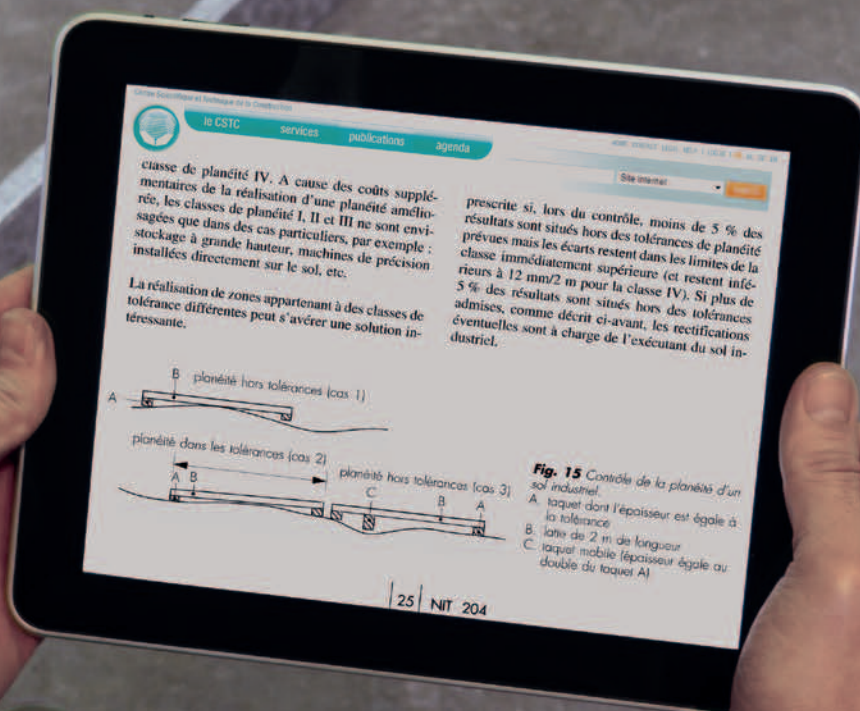
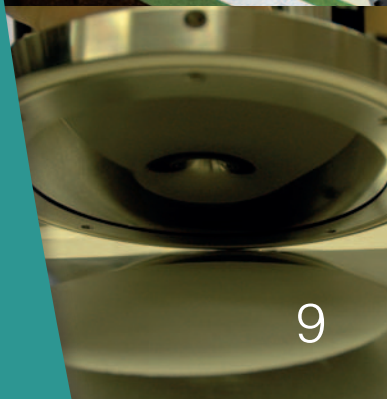




Sommaire

- 1 Le Guide de l'entretien fait peau neuve
- 2 Construction à ossature en bois : faut-il coller les joints des panneaux de contreventement ?
- 3 Créer des images intelligentes
- 4 Smart-Geotherm
- 5 Composition de toitures à couverture métallique non autoportante
- 6 Nœuds constructifs dans les toitures plates
- 7 Consignes avant la pose de portes résistant au feu
- 8 Finitions écologiques pour le bois
- 9 Peintures et COV : d'une faible teneur à une faible émission
- 10 Quels critères acoustiques pour les vitrages ?
- 12 Dureté et durabilité du jointoiement
- 13 Rénovation et traitement des matériaux pierreux naturels
- 14 Griffes et usure prématurée des carreaux céramiques
- 15 Infofiches PEB : installations et systèmes
- 16 La construction 'très basse en énergie' : 10 ans pour une révolution profonde
- 17 Risque de condensation sur les conduites d'évacuation d'eau situées à l'intérieur des bâtiments
- 19 Outils de gestion et calcul du prix de revient
- 20 Prédéterminer l'éclairage naturel



Le Guide de l'entretien fait peau neuve

Quand il s'agit de notre santé, on dit souvent : prévenir vaut mieux que guérir. Un adage qui, pour les bâtiments, pourrait devenir : entretenir vaut mieux que guérir, tant il est vrai que l'entretien régulier d'une construction diminue le risque de dégâts irréversibles et permet de réduire sérieusement les frais de remise en état. Pour aider le professionnel à guider son client dans cette tâche, le CSTC, avec la collaboration de ses Comités techniques et d'importantes organisations professionnelles et instances du secteur, vient de publier la troisième édition du 'Guide de l'entretien pour des bâtiments durables'. Une nouvelle parution entièrement remaniée qui n'a plus grand-chose à voir avec les précédentes versions.



UN PEU D'HISTOIRE

Dès les années '80, le CSTC s'est attelé, avec les organisations professionnelles, à la rédaction d'un guide qui soit un véritable programme permettant aux propriétaires et gestionnaires d'entretenir au mieux les biens dont ils ont la charge. Diverses expertises avaient été sollicitées pour mettre au point ce guide : celles du Conseil national de l'Ordre des architectes, du Collège national des experts architectes de Belgique, de la Fédération royale des sociétés d'architectes de Belgique (FAB) et du Bureau de contrôle technique pour la construction (SECO).

La version 2011 du Guide a été profondément remaniée – même si la présentation en colonnes est maintenue – pour en faire un outil plus convivial : contenu enrichi, classement des articles revu et mode de consultation diversifié. Chaque composant, chaque matériau, chaque système constructif est ainsi numéroté, ce qui donne la possibilité de trouver rapidement les informations recherchées en matière de prestations, de périodicité ou de documents de référence.

QUELQUES NOUVEAUTÉS

L'art de bâtir évolue sans cesse. Les réglementations se multiplient aussi et influencent la façon de travailler. C'est ainsi que le guide s'est enrichi de nouveaux thèmes tels que les toitures-jardins et les toitures-parkings, les capteurs solaires thermiques et photovoltaïques, les enduits sur isolant, les bardages en bois, les vitrages structuraux, la prévention des incendies, les installations de ventilation et de réfrigération, ...

Les articles ne sont plus classés comme dans les éditions précédentes. Le guide est désormais agencé de façon plus parlante, en meilleure adéquation avec le processus de construction, et donne au professionnel la possibilité d'extraire rapidement les parties du document qui l'intéressent en particulier. Le nouveau guide compte neuf chapitres, précédés chacun d'une représentation graphique illustrant la partie du bâtiment concernée (cf. ci-dessus).

VERSION DIGITALE

Un outil aussi précieux que le Guide de l'entretien ne peut se contenter, en ce XXI^e siècle, d'exister exclusivement au format papier. Une version digitalisée est donc également proposée aux membres du CSTC ainsi qu'aux abonnés.

Une interface graphique permet à l'utilisateur de visualiser la partie du bâtiment souhaitée et de télécharger au format PDF tous les thèmes ou parties de thème qui l'intéressent. Un gain de temps appréciable pour le professionnel, qui éprouve parfois des difficultés à se retrouver dans la masse d'informations qui lui est proposée.

Pour consulter le Guide de l'entretien, cliquez sur le lien suivant : www.cstc.be/go/entretien. ■

Dans les constructions à ossature en bois, la résistance et la raideur des murs porteurs doivent être suffisamment importantes que pour reprendre les sollicitations dues au vent et limiter les déformations dans leur plan. Cette problématique est particulièrement associée aux bâtiments élevés et/ou équipés de baies de grandes dimensions. Dans cette logique, les panneaux OSB rainurés-languetés, de par leur facilité d'utilisation, sont de plus en plus employés pour assurer le contreventement des murs.

Construction à ossature en bois

Faut-il coller les joints des panneaux de contreventement ?

A. Skowron, ir., chef de projet, laboratoire 'Structures', CSTC
B. Parmentier, ir., chef de la division 'Structures', CSTC

Dans les constructions à ossature en bois, le contreventement des murs porteurs est généralement réalisé à l'aide de panneaux en bois structuraux (OSB, contreplaqué, MDF, ...) fixés mécaniquement aux montants et aux traverses de l'ossature.

Afin de dimensionner les murs porteurs au contreventement, la norme NBN EN 1995-1-1 (Eurocode 5) suppose que la fixation des panneaux est assurée par des organes d'assemblages dont l'espacement maximal constant sur la périphérie est de 150 mm pour les clous et de 200 mm pour les vis. Sur les montants intérieurs, l'espacement maximum ne doit pas être supérieur à deux fois l'espacement sur la périphérie, ou 300 mm, en considérant la valeur inférieure. Ainsi, lorsque la hauteur des panneaux est plus petite que celle de l'ossature, il y a normalement lieu de prévoir des lisses de couture à chaque interruption d'un panneau afin de bloquer les joints intermédiaires ne s'appuyant pas sur l'ossature (cf. figure 1).

Dans le cas de panneaux rainurés-languetés, généralement d'une hauteur de 60 cm, cette règle de mise en œuvre s'avère évidemment très fastidieuse et très pénalisante lors de la mise en place de l'isolation dans les murs.

Certains constructeurs emploient dès lors d'autres techniques de blocage en encollant, par exemple, les joints intermédiaires horizontaux des panneaux à l'aide d'un adhésif structural. D'autres considèrent le système de joint à rainure et languette suffisant pour transférer les efforts de cisaillement et ne réalisent donc pas de blocage, laissant ainsi les joints intermédiaires 'libres'.

Ces techniques de blocage alternatives n'étant pas reprises dans l'Eurocode 5 actuel, le CSTC a entrepris une étude expérimentale afin d'évaluer leurs performances mécaniques et de valider ou de proscrire leur utilisation.

DESCRIPTION DES ESSAIS RÉALISÉS

Des essais de contreventement ont été réalisés sur des murs à ossature en bois de 3,6 m de largeur et 2,6 m de hauteur dont les montants étaient espacés de 60 cm. Une force horizontale a été appliquée en haut de la paroi, dans le plan de celle-ci, et le déplacement horizontal a été mesuré.

Trois techniques de contreventement ont été testées :

- configuration n° 1 : panneaux OSB à chants droits (h : 2,6 m, l : 1,2 m) dont toutes les rives sont fixées à l'ossature
- configuration n° 2 : panneaux OSB rainurés-languetés (h : 0,6 m, l : 2,4 m) cloués à l'ossature et présentant des joints intermédiaires horizontaux 'libres'

www.cstc.be
LES DOSSIERS DU CSTC 2011/3.2
La version longue de cet article sera prochainement disponible sur notre site Internet.

- configuration n° 3 : panneaux OSB rainurés-languetés cloués à l'ossature et présentant des joints intermédiaires horizontaux 'bloqués' à l'aide d'une colle structurale.

PRINCIPAUX RÉSULTATS OBTENUS

La figure 2 révèle que l'encollage des joints intermédiaires horizontaux des panneaux rainurés-languetés (configuration n° 3) permet d'augmenter la raideur et la résistance au contreventement du mur de respectivement 50 et 35 % par rapport à une configuration classique réalisée à l'aide de panneaux à chants droits (configuration n° 1). Le blocage par collage s'avère donc être une technique particulièrement efficace.

Par contre, l'utilisation de panneaux rainurés-languetés sans joints collés (configuration n° 2) entraîne une déformation importante du diaphragme de mur, comme l'illustre la courbe rouge, et une faible résistance au contreventement. Cette configuration s'avère donc bien moins performante que la configuration classique.

Afin de déterminer analytiquement la résistance au contreventement d'un diaphragme de mur constitué de panneaux rainurés-languetés avec des joints collés, une adaptation de la méthode de calcul de l'Eurocode 5 est proposée dans la version longue de cet article, parallèlement à l'étude expérimentale. Les déformations limites des panneaux de mur y sont également traitées. ■



Fig. 1 Lisse de couture (vue de la face avant et, en médaillon, de la face arrière)

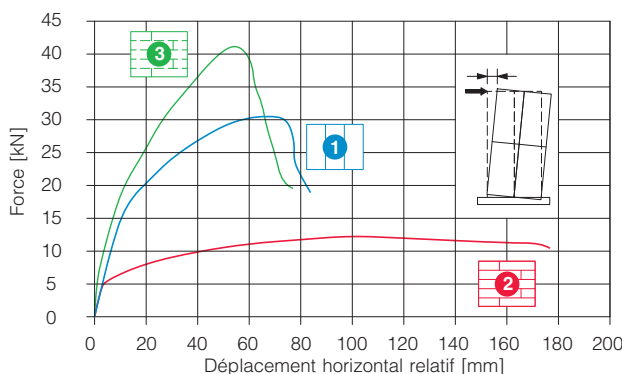


Fig. 2 Le collage des joints des panneaux rainurés-languetés (n° 3) permet d'augmenter la résistance et la rigidité du mur de l'ossature en bois

Dans le cadre du projet 'Intelligent Bouwen' ('La construction intelligente') soutenu par l'IWT, Imec, Sirris et le CSTC ont cherché des technologies et des appareils électroniques pouvant s'avérer utiles lors de la construction ou l'entretien de bâtiments. Ce projet étudie non seulement l'offre technologique actuelle, mais sonde également les besoins du secteur. Cet article se concentre sur les applications potentielles des techniques de prise de vue et de traitement des images.



Créer des images intelligentes

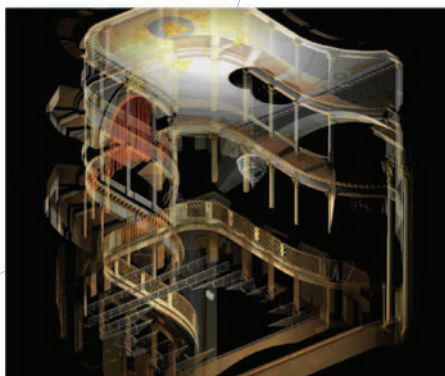


Fig. 1 Résultat de mesure avec un scanner à laser longue portée

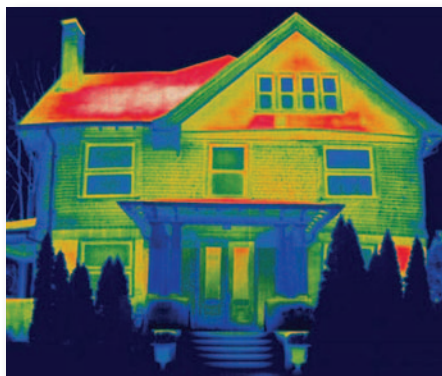


Fig. 2 Les images obtenues avec la lumière infrarouge font apparaître les ponts thermiques

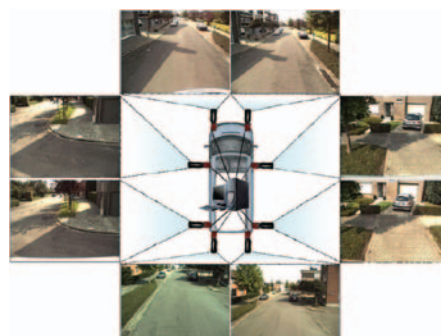


Fig. 3 Huit caméras donnent un aperçu des environs tandis que le véhicule est en mouvement

Depuis quelques années déjà, les photos sont indispensables pour se documenter sur chantier au cours d'une inspection, lors de l'élaboration d'un dossier 'as built' ou lors du suivi des travaux. Les techniques actuelles vont néanmoins beaucoup plus loin. En effet, elles fournissent des informations non seulement visuelles, mais aussi mesurables. Cela signifie que les informations récoltées permettent à l'utilisateur de mesurer les distances et de contrôler les dimensions. Grâce à cette technologie, quelques photos d'une installation permettent d'en calculer les dimensions chez soi à l'aide d'un ordinateur. La précision obtenue grâce à certaines techniques suffit largement aux applications dans bâtiment.

