

**L**e CSTC : la référence aujourd'hui pour construire demain (p. 1)

**L**e retrait empêché du béton (p. 3)

**F**ocus sur les parois vitrées de bassin et les aquariums (p. 9)

**Z**oom sur les ETICS (p. 11)

**R**énovation des caves (p. 20)

# CSTC



## SOMMAIRE JUIN 2009

- 3 Le CSTC : la référence **aujourd'hui** pour construire **demain**
- 5 Le **retrait empêché** du béton
- 6 Essais sur **tirants d'ancrage** à échelle réelle
- 7 **Stade olympique** d'Athènes : contrôle non intrusif d'éléments structurels en service
- 8 Installation de **panneaux solaires** en toiture
- 10 Obturation des **traversées** de parois **résistant au feu**
- 11 Focus sur les **parois vitrées** de **bassin** et les **aquariums**
- 13 Zoom sur les **ETICS**
- 14 Nouvelles **normes** européennes : implications pour la **NIT 228**
- 15 **Résistance au gel** des carreaux céramiques : norme européenne inadaptée
- 16 Réaction au feu des revêtements de sol **résilients** : attention aux conditions de pose !
- 17 Nouvelles **normes NBN** pour les **performances thermiques** des bâtiments
- 18 Contrôle du **risque de légionelle** dans les installations sanitaires
- 19 Mesure de l'**étanchéité à l'air** : vous êtes certainement concerné !
- 20 La classification des **luminaires**
- 20 **Innovation**, créativité et différenciation. Des réponses à la **crise**
- 21 Appartements et maisons mitoyennes : vers un **confort acoustique** accru
- 22 Rénovation des **caves**

*'L'on sous-estime ce que cet institut signifie pour la société, mais si se présente l'opportunité de le soutenir, je le ferai'*

Herman Van Rompuy,  
Premier ministre

La construction citoyenne grâce à la recherche collective fut l'un des thèmes majeurs évoqués lors de l'événement que le CSTC a organisé à l'occasion de son 50<sup>e</sup> anniversaire. Le 20 mars dernier, toutes les personnes activement impliquées dans le fonctionnement du CSTC (notamment via les Comités techniques et les groupes de travail) se sont réunies à l'Auditorium 2000, à Bruxelles, en présence de Monsieur **Herman Van Rompuy**, Premier ministre.

Dans son allocution de bienvenue, **Rob Lenaers**, président du CSTC, a affirmé que, dans les périodes de crise comme celle que nous traversons, une recherche innovante était primordiale.

**Carlo De Pauw**, directeur général, a ensuite passé en revue l'histoire de la construction en général et celle du CSTC en particulier. Il s'est également risqué à jeter un regard visionnaire sur l'avenir, s'arrêtant sur quelques exemples du biomimétisme. Cette science s'efforce d'imiter la nature et d'y trouver de l'inspiration pour les évolutions technologiques futures. Riches d'une expérience de plusieurs milliards d'années, la faune et la flore ont en effet toujours su s'adapter pour survivre dans un environnement parfois hostile.

Selon **Carlo De Pauw**, l'étude de l'évolution des organismes vivants au fil des siècles nous aidera, dans un proche avenir, à développer un habitat et un environnement plus durables.

## DES RÉPONSES AUX DÉFIS SOCIÉTAUX

Notre société est confrontée à plusieurs défis importants : réchauffement climatique, raréfaction de certaines ressources énergétiques, vieillissement de la population, probléma-



**Le Premier ministre Herman Van Rompuy en conversation avec Carlo De Pauw et Rob Lenaers.**



tique de la mobilité, nécessité de limiter la quantité de déchets et de favoriser leur recyclage, etc.

Si l'on y ajoute la crise financière et économique actuelle, tous les ingrédients sont réunis pour donner matière à un passionnant débat entre les plus hauts dignitaires du secteur belge et européen de la construction.

**Jacques De Meester** (Confédération Construction) a souligné l'importance que prennent les infrastructures dans la compétitivité de notre pays. L'amélioration de la mobilité des travailleurs est un défi aux retombées multiples. Il ne s'agit pas seulement de faciliter le transport et d'en réduire le coût pour les entreprises. Une

plus grande mobilité, c'est également une production moindre de CO<sub>2</sub> par une réduction des embouteillages et le développement de réseaux alternatifs tels que le ferroviaire ou le fluvial.

**Hilde Masschelein** (BouwUnie) considère que les défis évoqués exigent de l'entreprise de construction d'agir différemment et, par conséquent, de se recycler. Heureusement, les entreprises ont pris conscience depuis longtemps de l'importance des nouvelles techniques, comme la construction à faible consommation énergétique et les méthodes nécessaires à l'obtention de bâtiments et de logements de qualité encore meilleure.

**Philippe Lambrecht** (FEB) estime qu'en cette



## LE CHÈQUE TECHNOLOGIQUE

*Vous souhaitez améliorer la performance de vos châssis ? Optimiser la composition d'un matériau de construction en vue de son marquage CE ? Développer un système de fixation pour panneaux photovoltaïques ?*

Depuis mars 2009, un nouveau dispositif d'aide aux PME établies en Wallonie est en service : le chèque technologique. Celui-ci sert à financer des prestations effectuées par un centre de recherche agréé pour une entreprise dans le but d'améliorer sa capacité technologique. Chaque entreprise peut bénéficier, par année civile, de 40 chèques d'une valeur individuelle de 500 €. Grâce à ceux-ci, l'entreprise ne paie que 25 % du coût des prestations du laboratoire.

Complètement gérées à partir du site [www.innovons.be](http://www.innovons.be), les demandes sont traitées avec souplesse et rapidité. Trois jours ouvrables suffisent à l'approbation d'une demande ! Pour plus d'informations, n'hésitez pas à faire appel aux compétences des ingénieurs du CSTC (V. Pollet ou F. de Barquin – [info@bbri.be](mailto:info@bbri.be) – [www.cstc.be](http://www.cstc.be)).

période de crise financière et économique, les investissements publics sont indispensables pour stimuler l'activité.

Selon *Rob Lenaers*, les intérêts économiques des entreprises sont directement liés à la qualité des infrastructures dont elles font usage. Des bâtiments mieux ventilés et/ou ne souffrant pas de surchauffe sont également des bâtiments où la productivité des travailleurs est accrue.

Pour sa part, *Christophe Lesniak* (Commission européenne – DG Recherche) est revenu sur la maison 'Recyhouse', selon lui l'un des projets de démonstration les plus réussis de son époque. Ce bâtiment construit en 2001 sur le site de la station expérimentale du CSTC, à Limelette, est une maison faite de matériaux nouveaux fabriqués à partir de déchets de toutes origines. Ce projet était intervenu dans le contexte d'un programme-cadre européen pour la recherche industrielle, dont la philosophie 'zéro déchet' était l'un des piliers fondamentaux.

### MAÎTRES D'OUVRAGE, CITOYENS RESPONSABLES

Quelle que soit sa motivation profonde, le maître d'ouvrage n'a d'autre choix que d'engager une réflexion citoyenne dans sa démarche, c'est-à-dire de construire ou rénover dans l'intérêt du bien commun et pas uniquement du sien. Il est bien entendu que, dans ce contexte, les règlements, les primes ou encore les certificats énergétiques obligatoires peuvent l'y conduire ou l'y encourager.

Le maître d'ouvrage doit en outre pouvoir s'appuyer sur un secteur innovant et sur des professionnels compétents. Le métier de l'entrepreneur ne cessant d'évoluer et de gagner en complexité, les professionnels doivent, quant à eux, pouvoir compter sur les outils de formation et d'information efficaces que leur propose le CSTC.

### LA RECHERCHE COMME FONDAMENT DE LA COMPÉTITIVITÉ DU SECTEUR

Afin de coller au plus près à la réalité du terrain, le CSTC se fonde sur un principe de fonctionnement unique qui le distingue des autres centres de recherche européens de la construction. Aux côtés des instances dirigeantes de notre institution que sont le Conseil général et le Comité permanent, les Comités techniques encadrent les activités de recherche et d'information que nous menons et sont, pour le Centre, d'authentiques creusets scientifiques et techniques.

L'une des missions principales des Comités techniques consiste, explique *Rob Lenaers*, à définir l'orientation des recherches selon une approche dite 'de la base vers le sommet'. Grâce à cette stratégie, considérée comme fondamentale au CSTC, c'est le secteur lui-même qui, en concertation avec les ingénieurs du Centre, détermine les besoins en matière de recherche, à l'inverse de la méthode 'du sommet vers la base' dans laquelle les programmes sont imposés d'en haut par les pouvoirs publics ou une instance supérieure. Une autre mission de ces Comités, tout aussi essentielle, concerne la divulgation des résultats de recherche auprès des praticiens. Ces assemblées jouent ainsi un rôle fondamental dans l'élaboration des Notes d'information technique, généralement considérées comme des ouvrages de référence définissant les règles de l'art.

### LES LEVIERS DE L'INNOVATION

Le Service public fédéral 'Economie', explique *Hugues Dumont*, met tout en œuvre pour renforcer la compétitivité des entreprises belges, afin que celles-ci soient concurrentielles par rapport à celles de nos voisins européens. Avec la compétitivité et l'innovation comme axes prioritaires, le SPF Economie soutient directement nombre de recherches prénorma-

tives menées par le Centre, mais également la diffusion des informations relatives à la propriété intellectuelle et à la normalisation.

Ces objectifs, poursuivis par la Cellule Brevels et les Antennes Normes du CSTC, ont été mis en lumière pendant le *Roadshow* que nous avons organisé fin de l'année passée dans les différentes provinces du pays. Ce *Roadshow* visait à expliquer aux professionnels du secteur les leviers obligatoires ou volontaires mis en place pour stimuler l'innovation. Pas moins de 4500 personnes ont participé à cet événement.

### INNOVER EN TEMPS DE CRISE

En clôture de la partie académique de la soirée, le Premier ministre *Herman Van Rompuy* a noté que l'entreprise de construction était souvent considérée comme un indicateur de l'économie et du bien-être. Le fait est qu'aucune activité économique n'est possible sans l'infrastructure des halls d'usine et des bureaux, et sans le réseau de routes et de ponts. La prospérité et le bien-être de la population se manifestent dans la qualité des logements et des lieux culturels et de détente. Bref, la construction est omniprésente.

*Herman Van Rompuy* a également fait allusion à la crise que nous traversons. 'C'est précisément en de pareils moments qu'investir dans l'innovation est indispensable', a-t-il affirmé. Cela signifie que le centre collectif qu'est le CSTC est très important pour le secteur, car il transmet son savoir-faire à des dizaines de milliers d'entreprises affiliées, dont la plupart sont des PME qui ne peuvent se permettre de mener elles-mêmes des recherches innovantes.

En conclusion, le Premier ministre fut très clair dans son évocation du CSTC : 'L'on sous-estime ce que cet institut signifie pour la société, mais si se présente l'opportunité de le soutenir, je le ferai'. ■



Durant le Conseil général du 28 avril 2009, *Jacques Gheysens* a été nommé comme nouveau président du CSTC. Ingénieur civil des constructions, il a occupé le fauteuil présidentiel de la Confédération Construction Wallonne et préside actuellement le conseil d'administration de deux entreprises de construction.

Il est dans ses intentions de continuer à conduire le CSTC dans le XXI<sup>e</sup> siècle, de concert avec le management et avec l'appui du Comité permanent et du Conseil général. *Jacques Gheysens* a assuré qu'il mettrait tout en œuvre pour que le CSTC continue à s'investir au profit de ses membres et de l'ensemble du secteur. Il a également félicité le président sortant, *Rob Lenaers*, pour sa gestion durant ses neuf années de mandat.

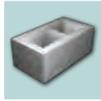
Ce dernier dit pouvoir contempler les années écoulées avec fierté : chacune des lignes directrices de sa note de politique a été concrétisée. *Rob Lenaers* a également transmis à son successeur le message suivant : 'Stimulez et respectez l'insatiable aspiration à l'innovation, la créativité et la persévérance obstinée qui caractérisent si bien l'équipe motivée des collaborateurs du CSTC.'

### NOUVEAU PRÉSIDENT DU CSTC



*Jacques Gheysens* (à droite) félicite *Rob Lenaers* pour sa gestion durant ces neuf dernières années.

**Avec 12 millions de mètres cubes coulés sur chantier en 2007, le béton est un matériau de construction dont le succès est indiscutable. Si l'on peut louer ses nombreuses qualités – résistance mécanique, résistance au feu, inertie thermique, isolation acoustique, etc. –, il souffre néanmoins d'un défaut que de nombreux chercheurs se sont évertués à gommer depuis son invention : son retrait.**



✍ *B. Parmentier, ir., chef de la division Structures*  
*V. Pollet, ir., chef adjoint du département Matériaux, Technologie et Enveloppe*  
*G. Zarmati, ir., chercheur, laboratoire Structures*

## 1 INTRODUCTION

Le retrait du béton est une déformation volumique induite par des phénomènes physico-chimiques liés à l'hydratation de la pâte de ciment et au séchage.

