

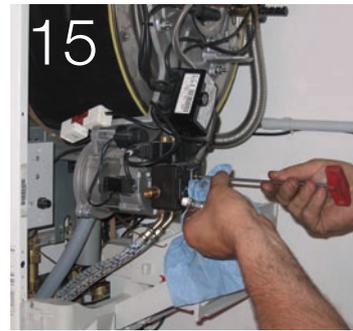
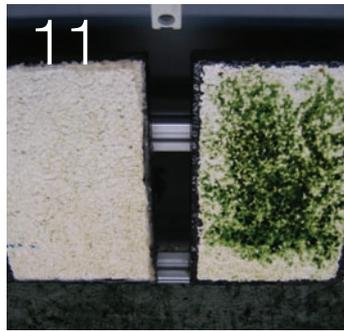
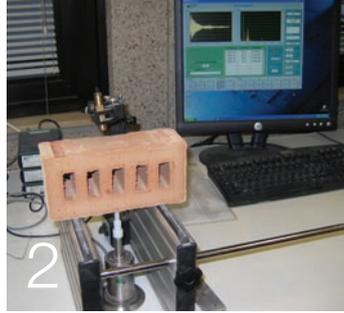
**Spécification** des bétons pour sols industriels (p. 3)

**Les panneaux de bois** et leurs applications (p. 7)

**Entretien** des ETICS (p. 11)

**Eclairage** et contrastes pour les personnes malvoyantes (p. 14)

**L'isolation** thermique des murs existants (p. 17)



## SOMMAIRE SEPTEMBRE 2009

*Le métier de l'entrepreneur ne cesse d'évoluer et de gagner en complexité. Certes, l'homme de métier demeure un artisan dans la plupart des cas, mais un artisan d'une technicité toujours plus poussée. Recherche, Innovation, mais également Information et Formation des acteurs sont, dans cette optique, les garants d'un secteur compétitif, porteur de réponses aux défis de notre siècle.*

- 1 Une énergie partagée grâce à des artisans d'une grande technicité
- 2 Résistance au gel des briques : déficiences de la méthode européenne
- 3 Spécification des bétons pour sols industriels
- 4 Armatures collées pour béton. Développements récents  
Conception et réalisation des rabattements : directives belges
- 5 Isolation thermique des toitures à versants existantes
- 6 Eviter l'ondulation de l'étanchéité de toiture
- 7 Les panneaux de bois et leurs applications
- 10 Utilisation du verre feuilleté dans les applications structurales
- 11 Entretien des ETICS
- 12 Rives de terrasses extérieures carrelées sur terre-plein
- 14 Eclairage et contrastes pour les personnes malvoyantes
- 15 Pollution atmosphérique et installations de chauffage central : du nouveau en Région wallonne
- 16 Trop-pleins pour toitures plates avec relevé
- 17 L'isolation thermique des murs existants
- 19 Comment respecter les critères d'isolement aux bruits de choc de la NBN S 01-400-1 ?
- 20 Aide au choix d'une solution informatique pour le calcul des devis

**R**échauffement climatique, raréfaction des énergies fossiles, vieillissement de la population, déchets de construction et recyclage, ... les arguments aujourd'hui ne manquent pas pour évoquer la notion de Construction citoyenne. Construire ou rénover dans l'intérêt du bien commun, tel est également l'un des piliers des politiques régionales pour les années à venir.

## UNE ÉNERGIE PARTAGÉE POUR UNE SOCIÉTÉ DURABLE

Au premier plan de cette réflexion citoyenne se trouve l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments. Car si l'énergie constitue l'enjeu majeur des prochaines décennies, les études les plus récentes ciblent le bâtiment à la fois comme cause et comme remède.

### LE BÂTIMENT COMME CAUSE

En 2005, le bâtiment représentait 35 % de la demande d'énergie primaire en Belgique, les bâtiments résidentiels intervenant pour 73 % dans ce chiffre. Rien n'est finalement moins étonnant, quand on sait que quoi que nous fassions, où que nous soyons et quel que soit notre âge, la construction fait partie intégrante de notre vie.

La consommation énergétique des ménages n'a par ailleurs cessé de croître ces 30 dernières années, avec près de 60 % des besoins liés au chauffage des bâtiments et à la production d'eau chaude. Si cette hausse trouve son origine dans l'augmentation des standards de confort individuel, elle ne peut que difficilement être enrayerée par les nouvelles exigences en matière de performance énergétique des constructions neuves.

Ne nous trompons pas : lanterne rouge européenne en matière de consommation énergétique des bâtiments (source : FEB), notre pays dispose d'un parc immobilier de plus de 4 millions de bâtiments que seules 50.000 constructions neuves viennent rajeunir en moyenne chaque année. En d'autres termes, avec un parc de logements majoritairement composé de bâtiments de plus de 40 ans, dépourvus de doubles vitrages ou d'isolation en toiture, les priorités sont à placer au niveau de l'amélioration du bâti existant.

### LE BÂTIMENT COMME REMÈDE

Pointé du doigt pour son mauvais bilan énergétique, le secteur de la construction fait

aujourd'hui figure de manne providentielle, tant il peut contribuer à relever les nombreux défis de notre société. Le potentiel d'économie d'énergie qu'il recèle se situe loin devant celui de l'industrie ou du secteur des transports (source : McKinsey Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve v2.0, UNFCCC, Analyse McKinsey).

Une entreprise qui investit dans des mesures visant à réduire la facture énergétique de ses infrastructures tout en améliorant la qualité d'occupation de ses bâtiments et, par là même, le rendement des travailleurs, investit également dans son développement durable.

### L'ENTREPRENEUR : UN ARTISAN D'UNE GRANDE TECHNICITÉ

En tant qu'exécutant, l'entrepreneur, qu'il soit homme ou femme, est le premier garant de la qualité de son travail, lequel ne cesse de se complexifier et exige une maîtrise toujours plus grande. Prenons l'exemple simple de la rénovation d'une toiture.

L'entrepreneur couvreur se trouve face à un maître d'ouvrage qui, de plus en plus souvent, aménage les combles de son habitation par manque de place et attend de sa toiture qu'elle soit multifonctionnelle, c'est-à-dire esthétique, lumineuse, durable, confortable sur le plan acoustique et thermique et, surtout, écologique et économique grâce à des installations solaires diverses. Écologique aussi, le choix de l'isolant et de son épaisseur ne peut être laissé au hasard, tandis que sa mise en œuvre requiert un soin tout particulier.

Il en est de même pour les menuiseries qui, comme les toitures, doivent être parfaitement étanches à l'air et à l'eau. Les surfaces vitrées doivent permettre de profiter au maximum des gains solaires en hiver, tout en évitant le risque de surchauffe en été. Pour ce faire, les vitrages deviennent intelligents et intègrent des systèmes de ventilation ou de protection solaire, voire aujourd'hui des cellules photovoltaï-

ques. La sécurité des ouvrages passe, quant à elle, par une meilleure résistance à l'effraction des menuiseries.

Le raisonnement est identique pour les chapes, qui s'appliquent de plus en plus sur des isolants thermiques et se voient souvent devenir chauffants, sinon refroidissants, tout comme les enduits muraux.

Les installations de chauffage se font plus complexes, leur technologie devient de plus en plus pointue, leur rendement ne cesse de croître. Elles font appel à de nouvelles sources d'énergie telles que les énergies renouvelables.

Que dire également du gros œuvre et des murs dans lesquels sont intégrées des épaisseurs d'isolant toujours plus importantes pouvant atteindre les 20 à 30 cm.

Le métier de l'entrepreneur ne cesse donc d'évoluer et de gagner en complexité. Certes, l'homme de métier demeure un artisan dans la plupart des cas, mais un artisan d'une technicité toujours plus poussée. Recherche, Innovation, mais également Information et Formation des acteurs sont, dans cette optique, les garants d'un secteur compétitif, porteur de réponses aux défis de notre siècle. ■

# Une énergie partagée grâce à des artisans d'une grande technicité

[energie.cstc.be](http://energie.cstc.be)

Fidèle à sa mission, le CSTC met la dernière main à la préparation d'un site Internet entièrement dédié à l'Énergie et à ce que doivent connaître les entrepreneurs sur le sujet.

Pratiques et conviviales, ces pages web seront tout prochainement en ligne et proposeront plusieurs dizaines d'Infofiches thématiques. A ne pas manquer !



**E**n juin 2006, une nouvelle méthode européenne visant à déterminer la résistance au gel d'éléments de maçonnerie en terre cuite a été publiée sous la forme d'une spécification technique (CEN/TS 772-22). Afin d'en évaluer la sévérité par rapport à la norme belge existante, estimée adéquate, le CSTC et le CRIBC ont mené des actions de recherche pré-normatives, qui ont livré les conclusions et recommandations relatées dans cet article.



✍ A. Smits, ir., chef de projet, laboratoire 'Matériaux de gros œuvre et de parachèvement', CSTC  
Y. Grégoire, ir.-arch., chef adjoint de la division 'Matériaux', CSTC

## MARQUAGE 'CE' ET STATUT DE LA CEN/TS

Le marquage CE des briques est obligatoire depuis 2006 conformément à la norme NBN EN 771-1 'Spécifications pour éléments de maçonnerie. Partie 1 : briques de terre cuite'. En matière de durabilité, cette dernière précise que la résistance au gel doit être évaluée et déclarée par le biais de la classe d'exposition permise (F0 : exposition passive, F1 : exposition modérée, F2 : exposition sévère) selon les prescriptions en vigueur dans le lieu de l'usage et ce, aussi longtemps qu'une méthode européenne fera défaut. Le producteur est dès lors actuellement confronté à une situation complexe, étant donné qu'une méthode existe en la CEN/TS 772-22, mais qu'il ne s'agit pas d'une norme. En Belgique, la déclaration d'une classe F2 après essai selon la CEN/TS n'est jusqu'à présent pas cautionnée dans le cadre d'attestations volontaires de qualité (marque BENOR délivrée par le BCCA). Il est admis, sans toutefois être précisé dans des textes ou réglementations, que ces classes doivent être déclarées selon le principe de la méthodologie belge en vigueur.

## COMPARAISON EXPÉRIMENTALE DES MÉTHODES

Afin de pouvoir comparer les essais de gel européen et belge, une étude détaillée des paramètres a été effectuée sur une dizaine de sortes de briques (niveau d'imprégnation, nombre de cycles de gel-dégel, ...). Les températures apparaissant dans la brique ont également été enregistrées à diverses profondeurs. Des méthodes d'inspection quantitatives permettant la détection et l'objectivation des dégâts provoqués (diminution du module d'élasticité dyna-



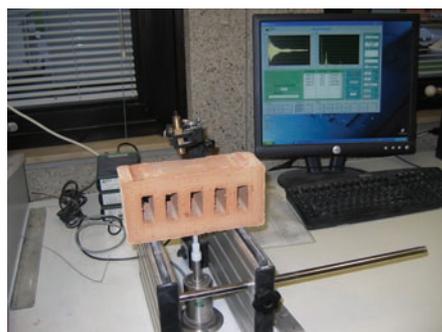
**Fig. 1** Essai de gel sur des murets, selon la CEN/TS 772-22.

mique, perte de force de cohésion, par exemple) ont en outre été recherchées afin d'évaluer la sévérité des essais. Une optimisation de ces méthodes s'impose pourtant encore. En 2008, enfin, une série d'essais interlaboratoires a été réalisée, et cinq laboratoires belges ont procédé à des essais sur un type de brique bien précis selon les méthodologies européenne et belge.

La méthode européenne se distingue principalement de la belge par l'éprouvette, par un muret assemblé grâce à des joints en caoutchouc (ou en mortier) au lieu de cinq briques scellées dans du sable, par une seule possibilité de taux d'imprégnation beaucoup plus faible (imprégnation réalisée par immersion pendant 7 jours au lieu d'une imprégnation effectuée sous vide total ou partiel), par les durées et conditions des différentes phases, par le mode de dégel obtenu par une augmentation de la température et un court arrosage au lieu d'une immersion complète dans l'eau, et enfin, par le nombre de cycles 'imposés' (100 au lieu de 20).

Lors de l'essai de gel direct suivant la méthodologie belge, les températures de gel sont atteintes plus lentement, mais sont maintenues plus longtemps. Le dégel est en outre plus brutal (immersion complète) et plus uniforme dans la brique (chaque cycle est caractérisé par un gel et un dégel complets) qu'avec la méthodologie européenne. Cette dernière est caractérisée par une première série de cycles durant laquelle la face arrière de la brique ne gèle pas, et par une deuxième série de cycles durant laquelle seule la face avant dégèle.

# Résistance au gel des briques : déficiences de la méthode européenne



**Fig. 2** Mesure du module d'élasticité dynamique.

Ces essais ont clairement fait apparaître que la méthodologie belge est plus sévère que l'euro-péenne dans son état actuel. La déclaration de la classe F2 selon la CEN/TS correspondrait au mieux à la classe 'résistance normale au gel' de la méthode belge. Néanmoins, selon les résultats obtenus, la méthode européenne, avec un taux d'imprégnation sous vide total, est plus sévère que la belge sous le même taux d'imprégnation.

## CONCLUSION

Nous pensons pouvoir conseiller de privilégier encore dans le futur les prescriptions selon la méthodologie belge et de faire usage de briques éprouvées selon cette méthode, c'est-à-dire accompagnées d'une fiche technique mentionnant clairement 'résistance élevée au gel' ou 'résistance normale au gel' selon la méthode décrite dans la norme NBN B 27-009/A2 'Produits céramiques pour parements de murs et de sols. Gélivité. Cycles de gel-dégel'. Les producteurs d'éléments de maçonnerie en terre cuite bénéficiant de la marque de qualité BENOR délivrée par le BCCA en plus de l'attestation de conformité CE sont renseignés sur le site web du BCCA ([www.bcca.be](http://www.bcca.be)). ■



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC N° 3/2009

La version intégrale de cet article sera bientôt téléchargeable sur notre site Internet.

La NIT 204 publiée en 1997 porte sur les sols industriels intérieurs en béton coulés et parachevés *in situ*. Pour satisfaire aux exigences de résistance mécanique et de durabilité, la spécification du béton à mettre en œuvre doit être adéquate.



✍ V. Pollet, ir., et E. Noirfalisse, ir., département 'Matériaux, technologie et enveloppe', CSTC  
J.-F. Denoel, ir., et Cl. Ployaert, ir., Febelcem

Le chapitre 6 de la NIT 204 traite des performances des bétons pour sols industriels et de leur spécification en faisant référence à la norme NBN B 15-001 de 1992. Or, cette norme a été remplacée par la norme européenne NBN EN 206-1 (2001) et son supplément belge NBN B 15-001 (2004). Le présent article actualise les informations de la NIT 204 sur la base de ces récentes normes.