LA TECHNOLOGIE LASER

Bien d'autres appareils utilisent la technologie laser, laquelle permet de travailler avec une précision de moins d'un millimètre pour des distances couvrant des dizaines de mètres. Les *total stations*, c.-à-d. les appareils basés sur la technologie laser les plus accomplis, mesurent avec précision les coordonnées X, Y et Z de points dans l'espace. De plus, ils sont capables de rechercher et de faire le relevé automatique d'une série de points de mesure, de suivre une balise et de transmettre les valeurs calculées à un ordinateur portable ou à une tablette PC.

Un autre appareil à laser, le scanner à laser longue portée est capable, quant à lui, de déterminer les coordonnées de cinq millions de points en quelques minutes. Ce nuage de points peut ensuite être transformé, à l'aide

de programmes appropriés, en surfaces et en volumes sur lesquels il est possible de prendre des mesures. Cette technique semble particulièrement adaptée à l'établissement d'un état des lieux lors de travaux de rénovation ou à la comparaison du bâtiment avec les plans. La rapidité de la prise de mesures et la grande quantité d'informations sont impressionnantes. La figure 1 reproduit le résultat d'une campagne de mesures menée dans un théâtre.

IMAGES INFRAROUGES

A l'aide de la thermographie infrarouge (cf. figure 2), il est possible d'évaluer la température des différents objets par l'image. Ces renseignements nous permettent, entre autres, de localiser les pertes de chaleur et les bons ou les mauvais contacts thermiques. Le contrôle de la qualité des travaux d'isolation (isolation d'un mur creux, p. ex.) ou le contrôle indirect de l'étanchéité à l'air d'un bâtiment (important dans le cadre de la réglementation sur les performances énergétiques) en sont des applications courantes.

Cette technique permet par ailleurs de détecter des problèmes structuraux tels que le déchaussement de dalles en béton, causé par la corrosion des tabliers de pont. Là où il y a corrosion, la conductivité thermique du tablier de pont vers la structure sous-jacente est en effet bien moindre, ce qui se manifeste par une différence de couleur. Etant donné que la lumière infrarouge est absorbée par l'eau, elle permet en outre de rendre visibles des zones humides indiscernables à l'œil nu.

CARTOGRAPHIE MOBILE

Grâce à cette technologie, on peut, tout en roulant ou en se déplaçant, obtenir un aperçu des lieux qui nous entourent. La figure 3 montre les images produites par huit appareils photo calibrés à partir d'un véhicule se déplaçant dans une rue. A l'aide d'algorithmes de calcul complexes, cette technique réussit à convertir en images mesurables des informations visuelles résultant d'angle de vue légèrement différents. La cartographie mobile semble dès lors convenir particulièrement au suivi de l'avancement d'un chantier ou à l'évaluation d'une situation existante.

Grâce à cette technique, il est possible de remplacer les descriptions détaillées et les relevés métriques fastidieux par un algorithme qui analyse les images récoltées de sorte à en déduire des dimensions. A plus grande échelle, cette technique pourrait être, par exemple, mise à profit pour documenter l'implantation d'un nouveau bâtiment dans un environnement existant. ■

F. Van Rickstal, dr. ir., chef de projet, laboratoire 'Structures', CSTC

www.cstc.be

LES DOSSIERS DU CSTC 2011/3.3

La version longue de cet article, qui abordera en outre d'autres domaines technologiques sera prochainement disponible sur notre site Internet.

C'est le 1^{er} septembre 2011 que débutera l'étude innovatrice 'Smart-Geotherm'. Ce projet, pour lequel le CSTC jouera un rôle-clé tant au niveau de la réalisation que de la coordination, s'étendra sur une période de six ans et bénéficiera de l'appui financier de l'IWT, l'institut flamand pour la promotion de l'innovation par la science et la technologie. L'étude vise la construction de bâtiments à consommation énergétique quasi nulle et ce, grâce au développement de concepts intégrés faisant usage de la géothermie, des éléments de construction thermoactifs et d'autres techniques. Plus de la moitié du parc immobilier actuel étant concernée par l'application de ces concepts, l'impact social et économique du projet est évidemment considérable.

Smart-Geotherm

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

En mai 2010, à l'occasion de la révision de la directive PEB, l'Union européenne a fixé quelques objectifs relatifs aux performances énergétiques des bâtiments (cf. p. 16). Il a ainsi été demandé aux divers Etats membres de faire en sorte que, d'ici 2021, la consommation de tous les nouveaux bâtiments soit quasi nulle. Cet objectif peut être atteint notamment en réalisant des bâtiments qui nécessitent le moins d'énergie possible (bâtiments passifs, p. ex.) et qui répondent aux besoins énergétiques résiduels grâce à l'énergie renouvelable produite sur place.

Le projet 'Smart-Geotherm', initié à la demande et en collaboration avec diverses sociétés de forage, d'entreprises spécialisées dans les travaux de fondations, d'entrepreneurs généraux, de fournisseurs, de producteurs et d'installateurs, consistera principalement à trouver des moyens de satisfaire aux besoins énergétiques résiduels de la manière la plus efficace. L'étude sera réalisée dans le cadre d'un consortium spécialement créé à cet effet et constitué de collaborateurs du CSTC, de

la K.U.Leuven, de VITO (institut flamand de recherche technologique), de la VCB (Confédération construction flamande), de la Bouwunie, de l'ABEF, d'Infobeton.be et de la FEBE. Un élément-clé de cette approche est la combinaison du stockage énergétique à long et à court terme avec des systèmes de commande intelligents permettant d'exploiter de manière optimale le potentiel géothermique du sol et l'activation d'éléments de construction de grande taille.

Comme nous l'avons évoqué ci-avant, le concept de 'Smart-Geotherm' consiste à isoler le bâtiment de telle sorte que les besoins nets en chaleur puissent être compensés par l'utilisation d'énergie renouvelable combinée à un certain nombre de techniques intelligentes intégrées. Cette approche comporte trois aspects :

- le recours à des systèmes stockant l'énergie thermique à court ou à long terme dans la masse structurelle du bâtiment ou dans le sol, en combinaison ou non avec des techniques de stockage plus flexibles (cf. figure)

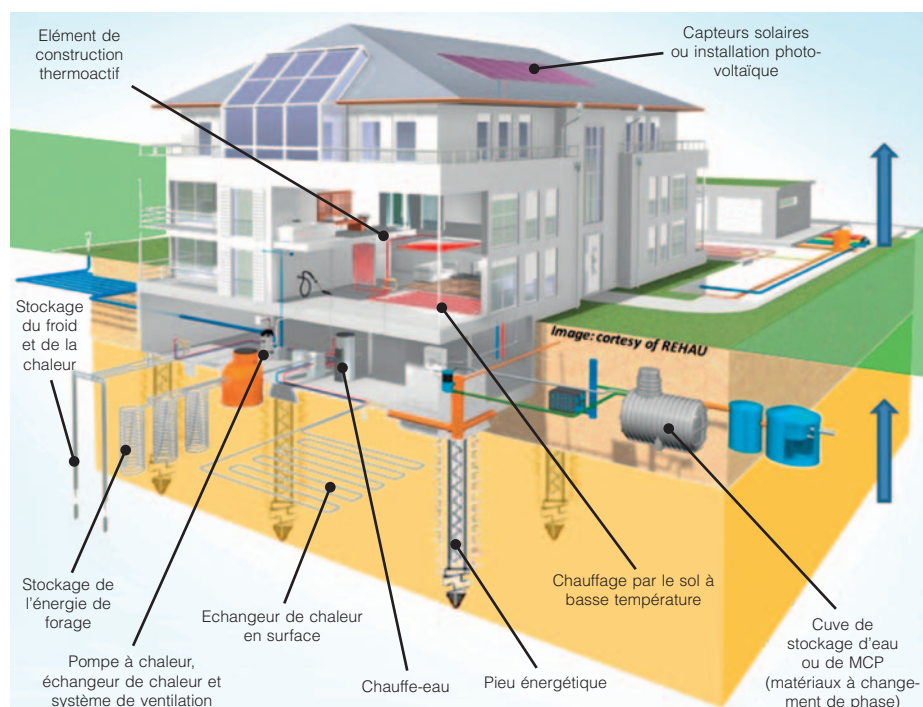
- le développement et la diffusion de connaissances, d'applications et d'innovations dans le domaine des pompes à chaleur exploitant l'énergie stockée dans le sol
- la création de systèmes de commande intelligents et l'utilisation maximale d'énergie peu coûteuse et/ou renouvelable.

Cette approche innovatrice peut également avoir un impact positif sur bien d'autres aspects. Ainsi, l'intégration de techniques récemment développées à l'étranger (p. ex., aux Pays-Bas, pour les pieux battus préfabriqués) à nos techniques habituelles de construction souterraine (pieux vissés dans le sol, p. ex.) représente un réel défi.

Le projet 'Smart-Geotherm' pourrait également avoir un impact économique considérable. Lorsque l'on sait qu'aujourd'hui en Belgique, seulement 2 % du volume annuel de constructions neuves recourent aux techniques précitées (pompes à chaleur reliées au sol, éléments en béton thermoactifs, stockage de chaleur thermique, ...) et que l'approche intégrée proposée permettrait de porter ce pourcentage à 50 %, le calcul est vite fait... En d'autres termes, on peut s'attendre à une croissance significative du chiffre d'affaires et de l'offre d'emploi dans divers sous-secteurs.

Tout au long du projet, une forte interaction s'établira entre la commission d'utilisateurs et trois groupes de travail techniques. Ainsi, plusieurs études de cas et projets pilotes seront menés afin de mettre en pratique l'approche intégrée développée au sein du projet. Les entreprises souhaitant recevoir davantage d'informations à ce sujet sont invitées à nous contacter par mail (info@bbri.be) ou à surfer sur www.smartgeotherm.be (à partir de septembre, site uniquement en néerlandais). ■

Le concept Smart-Geotherm



www.cstc.be

LES DOSSIERS DU CSTC 2011/3.4

La version longue de cet article sera prochainement disponible sur notre site Internet.

Couverture aérée ou non aérée ? Autrefois, la question ne se posait pas : on ventilait les couvertures métalliques en sous-face. Aujourd'hui, l'évolution des matériaux permet de construire des toitures chaudes et ce, même avec une couverture en zinc. Cette technique présente, en outre, des avantages indéniables en matière de performance énergétique et de comportement face au risque de condensation interne.



Composition de toitures à couverture métallique non autoportante

 D. Langendries, ir., chef adjoint du laboratoire 'Caractéristiques énergétiques', CSTC

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

ÉVOLUTION DES MATÉRIAUX

Lorsqu'on opte pour une couverture métallique non autoportante, une large gamme de métaux est disponible : cuivre, alliage cuivreux, acier inoxydable, zinc, aluminium, ... Ces matériaux peuvent être façonnés sous forme de feuilles ou de longues bandes que l'on posera sur un support continu : plancher en bois, panneau sandwich ou isolant (rigide ou semi-rigide). Dans les deux premiers cas, les feuilles sont fixées directement sur le support par l'intermédiaire de pattes; dans le troisième cas, les feuilles reposent sur l'isolant et les pattes de fixation vont alors, par exemple, être fixées au support situé sous celui-ci. Les feuilles métalliques sont assemblées entre elles par agrafage, par brasage ou parfois par soudage.

Autrefois, les couvertures métalliques étaient le plus souvent posées sur un voligeage aéré. Cette tradition trouve notamment son origine dans le mode de mise en œuvre du zinc traditionnel. En effet, pour éviter tout risque de corrosion, le côté inférieur ce matériau doit impérativement être mis en contact avec l'air ambiant contenant du dioxyde de carbone afin de se recouvrir d'une patine protectrice.

Aujourd'hui, l'utilisation de métaux tels que l'acier inoxydable, l'aluminium, le cuivre et, plus récemment, le zinc revêtu d'une couche protectrice sur sa face inférieure permet de réaliser d'autres compositions de toitures. Tous les métaux peuvent désormais être utilisés pour construire des complexes non aérés sous la couverture.

Cette logique constructive, qui aura probablement tendance à se généraliser dans le futur, présente de nombreux avantages : en minimisant le volume d'air présent dans la toiture ainsi que les mouvements d'air humide à la sous-face de la couverture – air provenant de l'extérieur ou migrant de l'intérieur – elle limite la formation de condensats sous le métal et, en limitant les mouvements d'air autour de la couche d'isolation thermique, elle augmente également la performance énergétique de la paroi.

ÉVACUATION DES CONDENSATS ET IMPORTANCE DE LA PENTE

Sous toute couverture métallique se trouve de l'air, lequel est renouvelé en continu via les joints debout, via les raccords avec les autres éléments de l'enveloppe et, bien sûr, dans le cas des couvertures aérées en sous-face, via les ouvertures spécifiquement prévues à cet effet. Ce renouvellement est induit par des effets de vent et/ou de température. Or, l'air est toujours chargé d'humidité et il peut arriver que celle-ci se condense à la sous-face de la couverture

lorsque la température de la feuille métallique descend sous la température de rosée de l'air (à la suite du refroidissement par rayonnement de chaleur vers la voûte céleste, p. ex.).

Il est difficile d'évaluer la quantité de condensats susceptible de se créer, mais elle peut être considérable. Elle l'est davantage encore si le complexe toiture présente une lame d'air ventilée volontairement par de l'air extérieur ou si, lorsque du côté intérieur de la toiture, le pare-vapeur ne peut être posé sur un support continu. Ces condensats doivent dès lors être immédiatement évacués afin d'éviter la dégradation du complexe.

Voilà pourquoi il convient de distinguer les principes généraux de composition des toitures à couverture métallique selon la pente :

- dans le cas de **toitures inclinées (> 10°)**, la pente est suffisante et permet d'évacuer par une sous-toiture les éventuels condensats formés à la sous-face de la couverture. Tant les couvertures volontairement aérées que non aérées sont donc envisageables
- dans le cas des **faibles pentes (1 à 10°)**, l'inclinaison de la couverture ne permettant pas d'évacuer efficacement les condensats vers la gouttière, il est conseillé d'opter pour une toiture 'chaude' (sans aération spécifique à la sous-face de la couverture).