Ce phénomène est d'autant plus important qu'il est responsable de nombreuses pathologies sur les ouvrages en béton lorsque leur déformation entravée n'est pas maîtrisée. On parle alors de retrait empêché et le concepteur aura pour tâche de maîtriser celui-ci pour éviter toute fissuration ou déformation excessive préjudiciable à la durabilité et aux performances de l'ouvrage (stabilité, étanchéité, etc.). Comme nous le verrons dans cet article, l'entrepreneur pourra, lui aussi, collaborer pour pallier, dans une certaine mesure, ce défaut souvent considéré comme le talon d'Achille d'un matériau de référence.

L'Eurocode 2 (NBN EN 1992-1-1) permet désormais de prédire la valeur du retrait total du béton, y compris sa composante spécifique endogène. Cette adaptation était nécessaire étant donné la prise en compte des bétons à haute résistance (> C50/60) dans les méthodes de calcul.

Comme cette nouvelle norme remplacera bientôt la NBN B 15-002, il nous a paru intéressant d'attirer l'attention, d'une part, sur les différents changements apportés aux modèles de prédiction, notamment en ce qui concerne le retrait endogène, et, d'autre part, sur l'impact des méthodes d'exécution sur la maîtrise du retrait empêché.

## 2 LE RETRAIT DU BÉTON

Le retrait total d'un élément en béton présente

deux composantes principales : le retrait endogène et le retrait de séchage, qui peuvent être calculés suivant l'Eurocode 2 et son annexe nationale (ANB). Le retrait de séchage du béton (aussi appelé retrait hydraulique ou de dessiccation) est une déformation volumique qui résulte du séchage de la masse du béton. L'eau qui n'a pas été utilisée par les réactions d'hydratation s'évapore du matériau en fonction d'un différentiel d'humidité relative avec l'environnement ambiant (plus sec).

Le retrait endogène du béton (aussi appelé retrait d'autodesiccation ou retrait chimique) est une déformation qui résulte du fait que le volume des produits de l'hydratation est plus petit que le volume des réactifs en présence.

Qu'il s'agisse d'un béton normal et d'un béton à haute résistance, la valeur du retrait total est la même, soit environ 600 µm/m. Cependant, la proportion de retrait endogène est totalement différente, puisqu'elle atteint environ 50 % pour le béton à haute résistance contre moins de 10 % pour le béton normal.

A côté du retrait, source de déformations potentielles empêchées, d'autres paramètres influenceront les possibilités de fissuration d'un ouvrage en béton; c'est ce qu'on appelle sa fissurabilité.

Celle-ci est caractérisée par :

- sa déformabilité
- sa résistance à la traction
- son développement thermique lors des réactions exothermiques d'hydratation
- son aptitude à relaxer les contraintes (par fluage en traction).

### 2.1 RETRAIT EMPÊCHÉ

Les déformations dues au retrait ne sont pas forcément négatives. Elles ne le deviennent qu'à partir du moment où elles sont entravées, car elles génèrent alors des contraintes de traction. Ces contraintes, si elles dépassent un certain seuil proche de la résistance en traction, peuvent entraîner la fissuration du béton et, par conséquent, des problèmes de durabilité (corrosion, etc.), d'étanchéité ou d'esthétique.

La fissuration dépendra du potentiel de retrait

# Le retrait empêché du béton



**Fissuration d'un sol industriel en béton.**

libre, de la fissurabilité du béton, de l'entrave et des autres sollicitations concomitantes de la structure.

### 2.2 MAÎTRISE DE LA FISSURATION

Pour éviter les risques de fissuration, il y aura lieu de jouer sur trois aspects :

- limiter le retrait du béton
- limiter sa fissurabilité ou ses conséquences
- limiter toute restriction préjudiciable de l'ouvrage (ou parties de l'ouvrage). ■



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

LES DOSSIERS DU CSTC n° 2/2009

Cet article a été rédigé dans le cadre des Antennes Normes 'Eurocodes' et 'Bétons, mortiers et granulats' ([www.normes.be](http://www.normes.be)). Sa version intégrale, qui présentera en détail le nouveau modèle de l'Eurocode 2 au moyen d'illustrations, démontrera notamment l'influence de la cure et du passage sur le retrait et la fissuration potentielle d'ouvrages en béton.

Les résultats de la campagne d'essais en vraie grandeur menée par le CSTC à Limelette sur différents types d'ancrages serviront à l'élaboration d'un document d'application pour la mise en œuvre, la conception et les essais de ces éléments en Belgique.



✍ N. Huybrechts, ir. chef de la division 'Géotechnique', CSTC

## 1 CONTEXTE DU PROGRAMME DE RECHERCHE

Les tirants d'ancrage sont utilisés fréquemment en Belgique pour les ouvrages architectoniques et de génie civil, notamment pour l'ancrage des murs de soutènement, des murs de quai et des constructions soumises à une pression d'eau ascendante.

Autrefois en Belgique, à défaut de normes NBN, les donneurs d'ordre intégraient souvent dans leurs prescriptions des méthodes de conception et d'essai originaires d'autres pays. En outre, de nouveaux systèmes sortant du domaine d'application des normes géotechniques actuelles sont apparus sur le marché belge au cours des 10 à 15 dernières années. Les situations particulières envisageables dans ce contexte sont celles pour lesquelles tous les tirants d'ancrage ne sont pas testés et/ou précontraints.

À la suite des activités de normalisation européenne et de l'élaboration des documents d'application belges pour la mise en œuvre, la conception et les essais des ouvrages géotechniques, le CSTC a lancé, en 2004, un programme de recherche sur les tirants d'ancrage en collaboration avec la K.U.Leuven, l'UCL et le secteur de la construction. Ce programme, achevé à la fin de l'année passée, a été financé par le SPF Economie et le Bureau



Fig. 1 Installation de tirants d'ancrage.

de normalisation et soutenu par une dizaine d'entreprises spécialisées.

## 2 CAMPAGNE D'ESSAIS DU CSTC

La campagne d'essais à échelle réelle menée à la station expérimentale du CSTC à Limelette constituait le pivot de ce projet de recherche. Plus de 60 tirants d'ancrage ont été installés en trois phases par cinq entreprises spécialisées (cf. figure 1). Ces tirants, tant verticaux qu'inclinés, ont été mis en œuvre dans les différentes couches qui constituent le sol de Limelette :

- argile
- sable argileux contenant du silex
- sable tertiaire (bruxellien).

Les systèmes d'ancrage à tester ont été sélectionnés en accord avec le secteur :

- systèmes de forage à tiges doubles (*casing* + tiges internes) et torons en acier de précontrainte utilisés comme armatures
- systèmes à forage unique avec *casing* dont l'extrémité est pourvue d'une pointe perdue élargie (de différents diamètres) et torons en acier de précontrainte utilisés comme armatures
- systèmes de forage à tiges creuses autoforantes de type *Dywidroll* et *Ischebeck* avec têtes de forage de diamètres différents.

Nous avons tenu compte, au cours de cette campagne d'essais, de la manière dont la capacité d'ancrage peut être influencée par la technique d'installation, la méthode d'essai, les dimensions du matériel de forage et l'inclinaison.

Les essais de mise en charge ont été effectués par le laboratoire 'Géotechnique' du CSTC. Ce dernier a également assuré l'instrumentation des tirants d'ancrage par des techniques développées spécialement à cet effet (basées notamment sur la technologie de la fibre optique).

En juin 2007, une trentaine de tirants d'ancrage ont finalement été déterrés, produisant un volume de terre d'environ 10.000 m<sup>3</sup> (cf. figure 2). Ces activités ont apporté une importante valeur ajoutée à la campagne, car elles ont permis d'établir le lien entre la forme et les dimensions des tirants excavés, d'une part, et les paramètres d'exécution et les résultats d'essais, d'autre part.

# Essais sur tirants d'ancrage à échelle réelle



Fig. 2 Excavation des tirants d'ancrage.

## 3 PUBLICATION DES RÉSULTATS

Les résultats des deux premières phases de ce programme d'essais ont été publiés à l'occasion du symposium international *Ground Anchors* qui a eu lieu le 14 mai 2008 à Bruxelles. Ce symposium a rassemblé quelque 155 participants et a suscité un intérêt international considérable.

Les textes du symposium sont parus sous la forme de deux volumes en anglais, disponibles dès à présent sur le site Internet du CSTC (cf. encadré). Les résultats de la troisième phase de recherche sont actuellement analysés dans leur intégralité et feront l'objet d'un autre volume au cours de l'année 2009.

## 4 CONCLUSION

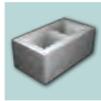
Les enseignements issus de ce vaste programme de recherche, ainsi que diverses données d'essais et études bibliographiques, figureront dans un document d'application pour la mise en œuvre, la conception et les essais de différents types d'éléments sollicités en traction. Cela vise notamment les tirants d'ancrage, les clous et (micro)pieux. Ce document d'application sera élaboré en concertation avec le secteur et conformément à la normalisation européenne. ■



### INFORMATION UTILE

Pour de plus amples informations sur le sujet, on consultera le site Internet du projet STI 'Techniques spéciales de fondation' ([www.tis-sft.wtcb.be](http://www.tis-sft.wtcb.be)).

La portance et la stabilité de la superstructure du stade olympique d'Athènes est assurée par un ensemble de 232 câbles d'acier de haubanage. Quatre ans après sa rénovation, ce stade a fait l'objet d'un contrôle non destructif, en vue de vérifier l'état de tension de chaque hauban.



L. Vandenplas, ir., development engineer, FOS & S BVBA  
 V. Whenham, ir., chef de projet, laboratoire 'Géotechnique', CSTC  
 Chr. Mertens, ir., chef de projet, division 'Acoustique', CSTC

## 1 NATURE DE L'ÉTUDE

La méthode consiste à déterminer expérimentalement la fréquence du mode vibratoire fondamental de chaque câble. Un calcul simple basé sur la longueur et le poids au mètre courant du câble donne son état de tension. L'évolution dans le temps de cette tension permet en outre de contrôler l'état de l'ensemble de l'édifice et sa stabilité.

## 2 CONFRONTATION AVEC LES VALEURS PRÉVUES LORS DE LA CONCEPTION DU PROJET

Nous avons pu comparer les tensions actuelles avec les valeurs théoriques calculées au moment de la conception du projet de rénovation, vérification qui s'est avérée rassurante pour les exploitants. En effet, ce genre de

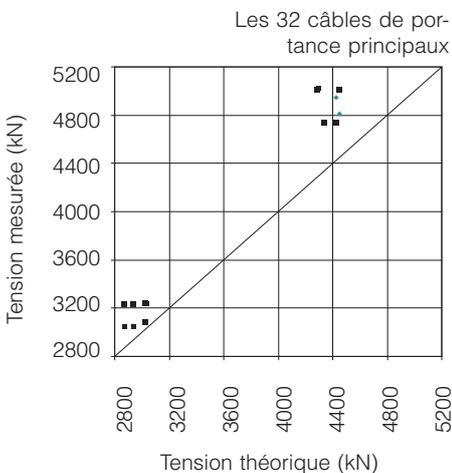


Fig. 2 Différence entre la tension théorique et la tension réelle des 32 câbles de portance principaux.



Fig. 1 Le stade olympique d'Athènes rénové en 2004 en vue des Jeux olympiques.

vérification non intrusive renseigne sur l'état actuel de la structure et sur l'évolution de son état de tension dans le temps.

Pour les câbles de portance principaux de forte section (100 mm de diamètre), le graphe de corrélation présenté à la figure 2 donne une idée de la différence entre les tensions théoriques initiales et les tensions observées actuellement : la diagonale indique un accord parfait entre valeurs théoriques et valeurs mesurées. On a mis ainsi en évidence que les tensions effectives sont de 20 % supérieures aux tensions théoriques.

C'est un grand avantage que d'avoir l'opportunité d'effectuer de tels essais sur des éléments structurels en service et ce, pour trois raisons :

- les auteurs du projet peuvent corroborer leurs calculs de dimensionnement
- les exploitants actuels des infrastructures peuvent évaluer les aspects de sécurité
- la quantification du vieillissement après quatre ans, combinée à un équipement local et permanent permet d'évaluer l'évolution à moyen terme.

## 3 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La nature de ces essais, par essence non intru-

sive et non destructrice, permet de contrôler l'évolution dans le temps de l'état de santé de la structure. Les autorités locales auront à décider entre une périodicité de contrôle de l'ordre d'un an ou de six mois.

Une autre option intéressante consiste à nantir plusieurs câbles de systèmes de mesure de déplacement (capteurs à fibre optique) dotés d'un monitoring permanent. Celui-ci permettra d'établir de manière chiffrée une évolution à moyen et même long terme, en se basant sur les mesures de la campagne d'essais réalisée.

Le travail de conception et de dimensionnement d'éléments structurels est, par définition, un travail théorique rarement vérifié, parce que difficilement vérifiable au stade de la réalisation finale. L'on a pu donner ici aux différents intervenants (architecte, bureau d'étude et exploitants) un outil de réception et de vérification de l'état de la structure, y compris de ses aspects évolutifs. ■



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

LES DOSSIERS DU CSTC N° 2/2009

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

L'intérêt pour les installations solaires est tel que le marché est en pleine expansion et le restera selon toute attente pour un certain temps encore. Cet engouement concerne non seulement les petites installations destinées aux maisons individuelles, mais aussi de plus en plus les installations de grande envergure à finalité industrielle.