Dans le cadre de la gestion de la qualité, il est recommandé d'utiliser un béton certifié BENOR ou équivalent. Cette certification ga-

rantit la conformité du béton aux normes NBN EN 206-1 et NBN B 15-001, mais ne s'applique pas à la mise en œuvre. L'entrepreneur a donc tout intérêt à mettre sur pied ses propres procédures de qualité pour la mise en œuvre du béton. Des contrôles spécifiques s'imposent, notamment lorsque l'entrepreneur prend l'initiative de modifier la composition du béton à la fourniture, ce qui invalide de ce fait la marque BENOR du béton certifié.

Avec la parution des nouvelles normes, la spécification des bétons a été considérablement modifiée. En outre, les classes d'environnement remplacent les classes d'exposition de la précédente norme NBN B 15-001. Les modifications concernent également la sélection de la classe de résistance. La classe de résistance du béton est spécifiée par le bureau d'études sur la base des hypothèses admises dans le projet. Pour l'exécution des sols industriels, le choix basé sur les sollicitations mécaniques porte généralement sur l'une des trois classes C20/25, C25/30 ou C30/37.

Il est à noter que, dans la nouvelle norme NBN B 15-001 de 2004, il existe un lien entre la classe d'environnement et la classe de résistance minimale. Selon la classe d'environnement,

des types de béton de classe de résistance plus élevée peuvent être nécessaires pour assurer la durabilité (résistance chimique, résistance au gel et absence de corrosion des armatures).

Selon la norme NBN EN 206-1 et son supplément national précité, un béton est spécifié d'après ses performances. Il convient donc de préciser, dans l'ordre, les données suivantes :

- la conformité aux normes NBN EN 206-1 et NBN B 15-001
- la classe de résistance (C X/Y)
- le domaine d'utilisation du béton : armé, non armé, précontraint
- la classe d'environnement (EI, EE1 à EE4 et ES1 à ES2); en cas de contact avec un environnement chimiquement agressif, il y a lieu de spécifier en plus une des classes d'environnement EA1, EA2 ou EA3
- la classe de consistance : S1 à S5 ou F1 à F6
- le calibre nominal du plus gros granulats ( $D_{max}$  en mm)
- des exigences complémentaires éventuelles (type de ciment, absorption d'eau par immersion, teneur en fines, etc.).

Le tableau 1 présente les spécifications pour un béton taloché mécaniquement avec une couche de saupoudrage. ■

 [www.cstc.be](http://www.cstc.be)  
LES DOSSIERS DU CSTC N° 3/2009

Cet article, dont la version intégrale paraîtra prochainement sur notre site web, a été rédigé dans le cadre de l'Antenne Normes 'Bétons, mortier et granulats', subsidiée par le SPF Economie'.

**Tableau 1** Spécifications pour un béton taloché mécaniquement avec couche de saupoudrage.

Finition de la dernière couche de béton frais	Classe de sollicitation	Usage	Spécifications des bétons pour sols industriels (bétons conformes aux normes NBN EN 206-1 et NBN B 15-001)					Exigences complémentaires
			Classe de résistance	Domaine d'utilisation	Classe d'environnement	Classe de consistance	$D_{max}$ (1)	
Talochage mécanique avec couche de saupoudrage	I	Intérieur sans eau	C20/25 (3) C25/30	BA	EI	F4/S4	20 (concas-sé) ou 32 (graviers)	Granulométrie et teneur en fines (1)
		Parking	C35/45 (2) (5)		EE4 (5)			Granulométrie et teneur en fines (1) WAI(0,45) (5) Autres (4)
	II/III	Intérieur sans eau	C25/30 C30/37		EI			Granulométrie et teneur en fines (1)
		Parking	C35/45 (2) (5)		EE4 (5)			Granulométrie et teneur en fines (1) WAI(0,45) (5) Autres (4)

(1) Il convient de vérifier le respect des règles énoncées dans la version intégrale de cet article.

(2) Cette classe de résistance est liée à l'environnement, plus précisément à la présence de sels de déneigement.

(3) Uniquement pour la classe d'usage Ia.

(4) Ciment LA en présence d'eau et ciment HSR en présence de sulfates.

(5) En cas de passage très occasionnel de voitures avec sels de déneigement, une classe de résistance C30/37 et une classe d'environnement EE2 suffisent. La classe WAI(0,45) n'est plus d'application.

**L**es armatures collées conviennent parfaitement pour la consolidation des structures en béton. Cette technique de rénovation, relativement bien maîtrisée, ne date pas d'hier et est employée assez fréquemment. Parallèlement, de nouvelles techniques de consolidation ont vu le jour dernièrement, sans toutefois parvenir à se faire une place sur le marché de la rénovation. La Guidance technologique 'Nieuwe generatie gelijmde betonwapening' a dès lors été lancée en septembre 2008, avec le soutien de l'IWT, afin d'informer les entreprises de construction flamandes quant à ces récents développements ainsi qu'aux diverses possibilités d'aide à l'innovation.



✍ F. Van Rickstal, dr. ir., chef de projet, laboratoire 'Structures', CSTC  
B. Dooms, ir., chef de projet, laboratoire 'Technologie du béton', CSTC

Les projets de rénovation s'accompagnent généralement d'une consolidation, obligatoire ou non, de la structure. Les motifs pouvant être

# Armatures collées pour béton

## Développements récents

invoqués afin de justifier cette consolidation sont multiples : un facteur de sécurité ne satisfaisant plus aux normes actuelles, une nouvelle affectation entraînant une augmentation de la charge de service, des dégâts dus à une surcharge, des altérations de la structure, des erreurs de conception et d'exécution de la structure d'origine, ... Pour chacune de ces situations, l'application d'armatures collées externes re-

présente une solution appropriée, étant donné que cette technique permet de consolider les éléments structuraux sans que leurs dimensions ne soient notablement modifiées.

A l'origine, la consolidation des ouvrages en béton était réalisée à l'aide de tôles en acier. Toutefois, vu leur masse considérable et leur longueur limitée, cette technique engendrait un certain nombre de difficultés lors de la mise en œuvre. Ces problèmes ont été partiellement résolus par le développement des laminés en fibres de carbone et des feuilles de carbone.



### INFORMATIONS UTILES

Pour de plus amples informations sur les techniques d'exécution les plus récentes concernant les armatures collées pour béton (NSM, SCRP, mFRP, TRM, ...) et les activités de la Guidance, rendez-vous à l'adresse suivante : [www.gelijmde-wapening.be](http://www.gelijmde-wapening.be).

Récemment, le domaine d'application des armatures externes a été étendu avec l'arrivée des *near surface mounted systems* (NSM), des *steel cord reinforced polymers* (SCRP), des composites fibres multidirectionnelles (mFRP) et des *textile reinforced mortars* (TRM). ■

**L'**abaissement temporaire d'une nappe phréatique entraîne régulièrement, entre le donneur d'ordre, le concepteur et l'exécutant, de vives discussions qui débouchent généralement sur une longue procédure judiciaire. Afin d'éviter de tels désagréments, le CSTC s'est penché sur l'élaboration de directives relatives à la conception et à l'exécution des rabattements.



✍ M. De Vos, ir., chef du laboratoire 'Mécanique des sols et monitoring', CSTC

L'exécution de travaux de construction se fait de préférence toujours au sec. L'abaissement temporaire ou le rabattement d'une nappe phréatique fait partie intégrante de l'art de construire. Nous avons toutefois observé, au cours des dernières années, de nombreuses discussions entre le donneur d'ordre, le concepteur et l'exécutant sur ce sujet. Ceci peut s'expliquer, d'une part, par le fait que l'exécution de rabattements est une spécialité hydrogéologique à laquelle ni le concepteur ni l'exécutant ne sont vraiment familiers et, d'autre part, par

# Conception et réalisation des rabattements : directives belges

le fait que la clarté des décisions prises laisse bien souvent à désirer.

Afin de réduire le nombre de situations conflictuelles, le CSTC a tenté d'élaborer une série de directives objectives quant à la conception et l'exécution des rabattements, en tenant compte de l'avis de diverses entreprises spécialisées, d'entrepreneurs généraux, de bureaux d'étude, de donneurs d'ordre et de sociétés d'assurances.

Ces directives définissent d'abord les responsabilités respectives et les tâches du donneur d'ordre, du concepteur et de l'exécutant. Elles traitent ensuite de manière plus approfondie de l'étude préalable (géologique, hydrogéologique et géotechnique) et de la reconnaissance du sol (disposition des couches, possibilités de rabattement, ...). Le document évoque

également la détermination du coefficient de perméabilité, les mesures de protection à prendre (barrière étanche, limitation de la durée de rabattement, ...), les valeurs limites des tassements, le monitoring, l'analyse des risques et les aspects liés à l'exécution. Enfin, quelques conseils utiles sont formulés en vue de l'élaboration d'un cahier des charges pour les travaux de rabattement. ■

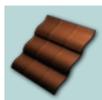


[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC N° 3/2009

Pour de plus amples informations à ce sujet, veuillez consulter la version longue de cet article. Les directives sont, quant à elles, disponibles (en néerlandais) sur [www.tis-sft.wtcb.be](http://www.tis-sft.wtcb.be).

Ce n'est un secret pour personne : les exigences thermiques se font de plus en plus sévères. La toiture n'échappe pas à cette tendance. Ainsi, dès le 1<sup>er</sup> janvier 2010, la Flandre rejoindra Bruxelles et la Wallonie en faisant passer la valeur  $U_{\max}$  des toitures de 0,4 à 0,3 W/m<sup>2</sup>K, y compris dans le cadre d'un projet de rénovation. L'article ci-dessous tente de répondre à quelques questions que se pose fréquemment le couvreur chargé d'isoler une toiture existante.



✍ F. Dobbels, ir.-arch., chef de projet, division 'Energie et bâtiment', CSTC

Comment isoler thermiquement une toiture existante dépourvue de sous-toiture ? Quelles sont les possibilités et les limites des sous-toitures dites de substitution placées à titre provisoire ? Tentative d'explication.

## RÔLE DE LA SOUS-TOITURE

La sous-toiture remplit plusieurs fonctions au sein du complexe toiture :

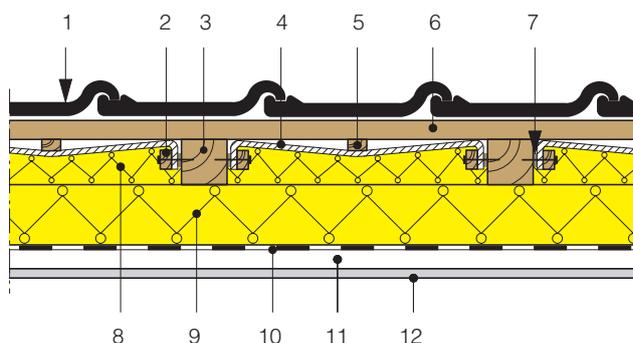
- participer à l'étanchéité au vent
- prévenir les flux d'air au travers de l'isolation et derrière celle-ci
- protéger l'isolant et les finitions intérieures d'une éventuelle humidification en cas de pénétration d'eau accidentelle au travers de la couverture (par exemple, en période de fortes pluies ou de vent violent, ou encore en cas d'arrachement de tuiles par le vent)
- empêcher l'humidification de l'isolant par suite d'une condensation à la face inférieure de la couverture ou de la pénétration de neige poudreuse sous l'effet du vent
- éviter l'introduction de poussière dans les locaux.

Ainsi donc, la mise en œuvre d'une sous-toiture est hautement recommandée.

## POSE D'UNE SOUS-TOITURE DE SUBSTITUTION

Lorsque la mise en œuvre d'une véritable sous-toiture ne peut être envisagée (pour des raisons budgétaires, par exemple), il est conseillé de recourir à une solution de rechange sous la forme d'une feuille souple fixée à la face inférieure de la toiture au moyen d'une latte et d'un joint de mastic souple, à l'endroit normalement prévu pour la sous-toiture. Cette mesure palliative permettra de protéger l'iso-

# Isolation thermique des toitures à versants existantes



Coupe transversale d'une toiture existante sans contre-lattes, munie a posteriori d'une isolation et d'une sous-toiture de substitution.

- |                                 |                                     |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Tuile                        | 7. Joint de mastic souple           |
| 2. Latte de fixation            | 8. Isolation entre les chevrons     |
| 3. Chevron                      | 9. Isolation sous les chevrons      |
| 4. Sous-toiture de substitution | 10. Barrière à l'air et à la vapeur |
| 5. Latte en bois traité         | 11. Vide technique                  |
| 6. Linteau                      | 12. Finition intérieure             |

lation et les finitions intérieures des rigueurs du climat (eau, vent, poussière, ...) au cas où celles-ci feraient ressentir leurs effets au travers de la couverture.

La feuille souple utilisée comme substitut devra être perméable à la vapeur d'eau et sera placée de façon telle que l'humidité qui viendrait éventuellement s'évacuer sur sa face supérieure puisse s'évacuer vers la gouttière sans humidifier la charpente (risque de pourriture du bois).

Pour éviter l'humidification des chevrons par de l'eau qui s'écoulerait latéralement, il convient de canaliser cette dernière vers le centre de la feuille de sous-toiture. Pour ce faire, on pourra clouer contre les liteaux, à mi-chemin entre chaque chevron, une fine latte de bois (de 15 mm d'épaisseur, par exemple) qui repoussera la sous-toiture légèrement vers le bas pour former une sorte de rigole (voir schéma ci-dessus). Il importe évidemment d'utiliser une latte en bois traité puisque celle-ci est susceptible d'entrer en contact avec l'eau qui s'écoulerait éventuellement sur la sous-toiture.

Lors du placement de l'isolation contre la sous-toiture de substitution, on veillera enfin à ne laisser subsister aucun espace entre les deux couches (cf. Infofiche n° 24).

## INCONVÉNIENTS

Bien qu'une sous-toiture de substitution soit toujours préférable à une solution sans sous-toiture, il faut bien être conscient du caractère temporaire de cette mesure et de ses désavantages, tels que, par exemple, le fait qu'elle ne protège que modérément des infiltrations.

Il est par conséquent vivement recommandé, en cas de renouvellement de la couverture, d'enlever la sous-toiture de substitution et de poser une sous-toiture à part entière. ■



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC n° 3/2009

La version intégrale du présent article tentera d'apporter des réponses aux questions suivantes :

- peut-on renforcer l'isolation d'une toiture existante déjà isolée en y adjoignant, par l'intérieur, une couche d'isolation supplémentaire sous le pare-vapeur ?
- les zones d'une toiture existante munies d'un pare-vapeur du côté extérieur peuvent-elles être isolées par la suite comme le restant de la toiture ?
- une charpente existante doit-elle être traitée avant de procéder à des travaux d'isolation ?

La fixation mécanique des étanchéités sur tôles profilées fait l'objet d'une Note d'information technique actuellement en cours d'achèvement. Une structure légère telle qu'une toiture peut subir des déformations différentielles entre le plancher porteur et les murs. Il convient dès lors de veiller aux détails des rives de la toiture dès la phase de conception.



E. Mahieu, ing., conseiller principal, division 'Avis techniques', CSTC

Les déformations différentielles peuvent survenir en raison du fléchissement et des mouvements hygrothermiques du support de toiture et du relevé. Ces déformations peuvent engendrer une ondulation de l'étanchéité (figure 1) et ce, quelle que soit la façon dont celle-ci a été fixée.