Dans le second cas, le pare-vapeur sera impérativement posé sur un support continu au-dessus de la structure portante. De manière générale, cette précaution est d'ailleurs à recommander pour toutes les pentes car il est nécessaire de rendre les complexes toitures plus étanches à l'air afin de diminuer les pertes d'énergie dues au déplacement de l'air (fuites d'air). ■



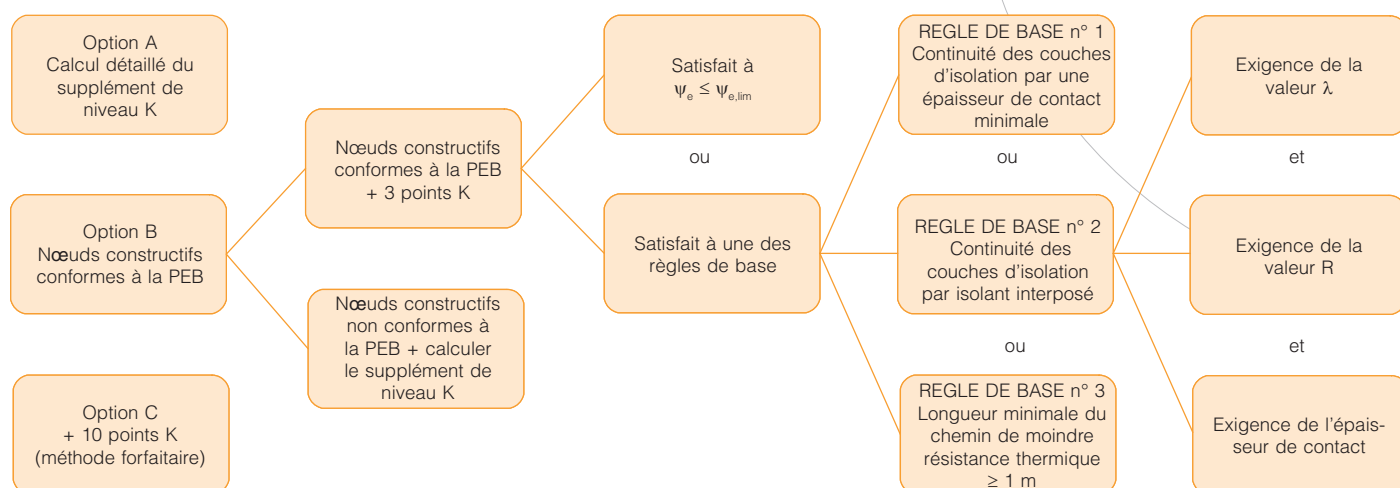
www.cstc.be

CSTC-Digest N° 11

Le CSTC publiera d'ici peu un CSTC-Digest comprenant 18 schémas de compositions de toitures classés selon la pente et le mode d'aération de la sous-face de la couverture.

Dans l'article 'Nœuds constructifs et niveau K' paru dans le [CSTC-Contact 2010/3](#), nous vous avons présenté la notion de 'nœud constructif' ainsi que la méthode permettant d'en tenir compte dans la réglementation PEB. En Flandre, celle-ci est obligatoire depuis le 1^{er} janvier 2011, mais on peut s'attendre à ce que les autres Régions lui emboîtent le pas très prochainement. Cet article traite plus particulièrement des nœuds constructifs dans les toitures plates.

Nœuds constructifs dans les toitures plates



Le calcul unidimensionnel des déperditions thermiques (valeurs U et K) nécessite la prise en compte des nœuds constructifs au droit de la fonction des parois de l'enveloppe. Cette perte de chaleur est due au fait que la couche d'isolation des parois est traversée sur toute son épaisseur par un matériau dont la conductivité thermique est supérieure à celle de l'isolant. Afin de prendre en compte ces nœuds constructifs, diverses options s'offrent au gestionnaire de projet (cf. schéma).

Considérons les détails de la rive d'une toiture plate. Cette transition entre le mur extérieur et la toiture plate doit, selon la réglementation PEB, être intégrée en tant que nœud constructif. La continuité de l'isolation thermique peut en effet être interrompue à cet endroit (cf. coupe thermique, illustrée par une ligne pointillée dans les figures 1 et 2).

Dans le cas des toitures plates, on assurera généralement la continuité des couches d'isolation au droit des nœuds constructifs à l'aide d'éléments isolants interposés (règle de base n° 2). Ces éléments doivent par ailleurs satisfaire simultanément à trois conditions (cf. tableau). Il en sera tenu compte pour les détails de toiture qui seront publiés dans la révision de la [Note d'information technique n° 191](#) 'La toiture plate. 2^e partie : exécution des ouvrages de raccord'.

Conditions pour la règle de base n° 2, appliquées à l'exemple donné

Exigence	Utilisation d'un bloc constructif thermiquement isolant (cf. figure 1)	Isolation thermique du relevé de toiture (cf. figure 2)
Valeur λ	Valeur λ du bloc constructif $0,2 \leq W/mK$ (maçonnerie isolante, isolant ou bois résistant à la compression, p. ex.)	Cette condition est généralement satisfaite
Valeur R	La valeur R ($d_{insul}/\lambda_{insul}$ de l'élément isolant doit être supérieure à la moitié de la valeur R la plus faible de l'isolation du mur creux ou de l'isolation de la toiture (avec un maximum de $2 \text{ m}^2K/W$), de sorte que : $R_{insul} \geq \min [\frac{1}{2} R_{isolmur}, \frac{1}{2} R_{isoltoit}, 2]$	L'épaisseur de l'isolation thermique placée le long du relevé de toiture et au-dessus de celui-ci (d_2 et d_3 sur la fig. 2), doit être choisie de sorte que la valeur R soit supérieure à la moitié de la valeur R la plus faible de l'isolation du mur creux ou de l'isolation de la toiture (avec un maximum de $2 \text{ m}^2K/W$) : $d_2 \geq \lambda_2 \cdot \min [\frac{1}{2} R_{isolmur}, \frac{1}{2} R_{isoltoit}, 2]$ $d_3 \geq \lambda_3 \cdot \min [\frac{1}{2} R_{isolmur}, \frac{1}{2} R_{isoltoit}, 2]$
Epaisseur de contact	Le bloc constructif recouvre au moins la moitié de l'épaisseur d'isolant de toiture, tel que $d_{contact,1} \geq d_x/2$	Cette condition est généralement satisfaite

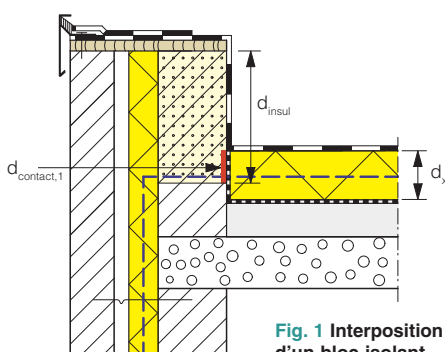


Fig. 1 Interposition d'un bloc isolant

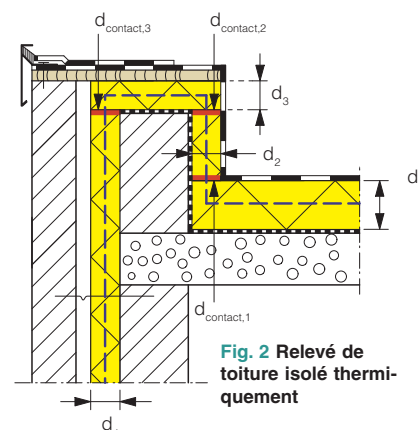


Fig. 2 Relevé de toiture isolé thermiquement

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

Pour garantir la résistance au feu annoncée d'une porte, il est essentiel que sa pose soit réalisée avec soin et selon les règles de l'art. Cette mise en œuvre, conforme aux instructions du fabricant, relève de l'entreprise en charge du placement de la porte. Encore faut-il lui donner la possibilité de réaliser son travail correctement ! En pratique, on déplore en effet de nombreux défauts avant même la pose de la porte, rendant ainsi le travail du menuisier impossible sans adaptations majeures au préalable.



Consignes avant la pose de portes résistant au feu

✍ Y. Martin, ir., chef de la division 'Enveloppe du bâtiment et menuiserie', CSTC

DÉFAUT DE PLANÉITÉ ET D'HORIZONTALITÉ DU SOL : CAUSES ET CONSÉQUENCES

Un défaut de planéité et d'horizontalité du sol dans la zone de giration de la porte aura deux conséquences immédiates :

- au droit de la porte en position fermée, il empêchera le menuisier de respecter les jeux maximaux admis entre le vantail et le sol. Pour les portes en bois, le jeu autorisé est souvent de maximum 4 mm. Notons néanmoins que certaines portes résistant au feu tolèrent un jeu plus élevé. On se référera à l'agrément BENOR-ATG de la porte
- dans la zone de giration, il entraînera le frottement de la porte, qui risque de ce fait d'être endommagée, voire rabotée par l'utilisateur pour éviter le problème (*).

Au final, comme l'illustre la figure 1, la ré-

sistance au feu de la porte *in situ* n'est plus garantie.

RECOMMANDATIONS PRÉVENTIVES

Il importe que l'auteur de projet ou le donneur d'ordre opte pour des revêtements de sol adaptés et prescrive les tolérances de planéité et d'horizontalité adéquates du support (chape, ...) et du revêtement (carrelage, ...). L'entreprise chargée de l'exécution du support et du revêtement de sol doit respecter ces tolérances. Ces dernières sont données dans les NIT *ad hoc* et reprises au § 7.3.2 de la NIT 234 'Placement de portes résistant au feu'. En outre, pour éviter que la porte ne frotte, le niveau du sol ne peut remonter que de manière limitée dans la zone de giration (jeu sur la porte en position fermée - 2 mm de réserve).

Insistons néanmoins sur le fait que, dans certains cas, les tolérances généralement admises sur le support ou le revêtement de sol (celles



Fig. 2 Exemple de pose d'un seuil en pierre

relatives aux sols industriels, p. ex.) restent insuffisantes pour permettre au placeur de la porte de respecter les jeux maximaux tolérés. Il est dès lors vivement recommandé que l'auteur de projet ou le donneur d'ordre préconise la pose d'un seuil au droit de la porte. Une autre solution consiste à prescrire une classe de tolérances plus stricte au droit de la porte et/ou de préciser au placeur, avant qu'il remette son prix, les écarts de planéité admis pour le revêtement de sol situé du côté de l'ouverture de la porte.

REMÈDES EN CAS DE DÉFAUT

L'entreprise chargée de la pose de la porte informera le donneur d'ordre du problème de défauts de planéité et/ou d'horizontalité. Elle peut proposer la pose d'un seuil rehaussé (en pierre, comme illustré par la figure 2, ou en bois de qualité identique à l'ébrasement de la porte) ainsi qu'une estimation des coûts. Cette correction peut nécessiter de commander un vantail aux dimensions hors standard. ■



Fig. 1 Défaut d'horizontalité et/ou de planéité du sol au droit de la porte résistant au feu en position fermée et passage de l'incendie

(*) Opération strictement interdite sur une porte résistant au feu car elle risque d'anéantir complètement sa résistance au feu.

www.cstc.be

LES DOSSIERS DU CSTC 2011/3.7

La version longue de cet article sera prochainement disponible sur notre site Internet. Elle attirera l'attention sur d'autres points et notamment la nécessité d'entretenir régulièrement les portes résistant au feu.

Peintures naturelles, peintures vertes ou écologiques, directives européennes, labels : les approches environnementales se sont récemment multipliées dans le domaine des finitions. Mais qu'impliquent-elles réellement pour le menuisier et le peintre ? Quelles sont les garanties offertes par tel marquage ou telle législation ? Cet article tente de faire le point sur les différentes approches écologiques relatives aux finitions pour le bois.

Finitions écologiques pour le bois

✎ E. Cailleux, dr., chef de projet, laboratoire 'Technologie du béton', CSTC (*)
S. Charron, ir., chef de laboratoire adjoint, division 'Enveloppe du bâtiment et menuiserie', CSTC

DIRECTIVES ET RÉGLEMENTATIONS

La réglementation REACH et les directives européennes 1999/13/CE et 2004/42/CE ont été récemment mises en œuvre afin d'améliorer la protection de la santé et de l'environnement.

REACH (*Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals*) est basé sur l'enregistrement et l'évaluation de tous les produits chimiques utilisés dans l'Union européenne dans des quantités supérieures à une tonne. Il est possible que les plus dangereux fassent l'objet de restrictions ou d'interdictions. Pour le menuisier et le peintre, cette législation a un impact limité : elle implique principalement d'identifier les produits faisant l'objet d'une réglementation, de disposer des fiches de sécurité des produits et d'informer les travailleurs.

Les **directives 1999/13/CE** et **2004/42/CE** ont été mises en œuvre consécutivement au protocole de Kyoto. Elles visent toutes deux à réduire les émissions de COV (composés organiques volatils). Elles résultent d'une prise de conscience de leur impact négatif sur la santé et sur la couche d'ozone ainsi que de la nécessité de réduire les émissions de gaz à effets de serre.

La directive 1999/13/CE concerne les applications en atelier. Elle fixe des valeurs maximales d'émission de COV pour une vingtaine d'activités industrielles dont le revêtement et l'imprégnation du bois. Pour ces dernières, la directive s'applique à partir d'une consommation en solvants de 15 t/an. Cette valeur étant relativement élevée, un nombre très restreint d'entrepreneurs devrait être concerné.

Lors d'une application *in situ*, il n'est pas possible de piéger les émissions de COV. Pour cette raison, la directive 2004/42/CE agit directement sur la composition des peintures en limitant leur teneur en COV. Douze types différents de peintures et vernis sont concernés, parmi lesquels sept s'appliquent sur le

bois. Un marquage obligatoire est également apposé sur les emballages spécifiant la catégorie du produit et sa teneur maximale en COV. Cette directive ne s'applique pas aux peintures utilisées exclusivement en atelier et couvertes par la directive 1999/13/CE.

Pour le bois, ces directives ont conduit au développement de nouvelles finitions et techniques d'application limitant les émissions de COV, notamment des peintures à haut extrait sec, hydrodiluables, alkydes en émulsion ou encore des peintures en poudre.

LABELS

Les directives 1999/13/CE et 2004/42/CE agissent exclusivement sur les COV. Les labels écologiques tentent d'aller plus loin et d'apporter une réponse complémentaire à une demande croissante de matériaux plus écologiques. Natureplus, Ecolabel européen, Der Blaue Engel, ... Il existe actuellement un grand nombre de labels nationaux et internationaux. Généralement octroyés sur la base d'une démarche volontaire, ces marquages imposent des exigences pouvant s'avérer très différentes.