✍ *P. Van den Bossche, ing., chef de projet, division 'Energie et Climat'*  
*F. Dobbels, ir.-arch., chef de projet, division 'Energie et climat'*

La récupération de l'énergie solaire dans les bâtiments vise deux objectifs :

- le réchauffement de l'eau sanitaire au moyen des chauffe-eau solaires
- la production d'électricité via un système photovoltaïque raccordé au réseau électrique.

La technique étant encore relativement récente, nous nous penchons, dans cet article, sur un certain nombre d'aspects auxquels les entrepreneurs de couverture et d'étanchéité doivent être attentifs avant d'installer de tels systèmes sur une toiture neuve ou existante.

Les autres types de mise en œuvre, tels que les montages en façade ou les systèmes en pose libre, ne seront pas abordés, pas plus que le dimensionnement des installations et leur raccordement à l'installation électrique ou sanitaire de l'habitation. Pour ce dernier aspect, le lecteur consultera utilement la Note d'information technique n° 212.

## 1 IMPLANTATION DES PANNEAUX EN TOITURE

### 1.1 INCLINAISON ET ORIENTATION

Tous les panneaux solaires (qu'il s'agisse de capteurs solaires ou de cellules photovoltaïques) doivent bénéficier d'un ensoleillement direct pour pouvoir offrir un rendement optimal, mais ils sont également aptes à capter un rayonnement solaire diffus. Il importe à cet égard d'opter pour une pose garantissant un rendement maximal sur toute l'année.

### 1.2 OMBRAGE

L'ombre projetée sur les panneaux gêne leur ensoleillement et réduit par conséquent leur rendement.

Si un ombrage léger a généralement peu d'impact sur les performances des capteurs thermiques, les cellules photovoltaïques y sont, quant à elles, très sensibles, la perte de rendement étant parfois proportionnellement bien plus significative qu'on pourrait l'imaginer.

## 2 POSITION DES PANNEAUX PAR RAPPORT AU PLAN DE LA TOITURE

### 2.1 MISE EN PLACE DES PANNEAUX SOLAIRES

Sur une toiture à versants, les panneaux solaires sont soit superposés à la couverture (voir figure 1), soit intégrés dans la toiture, auquel cas ils font également office de couverture (figure 2).

Sur une toiture plate, les modules solaires sont généralement placés dans un cadre métallique correctement incliné et orienté (voir figure 3, p. 7). Celui-ci peut être fixé à la toiture de différentes manières, par exemple par ancrage dans la structure sous-jacente au travers de l'étanchéité. Quelle que soit la technique de montage choisie, on veillera à préserver l'intégrité de l'étanchéité.

### 2.2 VENTILATION DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

Les performances des panneaux photovoltaï-

ques varient également en fonction de la température des cellules, une température élevée réduisant la puissance. Ainsi, le rendement sera amélioré lorsque la face arrière des panneaux est bien ventilée, ce qui est généralement le cas sur les toitures plates (voir figure 3).

La mise en place des panneaux parallèlement à la pente de la toiture induit par contre une baisse de rendement de 2 à 5 %.

## 3 MONTAGE DES PANNEAUX

### 3.1 EFFORTS EXERCÉS

Les panneaux solaires exercent différents efforts sur la structure de la toiture. Il y a lieu de tenir compte du poids propre – généralement peu significatif – des panneaux. La pression du vent représente, quant à elle, une certaine charge supplémentaire. On la détermine en fonction de la hauteur du bâtiment et des facteurs propres au terrain, sachant qu'une installation située en site découvert à la côte ne subira pas les mêmes contraintes que dans une région fort urbanisée.

Les coefficients de pression du vent sont en grande partie déterminés par les paramètres suivants :

- l'inclinaison du toit et des panneaux
- l'emplacement des panneaux par rapport aux rives de toiture



**Fig. 1** Panneaux photovoltaïques fixés sur le versant d'une toiture.



**Fig. 2** Capteurs solaires intégrés dans une toiture à versants.



**Fig. 3 Une bonne ventilation à l'arrière des panneaux accroît le rendement de l'installation.**

- la distance des panneaux par rapport au toit
- le degré d'exposition de la partie arrière des panneaux
- la proximité d'obstacles au vent (p. ex. lucarnes ou cheminées).

Une fois calculée, la force globale exercée par le vent perpendiculairement aux panneaux est décomposée en efforts de compression, de traction ou de cisaillement, qui doivent être repris par les fixations. L'utilisation d'un lestage pour faire contrepoids à l'action du vent sur une toiture plate crée, elle aussi, une surcharge sur la structure portante.

### 3.2 EXIGENCES IMPOSÉES À LA STRUCTURE PORTANTE ET AUX FIXATIONS

La structure portante doit être suffisamment solide pour pouvoir résister aux sollicitations résultant de la présence des panneaux solaires.

La force exercée par le vent sur les panneaux pouvant être relativement importante, ces derniers doivent être fixés solidement à la structure du bâtiment. Afin de permettre le dimensionnement correct des fixations des panneaux à la structure portante, il convient de déterminer la charge du vent de manière précise, compte tenu des paramètres énumérés au § 3.1.

Sur une toiture à versants, les panneaux sont généralement fixés sur les chevrons ou les arbalétriers au moyen de chevilles métalliques présentant une bonne résistance à l'arrachement.

Sur une toiture plate, les panneaux sont maintenus en place par un lestage ou sont fixés à la structure portante au travers de la membrane d'étanchéité (par exemple, au moyen de profilés métalliques). Le choix du lestage ou de la fixation dépendra notamment de la capacité

portante de la toiture (structure légère ou massive).

Si l'on opte pour le lestage, il y a lieu de veiller à ce que l'intégrité de l'étanchéité soit préservée et que la résistance en compression de l'isolation sous-jacente soit suffisante, de manière à éviter toute déformation inadmissible du support de la toiture. En cas de fixation sur une toiture plate, on veillera également à ne pas endommager la membrane d'étanchéité.

Afin de permettre la dilatation thermique du cadre métallique, les panneaux solaires seront fixés au support au moyen d'ancrages coulissants, tant longitudinalement que transversalement. Le raccordement des panneaux à l'installation s'opère à l'aide de tuyaux (ou d'éléments) flexibles, de telle sorte que les déformations éventuelles des panneaux ou de la structure portante ne puissent occasionner des dégâts.

### 3.3 RACCORDS

Le complexe toiture devra inévitablement être perforé localement, tant pour fixer les panneaux que pour introduire les tuyaux et le câblage à l'intérieur du bâtiment. Chacune des zones perforées devra, bien entendu, faire l'objet d'un colmatage correct.

Pour les toitures à versants intégrant des panneaux solaires, il y a lieu d'assurer l'étanchéité à l'eau entre les panneaux et la couverture, mais aussi au droit des crochets de fixation (et des tuyaux éventuels). L'étanchéité au vent et à l'eau au droit de la sous-toiture, la continuité de la couche d'isolation et l'intégrité de la barrière d'étanchéité à l'air doivent également être garanties en permanence sur l'ensemble de la toiture.

Dans le cas d'une toiture plate, il importe non seulement de tenir compte des points précités, mais de veiller également à minimi-

ser l'effet des ponts thermiques créés par les éventuelles structures métalliques traversant l'isolation.

### 3.4 SÉCURITÉ INCENDIE

Les capteurs solaires doivent être montés de façon à empêcher toute élévation excessive de la température de surface. Le cas échéant, il en résulterait d'importantes pertes d'énergie, voire un risque d'incendie (en particulier sur les toits en chaume). Il n'est donc pas superflu d'isoler en suffisance les panneaux et leurs raccords aux installations du bâtiment (p. ex. conduites reliant les capteurs au boiler).

Les panneaux photovoltaïques en toiture sont très vulnérables à la foudre. De plus, le risque de dégâts ne se limite généralement pas aux panneaux seuls, puisque ceux-ci sont raccordés à l'installation électrique du bâtiment. C'est pourquoi la pose d'un paratonnerre est conseillée, en particulier pour des installations de plus de 10 kWp (kilowatts à pleine charge). Il est en outre recommandé de prévoir une protection adéquate au sein même de l'installation électrique.

### 3.5 SÉCURITÉ DU TRAVAIL

Toute intervention en toiture, quelle que soit son ampleur, y compris le montage de panneaux solaires sur le toit de logements particuliers, nécessite le respect scrupuleux des règles de sécurité en vigueur. On se référera à ce sujet aux dispositions prévues par le CNAC.

## 4 CONCLUSION

Si l'installation de panneaux solaires connaît un essor spectaculaire en Belgique, un tel travail ne s'improvise cependant pas et requiert toute la compétence des entrepreneurs en charge de la pose des panneaux sur le toit et de ceux responsables de l'installation technique (électrique/thermique).

Afin d'informer toutes les parties concernées des aspects à prendre en compte pour éviter d'éventuels désordres, le CSTC publiera prochainement plusieurs articles détaillant les différents points abordés ici. ■



### INFORMATIONS UTILES

Le Centre Quest vise à promouvoir la qualité des petites installations recourant aux énergies renouvelables et propose pour ce faire un système de qualité volontaire. Plus de détails sur [www.questforquality.be](http://www.questforquality.be)

Après la publication des NIT 230, 232 et 233, considérées comme des références pour le secteur du parachèvement, le CSTC a créé un groupe de travail spécifique chargé d'établir des fiches techniques concernant les traversées de parois résistant au feu. L'objectif de ces fiches est de compléter la circulaire ministérielle sur le sujet, car elle est loin de couvrir toutes les situations rencontrées dans la pratique.



Y. Martin, ir., chef adjoint de la division 'Matériaux'  
S. Eeckhout, ing., conseiller principal, division 'Avis techniques'

## LA PROBLÉMATIQUE

Pour garantir la résistance au feu, il est essentiel que toutes les traversées inévitables d'une paroi (câbles, tuyaux, interrupteurs, prises de courant, ...) soient correctement obturées, sans quoi la mise en œuvre d'une paroi ayant des performances de résistance au feu n'aurait pas beaucoup de sens. Si une paroi doit être résistante au feu, il en va de même pour les traversées.

Le manque actuel de directives pratiques univoques pour la mise en œuvre correcte des traversées résistant au feu a des implications importantes pour la personne en charge de leur obturation. En effet, celle-ci est confrontée à de nombreuses imprécisions et différences d'interprétation lors de l'élaboration de son offre de prix et de la mise en œuvre à proprement parler, ce qui peut entraîner de sérieuses contestations sur le chantier, ainsi que des coûts de réparation élevés.

## LES FICHES TECHNIQUES

L'objectif des fiches techniques évoquées plus haut est, d'une part, d'inciter les donneurs d'ordre à accorder une attention particulière aux percements de parois résistant au feu dès le stade de la conception et, d'autre part, de mettre à la disposition des placeurs des recommandations de pose pratiques pour la bonne réalisation de ceux-ci. Un resserrage adéquat est en effet primordial pour garantir la résistance au feu des parois *in situ*.

Afin de couvrir les différentes situations rencontrées en pratique, le groupe de travail va rédiger un grand nombre de fiches techniques qui, à terme, seront rassemblées dans une NIT. Les aspects suivants seront notamment déve-

# Obturation des traversées de parois résistant au feu



Fig. 1 Le resserrage d'un tuyau à l'aide de mousse sans performance au feu est inutile, dans la mesure où la résistance au feu n'est pas garantie.

loppés :

- la nature de la conduite (matériau, diamètre, type) ou le type d'affaiblissement (interrupteur, ...)
- les caractéristiques de la paroi (verticale ou horizontale, type de résistance au feu, durée)
- le moyen d'obturation (manchon encastré ou en applique, fourreau, clapet résistant au feu, manteau d'isolation, resserrage simple à la laine de roche, à la mousse, au mastic, ...).

Par ailleurs, les fiches offriront un aperçu des différentes règles à observer pour le resserrage des traversées de parois résistant au feu. Il peut s'agir tant de directives de placement que de solutions de principe devant encore être confirmées par un rapport d'essai. La mise en œuvre de l'obturation doit, le cas échéant, être conforme au domaine d'application de l'essai. Soulignons également que le placeur est tenu de respecter les consignes de pose du fabricant. Ce dernier doit à son tour s'assurer que le placeur puisse disposer à tout moment du rapport d'essai.

## LA PREMIÈRE FICHE BIENTÔT DISPONIBLE

La première fiche technique a été finalisée. Elle doit être considérée comme une fiche générale fixant les termes principaux qui seront utilisés dans les fiches pratiques. Elle mentionne également les exigences en vigueur dans la réglementation belge (voir figure 2).

Étant donné que les fiches sont destinées à la pratique belge, elles reposent dans une large

mesure sur les principes de la circulaire ministérielle 'Recommandations relatives à la résistance au feu des traversées d'éléments de construction'.

 [www.cstc.be](http://www.cstc.be)  
LES DOSSIERS DU CSTC N° 2/2009

Les exigences de la réglementation belge actuelle seront exposées en détail dans la version longue de cet article.