En principe, si la membrane d'étanchéité est suffisamment élastique, ce phénomène ne devrait pas compromettre sa fonctionnalité. Pour ce qui est des autres types d'étanchéités, notamment les membranes bitumineuses, les déformations différentielles précitées peuvent, dans certains cas, causer leur endommagement.

Afin de ne pas nuire à la libre déformation de la structure, il convient de ne pas recourir aux fixations rigides entre le support de toiture et le mur.

Si le plancher porteur est composé de tôles profilées en acier, il faudra prévoir un relevé métallique posé librement tout autour de la toiture (aussi bien transversalement que longitudinalement) (figure 2, n° 4), fixé sur au moins deux creux de la tôle. Ce relevé sert principalement de support à l'écran pare-vapeur ainsi

qu'aux panneaux d'isolation thermique au droit des rives de toiture, mais peut également être utilisé pour la mise en œuvre de la fixation à l'angle du relevé.

Il convient également de tenir compte du fait que ce relevé métallique comporte deux inconvénients majeurs : d'une part, dans des bâtiments chauffés, il peut engendrer l'apparition de ponts thermiques et, d'autre part, il implique une interruption de l'écran pare-vapeur au droit des murs.

Afin de limiter ces ponts thermiques, il est possible de munir le relevé d'un isolant thermique d'une épaisseur minimale de 3 cm (figure 2, n° 8).

Si l'on souhaite éviter les problèmes dus à la condensation interne, il convient tout d'abord de veiller à ce que la jonction entre la membrane d'étanchéité et les rives de la toiture soit étanche à l'air. Cela est généralement possible en déroulant la membrane de manière continue jusqu'aux bords ou jusqu'au-dessus des rives de la toiture.

Etant donné les mouvements différentiels auxquels on peut s'attendre à la jonction entre l'étanchéité et les rives de la toiture, il convient de faire en sorte que la membrane puisse s'étirer suffisamment à cet endroit (figure 2, n° 9).

Moyennant quelques précautions, les membranes élastiques peuvent être déroulées de façon

# Eviter l'ondulation de l'étanchéité de toiture



Fig. 1 Ondulation de l'étanchéité d'une toiture.

continue jusqu'aux bords ou jusqu'au-dessus des rives de toiture. En ce qui concerne les autres types d'étanchéités, on recourt généralement soit à des bandes de raccordement élastiques pouvant être fixées de manière étanche à la membrane d'étanchéité, soit à la même méthode que celle utilisée pour les membranes élastiques. Dans ce dernier cas, il faut toujours veiller, durant l'entretien normal de la toiture, à ce que l'ondulation au droit de ces détails de construction n'entraîne pas de dégâts.

Ce point sera expliqué de manière plus approfondie dans la révision de la NIT 191 'La toiture plate. Partie 2 : exécution des ouvrages de raccord'.

Comme nous l'avons signalé auparavant, l'interruption de l'écran pare-vapeur au droit des rives des structures légères est inévitable et propre à ce concept. Pour les bâtiments relevant des classes de climat intérieur I et II, aucun problème de condensation notable n'est à craindre, pour autant que l'étanchéité à l'air du raccord soit assurée.

Pour les bâtiments appartenant à la classe de climat intérieur III ou à une classe supérieure, l'utilisation de tôles en acier profilées nous semble par contre moins opportune. ■

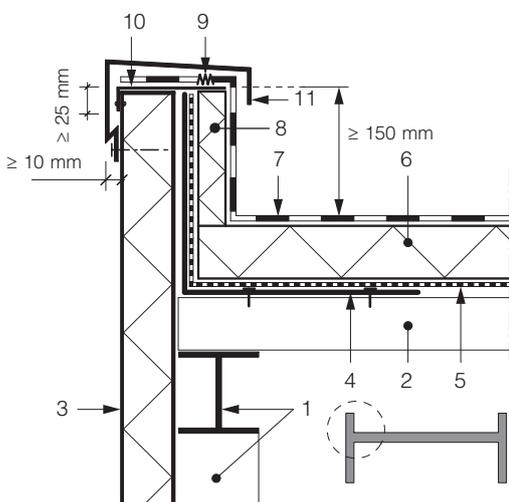


Fig. 2 Pose libre d'un relevé métallique afin de limiter l'ondulation de l'étanchéité.

1. Structure porteuse
2. Plancher porteur (tôle en acier profilée)
3. Profilé de renforcement (avec noyau isolant)
4. Relevé métallique posé librement
5. Ecran pare-vapeur
6. Isolant thermique
7. Membrane d'étanchéité
8. Isolant thermique du relevé
9. Possibilité d'étirement de l'étanchéité
10. Obturation de la coulisse
11. Couvre-mur

Il existe actuellement une large gamme de panneaux aux propriétés et aux domaines d'application les plus variés. Cet article a pour but d'aider le menuisier à choisir les types de panneaux les plus appropriés en fonction de leur utilisation.



✍ S. Charron, ir., chef de projet, laboratoire 'Matériaux de gros œuvre et de parachèvement', CSTC  
G. Dekens, lic., chercheur, laboratoire 'Éléments de toitures et de façades', CSTC  
Y. Martin, ir., chef de la division 'Matériaux', CSTC

## COMPOSITION ET FAÇONNAGE

Chaque type de panneau a une fabrication et une composition spécifiques qui en déterminent les propriétés physiques et mécaniques. Voici une brève description des quatre types de panneaux le plus fréquemment utilisés :

- le *panneau de particules* est composé de particules de bois ou d'autres matériaux lignocellulosiques, dont la cohésion est assurée au moyen d'un liant organique. La masse volumique de ce type de panneau est plus importante en surface que dans l'âme. De même, les particules les plus grossières se retrouvent généralement dans l'âme du panneau
- l'*OSB (oriented strand board)* se compose de plusieurs couches de lamelles de bois de forme et d'épaisseur déterminées, collées au moyen d'un liant. Les panneaux OSB sont généralement constitués de trois couches. Les lamelles des couches extérieures sont disposées parallèlement à la longueur du panneau, tandis que celles de la couche du milieu peuvent être orientées aléatoirement ou perpendiculairement au sens de la longueur
- le *contreplaqué* est composé de diverses couches de placage collées perpendiculairement les unes aux autres. Les fibres des deux placages extérieurs (ou placages de finition) sont disposées dans le même sens et sont donc déterminantes pour l'aspect du panneau. L'âme consiste en un nombre impair de couches entrecroisées de façon symétrique par rapport à la couche centrale
- le *MDF (medium density fibreboard)* est un panneau de fibres de bois fabriqué à partir de grumes écorcées, puis réduites en copeaux jusqu'à obtention de fibres de la taille souhaitée. Celles-ci sont ensuite encollées et acheminées vers une épanduse où elles sont déversées en une couche formant un tapis de fibres d'une épaisseur de près de 30 fois supérieure à celle du panneau en bout de chaîne de production. Après le pres-

sage, les panneaux sont sciés à la longueur voulue.

## CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

Les propriétés des panneaux peuvent fortement varier selon l'espèce de bois utilisée, le type et la quantité de colle, les éventuels additifs et la masse volumique. On considère généralement que la résistance mécanique des panneaux augmente proportionnellement à leur masse volumique. Dans ce contexte, on distingue principalement :

- la *résistance en traction* perpendiculairement aux faces : une cohésion insuffisante entre les particules de bois peut amener le panneau à se fendre durant le processus de placage ou lorsqu'on introduit des connecteurs (chevilles, p. ex.)
- la *résistance en flexion* : les panneaux de particules utilisés pour l'ameublement ou comme revêtement sont en général soumis à de faibles charges, de sorte que leur résistance mécanique peut être limitée. Pour les applications structurales, il est par contre nécessaire d'utiliser des panneaux dont la capacité portante est plus élevée
- le *module d'élasticité* : plus le module d'élasticité est important, plus la flèche du panneau sous charge sera faible.

## QUEL PANNEAU UTILISER ?

Le marquage CE des panneaux destinés à la construction, obligatoire depuis 2006, est basé sur la norme NBN EN 13986. Ce marquage est apposé sur le panneau ou sur l'étiquette et spécifie notamment le type de panneau et sa classe technique. Cette dernière correspond à une classe de panneau associée à ses performances pour un emploi donné. Le panneau est évalué à l'aide de la norme adéquate (cf. organigramme en p. 9).

Tous les types de panneaux ne se prêtent pas à toutes les situations. L'organigramme de la p. 9, basé sur l'arbre de décision établi par le CEN TC 112, indique la classe technique des panneaux pouvant être utilisés en fonction de l'application prévue en pratique afin de permettre au menuisier de choisir à bon escient.

# Les panneaux de bois et leurs applications

Chaque ligne représente un type de panneau déterminé (à particules, contreplaqué, MDF, OSB), dont les performances mécaniques et physiques vont croissant à mesure que l'on avance vers la gauche. En d'autres termes, le menuisier pourra toujours utiliser une classe technique de panneau figurant dans la même ligne, à gauche de l'application prévue (panneau aux propriétés supérieures à celles strictement nécessaires).

Les colonnes, quant à elles, désignent un certain nombre de panneaux pouvant être utilisés dans des situations similaires. Une cellule vide signifie qu'il n'existe pas de classe technique spécifique pour la famille de panneaux et l'usage prévu. Dans ce cas, il convient d'opter soit pour une autre famille de panneaux, soit pour un panneau aux propriétés supérieures au sein de la même famille (cellule à gauche de la cellule vide).

Les cellules marquées d'une croix rouge indiquent qu'à l'heure actuelle, l'application prévue n'est pas possible pour la famille de panneaux en question.

## MILIEU SEC, HUMIDE OU EXTÉRIEUR

La classe technique du panneau dépendra du milieu dans lequel il sera utilisé. La norme NBN EN 1995-1-1 distingue les milieux suivants :

- un *milieu sec* (classe de service 1), qui se caractérise par une humidité dans les matériaux correspondant à une température de 20 °C et une humidité relative de l'air ne dépassant 65 % que quelques semaines par an. Un type de panneau que l'on utilise en milieu sec convient également pour une application dans la classe de risque biologique 1 selon la norme NBN EN 335-3
- un *milieu humide* (classe de service 2), qui se caractérise par une humidité dans les matériaux correspondant à une température de 20 °C et une humidité relative de l'air ne dépassant 85 % que quelques semaines par an. Un type de panneau que l'on utilise en milieu humide convient également pour une application dans les classes de risque biologique 1 et 2 selon la norme NBN 335-3
- un *milieu extérieur* (classe de service 3), qui se caractérise par une humidité dans les

matériaux supérieure aux classes précédentes. Un type de panneau que l'on utilise en milieu extérieur convient également pour une application dans les classes de risque biologique 1, 2 et 3 selon la norme NBN EN 353-3 (1).

Remarquons que si certains types de panneaux (cf. organigramme en p. 9) peuvent être utilisés en classe d'usage 3, leurs performances seront compromises si un traitement de préservation adapté (en cas d'espèce de bois non durable) et un revêtement de surface et sur les chants ne sont pas appliqués. En outre, la longévité des panneaux dépendra fortement de leur exposition, du type et de l'entretien du revêtement de surface et des joints entre les panneaux.

**APPLICATIONS STRUCTURALES**

Dans l'organigramme de la p. 9, une distinction est faite entre les panneaux pour applications structurales et non structurales :

- les *panneaux structuraux* (ou panneaux

'travaillants') sont destinés à être utilisés pour la conception et la construction d'éléments de bâtiment travaillant sous charge : murs, planchers, cloisons de contreventement (participant à la stabilité transversale des constructions), toitures ou poutres en I. On fait une distinction entre les panneaux structuraux ordinaires (usage général en structure – indice 'b') et les panneaux structuraux travaillant sous contraintes élevées (indice 'c') (2)

- les *panneaux non structuraux* (indice 'a') sont utilisés notamment pour la réalisation de meubles ou comme panneaux de revêtement. Ces panneaux sont en outre subdivisés selon leurs propriétés mécaniques (résistance à l'arrachement des vis et à la flexion).

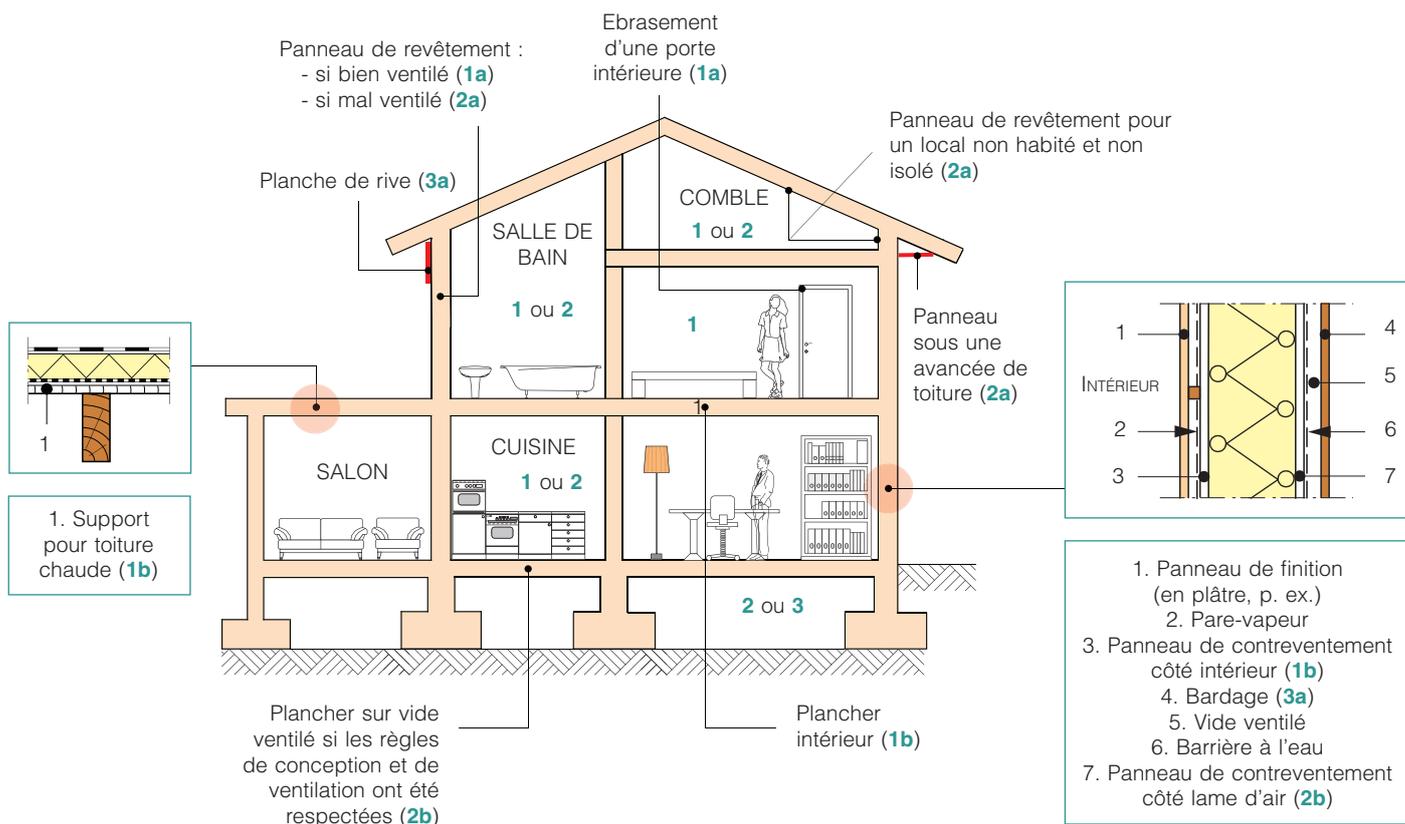
**EXEMPLES D'UTILISATION**

L'organigramme présenté ci-après est complété par quelques exemples d'utilisation dans un bâtiment, également illustrés dans le schéma

ci-dessous :