En Belgique, l'Ecolabel européen est le label officiellement reconnu (www.ecolabel.be). Les exigences écologiques liées à ce marquage touchent les différentes étapes du cycle de vie du produit telles que la fabrication, l'application ou encore l'élimination. Pour les peintures et vernis, le label impose notamment des teneurs limitées en pigments blancs au dioxyde de titane, en COV et en hydrocarbures aromatiques. Les métaux lourds et les composés classés comme dangereux pour l'environnement sont également interdits. Concernant plus particulièrement les COV, les seuils considérés sont beaucoup plus sévères que ceux admis par la directive 2004/42/CE. Les finitions pour le bois sont particulièrement concernées.

Parallèlement à ces critères écologiques, l'Ecolabel impose le respect de paramètres de performance tels que l'adhérence, la résistance au vieillissement ou le pouvoir couvrant. Ces exigences visent à s'assurer que les produits répondant aux enjeux environnementaux conservent de réelles performances techniques.

Les finitions du bois concernées par l'Ecolabel sont les peintures, les vernis et les lasures pour l'intérieur (couches de fond, intermédiaire et de finition). Ni les produits de préservation du bois ni les peintures et lasures pour l'extérieur n'entrent actuellement dans le champ d'application de ce marquage.

PEINTURES NATURELLES OU ÉCOLOGIQUES

Des finitions ou traitements dits 'naturels', 'écologiques' ou 'verts' apparaissent depuis peu sur le marché. Sur le bois, il peut s'agir de traitements contre les insectes, de produits de finition pour l'intérieur et l'extérieur (peintures, laques, lasures, ...), de couches de fond ou encore de teintes pour parquets, ... Ces produits de finition dits 'naturels' sont généralement à base de méthyl-cellulose, d'argile, d'huile (lin, ...), de caséine ou de résine (pin, ...).

Ces appellations ne sont pas réglementées. Elles ne répondent à aucun critère officiel et sont de la seule responsabilité des fabricants. Selon ces derniers, les peintures 'naturelles' tentent d'éviter les composants de synthèse. Soulignons toutefois que la définition du terme 'naturel' peut varier d'un fabricant à l'autre. En outre, 'naturel' ne signifie pas forcément 'non toxique'. Ainsi, certaines peintures à base d'huile peuvent contenir des siccatifs toxiques (des oxydes de zirconium ou de cobalt, p. ex.) afin d'accélérer leur séchage. D'autres peintures peuvent comporter des terpènes. Ces composés font partie des COV et peuvent provoquer des allergies et des irritations respiratoires ou cutanées. D'autres peintures 'naturelles' utilisent des isophtalates en substitution de l'essence de térébenthine. Ce composé serait moins toxique, mais il est issu de la pétrochimie ! Enfin, aucun critère de performance n'est lié à ces produits. Par conséquent, si certaines de ces finitions présentent un intérêt écologique indéniable, elles réclament une attention particulière de la part de l'utilisateur (leur composition est généralement indiquée). ■

www.cstc.be

LES DOSSIERS DU CSTC 2011/3.8

La version longue de cet article sera prochainement disponible sur notre site Internet.

(*) Guidance technologique 'REVORGAN - Revêtements organiques' subsidiée par la Région wallonne.



De nos jours, lorsqu'il est question de peintures, il est impossible de ne pas évoquer les composés organiques volatils (COV). D'une part, parce qu'on sait que depuis le protocole de Kyoto de 1997, ces composés altèrent fortement la couche d'ozone, entraînant de graves conséquences pour l'environnement, et, d'autre part, du fait que les COV ont potentiellement un impact considérable sur la santé.

Peintures et COV : d'une faible teneur à une faible émission

✍ M. Lor, dr., K. Vause, lic., E. Cailleux, dr., et V. Pollet, ir., département 'Matériaux, technologie et enveloppe', CSTC

En réponse à cette problématique, la directive européenne 2004/42/CE a fixé les teneurs maximales en COV pour pas moins de 12 types de peintures et de vernis différents. Dès lors, de nombreux fabricants ont adapté les formulations de leurs produits.

Conscient de l'importance de cette problématique dans notre pays également, le *Coatings Research Institute* (CoRI) a été accrédité afin de définir la teneur en COV des peintures selon les normes ISO 11890-2 et ASTM D 2369. Le CSTC dispose, quant à lui, des équipements nécessaires pour mesurer le taux d'émission des peintures (tant *in situ* qu'en laboratoire) et de prévoir ses effets sur la qualité de l'air intérieur.

COV : TENEUR OU ÉMISSION

La teneur en COV (exprimée en g/l de peinture) est la quantité de composés organiques volatils que l'on retrouve dans la formulation de la peinture. La directive européenne 2004/42/CE fixe à cet égard un certain nombre de valeurs maximales devant absolument être respectées depuis 2010.

L'émission de COV (exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air) est le taux de composés organiques volatils

émis dans l'air intérieur après application et séchage de la peinture.

Il est impératif de ne pas confondre ces deux concepts. Ce n'est effectivement pas la teneur en COV, mais bien l'émission de COV qui détermine la quantité de composés chimiques libérés dans l'air intérieur.

Néanmoins, il est vrai qu'auparavant, la teneur en COV était traditionnellement utilisée comme critère d'évaluation dans le contexte de la législation belge en matière de qualité de l'air extérieur et, dans certains cas, également comme référence pour estimer l'émission de COV dans l'air intérieur.

Entre-temps, de nombreux résultats expérimentaux ont révélé que même les peintures dont la teneur en COV est très faible peuvent être la source d'émissions importantes. Dès lors, diverses initiatives ont été prises, telles que l'encouragement à utiliser des peintures à faible émission en COV, et de nouvelles législations ont vu le jour.

EXIGENCES ET LABELS

En ce qui concerne l'émission de COV des peintures, il existe en Flandre depuis 2004 une réglementation relative à la qualité de l'air intérieur qui limite l'émission d'un certain nombre de composés chimiques (notamment l'acétaldéhyde et le formaldéhyde) en précisant leurs concentrations maximales indicatives et d'intervention.

La demande croissante du marché en matériaux (dont les peintures) à faible émission de COV va de pair avec une importante augmentation du nombre de labels (volontaires) relatifs aux à ces

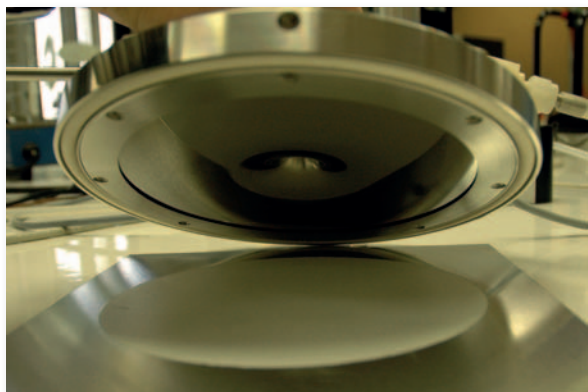
www.cstc.be
LES DOSSIERS DU CSTC 2011/3.9
La version longue de cet article sera prochainement disponible sur notre site Internet.

produits (Natureplus, Indoor Air Comfort, NF Environnement, Der Blaue Engel, ...).

En Belgique, on utilise généralement le label européen officiellement reconnu 'Ecolabel', qui est actuellement basé sur la teneur en COV. Les exigences de ce label sont plus strictes que celles de la directive européenne 2004/42/CE. De plus, il tient compte d'un certain nombre d'aspects écologiques tels que l'utilisation efficace du produit, la réduction des déchets, ... et fixe des exigences minimales concernant l'aptitude à l'emploi (étalement, adhérence, ...).

PEINTURES NATURELLES ET PEINTURES ÉCOLOGIQUES

Les termes 'peintures naturelles' ou 'peintures écologiques' apparaissent fréquemment dans le contexte des peintures à faible taux d'émission de COV. Malgré le fait qu'il n'existe encore pour ces termes aucune définition officielle et que leur reconnaissance soit basée sur une déclaration du producteur de peinture lui-même, nous constatons que, pour la plupart des fabricants, ces peintures naturelles sont des peintures constituées majoritairement de matières premières naturelles. Dans tous les cas, qu'il s'agisse d'une peinture 'naturelle', 'écologique' ou non, des essais en laboratoire sont indispensables afin de démontrer leur faible taux d'émissions de COV. En effet, bien que les premiers essais d'émissions sur un nombre restreint de peintures naturelles aient donné de bons résultats, l'utilisation de matières premières naturelles ne va pas obligatoirement de pair avec la notion de faible émission de COV. ■



Mesure en laboratoire de l'émission d'une peinture selon la norme NBN EN ISO 16000-10

La norme NBN S 01-400-1, qui fixe les critères acoustiques à prendre en compte pour les immeubles d'habitation, définit notamment des critères concernant les façades. Ce sont généralement les fenêtres et, plus particulièrement, les vitrages qui, s'ils n'ont pas de propriétés acoustiques particulières, détermineront l'isolation aux bruits extérieurs. Cet article classe les vitrages en fonction de leurs performances acoustiques et permet de sélectionner les plus adaptés pour répondre à la norme dans des situations où il n'y a pas de grilles de ventilation dans la façade.

Quels critères acoustiques pour les vitrages ?

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

Les critères de la norme NBN S 01-400-1 ne portent pas sur les performances individuelles des matériaux mis en œuvre, mais bien sur le résultat final apporté par l'ensemble de la façade, c'est-à-dire sur l'isolement acoustique réellement obtenu *in situ* et exprimé par l'isolement acoustique standardisé pondéré corrigé pour les bruits de trafic, le D_{Atr} .

L'isolement demandé dans la norme dépendra du niveau de bruit extérieur auquel est soumis le bâtiment. Le niveau de bruit extérieur, défini par le paramètre L_{Aref} , pour la façade la plus exposée au bruit, peut se déterminer soit à l'aide d'une mesure au sonomètre, soit à partir d'une estimation basée sur une description type telle que proposée dans la norme. Ces descriptions générales seront reprises dans la version longue de cet article.

Ainsi, par exemple, dans le cas d'un trafic normal en ville, dans une rue asphaltée avec une bande de circulation dans chaque sens, le niveau de bruit extérieur en façade avant est de l'ordre de 65 dB(A) (= L_{Aref}). Pour les autres pans de façade, le bâtiment représente une sorte d'écran au bruit et le niveau L_{Aref} déterminé ci-dessus n'est pas forcément représentatif du niveau de bruit auquel ils sont soumis

en réalité. La norme NBN S 01-400-1 propose donc une méthode basée sur une série de schémas afin de déterminer, à partir du niveau de bruit sur la façade la plus exposée L_{Aref} , le niveau de bruit L_A que subiront les autres pans de façade du bâtiment. Par exemple, pour un bâtiment isolé, le niveau sur la façade arrière est généralement atténué de 13 dB par rapport au niveau mesuré ou estimé sur la façade avant. L'isolement D_{Atr} demandé pour le pan de façade arrière sera donc moins élevé que celui demandé en façade avant.

Une fois le niveau de pression acoustique L_A déterminé pour chaque pan de façade, la norme fixe l'isolement acoustique nécessaire D_{Atr} à respecter pour atteindre un confort acoustique normal (cf. tableau 1). Il reste alors à relier à la performance des éléments qui composent le pan de façade, notamment celle des menuiseries extérieures, exprimée par l'indice d'affaiblissement acoustique pondéré corrigé pour les bruits de trafic mesurés en laboratoire, le R_{Atr} .

Si on examine les prestations acoustiques propres à chaque élément qui compose la façade, on constate que l'indice d'affaiblissement acoustique R_{Atr} est généralement beau-

coup plus élevé pour les parties opaques, autrement dit les murs, que pour les menuiseries extérieures. En effet, l'ordre de grandeur du R_{Atr} d'un mur de façade traditionnel est de 50 dB alors qu'il n'est que de 25 dB pour un double vitrage symétrique 4-15-4. Quand on sait que le R_{Atr} d'un double vitrage feuilleté acoustique 66.2A-20-44.2A est de 42 dB et qu'il s'agit du meilleur vitrage que l'on puisse mettre en œuvre dans des menuiseries classiques, on se rend compte que, dans la plupart des cas, outre les ouvertures de ventilation, ce sont surtout les menuiseries extérieures qui détermineront l'isolement acoustique de la façade.

Les performances acoustiques R_{Atr} des vitrages usuels sont reprises dans le tableau 2 (p. 11). Le vitrage le moins isolant acoustiquement est le double vitrage symétrique 4-15-4, avec un indice d'affaiblissement corrigé R_{Atr} de 25 dB. Cette valeur est inférieure à celle d'un vitrage simple de 4 mm (R_{Atr} de 30 dB) à cause d'un phénomène propre aux doubles parois : la chute de l'isolement à la fréquence de résonance. La seule façon de limiter celle-ci est d'alourdir les vitrages et d'augmenter l'épaisseur du vide. Un vitrage 6-16-6 permet ainsi de porter la valeur R_{Atr} à 29 dB.

Tableau 1 Performances minimales R_{Atr} nécessaires pour les fenêtres (pour des pans de façades dépourvus d'ouvertures de ventilation)

L_A ⁽¹⁾ [dB]	D_{Atr} ⁽²⁾ [dB]	R_{Atr} nécessaire pour les fenêtres [dB]														
		100 % ⁽³⁾			80 % ⁽³⁾			60 % ⁽³⁾			40 % ⁽³⁾			20 % ⁽³⁾		
		2m ⁽⁴⁾	5m ⁽⁴⁾	10m ⁽⁴⁾	2m ⁽⁴⁾	5m ⁽⁴⁾	10m ⁽⁴⁾	2m ⁽⁴⁾	5m ⁽⁴⁾	10m ⁽⁴⁾	2m ⁽⁴⁾	5m ⁽⁴⁾	10m ⁽⁴⁾	2m ⁽⁴⁾	5m ⁽⁴⁾	10m ⁽⁴⁾
50	26	31	27	24	30	26	23	29	25	22	27	23	20	24	20	17
55	26	31	27	24	30	26	23	29	25	22	27	23	20	24	20	17
60	26	31	27	24	30	26	23	29	25	22	27	23	20	24	20	17
65	31	36	32	29	35	31	28	34	30	27	32	28	25	29	25	22
70	36	41	37	34	40	36	33	39	35	32	37	33	30	34	30	27
75	41	—	42	39	—	41	38	—	40	37	42	38	35	39	35	32
80	46	—	—	—	—	—	—	—	—	42	—	—	40	—	41	37

⁽¹⁾ L_A : le niveau de bruit extérieur pondéré A, en décibels, devant le pan de façade du local étudié.

⁽²⁾ D_{Atr} : l'isolement acoustique standardisé pondéré nécessaire, en décibels, calculé sur la base du tableau 3 de la norme NBN S 01-400-1.