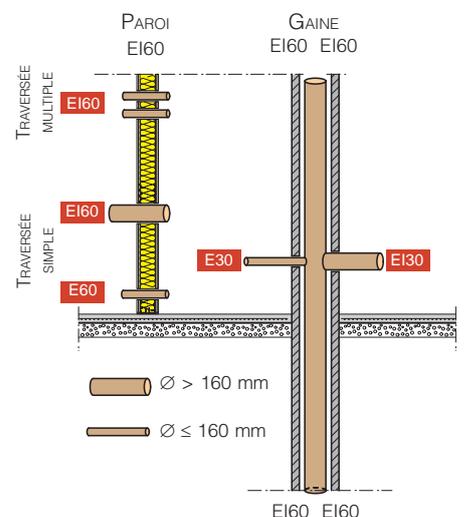


Fig. 2 Aperçu des exigences en vigueur à propos des percements de parois résistant au feu.

Les ouvrages particuliers en verre font actuellement l'objet d'une NIT en cours de rédaction. Celle-ci présente, dans un premier volume, les règles de conception et de mise en œuvre à considérer pour des applications structurales telles que les aquariums et les parois vitrées de bassin, ainsi que les dalles de plancher et marches d'escalier, abordées dans CSTC-Contact et les Dossiers du CSTC n° 4/2008.



✍ V. Detremmerie, ir., chef de projet, laboratoire 'Éléments de toitures et de façades', conseiller technologique (\*)  
G. Zarmati, ir., chercheur, laboratoire 'Structures'

## 1 UN PEU DE TERMINOLOGIE

Par aquariums, on entend des 'meubles' habituellement destinés à un usage domestique, de forme parallélépipédique, généralement de petites dimensions, mobiles et d'une hauteur d'eau limitée (figure 1). Les parois latérales et le fond sont le plus souvent réalisés en verre et sont scellés au moyen d'un mastic adapté à cet usage, le tout étant parfois incorporé dans un bâti métallique au moyen de mastic souple.

Par paroi vitrée de bassin, on entend tout vitrage soumis à une pression hydrostatique et inclus dans un ouvrage ou une paroi de bassin de plus grandes dimensions, tel que piscine, delphinarium, réservoir d'eau, etc. Ces ouvrages, posés en feuillure, peuvent avoir des dimensions importantes et/ou être soumis à de fortes pressions d'eau. Ils sont en général accessibles au public (figure 2). On inclut donc dans cette catégorie les parois d'aquariums fixes de grandes dimensions.

## 2 PERFORMANCES

Les aquariums et parois vitrées de bassin doivent présenter des propriétés et une épaisseur suffisantes pour pouvoir reprendre les charges suivantes :

- les charges statiques dues à la pression de l'eau
- le poids propre si le vitrage considéré n'est pas vertical
- pour les applications extérieures, les charges climatiques.

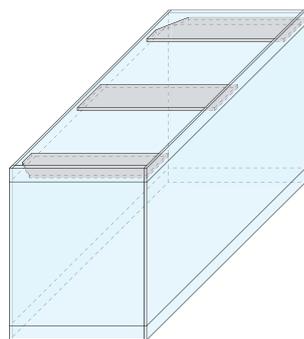


Fig. 1  
Exemple d'aquarium.

Il est recommandé de limiter la flèche à  $L/300$  pour les parois d'aquarium (essentiellement réalisées en verre simple) et à  $L/500$  pour les parois vitrées de bassin (principalement en verre feuilleté). Ces flèches ne pourront toutefois excéder 5 mm. Pour les très grands aquariums, les déformations atteignent parfois des valeurs importantes, ce que l'on peut éviter par la pose de raidisseurs longitudinaux horizontaux en verre ou d'un bâti métallique.

Selon l'usage du bassin et donc la nature chimique de l'eau, on veillera à la compatibilité des matériaux (verre, mastic, etc.) en contact avec celle-ci en termes de performances mécaniques, de durabilité, mais également de non-toxicité (survie de la faune et la flore aquatiques).

La sécurité des personnes se trouvant devant une paroi vitrée de bassin (côté extérieur) et des utilisateurs situés du côté intérieur (donc dans l'eau) doit être garantie. Cette exigence, essentiellement liée aux détails d'exécution entre la paroi vitrée et la paroi adjacente du côté intérieur, vise à empêcher, par exemple, les blessures par contact. Les aquariums, de dimensions plus petites, étant essentiellement réalisés à partir de verre simple recuit, toutes les précautions devront être prises afin de prévenir les chocs et les risques de blessure par contact au niveau des angles de l'ouvrage. Les objets tels que cailloux et décorations diverses

# Focus sur les parois vitrées de bassin et les aquariums

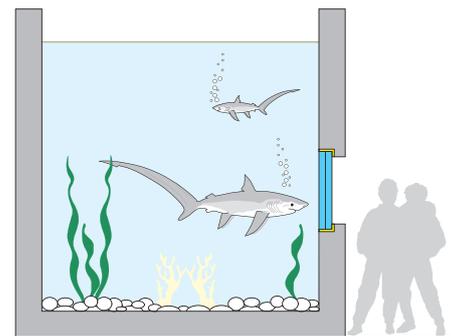


Fig. 2 Exemple de bassin.

seront déposés précautionneusement dans le fond de l'aquarium.

A la longue, les verres des aquariums et parois vitrées de bassin peuvent se rayer, que ce soit du côté intérieur (contact avec les animaux, sable ou cailloux disposés dans l'aquarium ou le bassin) ou du côté extérieur sous l'effet des mouvements du public. Ces rayures constituent autant d'amorces de rupture et réduisent en outre la visibilité à travers l'élément en verre.

## 3 PAROIS VITRÉES DE BASSIN

### 3.1 CHOIX DES PRODUITS VERRIERS

Pour la réalisation des parois vitrées de bassin, on utilise généralement du verre feuilleté pour des raisons de sécurité et de stabilité. Il s'agit le plus souvent de verre bi- ou multi-feuilleté dont les feuilles de verre, de même épaisseur, sont séparées par au moins deux films de polybutyral de vinyle (PVB) de 0,38 mm d'épaisseur.

Les composants du verre feuilleté sont habituellement des verres clairs recuits. Lorsqu'on souhaite réaliser de grandes dimensions, certains des composants pourront être durcis ou trempés, pour autant que la flèche de la paroi vitrée soit limitée. Dans ce cas, il est recommandé de consulter le fabricant.

L'utilisation de verre feuilleté requiert des précautions particulières afin d'éviter toute

(\*) Guidance technologique 'Le verre dans le bâtiment' subsidiée par la Région wallonne.

détérioration de l'intercalaire, qui pourrait survenir, par exemple, au contact de l'eau, de certains mastics d'étanchéité ou d'autres matériaux incompatibles (cales, etc.).

### 3.2 DIMENSIONNEMENT

Tout comme pour les dalles de plancher et marches d'escalier, le dimensionnement des parois vitrées de bassin est basé sur deux documents :

- le projet de norme prEN 13474-3, qui décrit une méthode de détermination de la résistance du verre
- l'Eurocode 1, partie 1-1, qui définit les actions permanentes (poids propre, pression d'eau) et les actions variables (charges climatiques) à considérer.

Sur la base de ces deux normes, nous avons établi des tableaux donnant les épaisseurs du verre feuilleté (avec du PVB) à utiliser pour les parois vitrées de bassin verticales sur quatre appuis. Ces tableaux s'appliquent au verre bi-feuilleté et tri-feuilleté pour des profondeurs données (figure 3).

### 3.3 MISE EN ŒUVRE

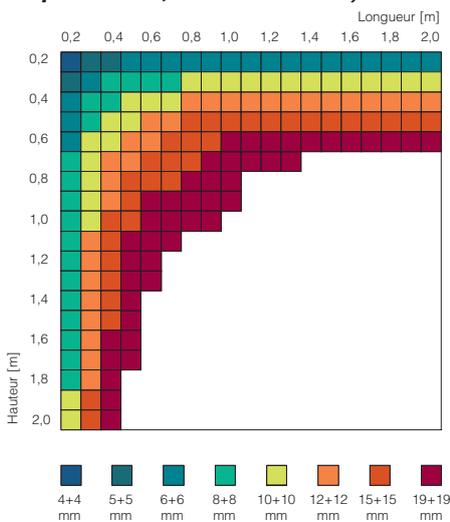
Les vitrages doivent être posés en feuillure du côté intérieur du bassin, de manière à ce que la pression de l'eau les maintienne en place. La feuillure, d'une hauteur minimum de 1,5 fois l'épaisseur du vitrage, ne devra pas présenter d'écarts de planéité de plus de 2 mm sur la longueur du vitrage. Il est conseillé de poser les vitrages verticaux en les inclinant de 5° vers l'extérieur pour les maintenir en place quand le bassin est vide.

Les arêtes des vitrages seront abattues ou rodées (plat poli) de façon à éliminer tout risque de blessure et de concentration de contraintes (amorces de rupture).

Afin d'éviter tout contact entre le gros œuvre et le vitrage, ce dernier est posé sur deux cales de support; le calage d'espacement et de transfert des charges est assuré par une bande continue en EPDM d'une dureté DIDC 70 ou un produit équivalent compatible avec le mastic mis en œuvre.

L'étanchéité est obtenue à l'aide d'un mastic compatible avec l'eau avec laquelle il sera en contact et avec l'intercalaire du verre feuilleté; le mastic devra en outre être neutre pour les occupants du bassin. L'épaisseur et la profondeur du mastic d'étanchéité seront de 6 mm minimum. Le fond de feuillure devra être drainé de manière à prévenir toute détérioration de l'intercalaire du vitrage feuilleté. Il est par ailleurs conseillé de prévoir, sur la feuillure, un canal de récupération de l'eau de condensation éventuelle.

**Fig. 3 Dimensionnement d'une paroi vitrée de bassin (bord supérieur à 1 m de profondeur, verre bi-feuilleté).**



La structure doit résister à la corrosion et être suffisamment rigide pour que ses déformations soient inférieures à 1/500 de sa portée sous la pression hydrostatique de service.

## 4 AQUARIUMS

### 4.1 CHOIX DES PRODUITS VERRIERS

Pour les aquariums, on utilise en général du verre simple recuit. En présence d'un aquarium collé tout en verre, l'épaisseur du verre sera au minimum de 4 mm de façon à disposer d'une surface de collage suffisante. En cas d'utilisation de verre trempé, il est recommandé d'effectuer un traitement complémentaire, appelé *heat soak test*, destiné à éliminer les vitrages présentant de risques de casse spontanée.

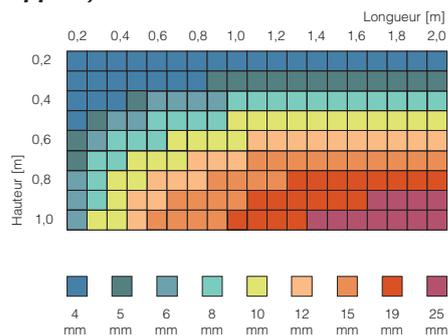
Quant au verre feuilleté, il est vivement conseillé de l'intégrer dans un système de cadres et châssis. Des précautions particulières devront également être prises afin de prévenir toute détérioration de l'intercalaire (cf. § 3.1).

### 4.2 DIMENSIONNEMENT

D'une manière générale, le dimensionnement d'un vitrage d'aquarium se réalise de la même façon que celui des parois vitrées de bassin. Néanmoins, étant donné que les aquariums ne nécessitent pas le même niveau de sécurité que ces dernières, le coefficient partiel sur les charges permanentes et la flèche maximale peuvent être réduits (respectivement à 1,2 au lieu de 1,35 et L/300 au lieu de L/500).

Des tableaux de dimensionnement ont été établis pour déterminer facilement l'épaisseur des différentes parois d'aquarium (figure 4).

**Fig. 4 Dimensionnement d'une paroi verticale d'aquarium (sur quatre appuis).**



### 4.3 MISE EN ŒUVRE

Les parois d'un aquarium tout en verre peuvent être montées dans un bâti métallique ou, pour des aquariums de petites dimensions, scellées au moyen d'un mastic. Dans ce dernier cas, une fois l'aquarium correctement dimensionné, on procède à la découpe des différents vitrages en tenant compte de leur ordre d'assemblage. Les plans de coupe doivent être perpendiculaires à la surface du verre; les griffes et rayures sont à éviter. On utilisera de préférence des vitres dont les arêtes seront rodées, mais non abattues (plat poli ou satiné).

La procédure relative au collage du verre dépendra notamment de la méthode d'assemblage. La durée de polymérisation complète (vitesse de l'ordre de 1,5 à 2 mm par 24 heures) est fonction du type de produit, des conditions d'utilisation et de la taille de l'aquarium (largeur du joint et épaisseur de verre). Le mastic remplit à la fois une fonction mécanique et une fonction d'étanchéité. Avant son application, le verre doit être parfaitement nettoyé et dégraissé. L'emploi de primaire est superflu.

## 5 CONCLUSION

Le verre est de plus en plus utilisé dans des ouvrages particuliers, structuraux ou non. Un code de bonne pratique pour la conception et la mise en œuvre de ces ouvrages faisait jusqu'à présent défaut. La NIT 'Ouvrages particuliers en verre', élaborée à l'initiative du Comité technique 'Vitrerie' et destinée à compléter les NIT 214 et 221, permettra de combler ce vide. ■

 [www.cstc.be](http://www.cstc.be)  
LES DOSSIERS DU CSTC N° 2/2009

Cet article, dont la version intégrale paraîtra bientôt sur notre site, a été rédigé dans le cadre de l'Antenne Normes 'Eurocodes' financée par le SPF Economie ([www.normes.be](http://www.normes.be)).

