 43.1 – Travaux de bâtiment – Étanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de plaine – septembre 2007
- [13] NF DTU 43.11 – Travaux de bâtiment – Étanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de montagne
- [14] DTU 21 – Exécution des ouvrages en béton – mars 2004
- [15] NF P 10-203-1 (DTU 20-12) – Maçonneries des toitures et d'étanchéité
- [16] NF EN 1996-1-1 Eurocode 6 : Calcul des ouvrages en maçonnerie – Partie 1-1 : Règles générales pour les ouvrages en maçonnerie armée et non armée, 2013/03.
- [17] NF EN 1996-1-1/NA : Annexe nationale à la NF EN 1996-1-1, 2009/12
- [18] NF EN 1996-1-2 Eurocode 6 : Calcul des ouvrages en maçonnerie – Partie 1-2 : Règles générales – Calcul du comportement au feu, 2011/03.
- [19] NF EN 1996-1-2/NA : Annexe nationale à la NF EN 1996-1-2, 2008/09.
- [20] NF EN 1996-2 Eurocode 6 : Calcul des ouvrages en maçonnerie – Partie 2 : Conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries, 2010/02.
- [21] NF EN 1996-2/NA : Annexe nationale à la NF EN 1996-2, 2007/12
- [22] NF EN 1996-3 Eurocode 6 : Calcul des ouvrages en maçonnerie – Partie 3 : Méthodes de calcul simplifiées pour les ouvrages en maçonnerie non armée, 2006/06.
- [23] NF EN 1996-3/NA : Annexe nationale à la NF EN 1996-3, 2009/12.
- [24] NF EN 1998-1 Eurocode 8 – Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments, 2010/10.
- [25] NF EN 1998-1/NA : Annexe nationale de la NF EN 1998-1, 2007/12
- [26] NF EN 13501-2 – mars 2013 – Classement au feu des produits de construction et éléments de bâtiment – Partie 2 : Classement à partir des données d'essais de résistance au feu à l'exclusion des produits utilisés dans les systèmes de ventilation.
- [27] NF EN 771-1 – août 2011 – Spécifications pour éléments de maçonnerie – Partie 1 : Briques de terre cuite.
- [28] NF EN 771-1/CN – mars 2012 : complément national à la NF EN 771-1 – août 2011.

- [29] NF EN 771-3 – août 2011 – Spécifications pour éléments de maçonnerie – Partie 3 : Éléments de maçonnerie en béton de granulats (granulats courants et légers).
- [30] NF EN 771-3/CN – mars 2012 : complément national à la NF EN 771-3 – août 2011.
- [31] NF EN 771-4 – août 2011 – Spécifications pour éléments de maçonnerie – Partie 4 : Éléments de maçonnerie en béton cellulaire autoclavé.
- [32] NF EN 771-4/CN – mars 2012 : complément national à la NF EN 771-4:2012.
- [33] NF EN 206-1 – Béton – Partie 1 : Spécification, performances, production et conformité.
- [34] NF EN 998-1 – décembre 2010 – Définitions et spécifications des mortiers pour maçonnerie – Partie 1 : Mortiers d'enduits minéraux extérieurs et intérieurs.
- [35] NF EN 998-2 – décembre 2010 – Définitions et spécifications des mortiers pour maçonnerie – Partie 2 : Mortiers de montage des éléments de maçonnerie.
- [36] NF EN 845-1 – août 2013 – Spécifications pour composants accessoires de maçonnerie – Partie 1 : Attaches, brides de fixation, étriers de support et consoles.
- [37] NF EN 845-2 – août 2013 – Spécifications pour composants accessoires de maçonnerie – Partie 2 : Linteaux.
- [38] NF EN 845-3 – août 2013 – Spécifications pour composants accessoires de maçonnerie – Partie 3 : Treillis d'armature en acier pour joints horizontaux.
- [39] Étanchéité à l'air : dispositions constructives – Mémento de conception et de mise en œuvre à l'attention des concepteurs, artisans et entreprises du bâtiment – Construction à structure lourde – Isolation thermique intérieure – Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement – Novembre 2010
- [40] Étanchéité à l'air : dispositions constructives – Mémento de conception et de mise en œuvre à l'attention des concepteurs, artisans et entreprises du bâtiment – Construction à structure lourde – Isolation thermique répartie – Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement – Novembre 2010
- [41] Rapport d'étude CEBTP Référence 2011.29T – Étanchéité à l'air des parois maçonnées enduites – Influence du remplissage ou non des joints verticaux – Octobre 2012





- [42] Guide « Perméabilité à l'air des bâtiments en maçonnerie ou en béton – Guide de bonnes pratiques » – FFB – février 2003
- [43] Rapport étude ADEME « Perméabilité à l'air des bâtiments neufs en maçonnerie ou béton » – FFB-CERIB – 2005 – (Contrat ADEME 02.04.11)
- [44] Guide AFPS – Dispositions constructives parasismiques des ouvrages en acier, béton, maçonnerie et bois – Presses de l'école nationale des Ponts et Chaussées (ENPC), 2005
- [45] Guide travaux d'enduits de mortiers de façade – Mise en œuvre sur supports neufs et anciens – CAPEB – Janvier 2013
- [46] Arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit
- [47] Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation
- [48] Arrêté du 23 juillet 2013 modifiant l'arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit
- [49] Référentiel Millésime 2012 Qualitel Habitat Environnement – Version 1.0

PARTENAIRES du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération CINOV) ;
- GDF SUEZ ;
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement ;
- Plan Bâtiment Durable ;
- SYNTEC Ingénierie ;
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSFA) ;
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC) ;
- Union sociale pour l'habitat (USH).

Les productions du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.



MAÇONNERIES ISOLANTES AVEC ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTÉRIEUR OU RÉPARTIE

PARTIE 1 : SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX PRODUITS ET AUX OUVRAGES

AOÛT 2014

NEUF

Depuis une trentaine d'années, des petits éléments de maçonnerie isolants se sont développés pour participer à la baisse de la consommation d'énergie. Ils sont bien adaptés à la construction de maisons individuelles, de maisons groupées et de petits collectifs en ITI ou en ITR (sans isolant rapporté).

Ces Recommandations professionnelles RAGE Maçonneries isolantes avec isolation thermique par l'intérieur ou répartie serviront de contributions à la définition de règles de l'art applicables aux maçonneries isolantes en vue de les intégrer dans le NF DTU 20.1.

Elles sont structurées en deux documents. Ces deux documents s'appuient principalement sur les enseignements d'opérations de construction et définissent les optimisations possibles aux travers d'outils de spécification (grilles de lecture des contraintes réglementaires et exigences essentielles), solutions génériques adaptées (traitement des ponts thermiques, accessoires...), logique d'organisation de chantier, auto contrôle de la qualité de la mise en œuvre.

Ce document constitue la 1^{ère} partie et définit

- les spécifications relatives aux éléments de maçonnerie isolants conformes aux normes européennes de la série NF EN 771 :
 - Briques de terre cuite à perforations verticales ou horizontales ;
 - Blocs de béton de granulats légers pleins, perforés ou creux ;
 - Blocs en béton cellulaire autoclavé (BCA).
- les prescriptions et performances techniques applicables aux ouvrages de maçonnerie isolante, notamment celles liées à la performance thermique, en relation avec la RT 2012, mais également en regard des autres réglementations en vigueur.

Ces spécifications pourraient faire l'objet d'un fascicule de documentation pour le NF DTU 20.1.