⁽³⁾ Pourcentage de surface de châssis vitré par rapport à la surface totale du pan de façade vu de l'intérieur du local étudié.

⁽⁴⁾ Profondeur du local, en mètres (ou rapport entre le volume de la pièce et la surface du pan de façade vu de l'intérieur).

— Impossible à atteindre avec des conceptions classiques de fenêtre.

**Tableau 2 Performances acoustiques R_{Atr} des vitrages usuels**

Type de vitrage	Composition	$R_w (C; C_{tr})$	R_{Atr} ou $R_w + C_{tr}$
Simple	4	32(-1;-2) dB	30 dB
	8	35(-1;-3) dB	32 dB
Feuilleté non acoustique	44.2	35(-1;-3) dB	32 dB
Feuilleté acoustique	44.2A	37(0;-2) dB	35 dB
Double symétrique	4-15-4	29(-1;-4) dB	25 dB
	6-16-6	33(-1;-4) dB	29 dB
Double asymétrique	6-15-4	34(-1;-4) dB	30 dB
	6-15-10	38(-1;-4) dB	34 dB
Double feuilleté une face	6-15-55.2	39(-1;-4) dB	35 dB
Double feuilleté acoustique	8-15-66.2A	43(-2;-4) dB	39 dB
	10-20-44.2A	45(-1;-4) dB	41 dB
Double 2x feuilleté acoustique	66.2A-20-44.2A	50(-2;-8) dB	42 dB
	66.2A-15-88.2A	51(-1;-4) dB	47 dB
Triple	4-16-4-16-4	32(-2;-5) dB	27 dB
Triple feuilleté acoustique	6-12-4-12-44.1A	42(-1;-5) dB	37 dB
Triple 2x feuilleté acoustique	44.1A-12-4-12-44.1A	47(-2;-6) dB	41 dB
	66.1A-12-6-12-44.1A	50(-2;-6) dB	44 dB

permet de monter à 37 dB, soit l'équivalent d'un double vitrage feuilleté acoustique une face. La meilleure performance acoustique obtenue avec un vitrage sera une composition basée sur des vitrages asymétriques lourds, feuilletés acoustiques et séparés par un espace le plus grand possible. Le vitrage le plus couramment utilisé est alors un 66.2A-20-44.2A dont le R_{Atr} atteint une valeur de 42 dB. Si l'on souhaite dépasser cette valeur, le plus simple est alors de travailler avec une double fenêtre (cf. figure).

Bien entendu, le profilé du châssis dans lequel est placé le vitrage va avoir une influence sur la performance acoustique de l'ensemble de la fenêtre. D'une manière générale, pour des châssis traditionnels neufs, l'indice d'affaiblissement acoustique R_{Atr} de l'ensemble de la fenêtre est égal ou supérieur à celui du vitrage seul, jusqu'à une valeur d'environ 33 dB pour le R_{Atr} du vitrage seul. Au-delà de cette valeur, le châssis peut détériorer l'indice d'affaiblissement acoustique de la fenêtre, et la valeur résultante de l'ensemble peut s'avérer plus faible que celle du vitrage seul. Il convient donc, au-delà de cette valeur, d'être certain que le profilé du châssis est capable de maintenir la performance du vitrage, ce dont on peut s'assurer notamment par un rapport d'essai acoustique en laboratoire mentionnant la valeur R_{Atr} de l'ensemble châssis-vitrage.

L'isolement acoustique D_{Atr} de la façade dépendra également du rapport entre la surface occupée par les menuiseries extérieures et la surface totale du pan de façade vu de l'intérieur du local étudié. Les différences peuvent être importantes : pour respecter la norme, on aura besoin, par exemple, pour une façade entièrement vitrée, d'un vitrage d'une performance R_{Atr} supérieure de 7 dB à celui nécessaire lorsque le vitrage ne représente que 20 % de la surface du pan de façade vu de l'intérieur, ce qui revient en pratique à passer d'un 4-15-4 à un double vitrage asymétrique lourd 6-15-55.2.

Enfin, l'isolement acoustique obtenu *in situ* sera aussi tributaire de la profondeur du local étudié. Plus le local sera profond, plus l'isolement acoustique de la façade D_{Atr} mesuré sera élevé. Le tableau 1 (p. 10) synthétise les performances minimales R_{Atr} nécessaires des fenêtres (sans grille de ventilation), en fonction du niveau de bruit extérieur sur le pan de façade, du pourcentage de surface vitrée et de la profondeur du local étudié. ■

Un autre problème rencontré avec les vitrages est la chute de l'isolement que l'on observe à la fréquence dite critique de la feuille de verre. La position de cette fréquence critique étant fonction de l'épaisseur du vitrage, la solution pour remédier à cet inconvénient est d'utiliser, dans les doubles vitrages, des épaisseurs de verre différentes de part et d'autre du vide. En passant d'un 4-16-4 à un 6-16-4, on gagne ainsi 3 dB sur le R_{Atr} , qui passe alors de 27

à 30 dB. Si on veut aller plus loin, on peut limiter encore davantage la chute d'isolement à la fréquence critique en utilisation du vitrage feuilleté acoustique. Une composition du type 8-15-44.2A permet ainsi de monter à une valeur R_{Atr} de 35 dB. Les performances acoustiques d'un triple vitrage 4-16-4-16-4 sont peu élevées et identiques à celles d'un vitrage 4-16-4, soit un R_{Atr} de 27 dB. Par contre, une composition telle qu'un 6-12-4-12-44.1A



Les doubles fenêtres permettent d'atteindre des indices d'affaiblissement acoustique très élevés ($R_{Atr} > 50$ dB) comparables à ceux des parties opaques de la façade

www.cstc.be

LES DOSSIERS DU CSTC 2011/3.10

La version longue de cet article sera prochainement disponible sur notre site Internet.

Même si le nombre de cas problématiques est estimé comme étant plutôt faible, les entreprises de jointoiement nous sollicitent régulièrement pour des questions relatives aux mortiers de jointoiement, notamment en ce qui concerne la dureté des joints ou leur manque de durabilité. Cet article fait une mise au point sur ces problématiques.

Dureté et durabilité du jointoiement

Y. Grégoire, ir., chef de la division 'Matériaux', CSTC

MESURE DES PERFORMANCES

La dureté des joints est généralement mesurée au moyen d'un scléromètre (cf. figure 1). Cette technique est basée sur la mesure du 'rebound' d'un dispositif doté d'une tête circulaire et projeté sur le joint avec une énergie déterminée. Cette méthode, qui provient des Pays-Bas, n'est pas normalisée, mais est utilisée dans le cadre de la certification BENOR des mortiers de jointoiement industriels.

La résistance à la compression du mortier est mesurée en laboratoire à partir de prismes selon la norme NBN EN 1015-11. Il ne s'agit donc pas d'une valeur de la résistance à la compression du mortier en place.

Qu'il s'agisse du mortier de pose ou du mortier de jointoiement, la détermination de la durabilité, en particulier aux cycles de gel/dégel, ne bénéficie actuellement d'aucune méthode 'reconnue' ni en Belgique, ni en Europe.

SPÉCIFICATIONS ET RECOMMANDATIONS

La NIT 208, publiée en 1998, est un document de référence pour les entreprises de jointoiement. A défaut de méthode reconnue permettant d'évaluer la durabilité des mortiers en laboratoire selon une méthode directe, cette Note d'information technique s'est limitée à donner des conseils quant au choix d'un mortier sur la base de sa résistance à la compression (corrélée à la composition pour les mortiers 'recette') et de sa dureté en fonction de classes d'exposition (climat intérieur, climat extérieur

normal, climat extérieur sévère, ...) et ce, avec une certaine 'réserve'. Cette réserve est due à l'absence d'une stricte corrélation entre performances 'mécaniques' et 'de durabilité', en particulier pour les mortiers contenant de la chaux.

Un ensemble de paramètres influence ces performances au niveau du 'matériau' (dosage et nature des constituants – liants, sables, eau – granulométrie du sable, taux de gâchage), du support (suction, éventuelle humidification), de la technique de jointoyage (compactage) et des conditions climatiques lors de la prise.

La normalisation européenne, ultérieure à la parution de la NIT, a engendré la publication de normes 'produit', de méthodes d'essai, voire de guides de mise en œuvre. Bien que le principe général reste le même, à savoir associer à des classes d'exposition des performances minimales en termes de durabilité, il n'existe toutefois pas de préconisations permettant de choisir un mortier garantissant une durabilité suffisante. On y renvoie plutôt aux pratiques nationales, voire aux préconisations des producteurs de mortiers industriels. L'association des classes d'exposition à des performances mécaniques (dureté, résistance à la compression) n'y est par contre pas envisagée.

En effet, au niveau européen, la norme 'produit' harmonisée NBN EN 998-2 (qui vise les mortiers de maçonnerie, y compris les mortiers de jointoiement manufacturés) n'établit pas de spécifications relatives à la durabilité (résistance au gel/dégel). En attendant qu'une méthode d'essai normalisée européenne soit disponible, la résistance au gel/dégel doit être évaluée et déclarée conformément aux dispositions en vigueur sur le lieu prévu d'utilisation du mortier. Trois classes de performance y sont définies : 'P', pour exposition passive, 'M', pour exposition modérée, et 'S', pour exposition sévère. Ces classes sont associées dans la partie 'Exécution' de l'Eurocode 6 (NBN EN 1996-2) à des classes de micro-conditions d'exposition notées 'MX'.

RECHERCHES MENÉES AU CSTC

A défaut de spécifications caractérisant expérimentalement la durabilité des mortiers par le biais des performances P, M et S, l'usage de ces informations est encore très limité à l'heure actuelle. A cet égard, le CSTC évalue et optimise des procédures d'essai de gel/dégel en



Fig. 2 Évaluation du comportement au gel/dégel

laboratoire afin de corrélérer, par exemple, des compositions de mortier à ces performances P, M et S et d'aboutir à des recommandations mieux adaptées (cf. figure 2).

Les premières conclusions sont les suivantes :

- les méthodes appliquées à des murets sont clairement à privilégier par rapport aux méthodes sur prismes, un prisme de mortier testé n'étant pas représentatif de ses caractéristiques et performances dans la pratique
- les essais ont confirmé qu'il n'existe pas de corrélation systématique entre la durabilité et les performances mécaniques, qu'il s'agisse de la dureté ou de la résistance à la compression.

CONCLUSION

En guise de conclusion, nous pensons pouvoir dire que, dans l'attente d'une normalisation claire et précise, les recommandations de la NIT 208 restent d'application, en précisant toutefois que de faibles performances mécaniques (dureté, résistance à la compression, ...) n'engendreront pas nécessairement un manque de durabilité. Si une plus grande dureté est requise en raison d'une exposition à des sollicitations mécaniques défavorables, on se référera aux données du producteur, aux conseils de la NIT 208 – avec ses réserves – ou à des essais préalables. Notons encore que l'assurance de duretés très élevées (supérieures à 35) ne peut être obtenue que par des techniques de jointoiement faisant appel à des compactages mécaniques peu, voire pas utilisés en Belgique.

Le développement de procédures d'essai pour évaluer la durabilité tant des mortiers manufacturés que dosés *in situ* et permettant ainsi d'optimiser les compositions de mortier doit se poursuivre. Les recherches menées actuellement au CSTC y contribuent. ■



Fig. 1 Mesure de la dureté à l'aide d'un scléromètre

On assiste depuis quelques dizaines d'années à une véritable explosion du marché de la rénovation, de la restauration et de l'entretien des bâtiments, au point que ce secteur d'activité représente de nos jours plus de la moitié du chiffre d'affaire dans le domaine de la construction.



Rénovation et traitement des matériaux pierreux naturels

Cette croissance et la demande correspondante favorisent la multiplication rapide de produits et de traitements qui, dans le même temps, doivent évoluer afin de répondre à des prescriptions environnementales constamment plus sévères. La situation n'est pas sans contraintes pour les entrepreneurs spécialisés qui se doivent dès lors de suivre les développements technologiques, mais également de pouvoir juger, avant utilisation, des performances et des éventuels effets secondaires des techniques nouvelles. Il importe aussi qu'ils puissent se rendre compte de l'adéquation de ces dernières aux particularités des bâtiments et des matériaux, à leurs altérations ainsi qu'aux éventuelles pathologies présentes.

Afin d'aider les entreprises concernées, la version longue de cet article résumera les enseignements de nombreuses années de recherches et de suivis de chantier et, pour plus d'informations, fera référence à des publications du CSTC telles que :

- les [NIT 197](#) et [224](#), concernant le nettoyage et l'hydrofugation des façades
- les [CSTC-Magazines 1993/1](#) et [1993/2](#), [1995/1](#) et [1999/3](#), qui traitent notamment de la consolidation, du ragréage des matériaux pierreux et des traitements antigraffiti
- [CSTC-Revue 1985/2](#), pour les injections structurales des maçonneries
- la [NIT 210](#), pour l'humidité en général et le traitement contre l'humidité ascensionnelle en particulier
- le [Guide pour la restauration des maçonneries](#), qui aborde de manière plus générale l'ensemble des interventions en rénovation.

Concernant l'innovation, nous vous présentons ci-après, à titre d'exemple, quelques tendances et développements récents dans le domaine du traitement des matériaux.

NETTOYAGE DES FAÇADES

Ces dernières années sont apparus sur le marché de nouveaux granulats tendres expansés permettant le nettoyage de surfaces dures sans effet d'abrasion et rendant superflue la protection des vitrages.

Pour l'intérieur, l'usage de pâtes de latex permet le nettoyage sans eau ni poussières et respecte particulièrement la patine des matériaux.

N'omettons pas non plus l'usage du laser, qui reste toutefois, pour des raisons de coût et de temps, limité au nettoyage de surfaces restreintes et aux matériaux de tonalités claires.

PRODUITS HYDROFUGES DE FAÇADES OU POUR LE TRAITEMENT DE L'HUMIDITÉ ASCENSIONNELLE

Pour ces applications, les produits siloxanes dilués dans des solvants organiques représentaient jusqu'à présent la part prépondérante du marché et ce, du fait de leur efficacité éprouvée. Face aux nouvelles contraintes environnementales, ces produits sont de plus en plus souvent écartés au profit de solutions aqueuses, voire de gels à forte concentration. Le gain environnemental est certain, mais l'efficacité n'est pas toujours au rendez-vous.

Pour l'utilisateur, l'examen des performances et notamment des rapports standardisés comparatifs du CSTC ou des agrément techniques



constitue plus que jamais un préalable au choix judicieux des produits à utiliser.