# Zoom sur les ETICS

Les ETICS (systèmes d'enduit sur isolation extérieure) connaissent actuellement un succès croissant. Cette technique offre en effet de nombreuses perspectives quant à l'amélioration des performances énergétiques, tant pour des constructions neuves que pour des bâtiments à rénover.



C. Boes, ex-CSTC  
Y. Grégoire, ir.-arch., chef adjoint de la division 'Matériaux', CSTC

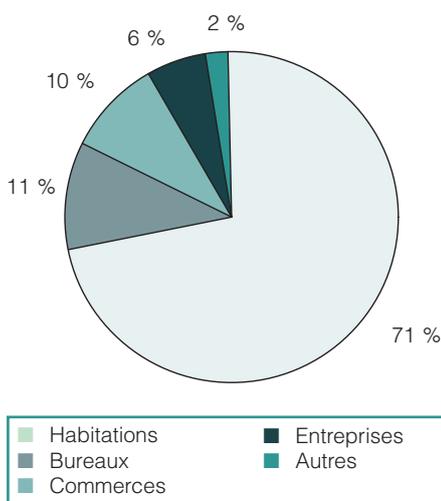
## 1 L'ENQUÊTE

Afin de mieux cerner ce marché au sein du secteur du plafonnage, une enquête a été adressée en 2006 à un millier d'entreprises.

Les réponses reçues nous ont permis d'effectuer une analyse représentative du secteur des enduits extérieurs sur isolant et d'obtenir des informations sur les problèmes et les dégâts rencontrés pendant et après l'exécution. Cet article en livre les principaux résultats.

## 2 DONNÉES GÉNÉRALES

Les réponses à notre enquête représentent une surface exécutée couvrant de 53.000 à 183.000 m<sup>2</sup> par an. Avec une surface d'ETICS exécutée en Belgique comprise entre 200.000



**Surface exécutée par type de construction (%/an) pondérée selon le marché couvert par l'entreprise**

Dans le contexte de la PEB, les ETICS sont souvent considérés comme une solution adéquate, sous réserve des conditions suivantes :

- une conception et des prescriptions adaptées (concepteur/architecte)
- un système éprouvé (fournisseur/producteur) (la liste des systèmes disposant d'un ATG figure sur le site de l'UBAtc : [www.ubatc.be](http://www.ubatc.be))
- une mise en œuvre correcte des travaux et en particulier des détails techniques (entrepreneur)
- un entretien adéquat après l'exécution des travaux (maître d'ouvrage).

Bien que le nombre de réalisations conçues à l'aide de cette technique monte en flèche, on constate que le secteur manque actuellement de candidats-entrepreneurs. En outre, les codes d'aménagement du territoire ne sont pas toujours en concordance avec les défis présents et futurs sur le plan de l'énergie.

et 300.000 m<sup>2</sup>/an en 2006 (en 2008, ce nombre est évalué à 500.000 m<sup>2</sup>/an), on estime que les réponses de l'enquête sont représentatives de la réalité des chantiers belges.

L'enquête a révélé que les chantiers sur lesquels 200 m<sup>2</sup> d'enduits sur isolant ont été appliqués représentent la majeure partie du marché. Si on compare ce chiffre aux différents types de construction, on constate que cette surface correspond principalement aux maisons d'habitation (71 % du marché). Les autres types de construction sont des bureaux, des commerces et des entreprises.

Les données indiquent que les ETICS sont appliqués à part égale pour les constructions neuves (travaux d'extension compris) et les travaux de rénovation/restauration.

## 3 CHOIX DE LA TECHNIQUE DE FAÇADE ET DES SYSTÈMES UTILISÉS

Le support le plus courant est la maçonnerie en briques (environ 75 % du marché).

Les raisons qui orientent le choix sont à la fois esthétiques et techniques. Les raisons techniques évoquées sont l'avantage thermique que l'isolant apporte et le fait que le support est en mauvais état ou à rénover.

80 % des entreprises préfèrent un système avec polystyrène expansé. De plus, selon cette enquête, ces systèmes sont ceux utilisés

le plus couramment et ils reçoivent la plupart du temps une finition dite synthétique (\*). Les systèmes constitués de laine minérale et/ou d'une finition minérale ne sont appliqués que par une minorité d'entreprises.

## 4 PROBLÈMES RENCONTRÉS DURANT L'EXÉCUTION ET DÉGÂTS ÉVENTUELS

Une petite majorité des entreprises qui mettent en œuvre des enduits sur isolant ont déjà rencontré des problèmes lors de l'exécution. Ces problèmes sont principalement dus aux raccords, au support et aux conditions climatiques. Il est mentionné que la conception et les détails ne sont pas toujours compatibles avec la technique.

Les dégâts constatés (fissures, décollements, salissures) surviennent généralement quelques mois à quelques années après la mise en œuvre. De plus, quelques entreprises rapportent des problèmes récurrents à la suite de l'utilisation d'un système spécifique. ■



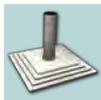
[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC n° 2/2009

Pour de plus amples informations sur le sujet, on consultera la version longue de cet article ainsi que l'infocarte n° 37 (toutes deux disponibles sur notre site Internet).

(\* ) Une publication ultérieure traitera de manière plus approfondie des différents types d'enduits et de systèmes disponibles sur le marché.

Trois ans après sa parution, la Note d'information technique 228 'Pierre naturelle', première NIT à être publiée sous forme de base de données, doit être adaptée aux prescriptions des nouvelles normes européennes, notamment en ce qui concerne l'évaluation de la résistance au gel. Une vingtaine de fiches techniques sont en préparation et viendront bientôt compléter la collection existante.



# Nouvelles normes européennes :

## implications pour la NIT 228

*D. Nicaise, dr. sc., chef du laboratoire 'Minéralogie et Microstructure'*  
*F. de Barquin, ir., chef du département 'Matériaux, Technologie et Enveloppe'*

La NIT 228 'Pierre naturelle' a été élaborée très rapidement après l'arrivée massive des normes européennes. Parue en juin 2006, elle était la première NIT éditée sous forme de base de données, ce qui permettait une actualisation aisée.

Les recommandations établies sur la base des normes européennes en fonction de la destination de la pierre constituent depuis lors la référence en la matière, comme le prouve le grand nombre de consultations (près de 65.000 en 2008).

Cette Note doit aujourd'hui être adaptée pour rester en symbiose avec les normes européennes actuelles.

### 1 EVOLUTION DE LA NORMALISATION EUROPÉENNE

Les actions de recherche menées depuis quatre années au CSTC en vue d'évaluer l'aptitude à l'emploi des pierres visent notamment à développer des spécifications propres à notre climat et à nos habitudes constructives.

Ces projets ont permis de peser sur une série de décisions prises, en 2008, dans les commissions de normalisation européenne. La révision de la norme EN 12371 consacrée à la résistance au gel a été coordonnée par le CSTC, qui a, de ce fait, pu faire valoir le point de vue belge en la matière.

Entrée en application en 2001, la norme NBN EN 12371 a introduit une nouvelle méthode de détermination de la gélivité et, très vite, il a fallu développer de nouveaux critères basés sur cette méthode; ceux-ci ont été présentés dans la NIT 228.

Selon la méthode utilisée et l'application envi-

### Spécifications relatives à la résistance au gel en fonction de l'application.

USAGES EXTÉRIEURS	MÉTHODE	
	Méthode belge NBN B 27-009 (mm Hg) (¹)	Méthode européenne NBN EN 12371 (nombre de cycles) (²)
Eléments de pavage et de revêtement de sol	650	140
Eléments en contact avec le sol	650	140
Eléments en élévation non verticale ou éléments en saillie sur le plan de la façade	600	84
Eléments de maçonnerie massive	500	70
Eléments de revêtement mince de façade ventilée	400	12

(¹) La pierre testée doit satisfaire à l'essai après une imprégnation d'eau sous la dépression indiquée.

(²) La pierre testée doit satisfaire au nombre de cycles indiqué. Vu le peu d'expérience acquise avec la méthode européenne (essai d'identification), ce nombre doit être considéré comme indicatif et peut être sujet à modification.

sagée, il est recommandé que la pierre satisfasse aux critères spécifiés dans le tableau ci-dessus, extrait de la NIT 228. En ce qui concerne la méthode européenne, ce tableau fait uniquement référence à l'essai d'identification, l'essai technologique paraissant inadapté à la plupart des applications de la pierre dans le bâtiment.

Les modifications apportées dans le projet de révision de la norme visent surtout à satisfaire au mieux la demande du secteur qui souhaite une diminution du coût et de la durée des essais. Ceci se traduira par une réduction du nombre maximum de cycles et des mesures intermédiaires.

En outre, des changements mineurs et ponctuels ont été apportés afin de répondre davantage à la réalité du comportement des pierres. Cependant, même si la méthode change, le CSTC veille à ce que les modifications n'affectent en rien les critères d'application développés dans la NIT 228.

D'autres sujets d'importance pour le secteur, comme l'évaluation de la résistance aux taches ou la problématique du cintrage des revêtements de façade, ont également pu bénéficier des connaissances acquises au cours des recherches.

C'est ainsi qu'a été supprimée la norme NBN

EN 13919 qui avait pour but de tester la résistance des pierres naturelles à une exposition prolongée en atmosphère polluée. L'expérience des laboratoires a en effet montré que cet essai donnait des résultats peu fiables. Aucun critère n'avait d'ailleurs été défini à ce sujet dans la NIT 228.

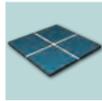
Le comportement des pierres exposées aux agents climatiques sera dorénavant évalué à partir d'une méthode basée sur des cycles thermiques. Déclinée en deux versions différentes, cette méthode permettra de tester, d'une part, la sensibilité à l'oxydation et, d'autre part, la résistance mécanique aux variations hygrothermiques (dont le cintrage).

### 2 NOUVELLES FICHES TECHNIQUES

Une vingtaine de fiches techniques sont en préparation et viendront compléter les 50 premières déjà mises en ligne. L'ensemble couvrira ainsi un large éventail des pierres les plus utilisées actuellement dans le secteur du bâtiment en Belgique.

Une nouvelle version de la NIT 228 verra le jour fin 2009. Celle-ci sera indexée et datée afin d'éviter toute confusion dans l'utilisation du document. ■

Le climat hivernal de nos régions est considéré comme sévère pour les matériaux de construction. En effet, de longues périodes humides, fréquemment interrompues par de courts épisodes de gel font subir de nombreux cycles de gel/dégel aux matériaux, surtout s'ils sont disposés horizontalement. Les carreaux céramiques mis en œuvre en terrasse extérieure n'échappent pas à ce phénomène.



F. de Barquin, ir., chef du département 'Matériaux, Technologie et Enveloppe', CSTC  
J. Tirlocq, dr. sc., conseiller scientifique, Centre de recherches de l'industrie belge de la céramique (CRIBC)

Si la durabilité des carreaux céramiques ne pose généralement pas de problème particulier, nous avons néanmoins relevé au cours des dernières années un nombre non négligeable d'altérations par le gel, même pour des carreaux qui, selon la norme européenne en vigueur, sont considérés comme résistants au gel.

## 1 DE LA NORME BELGE À LA NORME EUROPÉENNE

Jusqu'en 1991, année de parution de la norme NBN EN 202, la résistance au gel des carreaux céramiques était jugée, en Belgique, sur la base de la NBN B 27-011. Le protocole d'essai prescrit consistait à soumettre à 20 cycles de gel/dégel des carreaux posés dans un lit de sable et préalablement imprégnés d'eau sous une dépression de 740 mm de mercure.

En 1997, la norme NBN EN 202 fut remplacée par la NBN EN ISO 10545-12, qui est toujours en vigueur pour la détermination de la résistance au gel de ces matériaux. Les principales différences par rapport à l'ancienne norme belge concernent :

- l'imprégnation d'eau avant les cycles (sous une dépression de 300 mm de mercure)



Fig. 1 Exemple d'un dégât de gel observé.

# Résistance au gel des carreaux céramiques : norme européenne inadaptée

- le nombre de cycles (porté à 100)
- le fait que les carreaux sont testés non posés (abandon du système 'bac à sable').

La Belgique s'opposa à l'approbation de ces deux normes, notamment en raison d'une suspicion de moins grande sévérité des méthodes d'essai. Ces doutes se confirmèrent lorsque divers cas de dégradations, se présentant le plus souvent sous la forme d'un écaillage de plusieurs centimètres de diamètre, furent observés en terrasse extérieure dans nos régions (figure 1).

Les carreaux incriminés satisfaisant dans la grande majorité des cas à la norme NBN EN ISO 10545-12, la qualité de la mise en œuvre fut souvent mise en doute. Ceci incita le CSTC à entreprendre une recherche prénormative en collaboration avec le CRIBC (Centre de recherches de l'industrie belge de la céramique).