- 1a : meubles, lambris, ébrasements de portes intérieures, cloisons légères, ... dans les locaux habités et chauffés (classes de climat intérieur I, II et III selon l'Infofiche n° 11)
- 1b ou 1c (3) : panneaux pour planchers intérieurs, supports de toitures chaudes, panneaux de contreventement (placés du côté intérieur), ...
- 2a : panneaux de revêtement dans des locaux intérieurs ne faisant pas partie du volume protégé du bâtiment ou dans des locaux humides caractérisés par une classe de climat IV, panneaux sous auvent ou avancées de toiture (pour autant qu'il n'y ait aucun risque d'humidification directe), ...
- 2b ou 2c (3) : panneaux de contreventement de murs extérieurs (placés du côté de la lame d'air), supports d'étanchéité, ...
- 3a (4) : planches de rive, bardages extérieurs, ... (5)
- 3b : applications structurales extérieures (panneaux participant à la stabilité transversale et directement exposés à l'extérieur). ■

**Exemples d'utilisation des différents types de panneaux.**



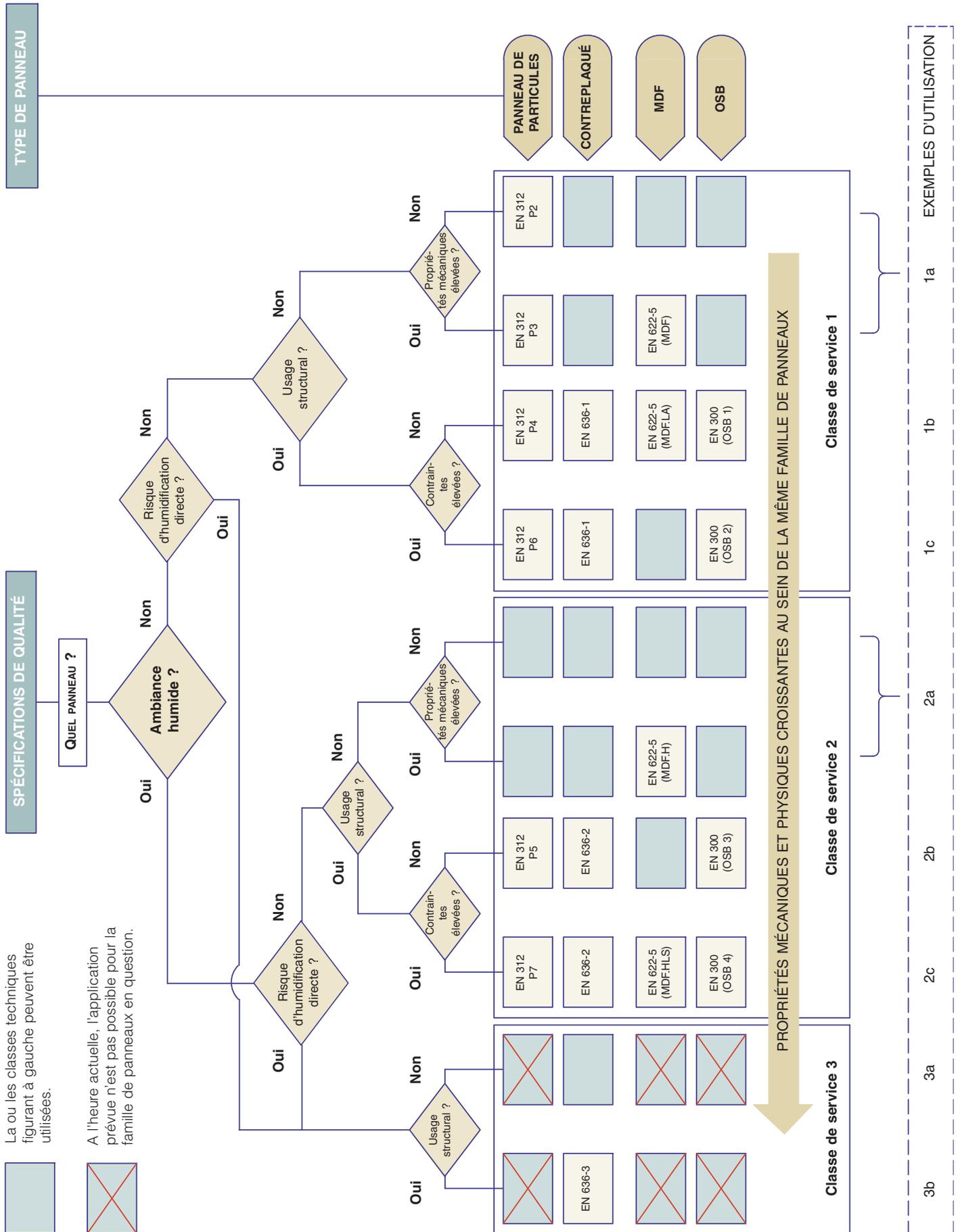
(1) Selon la norme NBN EN 13986, la classe de service 3 couvre également la classe biologique 4. Elle correspond à des panneaux en contact avec le sol ou avec de l'eau douce et ainsi exposés en permanence à l'humidification. L'utilisation de panneaux en bois convient moins dans cette classe biologique et n'est en principe pas recommandée.

(2) Le terme 'contraintes élevées' n'est pas défini. Le choix entre ces deux types s'opérera sur la base d'un calcul prenant en compte notamment les charges à reprendre (catégorie d'utilisation selon la norme NBN EN 1991-1-1-ANB) et la géométrie des panneaux (portée, épaisseur, ...).

(3) Le choix entre ces deux types s'opérera sur la base d'un calcul prenant en compte les charges à reprendre (catégorie d'utilisation selon la norme NBN EN 1991-1-1-ANB) et la géométrie des panneaux (portée, épaisseur, ...).

(4) La longévité dépendra fortement de l'exposition du panneau, du type et de l'entretien du revêtement de surface appliqué.

(5) Les joints entre panneaux peuvent constituer une classe de risque (selon la NBN EN 353-3) supérieure à la classe 3 (humidification permanente).



Choix de la classe technique de panneau la plus appropriée.

**Au cours de ces vingt dernières années, plusieurs projets de recherche ont été menés à travers l'Europe afin de mieux comprendre et décrire les propriétés mécaniques des intercalaires et les performances des verres feuilletés. En Belgique, une recherche conduite par le CSTC ainsi que plusieurs projets de recherche menés à l'Université de Gand ont permis notamment de faire le point sur cette technologie et ses applications pour le bâtiment.**



✍ *G. Zarmati, ir., chercheur, laboratoire 'Structures', CSTC*  
*B. Parmentier, ir., chef de la division 'Structures', CSTC*

Le verre feuilleté est une superposition de plusieurs couches de verre assemblées par un ou plusieurs intercalaires. Il est utilisé depuis de nombreuses années pour différents types de vitrages dits de sécurité. Son utilisation dans des applications structurales reste plus marginale pour deux raisons majeures : son caractère fragile (le verre inquiète les concepteurs) et le cadre normatif concernant les méthodes de dimensionnement restreint, voire inexistant.

## COMPORTEMENT MÉCANIQUE DU VERRE FEUILLETÉ

Le comportement mécanique du verre feuilleté, c.-à.-d. sa manière de réagir à une sollicitation, dépend directement des propriétés mécaniques du verre et de l'intercalaire, mais surtout de l'interaction entre ces matériaux.

Pour les vitrages de sécurité, les propriétés de résistance aux chocs sont déterminantes pour le choix de la composition du vitrage. Pour les applications structurales (poutres, dalles de plancher, ...), le comportement sous charges statiques ainsi que la stabilité en cas de rupture accidentelle d'une ou plusieurs feuilles de verre sont les principales performances que les fabricants et concepteurs doivent pouvoir garantir.

Le comportement du verre feuilleté en flexion se situe toujours entre deux limites. La limite inférieure correspond à un comportement du composite où l'intercalaire ne transmet aucun effort entre les feuilles de verre qui glissent librement l'une par rapport à l'autre. La limite supérieure représente le comportement 'monolithique' du composite, où les différentes feuilles de verre sont parfaitement solidarisées. Le comportement réel d'un élément en verre feuilleté dépend, d'une part, des proprié-

# Utilisation du verre feuilleté dans les applications structurales

tés de l'intercalaire, fort sensibles à la température et à la durée de chargement, et, d'autre part, du mode de chargement et des conditions d'appui.

Pour étudier ces aspects, deux types de tests ont été réalisés : des essais de cisaillement sur pastilles forées et des essais de flexion '4 points'.

## ESSAIS DE CISAILLEMENT

Les essais de cisaillement sur des pastilles de verre feuilleté ont permis de mettre en évidence la très grande sensibilité de ce genre d'épreuves à des paramètres tels que la vitesse de chargement, l'épaisseur des intercalaires, le diamètre des pastilles, ... Ces essais rapides et peu onéreux peuvent néanmoins s'avérer intéressants dans un second temps si l'on souhaite vérifier des caractéristiques connues d'un matériau et les comparer à des valeurs de référence (à définir) ou à d'autres matériaux de même catégorie.

## COMPORTEMENT EN FLEXION

Les essais de flexion '4 points', plus représentatifs des conditions réelles de sollicitation du verre feuilleté, ont permis de mieux connaître l'interaction entre les différents éléments du composite. Un premier élément pouvant influencer le comportement en flexion du verre feuilleté est le caractère viscoélastique de l'intercalaire. Il est apparu qu'à charge constante, quand l'intercalaire est composé de PVB ou d'une résine, la flèche augmente progressive-



**Essai de flexion sur un verre feuilleté.**

ment. Un autre facteur crucial dans l'évolution temporelle du comportement du verre feuilleté est la température à laquelle il est soumis. Une température élevée agit comme un accélérateur de la flèche, alors qu'à basse température, l'évolution de cette dernière est pratiquement nulle.

Il importe également de rappeler la sensibilité particulière du verre aux charges ponctuelles ainsi que l'influence de la durée de chargement sur les caractéristiques intrinsèques du matériau (diminution de la résistance en flexion, par exemple).

## VIEILLISSEMENT

L'évolution dans le temps des caractéristiques d'un matériau est une donnée importante pour sa modélisation et son utilisation dans des applications réelles. Un vieillissement aux UV et un vieillissement en conditions humides ont été réalisés en vue d'étudier l'influence du vieillissement sur le comportement du verre feuilleté.

Les essais en cisaillement et en flexion '4 points' réalisés sur échantillons vieillissants semblent indiquer, pour les deux types d'intercalaires testés, que le vieillissement n'a pas d'effet majeur sur la résistance du composite.

## PERSPECTIVES

Toutes les avancées liées à la recherche sont actuellement valorisées dans le cadre de la rédaction d'une Note d'information technique consacrée aux ouvrages particuliers en verre. Le premier des deux tomes de cette NIT sera consacré aux applications structurales du verre, telles que les dalles de plancher, les marches d'escalier ou les parois vitrées de bassin. ■



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC N° 3/2009

Pour plus d'informations sur les résultats de cette recherche subsidiée par le SPF Economie, nous renvoyons à la version intégrale de l'article.

**D**e plus en plus courants, les systèmes d'enduit sur isolation extérieure (ETICS) ont une multitude de perspectives à offrir sur le plan des performances énergétiques [1]. Afin de pouvoir prolonger leur durabilité, il importe de les soumettre à un entretien régulier.



✍ I. Dirckx, ir., chercheur, laboratoire 'Matériaux de gros œuvre et de parachèvement', CSTC  
S. Eeckhout, ing., conseiller principal à la division 'Avis techniques', CSTC  
Y. Grégoire, ir.-arch., chef adjoint de la division 'Matériaux', CSTC

Si l'on choisit d'appliquer un système d'enduit sur isolation extérieure (ETICS), il faut savoir que, tant pour des raisons esthétiques que techniques, ce type de revêtement demande plus d'entretien qu'une maçonnerie de parement, par exemple. La fréquence d'entretien dépend fortement de la bonne conception et de la bonne exécution des détails de construction.

Dans le but d'établir, à terme, des règles spécifiques d'entretien des ETICS et de sensibiliser les acteurs – y compris les maîtres d'ouvrages – aux actions nécessaires, un examen des documents existants a d'abord été réalisé. Cet article synthétise les recommandations actuelles afin de dégager les premières pistes de critères futurs mis à jour.

## VIEILLISSEMENT NORMAL

Après la mise en œuvre d'un système d'enduit extérieur sur isolant, le donneur d'ordre doit veiller à ce que celui-ci soit bien entretenu. En effet, au fil du temps, il subira inévitablement la pollution de l'atmosphère et se recouvrira de mousse et d'algues.



**Essai de sensibilité au verdissement des systèmes d'enduits.**

Ce phénomène est fonction de divers facteurs tels que l'environnement, l'orientation, la porosité de l'enduit, ... [3]. Voilà pourquoi il est primordial de bien réfléchir au type d'enduit à utiliser.

L'ETAG 004 'Systèmes d'isolation thermique extérieurs par enduit', qui peut être considéré comme la référence en matière de marquage CE des ETICS, prévoit une durée de vie minimale de 25 ans si le système est utilisé et entretenu comme il se doit.

En ce qui concerne l'entretien, il convient de distinguer, d'une part, le nettoyage et l'élimination des polluants atmosphériques, de la mousse et des algues (entretien normal) et, d'autre part, la réparation de dégradations telles que fissures et boursouffures. Contrairement aux maçonneries de parement, dont les fissures apparaissent principalement dans les joints et dont les salissures sont moins apparentes, ces problèmes seront visibles beaucoup plus vite avec un enduit extérieur (*a fortiori* avec un enduit de finition de teinte claire). Cet article ne traite que de l'entretien normal.