TRAITEMENTS ANTIGRAFFITI

Pour ces traitements préventifs, la problématique des solvants organiques est encore plus complexe. Les solvants organiques sont non seulement présents dans les produits de protection, mais constituent également, pour de nombreux systèmes, la base des produits de détachage. La tendance dans ce secteur s'oriente donc vers des systèmes de protection temporaire en phase aqueuse, s'éliminant en même temps que les graffiti à l'aide d'eau chaude ou de vapeur. Dans la mesure où les contraintes impliquent l'usage de systèmes permanents, les détachants à base de solvants 'agressifs' sont remplacés par des produits moins nocifs et plus écologiques tels que les essences d'agrumes.

CONSOLIDATIONS SUPERFICIELLES, RAGRÉAGES, INJECTIONS STRUCTURELLES

Ces interventions très pointues ne nécessitent heureusement que peu de produits dilués dans des solvants organiques. Les évolutions environnementales sont donc moins contraignantes et, le plus souvent, il suffit d'utiliser des équivalences sans solvants pour limiter les dégagements de composés organiques volatils. A titre d'exemple, de nombreux produits de consolidation à base de silicate d'éthyle sont passés de 75 à 100 % de matières actives. De même, pour favoriser la pénétration des produits d'injection structurale, la préférence est désormais donnée aux résines fluides plutôt qu'à l'ajout de solvants organiques. ■

✍ A. Pien, ing., chef du laboratoire 'Rénovation', CSTC

www.cstc.be

LES DOSSIERS DU CSTC 2011/3.12

La version longue de cet article sera prochainement disponible sur notre site Internet.

Nous avons été fréquemment confrontés ces dernières années à des dégradations de la surface des carreaux céramiques revêtus d'une finition décorative (*). La plupart d'entre eux satisfont pourtant aux essais d'usure établis par la norme européenne. Nous traitons ci-dessous de cette problématique et proposons une méthode d'évaluation mieux adaptée aux charges exercées sur le carrelage.

Griffes et usure prématurée des carreaux céramiques

Les appellations commerciales du parement des carreaux céramiques sont particulièrement nombreuses (poli, émaillé, *lappato*, semi-poli, brillant, sel et poivre, *granigliati*, ...) et témoignent d'une créativité débordante des fabricants. Parmi elles, trois seulement figurent dans la norme 'produit' NBN EN 14411 introduite en 2007 : l'émail, l'engobe et le poli. Elles n'y sont néanmoins pas définies de façon univoque.

Il n'est pas toujours aisé de faire correspondre l'aspect de la surface des carreaux céramiques à l'une de ces appellations normalisées. Par ailleurs, les carreaux émaillés et non émaillés sont bien souvent difficilement différenciables. Ainsi, distinguer, uniquement en les observant, un carreau émaillé d'un carreau muni d'une fine couche décorative qui, selon la norme 'produit', ne répond pas à la définition d'un émail, relève du défi. Le marquage CE ainsi que la fiche technique d'un carreau céramique doivent par conséquent clairement spécifier si celui-ci est émaillé ou non (GL ou UGL).

ESSAI D'USURE

La norme 'produit' NBN EN 14411 indique l'essai d'usure à effectuer pour les carreaux émaillés (essai PEI) et pour les carreaux non émaillés (essai Capon). Le [cahier n° 5 du Dossier du CSTC 2004/3](#) fournit davantage d'informations quant à ces deux essais. Les carreaux décorés dont la finition de surface ne répond pas à la dénomination 'émail' ne sont soumis à aucune procédure d'essai spécifique, mais sont considérés comme non émaillés et doivent donc être testés en tant que tels (au moyen de l'essai Capon).

Un carreau pourvu d'une couche superficielle décorative réussira généralement l'essai Capon en raison de la nature du matériau (bien souvent pressé à sec et de porosité très faible).

La réussite de l'essai Capon ne garantit toutefois pas que le carreau testé répondra aux exigences d'utilisation applicables aux carreaux céramiques (usure prématurée et griffes). Recourir à un essai PEI et à l'échelle de Mohs afin de déterminer la résistance à l'usure et aux griffes de la couche superficielle (émail ou décoration) offre selon nous une meilleure garantie.

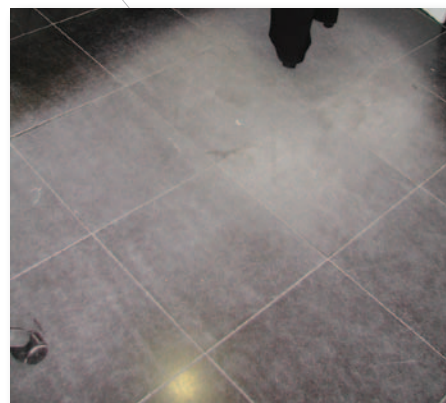
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'usure des carreaux peut être due à une sollicitation trop importante des revêtements carrelés ainsi qu'à une résistance insuffisante à l'usure. Le choix de carreaux céramiques nécessite de tenir compte de l'intensité d'utilisation des locaux, de la présence éventuelle de poussière ou de sable, de la présence de paillasons (sollicitation à l'usure, classes d'utilisation du local) et des propriétés des carreaux (type, finition de surface, résistance à l'usure). Il en va de même en ce qui concerne les griffes.

Lorsque les locaux sont soumis à des sollicitations très intenses, il est impossible d'empêcher complètement l'usure et l'apparition de griffes. Le sable, par exemple, d'une dureté de 7 sur l'échelle de Mohs, est susceptible de griffer un revêtement de surface dont la dureté est moindre (d'anciens documents de référence préconisent une résistance minimale de 5 pour les carreaux émaillés). Les grains de sable qui restent collés aux semelles (en raison de l'absence de paillason ou de son manque d'efficacité) ou des pieds de chaises dont la surface de contact est réduite (et qui exercent dès lors une pression importante) sont bien souvent à l'origine d'une usure prématurée et de l'apparition de griffes.

Les informations figurant dans la fiche technique permettent de se faire une idée de la

Usure d'un carrelage céramique



résistance à l'usure du carreau choisi, mais ne constituent donc pas toujours une garantie absolue.

Pour les carreaux de type non émaillé et avec finition de surface, le CSTC recommande d'utiliser la méthode PEI (et non Capon) afin de s'assurer du bon comportement en usage. Cette information peut également être complétée par la résistance aux griffes selon la méthode Mohs. ■

www.cstc.be

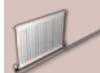
LES DOSSIERS DU CSTC 2011/3.13

La version longue de cet article sera prochainement disponible sur notre site Internet.

✍ T. Vangheel, ir., chef de projet au laboratoire 'Matériaux de gros œuvre et de parachèvement', CSTC

Cet article a été rédigé dans le cadre des activités de l'Antenne Normes 'Parachèvement' avec le soutien financier du SPF Economie.

(*) Le terme 'finition de surface' utilisé dans cet article désigne la finition pouvant être réalisée sur un carreau céramique : couches d'émail et finitions décoratives non définies comme émail (lignes, formes et motifs) appliquées par coulage à travers un rideau d'émail, enduction par rouleau, projection, sérigraphie, ... Dans cet article, le polissage n'est pas considéré comme une finition de surface.



Depuis février 2011, le site <http://energie.cstc.be> propose, outre les Infofiches PEB sur les systèmes de ventilation, des Infofiches sur les installations de climatisation. Ces documents constituent un guide important pour les auteurs de projet et les entrepreneurs en vue d'améliorer les performances énergétiques des bâtiments et de répondre ainsi aux exigences PEB, à l'heure actuel en vigueur uniquement en Région de Bruxelles-Capitale, mais en préparation dans les autres Régions.

Les Infofiches PEB relatives aux installations techniques (cf. tableau) détaillent la manière dont une installation particulière est évaluée dans la réglementation PEB et son influence relative sur le niveau E calculé du bâtiment. Outre des précisions quant au rôle de l'auteur de projet et de l'entrepreneur en charge des travaux (installateur), les Infofiches formulent des recommandations visant à améliorer le rendement global de l'installation et, par conséquent, les performances énergétiques.

RÔLE DE L'AUTEUR DE PROJET ET DE L'ENTREPRENEUR

La réglementation PEB requiert une coordination et un échange d'informations optimaux entre tous les partenaires de l'acte de bâtir. L'auteur du projet et l'entrepreneur sont généralement chargés de la conception technique, du dimensionnement et du placement des installations. Ils ne peuvent prendre de décisions contraires aux exigences PEB, mais peuvent, en concertation avec les autres responsables, proposer des techniques ou systèmes différents, si ceux-ci sont de même qualité et si leurs performances énergétiques sont équivalentes ou supérieures.

MESURES D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE

L'[Infofiche 48.1](#) énonce les principes généraux de calcul du niveau E (cette tâche n'est pas du ressort de l'installateur) qui permettent de déterminer la consommation d'énergie primaire pour le chauffage et le refroidissement des bâtiments ainsi que pour d'autres besoins (réchauffement de l'eau chaude sanitaire et production d'électricité, p. ex.). Bien que la méthode de calcul soit similaire pour les logements et les bâtiments utilitaires, la consommation énergétique de certaines installations ou composantes d'installation est établie différemment ou n'est même pas prise en considération.

Le calcul de la consommation énergétique des systèmes d'émission, de stockage, de distribution et de régulation de la chaleur est abordé dans l'[Infofiche 48.2](#). Celle-ci présente de nombreuses mesures d'économie d'énergie que l'on peut adopter lors du placement de conduites dans le volume protégé, du dimensionnement et de la mise en œuvre des corps de chauffe. Elle expose aussi l'utilité des pompes munies d'un régulateur de fréquence ou de l'interruption de la pompe en l'absence de demande de chaleur.

L'[Infofiche 48.3](#) décrit les paramètres influen-

Infofiches PEB : installations et systèmes

Aperçu des Infofiches disponibles sur <http://energie.cstc.be>

Info-fiche	Sujet	Résidentiel	Non-résidentiel
48.1	Installations et systèmes : principes généraux	Application générale	
48.2	Chauffage : émission, distribution, stockage et régulation	Résidentiel	Non-résidentiel
48.3	Chaudières (à eau) pour chauffage central	Application générale	
48.4	Chauffage par pompe à chaleur	Application générale	
48.5	Chauffage décentralisé : chauffage local pour applications résidentielles	Résidentiel	Pas d'application
48.6	Production d'eau chaude sanitaire	Résidentiel	Pas d'application
48.7	Systèmes photovoltaïques	Application générale	
48.8	Systèmes de refroidissement actifs	Application générale	
48.9	Eclairage dans les bâtiments tertiaires	Pas d'application	Non-résidentiel

çant le rendement des chaudières de chauffage central (à eau) et l'[Infofiche 48.4](#) définit ceux des pompes à chaleur. Pour les chaudières, il convient principalement de recourir à un dispositif de régulation glissante de la température de l'eau (chauffage basse température) et, pour les chaudières à condensation, d'obtenir une eau de retour la plus froide possible. Dans le cas des pompes à chaleur, le facteur de performance saisonnier (valeur FPS) est déterminant (choix du type de pompe le plus approprié et dimensionnement correct en fonction des besoins en chaleur).

L'[Infofiche 48.5](#) traite du chauffage décentralisé. Cette fiche indique les rendements forfaitaires des différents poêles (à combustible liquide, gazeux ou solide) et chauffages électriques (directs ou à accumulation). Ces derniers sont déconseillés car ils peuvent fortement augmenter le niveau E du bâtiment en raison de leur transposition en énergie primaire.

L'[Infofiche 48.6](#) fait le point sur les systèmes de production d'eau chaude sanitaire et décrit une série de paramètres spécifiques tels que la consommation d'eau chaude sanitaire standardisée, la consommation des veilleuses, la longueur du réseau de distribution, ... Il convient, pour ces systèmes, de tenir compte de l'apport positif éventuel d'un système solaire thermique pour préchauffer l'eau chaude sanitaire ainsi que de la chaleur que l'on pourrait récupérer sur l'eau de la douche ou du bain.

L'[Infofiche 48.7](#) livre des recommandations visant à maximiser la contribution des panneaux photovoltaïques. Dans la mesure du possible, les panneaux doivent être posés en site dégagé et être orientés au sud avec un angle d'inclinaison d'environ 30°. Ces installations sont très sensibles à l'ombre, cette dernière pouvant réduire la production d'électricité. Il est donc impératif d'évaluer minutieusement ce facteur.

L'[Infofiche 48.8](#) présente les systèmes de refroidissement actifs qui utilisent principalement l'électricité comme source d'énergie. Il est toutefois possible d'éviter de recourir à ces systèmes en réduisant les besoins de refroidissement du bâtiment, notamment en évitant les surfaces vitrées de grande dimension ou mal orientées, en plaçant des protections solaires ou encore en utilisant la ventilation intensive de nuit (naturelle ou mécanique). Une autre stratégie consiste à limiter les gains de chaleur internes dus, par exemple, à l'éclairage ou à d'autres appareils.

Enfin, l'[Infofiche 48.9](#) aborde l'éclairage artificiel dans les bâtiments non résidentiels et décrit les différentes options permettant de réduire la puissance installée. ■

J. Schietecat, ing., chef du laboratoire 'Chauffage', CSTC

La construction de bâtiments quasi autonomes en énergie devrait grandement aider à relever les défis énergétiques auxquels notre planète tout entière est confrontée : épuisement des sources d'énergie traditionnelles (combustibles fossiles et nucléaires), impact négatif de ces dernières sur la santé et l'environnement, obligation de devoir les importer, ... Au cours des dernières années, nos trois Régions ont donc introduit des réglementations PEB imposant des constructions et des rénovations de plus en plus économes en énergie.

La construction 'très basse en énergie' 10 ans pour une révolution profonde

Un consensus a par ailleurs été atteint sur le plan européen afin que cette politique soit appliquée de manière systématique et efficace dans tous les pays de l'Union. La révision de la directive PEB exige que, d'ici 2021, tous les bâtiments nouvellement construits soient 'à consommation énergétique quasi nulle', même si ce concept n'a pas encore été clairement défini.

CONSÉQUENCES POUR LE SECTEUR

Bien qu'il soit encore impossible de déterminer avec précision ce que l'avenir nous réserve, il est évident que cette tendance affirmée vers des bâtiments très économes en énergie aura un impact parfois considérable sur les **méthodes de construction** actuelles. Presque toutes les professions liées au bâtiment seront vraisemblablement touchées de manière directe ou indirecte, et de nouvelles activités se développeront dans le secteur, notamment l'entretien systématique durant la phase d'utilisation.

Pour ne citer qu'un exemple, relevons celui des toitures. Le niveau d'isolation imposé n'a cessé de croître ces dernières années avec

pour conséquence des épaisseurs d'isolant toujours plus importantes à mettre en œuvre (cf. tableau ci-dessous). A terme, cette tendance pourrait avoir des conséquences sur la conception structurelle de la toiture.