## 2 PROPOSITION D'UNE MÉTHODE D'ESSAI PLUS APPROPRIÉE

L'étude menée a permis de mettre en évidence les points faibles de la norme NBN EN ISO 10545-12, à savoir : une imprégnation en eau insuffisante avant l'exécution des cycles et le fait de tester les carreaux en situation libre de déformation dans les enceintes de gel.

Ce dernier point fut considéré comme particulièrement important eu égard à l'évolution des formats des carreaux et des techniques de pose. En effet, des formats de plus en plus grands diminuent la proportion de joints dans le revêtement et donc les possibilités de déformation du carreau.

Par ailleurs, les épaisseurs devenant de plus en plus réduites et la porosité de plus en plus faible, l'usage de la pose collée s'est amplifié au cours des années, rendant le carreau plus solidaire de son support. Cette situation de quasi-blocage peut se révéler critique sur des carreaux moyennement résistants au gel qui seraient soumis à une succession de cycles de gel/dégel.

La recherche a conduit à proposer un essai simplifié consistant à soumettre les carreaux à 20 cycles de gel, en les encastrant, après les avoir imprégnés sous une dépression de



Fig. 2 Cadre métallique dimensionné pour reproduire le blocage.

740 mm Hg, dans un cadre métallique spécialement dimensionné pour reproduire le blocage qu'il connaîtra en pratique (figure 2).

Cet essai a été validé sur différents cas observés en pratique et a montré une bonne corrélation au niveau de la reproduction des altérations, là où l'essai réalisé selon la norme NBN EN ISO10545-12 ne révélait aucun dégât et amenait à considérer le carreau comme résistant au gel.

## 3 CONCLUSION

La résistance au gel d'un matériau est une caractéristique complexe à évaluer en laboratoire. Dans le cas des carreaux céramiques, il a été démontré que la norme européenne présentait d'importantes lacunes pour la prédiction du comportement dans un climat sévère tel que le nôtre. Les recherches menées ont permis de proposer une méthode adaptée (non normalisée), qui reproduit plus fidèlement les sollicitations réellement subies par les éléments du revêtement et permet une prédiction plus fiable de son comportement. ■



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

LES DOSSIERS DU CSTC N° 2/2009

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

Un nouveau référentiel pour la classification de la réaction au feu a vu le jour dans le cadre de l'harmonisation européenne. Cette nouvelle classification, qui a fait l'objet d'un article publié en 2003 dans CSTC-Magazine, coexistera avec la classification belge de la réaction au feu jusqu'au 1<sup>er</sup> janvier 2013 (1).



Y. Martin, ir., chef adjoint de la division 'Matériaux'

V. Pollet, ir., chef adjoint du département 'Matériaux, Technologie et Enveloppe'

La nouvelle classification européenne distingue sept catégories principales de revêtements de sol : A<sub>1,FL</sub>, A<sub>2,FL</sub>, B<sub>FL</sub>, C<sub>FL</sub>, D<sub>FL</sub>, E<sub>FL</sub> et F<sub>FL</sub> (indice FL pour *flooring*). Outre ces classes principales, une classe additionnelle s1 ou s2 (*smoke*) est prévue pour préciser le dégagement de fumée du revêtement de sol.

La réglementation belge en matière de sécurité incendie a été adaptée pour tenir compte de cette nouvelle classification et devrait être publiée officiellement dans un proche avenir.

## 1 INFLUENCE DES CONDITIONS DE POSE SUR L'ÉVALUATION DE LA RÉACTION AU FEU

La performance de réaction au feu d'un revêtement de sol résilient se détermine sur la base d'essais en laboratoire. La classification obtenue peut toutefois être influencée par les conditions de pose, c'est-à-dire principalement par le type de support sur lequel le revêtement est posé, le type de colle utilisé et la couche de primaire et d'égalisation appliquée.

### 1.1 SUPPORT DU REVÊTEMENT DE SOL

Les normes en vigueur (2) précisent que les revêtements de sol peuvent être testés sur un substrat normalisé. Il s'agit :

- soit d'un support standard incombustible (plaque en fibrociment); dans ce cas, le classement obtenu pour le revêtement de sol est étendu à tout support incombustible au sens des euroclasses (classé A<sub>1,FL</sub> et A<sub>2,FL</sub>)

(1) Date prévue dans le projet actuel de modification de l'annexe 5 de l'arrêté royal fixant les normes de base en matière de sécurité contre l'incendie. Il n'est pas exclu que cette date soit adaptée lors de la publication officielle du texte.

(2) NBN EN 14041:2004 'Revêtements de sol résilients, textiles et stratifiés. Caractéristiques essentielles' et NBN EN 13238:2001 'Essais de réaction au feu des produits de construction. Mode opératoire du conditionnement et règles générales de sélection des substrats'.

# Réaction au feu des revêtements de sol résilients : attention aux conditions de pose !



Source : ISSeP (Institut scientifique de service public)

## Essai de réaction au feu d'un revêtement de sol.

- soit d'un support standard combustible (panneau en particules de bois); le classement obtenu pour le revêtement de sol est alors étendu à tout support incombustible et aux supports en bois.

L'utilisation du support standard combustible entraînera vraisemblablement un classement de réaction au feu moins favorable pour le revêtement de sol que l'essai avec le support standard incombustible.

### 1.2 TYPE DE COLLE

Lors de l'essai en laboratoire, le type de colle et la quantité utilisée doivent, si possible, répondre aux conditions d'application finale prévues. La norme NBN EN 14041:2004, qui se réfère à la norme d'essai NBN EN 9239-1, stipule que, si les éprouvettes sont testées en association avec une colle, le résultat vaut pour le revêtement de sol soumis à l'essai et pour cette colle spécifique (ou pour les colles de même type générique). Si les éprouvettes sont testées sans colle, le résultat vaut pour

le revêtement de sol soumis à l'essai avec ou sans colle.

On notera qu'un essai sur un revêtement de sol placé en pose libre fournit des résultats moins favorables que le même revêtement de sol rendu solidaire par collage.

### 1.3 COUCHES DE PRIMAIRE ET D'ÉGALISATION

En principe, les conditions d'essai doivent correspondre aux conditions d'application finale *in situ*. Néanmoins, l'influence des couches de primaire et d'égalisation devrait être négligeable sur la performance de réaction au feu du revêtement. On peut généralement considérer qu'il n'est pas nécessaire d'effectuer des essais supplémentaires.

## 2 PERFORMANCE DE RÉACTION AU FEU SANS ESSAI

Le fabricant peut décider de ne pas revendiquer de performance de réaction au feu, c'est-à-dire qu'il choisit de mettre un revêtement de sol ou une famille de revêtements de sol sur le marché en classe F<sub>FL</sub>. Dans ce cas, aucun essai n'est exigé pour ce produit ou cette famille de produits. Par ailleurs, une classe E<sub>FL</sub> peut être garantie, sans essais, pour les types de revêtement de sol répondant aux conditions reprises dans la décision 2005/610/CE de la Commission européenne. ■



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)  
LES DOSSIERS DU CSTC N° 2/2009

La version intégrale de cet article évoquera les changements prévus dans la réglementation belge en matière de sécurité incendie et précisera à quelles conditions doit répondre un revêtement de sol en vue d'être classé E<sub>FL</sub> sans essai.

Les récentes versions des normes NBN B 62-002 et NBN B 62-301 préconisent de nouvelles règles pour le calcul des performances thermiques des bâtiments. Celles-ci sont brièvement expliquées ci-après.



J. Schietecat, ing., chef du laboratoire  
'Techniques de chauffage et de climatisation'

## 1 NORMALISATION EUROPÉENNE

En 2004, le CEN a été mandaté par la Commission européenne pour rédiger un grand nombre de normes en vue de soutenir les procédures nationales de calcul PEB dans les États membres. Le CEN a, dès lors, publié en 2008 un rapport technique de synthèse (CEN/TR 15615) expliquant le contenu, la hiérarchie et la corrélation entre toutes les normes concernées (dont une dizaine concernent la transmission thermique).

## 2 NOUVELLE NORME NBN B 62-002

La commission miroir belge E88/89 avait déjà décidé en 2005 d'implémenter les nouvelles normes européennes de transmission par la révision de la norme NBN B 62-002 de 1987 et ses deux addenda de 2001 et 2005.

La norme révisée a été publiée fin 2008 et comprend entre autres :

- des règles pour le calcul des déperditions thermiques par transmission à travers les éléments de construction et leurs composants (détermination de la conductivité thermique ou valeur  $\lambda$ , de la résistance thermique ou valeur  $R$ , du coefficient de transmission thermique ou valeur  $U$ , et de l'effet des ponts thermiques)
- des règles pour le calcul du coefficient de transfert de chaleur par transmission (valeur  $H_T$ ) et par ventilation (valeur  $H_V$ ) entre les environnements intérieur et extérieur d'un bâtiment (voir figure 1)
- des conventions et des règles applicables à la pratique de construction belge (dans les conditions climatiques belges normales).

# Nouvelles normes NBN pour les performances thermiques des bâtiments

## 3 NOUVELLE NORME NBN B 62-301

Depuis sa publication en 1989, la norme NBN B 62-301 fait fonction de méthode de calcul normalisée pour la détermination du niveau d'isolation (niveau  $K$ ) des bâtiments. Vu que l'on utilise notamment la valeur  $U$  moyenne de tous les murs de l'enveloppe du bâtiment dans le calcul de ce niveau  $K$ , la révision de la norme NBN B 62-301 s'est déroulée parallèlement à celle de la norme NBN B 62-002.

La nouvelle norme comprend (voir figure 2) :

- de nouvelles définitions et conventions pour déterminer le volume protégé ( $V$ ), l'espace adjacent non chauffé (EANC), la surface de déperdition thermique ( $A_p$ ) et la compacité volumique ( $V/A_p$ ) du bâtiment
- de nouvelles règles pour la prise en compte des murs de séparation
- des formules adaptées pour déterminer le coefficient de transfert de chaleur par transmission (valeur  $H_T$ ) et le coefficient moyen de transmission thermique ( $U_{m,T}$  déterminé sans facteurs de pondération)
- une nouvelle feuille de calcul.

## 4 LIEN AVEC LES RÉGLEMENTATIONS PEB RÉGIONALES

Les réglementations PEB ont été introduites dans les Régions à des moments différents : en Flandre en janvier 2006, à Bruxelles en juillet 2008 et en Wallonie en septembre 2008. Étant donné que ces dates précèdent la date de ratification des normes belges précitées (14 mai 2009), les Régions se sont vues obligées de rédiger chacune leur propre document de référence en matière de transmission (DRT) : en Flandre fin 2007, ailleurs mi-2008. Ainsi, la détermination des perfor-

mances thermiques des bâtiments et de leurs composants selon la PEB (ou le DRT) ne correspond plus tout à fait aux normes NBN B 62 actuelles.

Le DRT étant à ce jour l'unique document légal pour le calcul des déperditions thermiques par transmission et du niveau  $K$  dans le cadre des réglementations PEB régionales, seul le résultat d'un tel calcul peut être introduit dans le logiciel PEB. En Wallonie, le DRT n'entrera en vigueur qu'au 1<sup>er</sup> septembre 2009, les déperditions thermiques par transmission et le niveau  $K$  devant donc être calculés jusque-là sur la base des anciennes versions des normes NBN B 62-002 et NBN B 62-301.

## 5 RÉVISION DE LA NORME NBN B 62-003

Comme la nouvelle norme NBN B 62-002 est utilisée pour tous les calculs thermiques sortant du cadre de la réglementation PEB, elle est également applicable au dimensionnement des installations de chauffage, qui se fait, jusqu'à présent, sur la base du calcul des déperditions thermiques tel que préconisé dans la norme NBN B 62-003 (1985). En janvier 2009, un groupe de travail du NBN a entamé la révision de cette dernière norme, afin qu'elle concorde non seulement avec les procédures de calcul de la norme NBN B 62-002, mais aussi avec la méthode de calcul de la norme européenne NBN EN 12831 (2003). ■

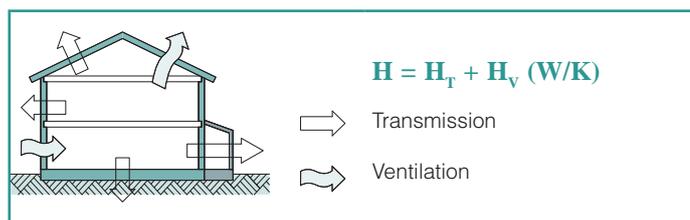


Fig. 1 Transfert de chaleur par transmission et ventilation.

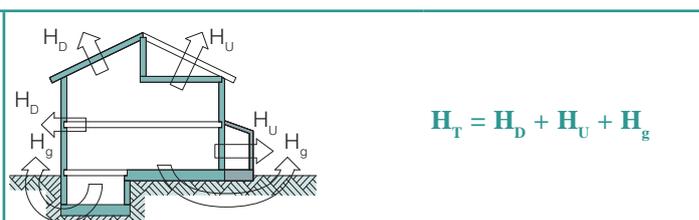


Fig. 2 Paramètres pour la détermination du niveau  $K$ .



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

LES DOSSIERS DU CSTC N° 2/2009

La version intégrale de cet article sera bientôt téléchargeable.

**A** la demande de l'inspection sanitaire flamande, le CSTC rédige actuellement une vingtaine de fiches illustrant quelques risques concrets de colonisation de légionelles dans les installations sanitaires d'eau froide et d'eau chaude.