## RECOMMANDATIONS BELGES

Bien qu'à proprement parler, la norme NBN EN 13914-1 [2] ne soit pas applicable aux ETICS, celle-ci peut servir à leur évaluation. L'entretien commence par une inspection minutieuse, de préférence par une personne qualifiée, de l'aspect et des dégradations éventuelles. Les fines fissures ( $\leq 0,2$  mm selon la NBN EN 13914-1 et  $\leq 0,3$  mm selon la NIT 209 'Les enduits extérieurs') sont propres à ce système et ne sont donc pas considérées comme une dégradation.

La norme précitée et la NIT 209 stipulent qu'il convient dans un premier temps d'éliminer la mousse et les algues, après quoi il sera possible de procéder au nettoyage du plan de la façade. On pourra ensuite traiter l'enduit en y ajoutant un produit résistant à l'eau, à la mousse et/ou aux algues et/ou en y appliquant un système de peinture. Il va de soi que le traitement choisi doit convenir au type d'enduit.



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC N° 3/2009

La version longue de cet article est consacrée aux recommandations des pays voisins en matière d'entretien des ETICS.

# Entretien des ETICS

Le 'Guide pratique pour l'entretien des bâtiments' [4] conseille d'effectuer un contrôle annuel de l'aspect. En cas de salissement des façades, celles-ci peuvent être nettoyées au moyen de vapeur sursaturée. Pour de plus amples informations à ce sujet, il y a lieu de se référer à la NIT 197 'Le nettoyage des façades'.

De plus, il convient selon nous de veiller également à l'entretien des ouvrages de raccord (p. ex., entre l'enduit et le seuil ou la menuiserie), qui sont généralement réalisés avec des joints souples.

Selon les STS 56.1 'Mastics d'étanchéité des façades', ceux-ci doivent être entretenus au moins une fois tous les trois ans. S'ils doivent assurer l'étanchéité à l'eau, un entretien annuel est exigé, durant lequel on effectuera non seulement un examen visuel des joints de mastic, mais également un contrôle de l'adhérence et le remplacement des parties éventuellement défectueuses.

## CONCLUSION

Il ressort clairement des recommandations belges qu'un entretien régulier est nécessaire si l'on souhaite conserver en bon état le système d'enduit sur isolation extérieure. Le groupe de travail 'Enduits extérieurs' du CSTC a dès lors entamé une action visant à définir des critères détaillés et actualisés pour l'entretien de ces systèmes. ■



## BIBLIOGRAPHIE

1. Boes C. et Grégoire Y. Zoom sur les ETICS. Bruxelles, Les Dossiers du CSTC n° 2/2009, Cahier n° 1, 2009.
2. Bureau de normalisation NBN EN 13914-1 Conception, préparation et mise en œuvre des enduits intérieurs et extérieurs. Partie 1 : enduits extérieurs. Bruxelles, NBN, 2005.
3. Loutz S. et Dinne K. Salissures et altérations des matériaux pierreux par les micro-organismes. Bruxelles, CSTC-Magazine, n° 2, 2000.
4. Wagneur M. Guide pratique pour l'entretien des bâtiments. Bruxelles, CNC-FAB-SECO-CSTC, 1991 (en cours de révision).

# Rives de terrasses extérieures carrelées sur terre-plein

Un article paru en 1990 dans CSTC-Revue traitait de la pathologie des terrasses extérieures sur terre-plein et énonçait quelques recommandations destinées à limiter les risques de rencontrer ce type de désordres. Aujourd'hui, il nous paraît opportun d'actualiser cette publication, à la lumière de l'expérience des différentes pathologies observées depuis. Ce premier article aborde essentiellement la finition des rives extérieures des terrasses et sera suivi d'un second, plus étoffé, pour compléter le sujet.



L. Firket, arch., chef adjoint de la division 'Avis techniques', CSTC

Il n'est pas rare de constater que les revêtements extérieurs en carreaux céramiques ou en pierre naturelle soient le siège de dégradations superficielles (formation d'éclats à la surface des carreaux, fissuration, ...) ou souffrent d'un vieillissement accéléré (évidement des joints, rejets de chaux, formation de concrétions calcaires, développement de micro-organismes, ...).

Les terrasses extérieures carrelées sont en effet soumises à des sollicitations particulièrement sévères dont il convient de tenir compte lors du choix des matériaux de revêtement et de leur technique de pose.

L'article intitulé 'Résistance au gel des carreaux céramiques : norme européenne inadaptée' publié dans la dernière édition de CSTC-Contact (n° 2/2009) aborde la question de la sensibilité au gel des carreaux céramiques et fait le point sur la normalisation en la matière. Pour la pierre naturelle, les fiches techniques de la Note d'information technique n° 228,

consultables en ligne sur notre site, apportent des informations quant à leur aptitude à l'emploi en extérieur.

Actuellement, la technique de pose la plus fréquemment utilisée consiste à coller les carreaux sur la chape durcie à l'aide d'un mortier-colle adapté à une utilisation extérieure. Bien que moins conseillée pour des carreaux minces et de grandes dimensions, la technique traditionnelle, consistant à poser les carreaux au mortier sur un lit de sable stabilisé, est encore pratiquée pour des carreaux épais, principalement dans le cas de dalles en pierre naturelle.

Les pentes conseillées sont de l'ordre de 1,5 % pour le revêtement carrelé et de 2 % pour la dalle de béton qui lui sert de support, sauf lorsque celle-ci est constituée d'un béton caverneux drainant (ce qui est toujours à conseiller).

Parmi les dégradations observées, les rives de terrasses sur terre-plein constituent une zone particulièrement exposée. Ceci est dû au fait que les terres entourant la terrasse viennent le plus fréquemment mourir contre le revêtement carrelé et la chape qui lui sert de support. Les eaux pluviales s'écoulant sur la terrasse s'évacuent par sa périphérie et viennent alors engorger les terres avoisinantes (cf. figure 1).

Par ailleurs, le fait que la chape ou le lit de sable stabilisé n'ont pas toujours pu être damés de manière optimale au droit des bords



Fig. 1 Terrasse directement en contact avec le terrain.

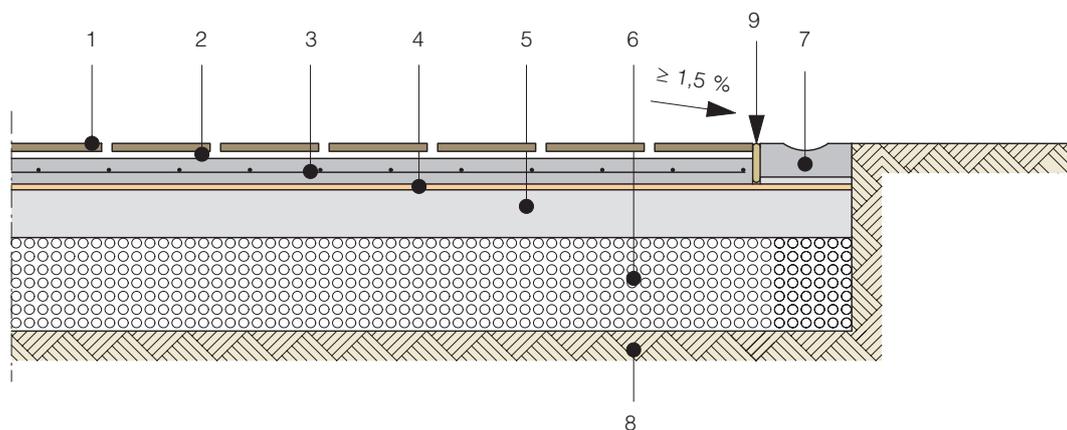
en contact avec les terres peut être à l'origine d'une moins bonne qualité à ces endroits.

Parmi les options pouvant être envisagées, on peut citer la pose d'un caniveau périphérique destiné à récolter les eaux de surface et à les évacuer vers l'égout (cf. figure 2). Celui-ci permet de soutenir la chape lors de sa mise en œuvre et de constituer un élément de finition séparant la chape des terres avoisinantes.

Le caniveau périphérique peut être de type ouvert (filet d'eau tel que représenté dans la figure 2) ou fermé (éléments munis de grilles ou couverts de dalles à joints ouverts).

Une autre possibilité consiste à réaliser un empièchement drainant périphérique récoltant les eaux de surface de la terrasse et pouvant également, si nécessaire, assurer le drainage du

Fig. 2 Pose d'un caniveau périphérique.



1. Revêtement (pente  $\geq 1,5\%$ )
2. Mortier-colle
3. Chape
4. Couche drainante avec évacuation d'eau
5. Dalle de béton (pente  $\geq 2\%$ )
6. Empièchement drainant
7. Filet d'eau
8. Terre-plein
9. Joint souple

sol situé sous la terrasse et autour de celle-ci (cf. figure 3). Cette solution est d'ailleurs également envisagée par la norme française NF P 61-202-1.

La stabilité latérale des bordures peut être assurée en posant ces dernières dans une assise de béton maigre.

Si l'on ne souhaite pas que la périphérie de la terrasse soit parachevée de manière visible par un caniveau ou une bande de gravier, il est possible de prolonger l'empierrement servant de fondation en dessous de la dalle de béton sur une cinquantaine de centimètres au-delà de celle-ci, la terrasse étant alors simplement parachevée au moyen d'éléments de bordure en béton. Ces derniers ne pourront bien évidemment pas dépasser le niveau fini de la terrasse. Il faut par ailleurs veiller à ce que les terres situées en périphérie soient suffisamment drainantes (cf. figure 4).

Nous tenons toutefois à souligner que ces so-

lutions techniques sont des options constructives pouvant être envisagées, en accord avec l'auteur de projet et/ou le maître d'ouvrage, mais ne constituant pas pour autant une obligation.

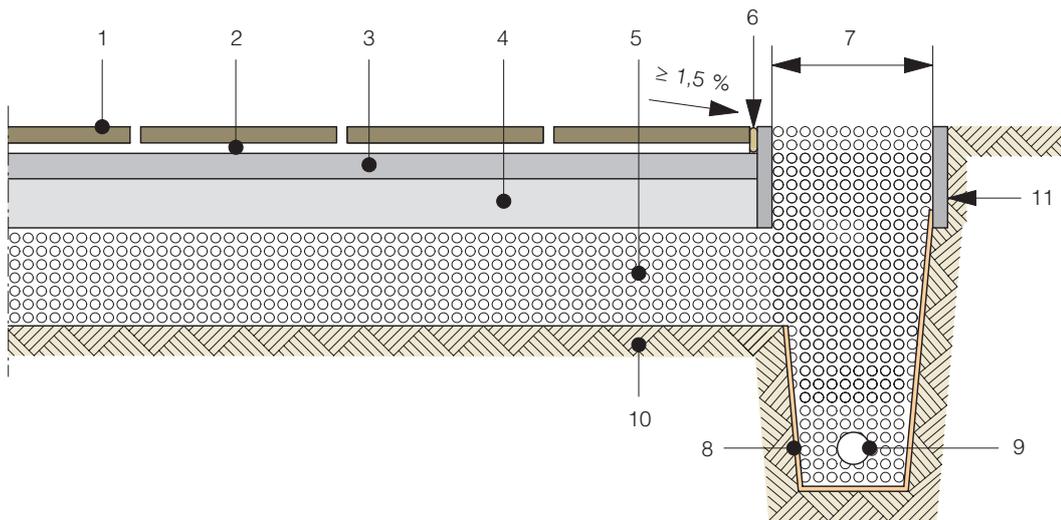
Par ailleurs, un revêtement carrelé n'étant pas étanche à l'eau, il importe d'éviter d'emprisonner l'eau sous le revêtement, au sein de l'infrastructure. Idéalement, il convient donc de faire en sorte que les différentes couches superposées soient de plus en plus perméables depuis la surface jusqu'aux fondations.

Rappelons enfin que, vu le niveau de sollicitation particulièrement sévère auquel sont soumises les terrasses extérieures (p. ex. gel), leur bon comportement dans le temps reste difficile à garantir et ce, quelles que soient les précautions prises lors de leur réalisation (cf. figure 5). ■



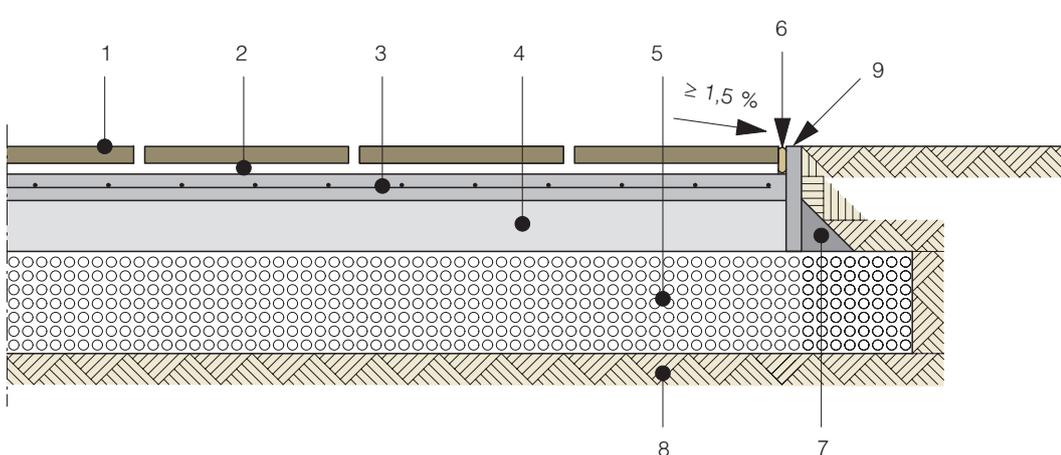
Fig. 5 Dégâts de gel observés sur une terrasse extérieure. ▶

Fig. 3 Pose traditionnelle sur fondation drainante.



1. Revêtement (pente  $\geq 1,5\%$ )
2. Mortier de pose
3. Lit de sable stabilisé
4. Béton caverneux
5. Empierrement drainant
6. Joint souple
7. Zone de drainage périphérique
8. Géotextile entourant la tranchée périphérique
9. Tuyau de drainage (profondeur en fonction des conditions locales)
10. Terre-plein
11. Bordure périphérique

Fig. 4 Prolongation de l'empierrement servant de fondation.



1. Revêtement (pente  $\geq 1,5\%$ )
2. Mortier de pose
3. Chape armée
4. Béton caverneux
5. Empierrement drainant
6. Joint souple
7. Béton maigre
8. Terre-plein
9. Bordure périphérique

**B**ien que le choix des couleurs lors de l'exécution des travaux de peinture ne relève en général que de considérations esthétiques, certains aspects doivent néanmoins être pris en compte pour les personnes malvoyantes. Cet article traite plus particulièrement de l'importance du choix de peintures présentant un bon contraste de couleur et de luminance.



✍ S. Danschutter, ir.-arch., chef de projet, laboratoire 'Développement durable', CSTC  
P. D'Herdt, ir., chef de projet, division 'Climat, équipements et performances énergétiques', CSTC

L'enquête nationale sur la santé effectuée en 2004 a révélé que les personnes malvoyantes représentent une part non négligeable de la société. Il en ressort notamment que 3 % de la population souffrent de 'troubles visuels modérés' et 0,5 % de 'troubles visuels graves'. Il est fort probable que ce pourcentage ne fasse qu'augmenter avec le vieillissement de la population. Il existe ainsi suffisamment de raisons pour qu'on y accorde l'attention nécessaire, surtout si l'on souhaite que les personnes puissent vivre de manière autonome le plus longtemps possible et que le risque d'accidents reste limité.