Par ailleurs, il faudra également se concentrer davantage sur **le processus de construction dans son intégralité**. Ainsi, au stade de la conception, il ne suffira pas de concevoir l'enveloppe et la structure la plus économe possible en énergie, il faudra également faire en sorte que toutes les installations techniques y soient adaptées. Ensuite, les aspects liés à l'énergie devront faire l'objet d'une attention particulière dans les cahiers des charges et dans les offres. Sur le chantier, il sera plus important encore d'assurer une bonne coordination entre les divers acteurs et ce, afin de garantir, par exemple, l'étanchéité à l'air générale de l'enveloppe du bâtiment.

Les éventuelles modifications des plans d'origine en cours de construction devront être réfléchies et discutées afin de satisfaire aux exigences. De plus, elles devront être bien documentées afin de pouvoir ensuite établir une déclaration PEB correcte.

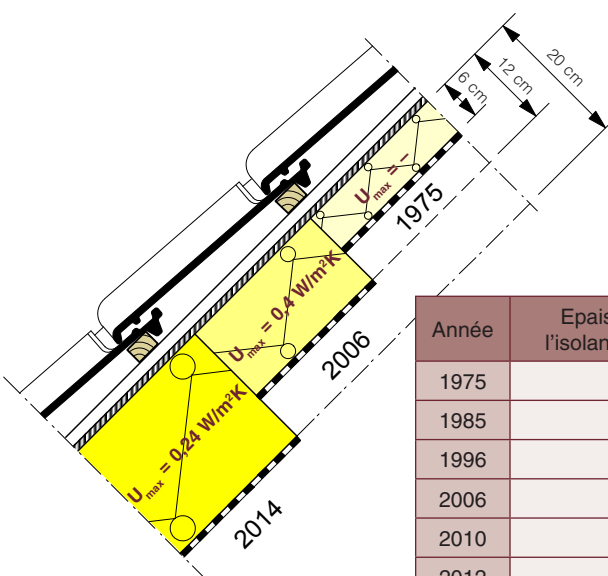
Les bâtiments économes en énergie représentent une plus-value tant pour l'utilisateur que pour le secteur de la construction. Ainsi, pour l'utilisateur, l'application de techniques permettant d'économiser de l'énergie peut s'avérer financièrement neutre : en effet, l'investissement consenti lors de la construction pourra être récupéré grâce à la réduction de la facture énergétique.

CONCLUSION

Bien que la construction de bâtiments à faible consommation énergétique offre des perspectives intéressantes sur le plan économique, elle est également synonyme d'adaptations, de taille ou non, pour de nombreux acteurs du secteur. Tout chef d'entreprise a donc intérêt à anticiper les éventuels changements pouvant survenir dans sa branche d'activité en adaptant ses méthodes de travail, en se formant, en envisageant des investissements dans de nouveaux équipements, ...

La version longue de cet article traitera davantage de la problématique de l'énergie et du contexte réglementaire relatif aux constructions neuves à faible consommation énergétique. Il y sera également question des éventuels renforcements des exigences d'un point de vue technique. Enfin, elle présentera également un certain nombre de changements techniques potentiels et abordera brièvement l'importance de la rénovation énergétique. ■

D. Van Orshoven, ir., chef adjoint de la division 'Climat, équipements et performance énergétique', CSTC
P. D'Herdt, ir., chef de projet, laboratoire 'Lumière et bâtiment', CSTC



Evolution des épaisseurs d'isolant dans les toitures à versants

Année	Epaisseur de l'isolant d_{isol} [cm]	U_{max} [W/m²K]
1975	6	—
1985	8	0,6
1996	10	0,4
2006	12	0,4 (+ fraction 'bois')
2010	15	0,3
2012	17	0,27
2014	20	0,24

www.cstc.be

LES DOSSIERS DU CSTC 2011/3.15

La version longue de cet article sera prochainement disponible sur notre site Internet.

Cet article livre un aperçu des résultats d'une étude menée par le CSTC dans le but d'évaluer le risque de condensation sur les conduites des installations d'évacuation en contact avec l'air (froid) extérieur. Durant cette étude, nous avons également tenté d'établir des recommandations concrètes afin d'éviter d'éventuels problèmes dus à l'écoulement des eaux de condensation.

Risque de condensation sur les conduites d'évacuation d'eau situées à l'intérieur des bâtiments

B. Bleys, ir., chef de projet, laboratoire 'Energie durable et technologies de l'eau', CSTC

Il existe au sein du volume protégé et isolé des bâtiments un risque de condensation sur les conduites des installations d'évacuation lorsqu'elles sont en contact avec l'air (froid) extérieur. Les conduites de ventilation primaires et secondaires des systèmes d'évacuation des eaux usées et les conduites d'évacuation des eaux pluviales (gravitaire et sous pression, cf. figures 1 et 2) sont des exemples

de telles conduites. La figure 3 illustre la formation d'eau de condensation sur une conduite d'évacuation d'eaux pluviales.

Dans le cas des **conduites de ventilation**, une évacuation d'eau via la conduite verticale provoque une aspiration de l'air extérieur. Cet air frais refroidit les parois de la conduite, surtout au sommet de celle-ci. Une

fois l'eau évacuée, l'air frais ne pénètre plus dans la conduite et ses parois se réchauffent à nouveau au contact de l'air ambiant plus chaud. Par ailleurs, l'air frais encore présent dans la conduite sera expulsé par l'air plus chaud provenant des égouts (effet de cheminée). Le risque d'une condensation de longue durée sur les conduites de ventilation semble donc limité.

En ce qui concerne les **conduites d'évacua-**

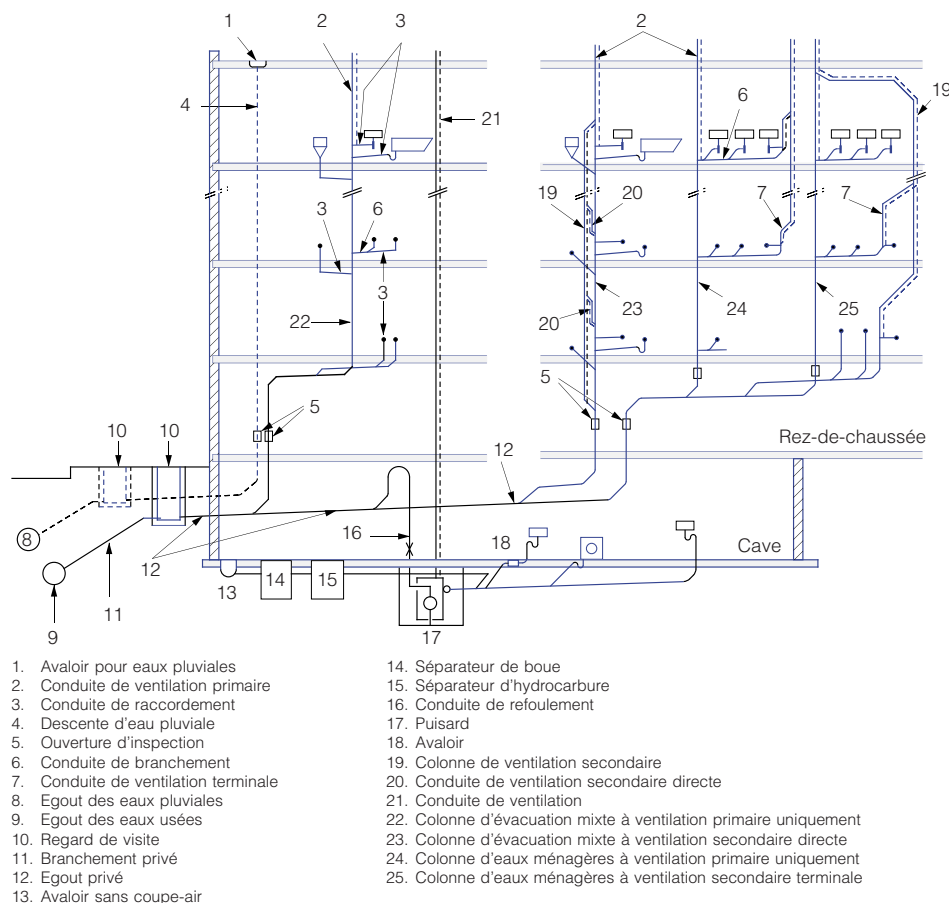


Fig. 1 Conduites d'évacuation des eaux pluviales gravitaires et conduites de ventilation au sein du volume protégé

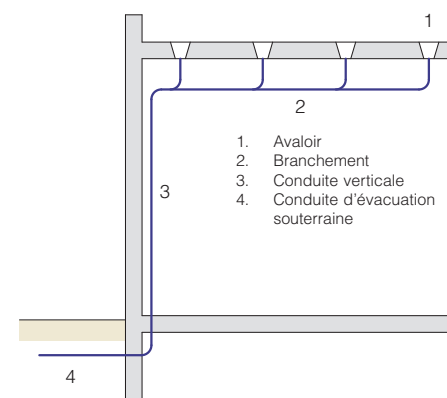
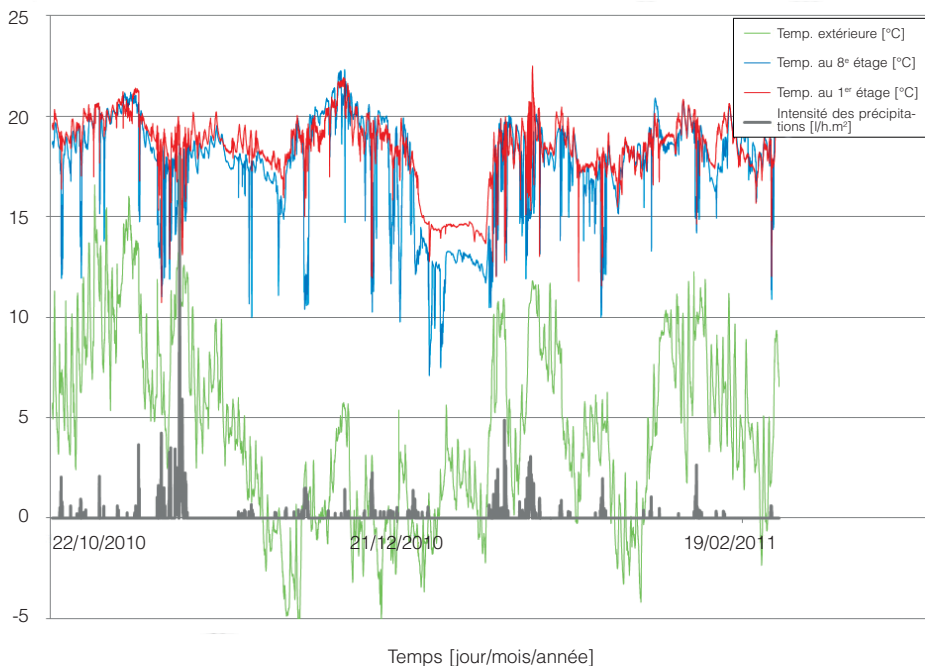


Fig. 2 Evacuation des eaux pluviales sous pression dans le volume protégé



Fig. 3 Condensation sur une conduite d'évacuation d'eaux pluviales

Fig. 4 Evolution de la température de la paroi extérieure d'une conduite d'évacuation d'eaux pluviales au premier et au huitième étage de l'immeuble étudié



tion d'eaux pluviales, l'écoulement de pluie ou de neige fondante le long des parois intérieures entraîne un refroidissement plus important de ces dernières.

D'une part, la perte de chaleur due à la différence de température entre l'air du bâtiment et l'air dans les conduites entraînera une perte d'énergie au sein du volume protégé. D'autre part, à certains moments, la température de la paroi extérieure de ces conduites descend en dessous du point de rosée de l'air intérieur, ce qui engendre une condensation sur ces parois. Ce risque concerne donc principalement les conduites d'évacuation d'eaux pluviales.

ETUDE EXPÉRIMENTALE

Le CSTC a entamé une étude restreinte afin d'évaluer ce risque de condensation. Au cours de cette étude, nous avons relevé, durant les quatre mois de la période hivernale 2010-2011, la température de la paroi extérieure d'une conduite d'évacuation verticale d'eaux pluviales située dans une tour chauffée de huit étages (22,5 m de hauteur). Il s'agissait plus précisément d'une conduite DN 75 en PVC raccordée à un avaloir placé sur une toiture plate (6 x 2,5 m).

Les paramètres suivants ont également été suivis durant l'étude : la température intérieure à cinq endroits différents dans le bâtiment, la température au droit de l'avaloir de toiture et la quantité de précipitations. La période de mesure comportait tant une phase où les températures extérieures étaient relativement élevées (environ 16 °C) qu'une phase de très basses températures (jusqu'à -4,5 °C). La

température intérieure est restée relativement stable (entre 17 et 22 °C), si ce n'est durant une période de fermeture, à la fin du mois de décembre, durant laquelle le bâtiment n'a pas été chauffé.

RÉSULTATS

La figure 4 indique la température de la paroi extérieure de la conduite d'évacuation d'eaux pluviales au huitième étage (ligne bleue) et au premier étage (ligne rouge), à une distance respective de 1 m et de 18 m de l'avaloir sur la toiture plate. Ce graphique nous montre également la température extérieure et l'intensité des précipitations pour la même période.

Ceci nous a permis de déterminer :

- que la paroi de la conduite a régulièrement atteint des températures égales ou inférieures à 12 °C. Bien que les températures les plus basses aient été mesurées au huitième étage (au début de la conduite d'évacuation d'eaux pluviales), des baisses de températures significatives ont également été observées au premier étage
- que la corrélation entre la température de l'air extérieur et la température de la paroi extérieure de la conduite est assez limitée
- qu'il existe clairement une corrélation entre les températures minimales de la paroi extérieure de la conduite et les périodes de précipitations. Les minima sont, autrement dit, dus à l'eau qui s'écoule le long de la paroi de la conduite.

Nous tenons à signaler que les valeurs mesurées constituent probablement une sous-estimation des situations les plus courantes. La

conduite utilisée pour cette étude étant en effet surdimensionnée par rapport à la surface de la toiture à laquelle elle est raccordée (DN 75 pour 15 m²), le rapport entre la quantité d'eau pluviale évacuée et la surface de la paroi était inférieur à la normale. Les baisses de températures et la distance sur laquelle elles ont lieu seront sans doute plus importantes dans la réalité.

Le risque de condensation dépendra évidemment aussi de l'humidité relative et de la température de l'air dans la pièce traversée par les conduites. Ainsi, dans un bâtiment de classe de climat III (cf. [Note d'information technique n° 215](#)) avec une humidité relative de 60 % (immeubles à appartements, hôpitaux, théâtres, salles de fête, p. ex.) et une température intérieure de 20 °C, la condensation apparaîtra déjà sur les éléments dont la température de surface est de 12 °C. Étant donné que des températures plus faibles ont fréquemment été enregistrées à l'extérieur de la conduite durant cette étude, nous pouvons déduire qu'il existe un risque réel de condensation sur les conduites d'évacuation d'eaux pluviales et ce, en fonction de la classe de climat intérieur.