*K. De Cuyper, ir., chef de la division 'Équipements techniques et Automatisation'*

## 1 PROBLÉMATIQUE

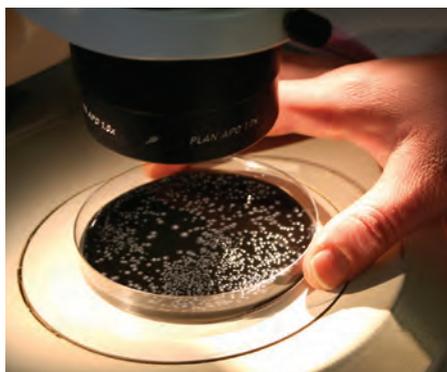
La Belgique a été confrontée pour la première fois au germe de la légionelle fin juin 1999, lorsque la presse rapporta le cas de sept personnes tombées malades dans un hôtel ardennais. Une de ces personnes est décédée des suites d'une infection pulmonaire.

En novembre de la même année, tous les regards étaient tournés vers une localité au nord d'Anvers, où, en un week-end seulement, plus de cent personnes ont été hospitalisées à la suite de leur passage dans un centre commercial. Celles-ci présentaient des symptômes de légionellose, une affection pulmonaire grave qui s'est révélée fatale pour cinq d'entre elles.

L'explication de ces deux épisodes réside dans l'inhalation de petites gouttelettes d'eau contaminées par la bactérie *Legionella pneumophila* (cf. figure 1). Cette dernière fut découverte en 1977, après que de nombreuses et mystérieuses infections pulmonaires furent détectées parmi les participants à un congrès d'anciens combattants de l'armée américaine qui avait eu lieu l'année précédente.

## 2 DÉVELOPPEMENT DE LA BACTÉRIE

La bactérie *Legionella pneumophila* est na-



**Fig. 1** Analyse d'une culture de légionelle.

# Contrôle du risque de légionelle dans les installations sanitaires



**Fig. 2** Le risque de développement de la légionelle est accru dans les réservoirs d'eau non isolés.

turellement présente dans l'eau potable, mais en des concentrations tellement faibles que le risque de contamination est pour ainsi dire inexistant.

En revanche, les germes de légionelle deviennent dangereux lorsqu'ils se multiplient. Ainsi, on estime dans les milieux hospitaliers que le risque de légionellose augmente dès lors que l'on dénombre plus de 1.000 unités formant colonies par litre d'eau.

Le germe se développe principalement en fonction de la température :

- sous 20 °C, la bactérie est en état léthargique
- entre 20 et 45 °C, elle se développe, avec un optimum au moment où la température équivaut à celle de notre corps (37°)
- au-delà de 50°, les germes commencent à disparaître, et ce d'autant plus que la température augmente.

La contamination des tours de refroidissement et des installations de production et de distribution d'eau chaude sanitaire par la légionelle n'a dès lors rien de surprenant, étant donné que les températures y sont favorables.

Outre la température, d'autres facteurs secondaires exercent une influence, notamment la stagnation, l'entartrage, la corrosion, la présence de nutriments, ...

## 3 CONTRÔLE

Afin d'éviter une multiplication de ces bactéries dans les installations sanitaires de nos bâtiments, il convient avant tout d'identifier toutes les zones à risque. Une analyse des risques permettra de localiser les endroits où les conditions sont les plus favorables à la croissance de la bactérie (cf. figure 2). Depuis la promulgation de l'arrêté flamand 'Legionella' en 2002, cette analyse est d'ailleurs devenue obligatoire.

Afin d'aider les professionnels de la construction à établir cet inventaire, le CSTC a élaboré, à la demande de l'inspection sanitaire flamande, une vingtaine de fiches expliquant quelles sont les zones les plus risquées dans les installations sanitaires d'eau chaude et d'eau froide. Cette série de fiches est introduite par un texte général précisant leur but et leur structure et livrant un aperçu des principaux facteurs qui favorisent le développement de la légionelle. ■



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

Pour de plus amples informations, le lecteur intéressé consultera les fiches consacrées à la légionelle bientôt disponibles sur notre site Internet.

Avec l'entrée en vigueur des réglementations sur la performance énergétique des bâtiments (PEB), l'étanchéité à l'air des ouvrages requiert désormais une attention particulière. De nombreux intervenants exercent, souvent sans le savoir, une influence sur le niveau d'étanchéité atteint. La mesure de l'étanchéité à l'air est un moyen de contrôle de la bonne exécution des travaux qu'il ne faut pas considérer à la légère. Heureusement, cette mesure est également un outil intéressant pour détecter les fuites d'air et permettre à chacun d'améliorer ses techniques de construction.



✍ S. Caillou, dr. ir., chercheur, division 'Energie et Climat'

Une bonne étanchéité à l'air permet d'économiser l'énergie, d'améliorer le confort et de réduire le niveau E : de 5 à 15 points de moins selon les cas (le niveau E réglementaire est fixé à 100). Pour être valorisée, l'étanchéité à l'air doit être prouvée par une mesure réalisée en fin de chantier, selon la norme NBN EN 13829 et les spécifications complémentaires d'application depuis peu dans les trois régions. En l'absence de cette mesure, optionnelle, le calcul du niveau E prend en compte une valeur par défaut relativement défavorable.

L'étanchéité à l'air est une caractéristique de l'ensemble du bâtiment; de nombreux intervenants de la construction sont donc concernés. Le gros œuvre, la toiture et les menuiseries assurent la fermeture de l'enveloppe du bâtiment. Le plafonnage, la pose d'un pare-vapeur ou de panneaux de bois contribuent généralement à améliorer l'étanchéité des parois. Les raccords (châssis, toiture, dalle de sol, etc.) ainsi que les percements et encastres (chauffage, sanitaire, ventilation, électricité, etc.) influencent également fortement l'étanchéité à l'air.

Chacun des entrepreneurs concernés ne peut donc pas s'engager seul quant au niveau d'étanchéité à l'air à atteindre. Même un entrepreneur en charge de la réalisation de l'intégralité d'un bâtiment se doit d'être prudent en ce qui concerne le niveau d'étanchéité qu'il pourrait promettre, en particulier s'il est inexpérimenté dans le domaine.

## 1 PRINCIPE DE LA MESURE

Pour évaluer l'étanchéité à l'air de l'enveloppe, le bâtiment est mis en surpression ou en dépression à l'aide d'un ventilateur installé dans

# Mesure de l'étanchéité à l'air : vous êtes certainement concerné !

l'ouverture d'une porte ou d'une fenêtre. On mesure ensuite le débit d'air qui passe par le ventilateur, pour plusieurs différences de pression entre l'intérieur et l'extérieur. Les ouvertures du bâtiment (portes, fenêtres, etc.) étant fermées pendant la mesure, ce débit correspond donc aussi à celui des fuites d'air qui traversent l'enveloppe. Le débit de fuite total, généralement mentionné pour une différence de pression de 50 Pa, est noté  $\dot{V}_{50}$  (V majuscule).

## 2 EXPRESSION DE L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Dans le cadre de la PEB ([www.epbd.be](http://www.epbd.be)), l'étanchéité à l'air est exprimée par le débit de fuite d'air à 50 Pa, par unité de surface de l'enveloppe, soit  $\dot{v}_{50}$  (v minuscule), en  $(\text{m}^3/\text{h})/\text{m}^2$ . L'étanchéité à l'air est également couramment exprimée par le taux de renouvellement d'air à 50 Pa,  $n_{50}$  (en  $\text{h}^{-1}$ ).

Ces deux paramètres ne sont pas strictement comparables, mais sont, dans la plupart des cas, du même ordre de grandeur. Pour fixer les idées, le schéma de la figure 1 donne quelques valeurs repères.

Améliorer l'étanchéité à l'air est possible, mais ne s'improvise pas. Des niveaux inférieurs à 3, voire à 1  $(\text{m}^3/\text{h})/\text{m}^2$  nécessitent une attention tout à fait particulière, tant lors de la conception que de l'exécution.



Fig. 2 Détection d'une fuite au moyen d'un fumigène.

rieurs à 3, voire à 1  $(\text{m}^3/\text{h})/\text{m}^2$  nécessitent une attention tout à fait particulière, tant lors de la conception que de l'exécution.

## 3 DÉTECTION DES FUITES

Pour atteindre une bonne, voire une excellente étanchéité à l'air, la conception et la réalisation des détails de l'enveloppe du bâtiment sont capitales. L'étanchéité ne peut cependant pas être quantifiée précisément à l'avance. Seul un test d'étanchéité permet de vérifier la performance réellement atteinte. Le test permet aussi de détecter les fuites dans l'enveloppe du bâtiment : c'est l'opportunité d'identifier les détails de construction qui fonctionnent et ceux à l'origine des fuites susceptibles d'être améliorés.

Les défauts d'étanchéité les plus importants peuvent être détectés visuellement. Lorsque le bâtiment est mis en dépression, les fuites peuvent être repérées au moyen d'un fumigène (figure 2).

Lorsqu'une mesure est prévue à la fin du chantier, dans le cadre de la PEB par exemple, la présence des différents intervenants peut être instructive pour chacun; de plus, certaines fuites peuvent parfois être corrigées immédiatement. Le test d'étanchéité peut également être réalisé en cours de chantier lorsque les éléments (tel le pare-vapeur, par exemple) sont encore accessibles et facilement améliorables. ■

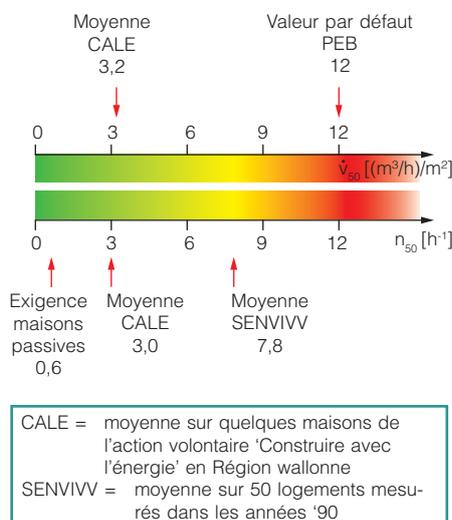


Fig. 1 Valeurs repères pour  $\dot{v}_{50}$  et  $n_{50}$ .

**S**i, dans le domaine de la construction, un nombre important de produits sont couverts par la directive 'Produits de construction', la situation est quelque peu différente en ce qui concerne les luminaires, car leur marquage ne tombe pas sous la DPC et possède une forte connotation sécuritaire.



✍ P. D'Herdt, ir., chef de projet, division 'Energie et Climat'

A. Deneyer, ir., chef du laboratoire 'Lumière et Bâtiment'

La nouvelle édition de la norme IEC 60598-1 'Luminaires. Partie 1 : exigences générales et essais' est l'occasion de faire le point sur les systèmes de classification des luminaires et les symboles utilisés.

Cette norme, éditée par le Comité électrotechnique international (CEI), explicite les différentes classifications des luminaires et leur portée.

Elle définit entre autre la protection contre les chocs électriques (classe 0, I, II et III) ainsi

que la protection contre la pénétration des corps solides et de l'humidité (indice IP).

Si, par rapport à l'édition précédente, peu de changements sont apportés à la définition de ces indices, la norme explicite ce sur quoi porte exactement l'indice de protection considéré : s'agit-il d'une protection du luminaire ou de l'utilisateur ? Cette question fondamentale se doit d'être traitée avant toute prescription ou mise en œuvre, de manière à assurer, d'une part, la sécurité de l'occupant et, d'autre part, la sécurité du luminaire.

Outre ces deux indices, la norme définit un nouveau marquage identifiant le type de matériau de la surface d'appui pour laquelle le luminaire est conçu. Ce marquage diffère totalement du précédent, qui reprenait le symbole F et le triangle sur pointe; ce dernier n'est plus considéré par la norme, bien qu'il soit encore présent sur le marché.

# La classification des luminaires

L'approche utilisée pour ce marquage diffère de celle adoptée par le passé et suit la philosophie du CEI qui considère que tous les produits doivent satisfaire aux exigences les plus strictes, les informations et marquages additionnels n'étant donnés que pour les exigences que le produit ne rencontre pas. Concrètement, cela signifie que le seul marquage réalisé est un marquage négatif qui informe l'utilisateur des limites d'application du produit. ■



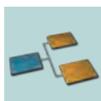
[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC N° 2/2009

La version intégrale de cet article explicite plus en détail la protection contre les chocs électriques et les indices IP. Elle fait aussi le point sur l'indice IK, ainsi que sur la notion d'inflammabilité d'un luminaire.

## CT GESTION

**A**près avoir connu une haute conjoncture ces dernières années, l'économie mondiale a commencé à ralentir fortement dans le courant de l'année 2008. De nombreux indicateurs révèlent une détérioration de la situation économique pour la construction.



✍ D. Pirlot, m.s.c.f., chef de division, département 'Communication et Gestion'

Dans ce contexte de crise où la concurrence va être avivée, l'entrepreneur doit réagir. Il est essentiel qu'il innove et mette tout en œuvre pour réduire ses coûts. Voici quelques pistes basées sur une utilisation plus performante des technologies de l'information et de la communication.