Dans le cadre de l'accessibilité à l'environnement bâti, l'attention portait jusqu'ici principalement sur l'accessibilité des constructions aux chaises roulantes. La 'conception inclusive' va néanmoins un peu plus loin et vise un groupe d'utilisateurs finaux aussi large que possible.

Les aspects de contraste et d'éclairage sont très importants pour l'observation et l'orientation à l'intérieur des bâtiments. Cela est particulièrement vrai pour les personnes présentant des troubles visuels modérés.



**Fig. 1** L'utilisation de bons contrastes est très importante pour les malvoyants.

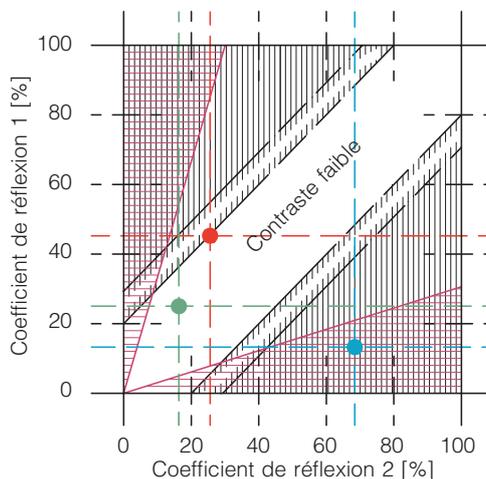
# Eclairage et contrastes pour les personnes malvoyantes



**Fig. 2** Mesure du coefficient de réflexion à l'aide d'un spectrocolorimètre.

Les malvoyants sont bien plus sensibles aux différences de luminance qu'aux différences de teinte et de saturation. Ainsi, ils distingueront moins bien le rouge du vert que le blanc du bleu. Le contraste de luminance entre deux surfaces est déterminé par leur différence de luminance réciproque qui dépend, quant à elle, de leur coefficient de réflexion respectif.

La différence de luminance entre deux surfaces peut être aisément déterminée à l'aide d'un luminancemètre. Cependant, il est plus difficile de définir des critères exacts pour ces mesures, étant donné que les résultats peuvent être influencés par l'éclairage d'ambiance et l'endroit où l'observateur se trouve.



**Fig. 3** Evaluation du contraste de luminance entre deux surfaces selon la BS 8300 et l'ADAAG.

[www.cstc.be](http://www.cstc.be)  
LES DOSSIERS DU CSTC N° 3/2009

Cet article dont la version intégrale paraîtra prochainement sur notre site web, a été établi dans le cadre des activités de la Guidance technologique 'Revêtement organique – REVORGAN', avec le soutien financier du Service public de Wallonie.

Diverses sources peuvent être consultées en ce qui concerne l'évaluation des contrastes. Celles-ci posent à chaque fois des exigences quant à la différence de coefficient de réflexion (*Light Reflection Value* ou LRV) entre les surfaces considérées. Citons notamment parmi les références consultées :

- l'*Americans with Disabilities Act (ADA)*. *Accessibility Guidelines for Buildings and Facilities (ADAAG)* (<http://www.access-board.gov/adaag/ADAAG.pdf>)
- la norme britannique BS 8300:2001 *Design of buildings and their approaches to meet the needs of disabled people. Code of practice.*

L'évaluation du contraste entre deux surfaces diffuses et opaques, éclairées de façon uniforme, s'opère selon ces documents de référence en comparant leurs coefficients de réflexion respectifs, mesurés à l'aide d'un (spectro)colorimètre. ■

**D**ans le cadre de la directive européenne du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments, la Région wallonne a été amenée à modifier l'ancienne réglementation fédérale de 1978 relative à la prévention de la pollution atmosphérique provoquée par les installations de chauffage central, comme ce fut le cas en Région flamande il y a quelque temps et comme la Région de Bruxelles-Capitale s'apprête également à le faire.



✍ C. Delmotte, ir., chef du laboratoire 'Qualité de l'air et ventilation', CSTC

## RÉFÉRENCES LÉGALES

Conformément à la directive européenne, le nouvel arrêté wallon du 29 janvier 2009 (modifié le 18 juin 2009) fixe des exigences tendant, d'une part, à prévenir la pollution atmosphérique provoquée par les installations de chauffage central destinées au chauffage de bâtiments ou à la production d'eau chaude sanitaire et, d'autre part, à réduire leur consommation énergétique. A l'exception de certains articles dont l'entrée en vigueur est postposée à 2011 ou 2012, l'arrêté est d'application depuis le 29 mai 2009. L'arrêté royal (fédéral) du 6 janvier 1978 visant à prévenir la pollution atmosphérique lors du chauffage de bâtiments à l'aide de combustibles solides ou liquides est abrogé.

## DOMAINE D'APPLICATION

La réglementation s'applique aux installations de chauffage central (neuves et existantes) à eau, vapeur basse pression ou huile thermique équipées d'au moins un générateur de chaleur qui permet de brûler des combustibles solides, liquides ou gazeux (chaudières bois, mazout ou gaz, p. ex.). Les systèmes de chauffage central par air chaud et les appareils de chauffage décentralisés (poêles, p. ex.) ne sont pas concernés par l'arrêté. Les chauffe-eau ou chauffe-bains instantanés sans volume de stockage de l'eau chaude ne sont pas concernés non plus.

## INTERVENTION SUR DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE CENTRAL

Toute intervention sur la partie combustion d'un générateur de chaleur alimenté en combustible liquide ou gazeux ne peut être effectuée que par un technicien agréé. Des dispositions transitoires sont prévues afin que les techniciens agréés avant l'entrée en vigueur de la réglementation puissent continuer à exercer leur profession.

# Pollution atmosphérique et installations de chauffage central : du nouveau en Région wallonne

## CONTRÔLE PÉRIODIQUE

Les installations de chauffage central doivent faire l'objet d'un contrôle périodique. La fréquence minimale est de un an pour les combustibles solides et liquides et de trois ans pour les combustibles gazeux. Un contrôle doit également avoir lieu après chaque intervention à la partie combustion du générateur de chaleur. L'entrée en vigueur effective des exigences relatives au contrôle périodique se trouve toutefois actuellement retardée par l'attente des dispositions relatives aux orifices de mesure et du modèle d'attestation de contrôle.

A défaut de dispositions spécifiques, l'obligation d'entretien des installations de chauffage central ne semble plus applicable en pratique. Un tel entretien reste toutefois indispensable pour leur bon fonctionnement à long terme.

## LOCAL DE CHAUFFE

Dans les bâtiments neufs, les locaux de chauffe qui abritent un ou plusieurs générateurs de chaleur doivent répondre aux normes NBN B 61-001, NBN B 61-002, NBN D 51-003, NBN D 51-004 et/ou NBN D 51-006 selon le cas. Cette exigence inclut les systèmes d'amenée et de sortie d'air et d'évacuation des gaz de combustion (cheminées). Dans les bâtiments existants, les locaux de chauffe doivent satisfaire, à la date du premier contrôle périodique, aux dispositions du code de bonne pratique qui leur étaient applicables au moment du placement de l'installation de chauffage central ou auxquelles ils ont été soumis par la suite.



## DIAGNOSTIC APPROFONDI

Les installations de chauffage central à eau dont la puissance nominale installée est supérieure à 20 kW doivent être soumises à un diagnostic approfondi dans un délai de deux ans après que la chaudière ou le brûleur a atteint l'âge de 15 ans. Cet âge est compté à partir de la date d'installation ou, à défaut, de l'année de construction du générateur de chaleur. L'entrée en vigueur effective de cette exigence se trouve toutefois actuellement retardée par l'attente d'une méthode de diagnostic officielle et d'un outil de calcul approprié.

## MESURES COMPLÉMENTAIRES

Les arrêtés prévoient encore d'autres mesures techniques qui seront d'application dès le 1<sup>er</sup> janvier 2011. Ces mesures concernent les installations utilisant des combustibles liquides et gazeux :

- limitation de la puissance installée dans un même local de chauffe (installations neuves)
- installation d'un générateur de chaleur par ou sous la responsabilité d'un technicien agréé
- première mise en service réalisée par un technicien agréé
- réalisation de la réception d'un nouveau générateur de chaleur lors de sa première mise en service ou dans les 15 jours qui suivent.

Deux autres mesures techniques entreront, quant à elles, en vigueur le 29 mai 2011 :

- obligation d'agrafer les tickets générés par les instruments de mesure à l'attestation de contrôle
- spécifications techniques et obligations de contrôle et d'étalonnage des équipements de mesure. ■



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC N° 3/2009

Pour plus d'informations sur le sujet, nous renvoyons à la version intégrale de l'article.

**B**ien que l'on puisse se baser depuis 2000 sur la norme européenne NBN EN 12056-3 pour concevoir les installations d'évacuation d'eaux pluviales, cette dernière ne donne aucune indication quant à la réalisation des trop-pleins. Ce type de dispositif étant néanmoins essentiel à toutes les surfaces encloses qui récoltent les eaux de pluie, le CSTC y a consacré une Infofiche à la demande du Comité technique 'Plomberie sanitaire et industrielle, installations de gaz'.



*K. De Cuyper, ir., coordinateur des Comités techniques, CSTC*

Cette Infofiche précise avant tout quelle est l'intensité des précipitations à prendre en compte afin de calculer le système d'évacuation. Selon la NIT 191 – qui exige que le niveau maximal de l'eau sur la toiture ne dépasse pas le niveau exceptionnellement atteint lors d'une averse dont la période de retour est de 100 ans – et si l'on tient compte des statistiques de précipitations belges de la norme NBN B 52-011 et d'une durée d'averse de 2 minutes, l'intensité des précipitations ( $r_p$ ) s'élève 0,07 l/s.m<sup>2</sup>.

A titre de comparaison, selon la norme NBN 306, le dispositif normal d'évacuation doit être calculé pour une intensité de précipitations ( $r_n$ ) de 0,05 l/s.m<sup>2</sup>. Cette valeur correspond à des précipitations dont la période de retour est de 15 ans et la durée de 2 minutes.

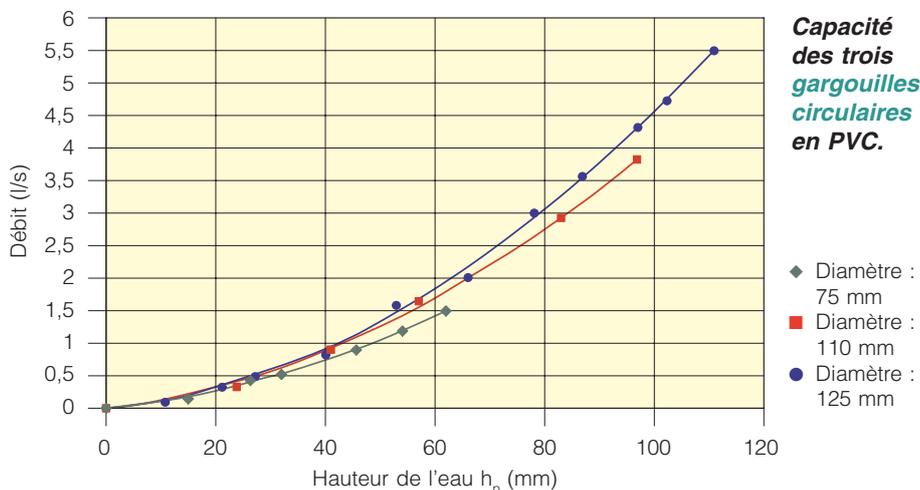
Si l'on souhaite calculer le débit à évacuer par les trop-pleins, il convient de faire la distinction entre une situation où le bon fonctionnement du dispositif normal d'évacuation est assuré en cas d'averse exceptionnelle et une situation où ce n'est pas le cas.

Dans le premier cas, le calcul du débit  $Q_p$  à évacuer s'effectue de la manière suivante :

$$Q_p = (r_p - r_n) \cdot A \text{ (l/s)} = 0,02 \cdot A \text{ (l/s)}$$

- où :
- $r_p$  = l'intensité des précipitations dont la période de retour est de 100 ans (0,07 l/s.m<sup>2</sup>)
  - $r_n$  = l'intensité des précipitations dont la période de retour est de 15 ans (0,05 l/s.m<sup>2</sup>)
  - A = la surface qui récolte la pluie (m<sup>2</sup>) :
    - pour les toitures distinctes, A correspond à la projection horizontale de la toiture
    - si une ou plusieurs parties de façade dépassent de la toiture, la surface horizontale de la toiture doit alors être augmentée de la moitié des surfaces de façade.

# Trop-pleins pour toitures plates avec relevé



Dans le deuxième cas, le calcul du débit de pointe à évacuer se fait comme suit :

$$Q_p = r_p \cdot A \text{ (l/s)} = 0,07 \cdot A \text{ (l/s)}$$

L'Infofiche fournit également quelques recommandations pour la conception des gargouilles (c.-à-d. des ouvertures horizontales à travers le relevé de la toiture) et des trop-pleins de type avaloirs. Ces éléments se situent généralement tous les deux 50 mm au-dessus des avaloirs habituels.

Dans le cas de gargouilles rectangulaires, la largeur L est déterminée comme suit :

$$L = 24.000 \cdot Q_p / \sqrt{(h_p)^3} \text{ (mm)}$$

où :

- $Q_p$  = le débit à évacuer par la gargouille (l/s)
- $h_p$  = le niveau de l'eau au-dessus du bord inférieur de la gargouille. Celui-ci dépend de la hauteur d'eau maximale que l'on peut tolérer sur la toiture, laquelle équivaut habituellement à 75 mm (sauf indications contraires du concepteur de la structure d'appui). Dans ce cas-ci,  $h_p$  équivaut donc à 75 - 50 = 25 mm.

Le graphique de la figure ci-dessus donne quant à lui une idée de la capacité de trois gargouilles circulaires en PVC d'un diamètre de 75, 110 et 125 mm. On peut en déduire que, pour une hauteur d'eau  $h_p$  de 25 mm, les trois gargouilles présentent pour ainsi dire la même capacité : 0,3 l/s. Si le niveau d'eau maximal sur la toiture ne dépasse pas 75 mm, il est inutile de poser des gargouilles d'un diamètre supérieur. Si le bon fonctionnement du dispositif d'évacuation en cas d'averse exceptionnelle

est garanti, cette capacité de 0,3 l/s correspond à la quantité d'eau pluviale sur une surface de toiture horizontale de 15 m<sup>2</sup>. Si ce n'est pas le cas, cette capacité équivaut seulement à la quantité d'eau sur une surface de toiture de 5 m<sup>2</sup>. Ces chiffres impliquent que, de manière générale, les gargouilles circulaires ne peuvent pas être considérées comme des trop-pleins à part entière.