Ce risque semble *a priori* plus limité pour les conduites de ventilation, bien que l'étude ne permette pas de tirer des conclusions formelles. Il est également difficile de se prononcer sur l'effet des pertes de chaleur, via ces conduites, sur les besoins calorifiques de l'ensemble du bâtiment.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Il existe, pour les conduites d'évacuation d'eaux pluviales situées dans un volume protégé, un risque de condensation en fonction de la température et de l'humidité relative de l'air intérieur. En dehors de toute autre considération, il est dès lors recommandé d'évacuer ces eaux par des conduites placées à l'extérieur. Si cela s'avère impossible (pour les grands bâtiments, p. ex.), la conduite doit être isolée aux endroits où l'écoulement de l'eau de condensation risque de provoquer des dégradations (conduites horizontales situées contre le plafond, p. ex.).

Pour les bâtiments où règnent des températures et une humidité de l'air relativement peu élevées, il convient de prévoir une isolation d'environ 10 mm d'épaisseur (dans le cas d'un matériau isolant pour lequel $\lambda = 0,04 \text{ W/m.K}$). Si les températures intérieures et le taux d'humidité sont plus élevés, une épaisseur de 15 à 20 mm conviendra dans la plupart des cas. L'isolant doit, par ailleurs, être étanche à la vapeur et appliqué minutieusement, comme pour les conduites de refroidissement. En cas d'utilisation d'un isolant perméable tel que la laine minérale, une barrière à la vapeur doit être appliquée. ■

Le CSTC propose différents supports permettant aux petites et moyennes entreprises de calculer méthodiquement leur prix de revient. Nous traitons dans cet article d'une série d'Infofiches nouvellement parues permettant de mieux déterminer le prix de revient et présentons brièvement les applications C PRO® et C DATA®, qui ont déjà fait l'objet d'un article dans le [CSTC-Contact 2011/2](#).

Outils de gestion et calcul du prix de revient

D. Pirlot, m.s.c.f., chef de division, et D. Peremans, arch., conseiller principal, division 'Gestion, qualité et techniques de l'information', CSTC

Dans cet article, nous présentons six Infofiches parues récemment. Celles-ci fournissent des compléments d'information concernant le calcul du prix de revient et les différents frais à prendre en considération.

L'[Infofiche 52.1](#) concerne les frais liés à la main-d'œuvre productive. Ces coûts dépendent du salaire des ouvriers, des exigences de la convention collective applicable aux ouvriers (CP 124), des charges sociales et du temps de production. Un salaire horaire moyen est souvent calculé en fonction de l'entreprise et sert de référence pour une période déterminée. Le calcul des frais de main-d'œuvre est un élément essentiel pour déterminer les coûts directs d'un poste du métré.

L'[Infofiche 52.2](#) concerne les coûts des matériaux. Ceux-ci comprennent tous les frais que l'entrepreneur doit supporter pour disposer des matériaux nécessaires à l'exécution d'un poste du métré (matières premières, matériaux de construction, produits semi-finis, accessoires divers, ...). Pour ces coûts, il faut tenir compte de la quantité nécessaire en y incorporant le prix d'achat, mais aussi les frais de

transport, de manutention, de stockage et de traitement des déchets.

L'[Infofiche 52.3](#) concerne les coûts liés aux activités de sous-traitance.

L'[Infofiche 52.4](#) est relative à la valorisation des moyens, équipements et accessoires mis à la disposition de l'entreprise pour la réalisation des travaux. Il convient de distinguer l'utilisation du matériel loué de l'utilisation du matériel acquis par l'entreprise. Pour celui-ci, il y a lieu d'évaluer le coût sur la base d'une analyse détaillée des types de frais (frais fixes, frais de fonctionnement, autres frais connexes). Il ressortira de cette étude un tarif d'utilisation du matériel.

Outre ces coûts directs, l'entreprise est confrontée à des coûts indirects, qui ne sont mentionnés dans aucun poste du devis. Parmi ceux-ci, une distinction est faite entre les frais spécifiques de chantier et les frais généraux d'entreprise.

L'[Infofiche 52.5](#) concerne les frais spécifiques de chantier, c'est-à-dire les dépenses

INFORMATIONS UTILES

C PRO® permet de calculer une offre de prix sur la base des coûts directs (matériaux, matériel, main-d'œuvre et sous-traitance) et des coûts indirects (frais généraux et frais spécifiques de chantier). **C DATA®** permet d'obtenir les données indispensables au calcul du prix de revient (frais généraux de l'entreprise, salaire horaire moyen et tarif du matériel de l'entreprise).

C PRO® et C DATA® sont des applications développées sur Microsoft Excel qui peuvent être paramétrées en fonction des données de l'entreprise. Elles peuvent être téléchargées gratuitement via www.cstc.be/go/cpro.

ne pouvant être imputées à un poste en particulier (installation de chantier, déplacements, états des lieux, consommation, ...). Ces frais peuvent être répartis proportionnellement sur l'ensemble ou une partie des postes du métré.

L'[Infofiche 52.6](#) traite des frais généraux. Ceux-ci sont inhérents à l'existence et à la structure de l'entreprise et sont consentis par elle, peu importe la charge de travail à effectuer. Citons, à titre d'exemple, la rémunération du personnel administratif (non productif), la rémunération des tiers, les frais liés à l'informatique, au mobilier, au petit outillage, aux charges financières, ... Ces frais indispensables à l'activité de l'entreprise doivent être inclus dans le prix de vente par le biais d'une clé de répartition devant correspondre à la réalité économique de l'entreprise. ■



CALCUL DU PRIX DE VENTE

MARGES BÉNÉFICIAIRES

CALCUL DU PRIX DE REVIENT

COÛTS DIRECTS

Main-d'œuvre → Infofiche 52.1
Matériaux → Infofiche 52.2
Sous-traitants → Infofiche 52.3
Matériel → Infofiche 52.4

COÛTS INDIRECTS

Frais spécifiques de chantier → Infofiche 52.5
Frais généraux → Infofiche 52.6

Salaire horaire moyen

Tarif du matériel

Tarif du matériel

Frais généraux



Éléments intervenant dans le calcul du prix de vente

La lumière naturelle est primordiale pour le confort visuel et le bien-être. De nombreuses études démontrent que nous avons un besoin physiologique et psychologique de lumière naturelle. De plus, d'importantes économies d'énergie peuvent être réalisées grâce à la valorisation de l'apport d'éclairage naturel dans les bâtiments.

Prédéterminer l'éclairage naturel

✎ B. Deroisy, ir., chef de projet, laboratoire 'Lumière et bâtiment', CSTC
A. Deneyer, ir., chef du laboratoire 'Lumière et bâtiment', CSTC

Dans le secteur tertiaire, par exemple, une conception intelligente de l'enveloppe des bâtiments et des systèmes de gestion de l'éclairage artificiel permet de réduire de 40 % en moyenne la consommation énergétique due à l'éclairage. Pour estimer le confort visuel et/ou le potentiel d'économie d'énergie, il importe donc de (pré)déterminer correctement la pénétration de l'éclairage naturel à l'intérieur d'un bâtiment. Différentes méthodes existent à cette fin.

MÉTHODES SIMPLIFIÉES

Les méthodes simplifiées permettent d'estimer l'éclairement intérieur pour des configurations géométriques simples. Ce sont généralement des outils graphiques ou des formules empiriques qui donnent des résultats seulement pour des conditions bien spécifiques de rayonnement diffus (ciel couvert standardisé) ou de rayonnement direct (étude d'ensoleillement ou d'ombrage).

MODÈLES RÉDUITS

L'étude de l'éclairage naturel sur des modèles réduits nécessite, quant à elle, une infrastructure, comme un ciel et un soleil artificiels, pour simuler l'apport d'éclairage naturel dans les bâtiments. Cette méthode permet de visualiser

directement la distribution de lumière dans un espace, ce qui est très utile pour une approche qualitative de la conception. Le laboratoire 'Lumière et bâtiment' du CSTC est équipé de l'appareillage nécessaire pour réaliser des mesures et des études sur des modèles réduits.

MODÉLISATIONS NUMÉRIQUES

De plus en plus utilisées, les modélisations numériques ou simulations informatiques permettent de modéliser en trois dimensions la géométrie des espaces et des objets. Il est ainsi possible de prendre en compte différentes sources de lumière naturelle ou artificielle et de calculer ensuite la distribution lumineuse. Les logiciels les plus performants offrent la possibilité de rendre des impressions visuelles photoréalistes (cf. figure). Si la plupart des logiciels offrent de bonnes performances pour l'étude de l'éclairage artificiel et prennent correctement en compte la lumière émise par les luminaires, il est moins évident d'obtenir des résultats satisfaisants en ce qui concerne l'éclairage naturel.

Pour l'éclairage artificiel, les fabricants mettent à la disposition des utilisateurs des données décrivant la distribution photométrique de leurs luminaires. Il est ainsi aisé d'introduire un luminaire dans une scène et de calculer la distribution lumineuse. Pour l'étude de l'éclairage naturel, par contre, l'utilisateur doit savoir de quelle manière les sources de lumière (ciel diffus et soleil direct) et la propagation de la lumière sont modélisées

pour comprendre le calcul et ses limitations, et pouvoir ainsi d'interpréter les résultats.

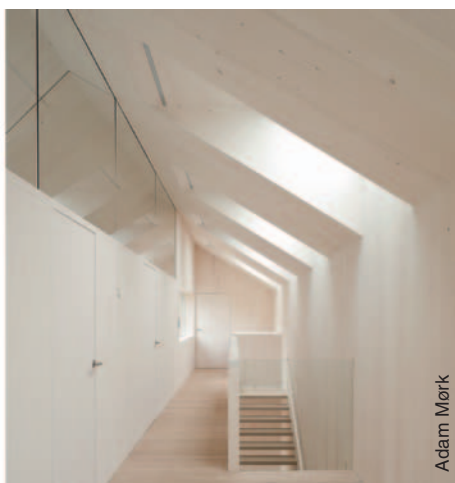
Outre la maîtrise de la modélisation géométrique, il importe de connaître la caractérisation photométrique des surfaces constituant la scène. En effet, la description précise des propriétés photométriques des surfaces et, tout au moins, leur coefficient de réflexion et de transmission lumineuse sont essentiels pour déterminer correctement la distribution de la lumière dans un espace. Ces propriétés dépendent non seulement du matériau, mais aussi de la texture de sa surface.

Comme dans bien d'autres domaines, c'est la connaissance des outils de simulation qui permet de réaliser une modélisation numérique de qualité. La seule maîtrise de l'interface ne garantit pas un résultat fiable. La validité de la simulation informatique de l'éclairage naturel dépend ainsi de la modélisation du ciel, de la méthode de calcul (algorithme), des paramètres (raffinement du calcul), de la rigueur de la modélisation géométrique (précision de l'encodage) et de la compétence de l'utilisateur (connaissance du logiciel et capacité à l'utiliser correctement).

Il importe donc d'opter pour le logiciel de simulation le plus adapté en fonction de la nature de l'étude, de la complexité de la configuration à étudier et du degré de précision attendu. Dans certains cas plus complexes, il est nécessaire de recourir à des outils de simulation perfectionnés et à des mesures sur modèles réduits pour apporter des données complémentaires. ■



Nicolas Roy (Velux)



Adam Mork

Image de simulation informatique, à gauche, et photo du projet réalisé, à droite (projet 'Sunlighthouse', Pressbaum, Autriche)

www.cstc.be

LES DOSSIERS DU CSTC 2011/3.18

Dans le cadre du projet de recherche CODA-Light (*energy consumption of Control systems and Daylight Access in LIGHTing installations*) financé par le SPF Economie, le CSTC a mené une étude détaillée des possibilités de simulation numérique de l'éclairage naturel. Différents logiciels ont été analysés et testés. La version intégrale du présent article, qui sera prochainement mise en ligne, détaille ainsi le principe de fonctionnement des principaux algorithmes de calcul (radiosité, lancer de rayon, *photon-mapping*, ...) et fait le point sur les possibilités de modélisation de plusieurs logiciels.

Les formations du CSTC



PLACEURS DE PORTES RÉSISTANT AU FEU

- Les 6, 8, 13 et 15 septembre 2011, de 18h00 à 21h00, CSTC, avenue Pierre Holoffe 21, 1342 Limelette.
- Les 18, 20, 25 et 27 octobre 2011, de 18h00 à 21h00, FOCLAM, rue Guillaume Charlier 132, 7500 Tournai.

PORTAILS, FENÊTRES ET PORTES : EXIGENCES EN BELGIQUE

- Le 27 octobre 2011, de 17h30 à 20h45, Auditorium des Moulins de Beez, rue du Moulin de Meuse 4, 5000 Beez (Namur).

INFORMATIQUE ET CONSTRUCTION : QUELS OUTILS MOBILES POUR L'ENTREPRENEUR ?

- Le 22 novembre 2011, de 16h30 à 19h00, Auditorium des Moulins de Beez, rue du Moulin de Meuse 4, 5000 Beez (Namur).

CHOIX ET POSE DES MENUISERIES ET VITRAGES PERFORMANTS

- Le 6 octobre 2011, de 17h00 à 20h00, Centre Format PME, rue Saucin 66, 5032 Les Isnes (Gembloux).

VENTILATION MÉCANIQUE

- Le 8 novembre 2011, de 9h30 à 16h30, Centre Format PME, rue Saucin 66, 5032 Les Isnes (Gembloux).

CONTRÔLE DE L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR ET THERMOGRAPHIE INFRA-ROUGE

- Le 1^{er} décembre 2011, de 9h30 à 16h30, CSTC, avenue Pierre Holoffe 21, 1342 Limelette.

COURS D'HIVER 2011-2012

La session 2011-2012 des cours d'hiver, organisée en collaboration avec les centres régionaux de l'IFAPME et le centre EFPME de Bruxelles, sera consacrée à deux thèmes phare :

- l'étanchéité à l'air
- le béton (béton étanche, spécifications et exécution).

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)
- sous forme imprimée et sur CD-ROM.

Pour tout renseignement, appelez le 02/529.81.00 (de 8h30 à 12h00) ou écrivez-nous par fax (02/529.81.10) ou par mail (publ@bbri.be).

FORMATIONS

- Pour plus d'informations au sujet des formations, contactez J.-P. Ginsberg (info@bbri.be) par téléphone (02/655.77.11) ou par fax (02/653.07.29)
- Lien utile : www.cstc.be (rubrique 'Agenda').

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

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

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

La reproduction ou la traduction, même 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



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
site web : 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

Marktplaats 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)