### LOGICIELS DE GESTION INTÉGRÉE

Avant toute chose, l'entrepreneur doit veiller à une meilleure intégration des données afin de limiter les doubles encodages. Les logiciels intégrés de gestion favorisant la maîtrise des processus permettent d'éviter l'utilisation de plusieurs modules informatiques qui structu-

## Innovation, créativité et différenciation Des réponses à la crise

rent l'information de manière différente et, par conséquent, ne facilitent pas l'échange des données ni les mises à jour indispensables au bon suivi d'un dossier.

Un plus grand recours à la gestion électronique des documents offre des avantages en matière de classement, de stockage et de diffusion des documents. Il existe des solutions performantes adaptées tant pour l'usage interne de l'entreprise que pour la gestion des informations entre les partenaires d'un projet. Citons, à titre d'exemple, les portails de projets qui permettent d'améliorer l'échange, l'organisation et le traitement de l'information entre le client, l'architecte, le bureau d'études, les entreprises, etc.

### TECHNOLOGIES MOBILES

Un usage accru des nouvelles technologies de type Internet mobile, GPRS ou GPS peut s'avérer judicieux pour faciliter la collecte et

le transfert de données entre le chantier et l'entreprise, 'géolocaliser' le matériel roulant, etc. Des applications réussies de ces techniques dans les grandes entreprises, mais également dans quelques PME mettent en évidence les avantages suivants :

- meilleure planification des ressources et meilleure communication des ordres de travail
- contrôle des présences, collecte des temps de prestation et des activités
- localisation des véhicules et contrôle des trajets domicile – entrepôt – chantier
- optimisation des kilomètres effectués pour atteindre un chantier (plus de détours)
- contrôle de l'utilisation professionnelle des véhicules (en dehors des heures)
- protection contre le vol (véhicules, engins, ...)
- gain de temps et d'argent en appels téléphoniques
- rapports complets, détaillés et automatisés
- calcul de la rentabilité des chantiers. ■

**P**lusieurs enquêtes révèlent que l'isolation acoustique des maisons mitoyennes et des appartements figure en tête des préoccupations de leurs occupants. C'est pour tenter de répondre à leurs attentes qu'est parue, début 2008, la norme NBN S 01-400-1 établissant les règles de l'art pour l'isolation acoustique des façades, l'isolation aux bruits aériens et aux bruits de chocs entre logements, et la réduction du bruit produit par les installations techniques.



✍ *B. Ingelaere, ir.-arch., chef adjoint du département 'Physique du bâtiment et Equipements'*

## 1 NOUVELLES EXIGENCES DEPUIS 2008

La norme NBN S 01-400-1 distingue deux niveaux de performances : un confort acoustique normal et un confort acoustique supérieur. Les exigences à respecter pour atteindre le confort acoustique normal sont d'application lorsqu'aucune spécification n'est précisée dans les documents contractuels et que l'on souhaite satisfaire au moins 70 % des utilisateurs. Par contre, pour revendiquer un confort acoustique supérieur, il convient de satisfaire 90 % des utilisateurs, ce qui nécessite généralement des dispositions constructives particulières.

En ce qui concerne l'isolation aux bruits aériens entre appartements, les nouvelles exigences de confort acoustique normal sont pratiquement identiques à celles préconisées dans l'ancienne norme NBN S 01-400-1. En revanche, les exigences de confort supérieur ( $D_{nT,w} \geq 58$  dB) sont devenues beaucoup plus sévères. Quant aux maisons mitoyennes, les exigences ont été nettement renforcées tant pour le confort normal que pour le confort supérieur ( $D_{nT,w} \geq 58$  dB / 62 dB).

## 2 COMMENT OBTENIR UN CONFORT ACOUSTIQUE SUPÉRIEUR ?

### 2.1 OUVRAGES CREUX SANS ANCRAGE AVEC DALLES DE PLANCHER INTERROMPUES

Dans ce cas de figure, le gros œuvre est constitué de murs creux mitoyens sans ancrage dont la coulisse a une épaisseur d'au moins 4 cm. Les dalles de plancher, interrompues au droit du mur mitoyen, sont posées sur les murs porteurs. Afin d'éviter tout transfert vibratoire au travers des murs et des planchers d'appartements contigus, il convient de ne pas munir les parois des murs creux de crochets d'ancrage et de veiller, lors de la mise en œuvre de l'isola-



**La mise en œuvre de couches élastiques permet d'améliorer sensiblement l'isolation acoustique.**

tion thermique, à ce que des débris de mortier ne forment pas de ponts structurels.

Si ce mode d'exécution convient parfaitement à l'isolation acoustique des maisons et des appartements mitoyens, il doit cependant, dans ce dernier cas, être complété des dispositifs suivants afin de garantir l'isolation verticalement : dalles de plancher massives (min. 500 kg/m<sup>2</sup>), chape flottante des plus performantes et murs massifs (min. 200 kg/m<sup>2</sup>) ou couches élastiques entre les parois et au-dessus de la dalle.

### 2.2 OUVRAGES CREUX SANS ANCRAGE AVEC DALLES DE PLANCHER CONTINUES

Le mur mitoyen est constitué ici de deux parois sans ancrage totalement séparées par une coulisse d'une épaisseur minimum de 4 cm. Des couches de matériaux élastiques dissocient les deux parois aussi bien de la dalle de sol que du plafond. La dalle massive et continue (min. 500 kg/m<sup>2</sup>) est recouverte d'une chape flottante répondant aux exigences de confort acoustique supérieur.

### 2.3 OUVRAGES AVEC CLOISONS DE DOUBLAGE

Ces ouvrages sont constitués d'une simple paroi porteuse et d'un cloison de doublage légère.

### 2.4 CONSTRUCTION À OSSATURE ET CLOISONS

La construction à ossature est constituée d'une dalle massive ou d'une dalle et d'un plafond suspendu (en plaques de plâtre cartonnées), combinés à des cloisons désolidarisées en périphérie à l'aide d'un matériau élastique, à des panneaux de doublage acoustique légers et à une chape flottante très performante.

### 2.5 CONSTRUCTION MASSIVE

Cette méthode associe des murs mitoyens massifs à simple paroi (min. 650 kg/m<sup>2</sup>) et des cloisons intérieures de plus de 300 kg/m<sup>2</sup>.

### 2.6 SOLUTIONS INDUSTRIELLES

Il existe sur le marché d'excellents systèmes industriels dont les performances permettent d'aller au-delà des exigences de confort acoustique supérieur. ■



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

LES DOSSIERS DU CSTC N° 2/2009

La version intégrale de cet article explicitera la manière de réaliser correctement les détails de construction.

Cet article sur la réhabilitation des caves inaugure une série qui vise à aborder de manière multidisciplinaire des problématiques d'actualité dans le cadre de la rénovation et du développement durable. Il devrait être suivi, dans les prochains mois, d'une approche semblable concernant les espaces sous toiture et la réhabilitation des façades.



# Rénovation des caves

✍ A. Pien, ing., chef du laboratoire 'Rénovation'  
L. Thijs, ir.-arch., chercheur, laboratoire 'Rénovation', conseiller technologique (\*)

Pièces en sous-sol partiellement ou totalement enterrées, les caves avaient comme fonction première de servir de garage, de réserve, de stockage de marchandises peu périssables, de buanderie ou de chaufferie. Elles constituent en fait des zones tampon qui protègent de l'humidité du sol les pièces d'habitation situées au rez-de-chaussée.

Le prix actuel de l'immobilier incite à valoriser ces locaux en espaces de travail ou d'habitation. Ce type de réhabilitation demande toutefois une connaissance sérieuse des contraintes spécifiques à ce genre d'intervention, afin de définir les travaux en adéquation avec la future destination des lieux.

## 1 CONTRAINTES SPÉCIFIQUES AUX LOCAUX ENTERRÉS

Lorsqu'on parle de problèmes en cave, l'image des infiltrations d'eau vient directement à l'esprit. Ce n'est pas le cas le plus courant et heureusement, car la présence d'infiltrations continues ou importantes limite fortement les possibilités de réaffectation des lieux. Par contre, dans bon nombre de caves, l'humidité est omniprésente, qu'elle résulte d'anciennes inondations ou d'infiltrations, d'un transfert d'eau en provenance des terres, de phénomènes hygroscopiques liés aux sels présents dans les murs, ou encore d'une condensation.

L'inertie thermique des terres environnantes favorise une température ambiante relativement constante (entre 10 et 15 °C). Si cette situation est favorable au stockage des denrées, elle implique cependant, en cas d'occupation comme logement, de chauffer les locaux de manière quasiment continue (y compris en été).



Des images qui se passent de commentaires ...

De plus, l'inertie thermique peut être source de condensation en période estivale, lorsque la vapeur contenue dans l'air extérieur chaud et humide se dépose sur des parois plus froides.

## 2 RÉHABILITATION DES CAVES

En cas d'infiltrations, même peu importantes et temporaires, on évitera de réaffecter des caves en logement.

Les interventions pour remédier aux infiltrations seront menées de préférence par l'extérieur (membranes et drainage). Si les travaux sont exécutés par l'intérieur (chape et enduits étanches), ils viseront principalement à assainir les lieux. Ils seront le plus souvent complétés par un traitement anticapillaire au bas des murs intérieurs, par des injections verticales à la jonction des murs de refend et par un blocage de l'humidité ascensionnelle dans les murs extérieurs.

Les problèmes liés aux *migrations capillaires* se présentent sous forme de taches plus foncées, d'efflorescences ou de dégradations dues à la cristallisation des sels. Suivant l'accessibilité des espaces, les interventions pourront s'envisager par l'extérieur (membranes ou enduit d'étanchéité) ou par l'intérieur (injections en masse, revêtements d'imperméabilisation, membranes d'isolation, enduits d'assainissement, ...). Ces traitements seront bien souvent complétés par des injections anticapillaires

(murs intérieurs et extérieurs) et par le placement d'un nouveau sol sur membrane étanche.

En cas d'affectation de locaux enterrés en logement, l'*isolation thermique* demande une étude préalable approfondie si l'on veut limiter la création de ponts thermiques, source de condensation et de moisissure.

Par ailleurs, une occupation plus 'active' augmente inévitablement l'humidité déjà importante des locaux enterrés et implique une *amélioration de la ventilation*, en tenant compte non seulement des points d'extraction, mais également des entrées d'alimentation en air 'frais' (cf. NBN D 50-001).

## 3 CONCLUSION

Les interventions techniques visant à valoriser les caves en espaces habitables sont nombreuses. Il s'agit de les sélectionner avec discernement en fonction des caractéristiques des lieux et des problèmes présents. Dans certains cas, cette réaffectation pourra se révéler économiquement impossible compte tenu des contraintes et des réglementations relatives au confort et à la sécurité des locaux habités. ■



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

LES DOSSIERS DU CSTC N° 2/2009

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

(\*) GT 'Ecoconstruction et développement durable' subsidiée par la Région bruxelloise.



# Publications et formations au CSTC

## PUBLICATIONS

### Les Dossiers du CSTC n° 2/2009

Cahier 1 Zoom sur les ETICS (C. Boes et Y. Grégoire).

### Les Dossiers du CSTC n° 4/2008

- Cahier 3 Les toitures-parkings : NIT en préparation (E. Noirfalisse)
- Cahier 12 Prévenir la corrosion des armatures induite par la présence de chlorures dans le béton (B. Doods, V. Pollet et G. Mosselmans).

### Infofiche n° 37

Mise en œuvre des enduits avec isolation extérieure (Infofiche 'interactive' en ligne) (Y. Grégoire).

### Rapport CSTC n° 12

Directives pour l'application de l'Eurocode 7 en Belgique. Partie 1 : dimensionnement géotechnique à l'état limite ultime de pieux sous charge axiale de compression (M. De Vos et N. Huybrechts).

### Rapport d'activités 2008

## FORMATIONS

### Energie et construction

Cycles techniques organisés par le CSTC et la Confédération Construction Wallonne, avec le soutien des fédérations de métiers et des Comités techniques du CSTC.

- Cycle 1 Performance énergétique des bâtiments (PEB) et construction neuve (inscriptions clôturées)
- Cycle 2 Energie et Rénovation :
  - 'Menuiserie & Vitrage' : le 15 septembre 2009, à l'IFAPME de Charleroi, de 09h00 à 11h30
  - 'Chauffage & Eau chaude sanitaire' : le 13 octobre 2009, à FormatPME Gembloux, de 09h00 à 11h30
  - 'Ventilation & Etanchéité à l'air' : le 17 novembre 2009, à FormatPME Gembloux, de 09h00 à 11h30. ■

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

Editeur responsable : Carlo De Pauw  
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 partielles, 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

Les publications du CSTC sont disponibles :

- sur notre site Internet :
  - gratuitement pour les entrepreneurs ressortissants
  - par souscription pour les autres professionnels (enregistrement sur [www.cstc.be](http://www.cstc.be))
- sous forme imprimée et sur CD-ROM.

Pour tout renseignement, appelez le 02/529.81.00 (de 8h30 à 12h) ou écrivez-nous par fax (02/529.81.10) ou par mail ([publi@bbri.be](mailto:publi@bbri.be)).

## FORMATIONS

- Pour plus d'informations sur 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)