La norme NBN EN 12056-3 donne des indications quant au calcul du diamètre D d'un trop-plein de type avaloir. On y distingue deux formules :

- si  $h_p \leq D/2$  :
 
$$D = 7.500 \cdot Q_p / \left( k_0 \cdot \sqrt{(h_p)^3} \right) \text{ (mm)}$$

- si  $h_p > D/2$  :
 
$$D = \sqrt{15.000 \cdot Q_p / (k_0 \cdot \sqrt{h_p})} \text{ (mm)}$$

où :

- $Q_p$  = le débit à évacuer par le trop-plein de type avaloir (l/s)
- D = le diamètre du trop-plein (mm)
- $k_0$  = un facteur tenant compte de la présence éventuelle d'une grille au-dessus du trop-plein (sans grille,  $k_0 = 1$ ; et avec grille,  $k_0 = 0,5$ ). ■



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

La version intégrale de cette Infofiche comporte des recommandations supplémentaires quant à la mise en œuvre correcte des trop-pleins et illustre les calculs au moyen d'une série d'exemples.

L'isolation thermique des bâtiments est d'abord associée à une moindre consommation d'énergie.

Mais isoler, c'est aussi réchauffer les surfaces intérieures et, par conséquent, améliorer le confort dans nos bâtiments existants.



✍ P. Demesmaecker, ing., conseiller principal, division 'Avis techniques', CSTC

Afin de maximiser le confort dans un bâtiment, on concentrera l'isolation thermique sur son enveloppe, c.-à-d. sur les surfaces de déperdition qui séparent le volume que l'on souhaite maintenir à une certaine température de l'extérieur ou des espaces que l'on ne souhaite pas chauffer. Comme le nom 'enveloppe' le suggère, l'isolant protège et entoure de façon continue le volume dit 'protégé'. D'un point de vue thermique, il n'est dès lors pas nécessaire d'isoler une même habitation à différents niveaux (entre étages, dans les cloisons, ...).

Après la toiture, ce sont généralement les murs qui représentent la plus importante surface de déperdition de la plupart des maisons. Il faut par conséquent veiller à les isoler correctement. Les récents décrets des Régions wallonne et de Bruxelles-Capitale imposent des performances thermiques sensiblement augmentées par rapport aux exigences précédentes : il devrait être courant, sinon systématique, de rencontrer, dans les murs, des isolants d'une épaisseur comprise entre 8 et 10 cm (cf. tableau 1). Ces exigences imposées par les Régions devraient par ailleurs être considérées comme des valeurs minimales.

En Région flamande, l'exigence relative à l'isolation des murs sera vraisemblablement modifiée dès le 1<sup>er</sup> janvier 2010 afin de correspondre aux critères des autres Régions.

# L'isolation thermique des murs existants

Outre la performance thermique de l'isolant, il convient de choisir une technique d'isolation adaptée. Dans le cas de l'isolation des murs, on peut relever trois techniques différentes :

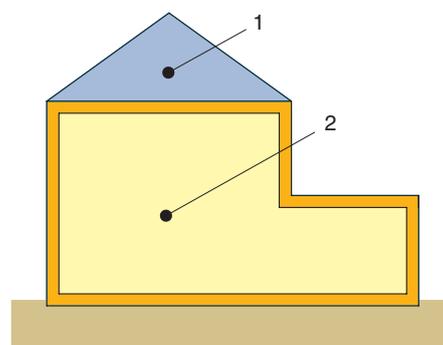
- l'isolation par l'intérieur
- l'isolation par l'extérieur
- l'isolation par injection/insufflation dans la coulisserie (lame d'air dans les murs creux).

Ces techniques présentent des avantages et des inconvénients parfois contraignants. On se référera à ce propos au tableau 2 (p. 18). Ainsi, l'isolation par l'extérieur apparaît comme la plus intéressante et présente le moins de risques. C'est donc évidemment cette dernière technique qui devrait être privilégiée.

En ce qui concerne l'isolation de la coulisserie, celle-ci ne peut être réalisée que par des entreprises spécialisées qui doivent pouvoir garantir la pérennité de l'ouvrage. La coulisserie devrait être inspectée au préalable par endoscopie (vérification de l'absence de discontinuités, p. ex.), et l'homogénéité de l'isolation devrait être contrôlée, généralement par thermographie, une fois l'opération terminée (cf. CSTC-Magazine n° 2/1998 – [www.cstc.be](http://www.cstc.be)).

L'isolation par l'intérieur, quant à elle, est une technique délicate qu'il convient d'éviter autant que possible. Si cette technique devait malgré tout être utilisée en raison d'une impossibilité d'appliquer les deux autres techniques, il convient absolument de veiller à ce que les murs soient et restent secs. Les murs fortement exposés aux pluies battantes devraient être protégés et séchés avant toute intervention par l'intérieur. En outre, il y a

Fig. 1 L'isolant protège et entoure le volume dit 'protégé'.



1. Comble inoccupé et non chauffé
2. Volume d'habitation à isoler

lieu de soigner particulièrement l'étanchéité à l'air et, dans un certain nombre de cas, l'étanchéité à la vapeur du doublage réalisé à l'intérieur. Ainsi, toute infiltration d'air intérieur derrière l'isolant (par des prises électriques ou des interrupteurs, p. ex.) devra être évitée. La présence d'un pare-vapeur est recommandée dans tous les cas, en l'absence de simulation du comportement hygrométrique du mur au moyen d'un logiciel approprié. Afin d'assurer une bonne étanchéité à l'air (et à la vapeur) du doublage intérieur, on prévoira de préférence un espace technique entre le pare-vapeur et la finition intérieure (cf. figure 2, p. 18), dans lequel on intégrera notamment les gaines et prises électriques. Tout percement de ce pare-vapeur devrait être rendu étanche au moyen de bandes autocollantes de bonne qualité, par exemple.

Tableau 1 Exigences  $U_{max}$  imposées par les Régions aux murs extérieurs des bâtiments nouveaux et exemples d'épaisseur pour des matériaux d'isolation courants.

Région	$U_{max}$ (W/m <sup>2</sup> K)	Épaisseur minimale de l'isolant (cm) sur une maçonnerie en briques de 20 cm d'épaisseur					
		Laine minérale ( $\lambda_{ui}$ en W/mK)		Mousse de polyuréthane ( $\lambda_{ui}$ en W/mK)		Polystyrène extrudé ( $\lambda_{ui}$ en W/mK)	
		Non certifié : 0,045	Avec ATG : 0,041	Non certifié : 0,035	Avec ATG : 0,028	Non certifié : 0,04	Avec ATG : 0,034
Région flamande (jusque fin 2009)	0,6	6	6	5	4	6	5
Région wallonne, Région de Bruxelles-Capitale et Région flamande (à partir du 1 <sup>er</sup> janvier 2010)	0,4	10	9	8	7	9	8
Evolutions futures ?	0,3	14	13	11	9	12	11

Tableau 2 Exemples de techniques d'isolation avec leurs avantages et inconvénients.

Isolation dans la coulisse	Isolation par l'intérieur	Isolation par l'extérieur
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ finitions intérieures et extérieures conservées</li> <li>➤ pas d'encombrement</li> <li>➤ contraintes thermiques et hygriques élevées pour le parement (risque de fissures) et risque de dégâts par le gel</li> <li>➤ uniquement possible si la coulisse est suffisamment large (min. 4 cm)</li> <li>➤ très délicat si le parement est peint ou émaillé</li> <li>➤ épaisseur d'isolant limitée à l'épaisseur de la coulisse</li> <li>➤ risque accru d'infiltrations d'eau</li> <li>➤ ponts thermiques éventuels accentués (linteaux, ...)</li> <li>➤ déchets de mortier = petits ponts thermiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ aspect extérieur non modifié</li> <li>➤ mur doit être étanche et rester sec</li> <li>➤ formation ou accentuation des ponts thermiques</li> <li>➤ volume intérieur diminué</li> <li>➤ contraintes thermiques dans la façade (risque de fissures)</li> <li>➤ finitions intérieures à refaire</li> <li>➤ risque de condensation interne</li> <li>➤ masse thermique diminuée (confort d'été)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ continuité de l'isolant</li> <li>➤ la plupart des ponts thermiques peuvent être évités</li> <li>➤ contrôle de la pose aisé</li> <li>➤ pas de perte de place à l'intérieur</li> <li>➤ façade protégée</li> <li>➤ peu d'exigences par rapport aux caractéristiques mécaniques de la façade existante (cohésion, gel, ...)</li> <li>➤ n'affecte pas les finitions intérieures</li> <li>➤ l'étanchéité de la façade est améliorée</li> <li>➤ masse thermique préservée</li> <li>➤ modification de l'aspect extérieur qui requiert le plus souvent une autorisation en matière d'urbanisme</li> </ul>

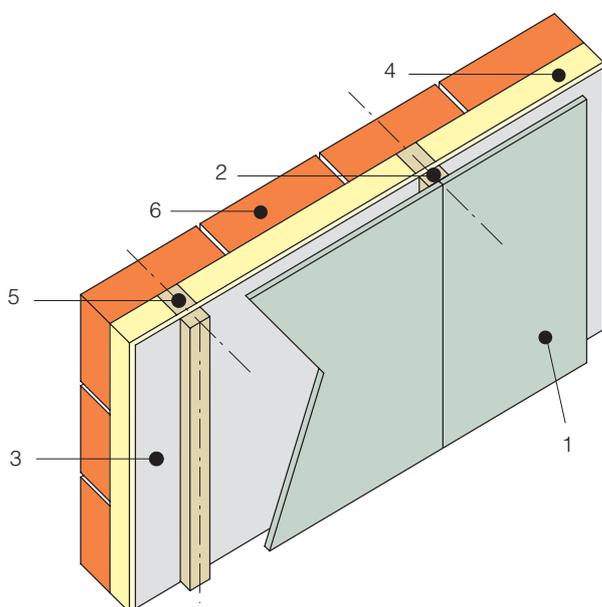


Fig. 2 Vide technique séparant le pare-vapeur de la finition intérieure.

1. Finition intérieure
2. Lattage (créant un vide technique)
3. Pare-vapeur
4. Isolation thermique
5. Structure secondaire
6. Maçonnerie existante

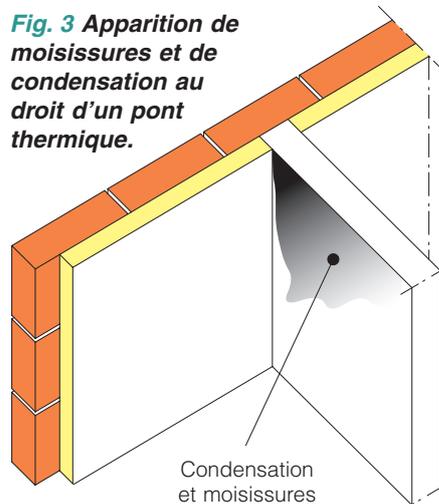


Fig. 3 Apparition de moisissures et de condensation au droit d'un pont thermique.

L'isolation par l'intérieur est difficile à réaliser en continu, compte tenu notamment de la présence des planchers, murs de refend et baies de fenêtres. On veillera donc dans la mesure du possible à prolonger l'isolation sur ces parois perpendiculaires et planchers de façon à éviter la formation de ponts thermiques au droit desquels des moisissures risqueraient de se développer (cf. figure 3 et 4).

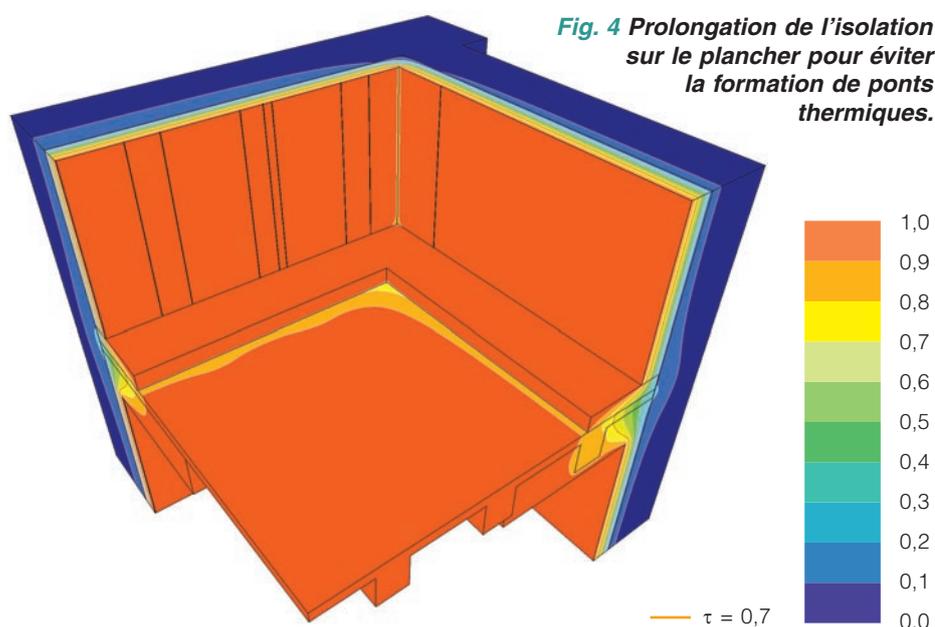


Fig. 4 Prolongation de l'isolation sur le plancher pour éviter la formation de ponts thermiques.

En conclusion, le contexte économique-écologique actuel rend l'isolation des murs incontournable. L'épaisseur de l'isolant doit être maximisée en fonction des possibilités du bâtiment. Le choix de la technique d'isolation est très important : on privilégiera, dans tous les cas, l'isolation par l'extérieur. Si cette technique d'isolation n'est pas envisageable et que l'insufflation/injection de la coulisse n'est pas possible ou est insuffisante, on pourrait envisager d'isoler le bâtiment par l'intérieur, moyennant des précautions particulières quant à son état de siccité préalable, à l'étanchéité à l'air et à la vapeur. On veillera également à ne pas former ou accentuer des ponts thermiques. ■

La norme belge NBN S 01-400-1 fixe des exigences *in situ* pour l'isolement des planchers aux bruits de choc sur la base d'indices pouvant sembler parfois complexes. En complément à l'article du CSTC-Contact n° 15 qui détaillait ces indices, l'objectif est ici de les traduire en directives de construction permettant de répondre aux exigences de la norme.



# Comment respecter les critères d'isolement aux bruits de choc de la NBN S 01-400-1 ?

✍ M. Van Damme, ing., chef du laboratoire 'Acoustique', CSTC

La nouvelle NBN S 01-400-1 définit des critères d'isolement aux bruits de choc entre logements distincts sur la base du niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé  $L'_{nT,w}$  mesuré *in situ* et exprimé en décibels.

Plus le plancher étudié est performant, plus le paramètre  $L'_{nT,w}$  est bas. On retrouve ainsi dans la norme trois seuils importants :

- une valeur maximale de 58 dB pour un confort normal entre deux locaux
- une valeur maximale de 54 dB pour un confort normal dans une chambre à coucher contiguë à des locaux dans lesquels les bruits de choc sont plus importants
- une valeur maximale de 50 dB pour un confort acoustique supérieur.

Le niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé  $L'_{nT,w}$  n'est pas une grandeur directement 'lisible' sur les matériaux. Il sera donc nécessaire de le calculer si l'on souhaite l'estimer pour une composition définie. Il exprime dans la pratique le bruit que l'on peut entendre dans le local de réception lorsqu'on place une machine à choc normalisée sur le plancher d'un autre local. Le bruit que l'on perçoit est donc fonction de la voie directe ainsi que de toutes les voies latérales en contact avec le plancher mis en vibration par la machine.

Le paramètre  $L'_{nT,w}$  est fonction de plusieurs paramètres. C'est avant tout la masse du plancher de support qui intervient dans son calcul : plus le plancher de base est lourd, meilleur est l'isolement aux bruits de choc.

Ce sont ensuite le choix et l'exécution de la couche d'isolation acoustique située sous la chape flottante qui influenceront ce paramètre. Pour le choix de la couche d'isolation, il est possible de se baser sur la valeur  $\Delta L_w$  fournie par les fabricants : plus ce paramètre est élevé, meilleure sera l'efficacité du produit contre les bruits de choc (attention, néanmoins, aux variations entre les conditions réelles de mise en œuvre et les conditions idéales du test en laboratoire : épaisseur de la chape, percements, ...).

Le volume du local de réception agira, lui aussi, sur la valeur de  $L'_{nT,w}$ . Les valeurs du tableau ci-dessous concernent des locaux de réception d'un volume de 31 m<sup>3</sup>. Pour des locaux de réception d'un volume inférieur, les performances seront moins bonnes, tandis que les résultats seront meilleurs pour des locaux de réception d'un volume supérieur.

Enfin, le rayonnement des parois latérales aura également une influence, mais moindre (de 1 à 2 dB de variation), les résultats étant d'autant meilleurs que les parois sont lourdes.

La procédure de calcul, basée sur la norme NBN EN 12354-2, est décrite en détail dans la version longue de cet article et est accompagnée d'exemples d'application. Le tableau ci-dessous résume les principales directives de construction pouvant être adoptées dans les immeubles à appartements afin d'atteindre les différents niveaux de confort de la norme NBN S 01-400-1. L'article complet présente également les principales recommandations et précautions pour la mise en œuvre des chapes flottantes sur chantier. ■



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC N° 3/2009

Dans la version intégrale de cet article, vous trouverez de plus amples informations concernant :

- la caractérisation et les performances des matériaux pour l'isolation aux bruits de choc
- les modèles de prédiction de l'isolement *in situ*
- les techniques de traitement des bruits de choc répondant aux nouvelles exigences de la NBN S 01-400-1 (directives de construction)
- la mise en œuvre des chapes flottantes et les erreurs d'exécution.

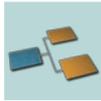
## Principales directives de construction pour les immeubles à appartements.

Type de plancher	Sous-chape (1) en béton cellulaire + couche d'isolation acoustique de la chape flottante (2)		Sous-chape (1) classique + couche d'isolation acoustique de la chape flottante (2)	
	$\Delta L_w = 18$ dB (p. ex. PE 5 mm)	$\Delta L_w = 21$ dB (p. ex. 2 x PE 5 mm)	$\Delta L_w = 18$ dB (p. ex. PE 5 mm)	$\Delta L_w = 21$ dB (p. ex. 2 x PE 5 mm)
Hourdis (16 cm)	Non applicable	< 58 dB	< 58 dB	< 58 dB
Prédalle + béton (total : 15 cm) / Hourdis (16 cm) + béton de compression (5 cm) (total : 21 cm)	< 58 dB	< 58 dB	< 58 dB	< 54 dB
Prédalle + béton (total : 20 cm)	< 58 dB	< 54 dB	< 54 dB	< 50 dB
Prédalle + béton (total : 25 cm)	< 54 dB	< 50 dB	< 54 dB	< 50 dB

(1) Il s'agit d'une sous-couche de recouvrement des conduites, sous la couche d'isolation acoustique.

(2) Il s'agit d'une chape traditionnelle armée d'une épaisseur  $\geq 60$  mm.

Les technologies de l'information et de la communication (TIC) deviennent des outils incontournables pour l'indépendant et l'entreprise de construction. Elles peuvent notamment servir à optimiser les processus de gestion de l'entreprise, que ce soit en phase d'offre de prix, de commande client, de préparation de chantier, d'achat, d'exécution de chantier ou d'analyse de fin de chantier.



D. Pirlot, l.s.c.f., chef de division, département 'Communication et gestion', CSTC

Prise isolément, chacune des étapes, de l'offre à l'exécution de chantier, est susceptible d'être améliorée à l'aide de l'outil informatique. Cependant, l'ensemble du processus atteint un niveau d'optimisation plus important si toutes les étapes sont mises en relation et partagent leurs informations. C'est tout l'apport des solutions intégrées, des ERP (*entreprise resource planning* ou planification des ressources de l'entreprise).

A moins de disposer d'une expertise en interne ou de développer des applications sur un tableur tel qu'Excel, l'entreprise sera amenée à faire appel à une maison de *software* pour lui fournir et implanter de tels outils.

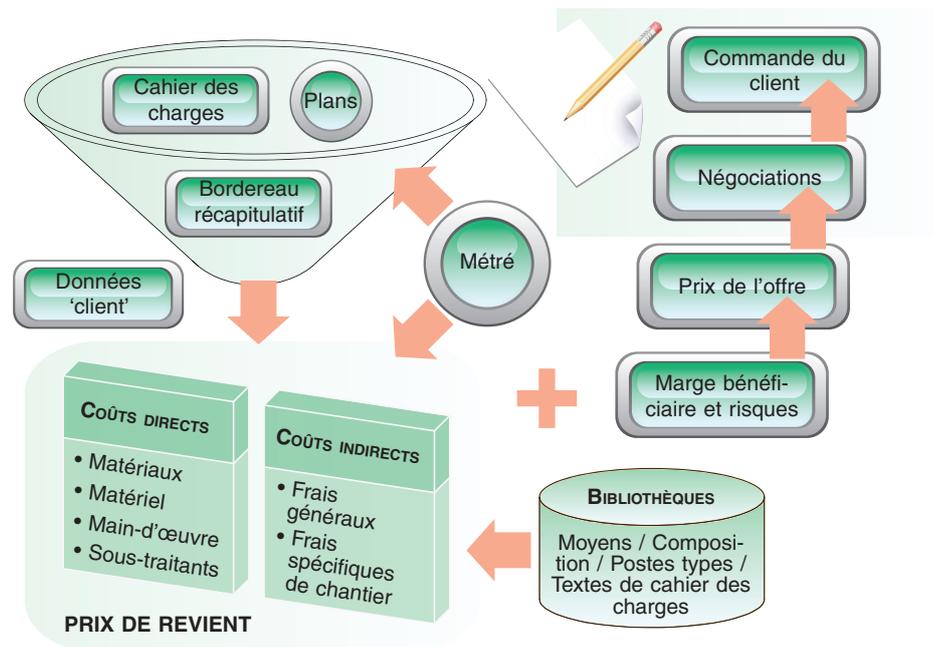
En l'absence d'accès réglementé à la profession, n'importe qui peut prétendre s'y connaître en la matière. Il existe donc un risque d'avoir affaire à une personne non expérimentée. De plus, certaines sociétés peuvent être tentées de profiter de l'ignorance du client en lui proposant un contrat très déséquilibré. Ainsi, il arrive que l'entrepreneur soit insuffisamment informé par son fournisseur des modalités de cession des droits intellectuels ou de l'ampleur des coûts récurrents. Parfois, il est même piégé par un contrat abusif, pieds et poings liés avec une solution et un fournisseur qui ne répond pas du tout à ses besoins.

Dès lors, certains entrepreneurs hésitent à franchir le pas vers un usage plus actif des TIC dans leur entreprise. Une telle attitude de report de projets n'est évidemment pas recommandable à long terme, tant les TIC sont devenues un outil indispensable pour l'entreprise. Elles sont même de plus en plus souvent incontournables pour maintenir sa place sur un marché sans cesse plus ouvert.

En ce qui concerne le calcul des devis, l'entrepreneur veut soumissionner plus rapidement avec le maximum d'exactitude, tout en ayant la possibilité de simuler efficacement son prix

# Aide au choix d'une solution informatique pour le calcul des devis

Données nécessaires pour le calcul d'une offre.



de vente, de proposer des variantes et de récupérer, en cas de commande, les données pour le suivi de chantier et la facturation (principe de base des solutions intégrées ERP).

Plusieurs maisons de *software* ont développé des logiciels pour calculer les devis. Afin d'aider l'entrepreneur à choisir une solution répondant à ses besoins, la division 'Gestion, qualité et techniques de l'information' a formulé un certain nombre de questions à se poser afin de choisir efficacement un logiciel de devis.

Cet outil concerne les fonctionnalités relatives :

- aux métrés
- aux bibliothèques de l'entreprise (moyens, composition, postes types)
- aux données du client
- à l'introduction du bordereau descriptif des travaux
- au calcul des coûts directs
- au calcul des coûts indirects (frais généraux d'entreprise et d'atelier, frais spécifiques de chantier)

- au calcul du prix de revient
- à l'introduction des marges bénéficiaires et des facteurs de risque
- au calcul du prix de l'offre
- à l'impression de l'offre
- au transfert du devis et l'exportation des données.

En conclusion, il va sans dire qu'un test réel avec les données de l'entreprise constitue la meilleure évaluation des performances d'une solution informatique. ■



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC N° 3/2009

De plus amples informations sur les caractéristiques d'un logiciel de devis seront fournies dans la version intégrale de cet article à paraître sur notre site Internet. Par ailleurs, les collaborateurs de la division 'Gestion' sont à votre disposition pour tout complément d'information ([gebe@bbri.be](mailto:gebe@bbri.be)).



# Publications et formations au CSTC

## PUBLICATIONS

### Les Dossiers du CSTC

- N° 2/2009. Cahier 1. Zoom sur les ETICS (C. Boes et Y. Grégoire)
- N° 2/2009. Cahier 15. La classification des luminaires (P. D'Herdt et A. Deneyer)
- N° 1/2009. Cahier 2. Le CSTC hier et aujourd'hui (M. Wagneur).

## FORMATIONS

### Energie et Construction - Cycle 2 'Energie et Rénovation'

- 'Menuiserie & Vitrage' : le 15 septembre 2009, de 9h00 à 11h30, IFAPME Charleroi, Chaussée de Lodelinesart 417, 6060 Gilly (Charleroi)
- 'Chauffage & eau chaude sanitaire' : le 13 octobre 2009, de 9h00 à 11h30, FormatPME Gembloux, Rue Saucin 66, 5032 Gembloux
- 'Ventilation & étanchéité à l'air' : le 17 novembre 2009, de 9h00 à 11h30, FormatPME Gembloux, Rue Saucin 66, 5032 Gembloux.

### Informatique et construction

- 'Quels outils pour l'entrepreneur ?' : le 19 novembre 2009, de 16h30 à 19h00, Moulins de Beez, Rue Moulin de Meuse 4, 5000 Beez (Namur).

### L'entrepreneur et l'informatique

- 'Les outils pour l'entrepreneur en phase d'offre, de commande et d'achats' : le 24 septembre 2009, de 16h30 à 19h00, EFPME Bruxelles, Rue de Stalle 292B, 1180 Bruxelles
- 'Les outils pour l'entrepreneur en phase de préparation, d'exécution et de fin de chantier' : le 22 octobre 2009, de 16h30 à 19h00, EFPME Bruxelles, Rue de Stalle 292B, 1180 Bruxelles.

### Placeurs de portes résistant au feu

- Les 21 et 28 septembre 2009 et les 5 et 8 octobre 2009, de 18h00 à 21h00, CSTC, Avenue P. Holoffe 21, 1342 Limelette.

### Portes motorisées : analyse de risque

- Le 22 septembre 2009, de 14h00 à 16h45, CSTC, Avenue P. Holoffe 21, 1342 Limelette.

### Cours d'hiver 2009-2010

La session 2009-2010 des cours d'hiver, organisée, comme chaque année par le CSTC en collaboration avec les Centres régionaux de l'IFAPME et les Centres Construfarm, sera consacrée à deux thèmes phare :

- la nouvelle norme acoustique NBN S 01-400-1
- la pathologie du bâtiment (défauts de l'isolation de l'enveloppe du bâtiment, fissurations).

Pour plus de détails concernant les lieux et les dates de ces formations, nous vous invitons à visiter la rubrique 'Agenda', 'Cours CSTC' sur notre site [www.cstc.be](http://www.cstc.be).

Une édition du Centre scientifique et technique de la construction, établissement reconnu en application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947

Editeur responsable : Jan Venstermans  
CSTC - Rue du Lombard 42, 1000 Bruxelles

Revue d'information générale visant à faire connaître les résultats des études et recherches menées dans le domaine de la construction en Belgique et à l'étranger.

La reproduction ou la traduction, même partielle, des textes et des illustrations de la présente revue n'est autorisée qu'avec le consentement écrit de l'éditeur responsable.

[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

## PUBLICATIONS

- Pour tout renseignement concernant les publications, appelez le 02/529.81.00 (de 8h30 à 12h) ou écrivez-nous par fax (02/529.81.10) ou par mail ([publ@bbri.be](mailto:publ@bbri.be))
- Lien utile : [www.cstc.be](http://www.cstc.be) (rubrique 'Publications')

## FORMATIONS

- Pour plus d'informations concernant les formations, contactez J.-P. Ginsberg ([info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)) par téléphone (02/655.77.11) ou par fax (02/653.07.29)
- Lien utile : [www.cstc.be](http://www.cstc.be) (rubrique 'Agenda')



## BRUXELLES

### Siège social

Rue du Lombard 42  
B-1000 Bruxelles

direction générale  
tél. 02/502 66 90  
fax 02/502 81 80  
e-mail : [info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)  
site web : [www.cstc.be](http://www.cstc.be)

## ZAVENTEM

### Bureaux

Lozenberg 7  
B-1932 Sint-Stevens-Woluwe (Zaventem)  
tél. 02/716 42 11  
fax 02/725 32 12

avis techniques - interface et consultance  
communication  
gestion - qualité - techniques de l'information  
développement - valorisation  
agrément techniques  
normalisation

### *publications*

tél. 02/529 81 00  
fax 02/529 81 10

## LIMELETTE

### Station expérimentale

Avenue Pierre Holoffe 21  
B-1342 Limelette  
tél. 02/655 77 11  
fax 02/653 07 29

recherche et innovation  
laboratoires  
formation  
documentation  
bibliothèque

## HEUSDEN-ZOLDER

### Centre de démonstration et d'information

Marktplein 7 bus 1  
B-3550 Heusden-Zolder  
tél. 011/22 50 65  
fax 02/725 32 12

Centre de compétence TIC pour les professionnels de la construction (ViBo)