



cstc.be
Recherche • Développe • Informe

Contact

UNE ÉDITION DU CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION

2015/4



**Parois
moulées**
p4-5

**Fenêtres de
toiture**
p10-11

**Nattes de
désolidarisation**
p22-23

**Récupérateurs
de chaleur**
p28-29



Sommaire 2015/4

Coup de projecteur sur le nouveau
Comité technique 'BIM & ICT' !..... 3



Comment spécifier un béton pour **parois moulées** ? 4



Maçonnerie **préfabriquée** 6



Etude de cas **géotechnique** :
monitoring du puits d'essai **Oosterweel** 8



Quel vitrage pour une **fenêtre de toiture** ? 10



Toiture plate : révision de la NIT 215 12



Parois constituées de **panneaux à base de bois** :
influence sur l'**étanchéité à l'air** et sa durabilité 14

Pleins feux + FAQ 16



Durabilité des fenêtres en bois
à haute performance énergétique..... 18



ETICS avec revêtements durs..... 20



Systèmes de désolidarisation pour les sols carrelés..... 22



Amélioration du **confort thermique** par les **peintures** :
est-ce possible et intéressant ? 24



Calcul des **dépensements calorifiques** :
disparition de la norme NBN B 62-003 au profit de
la norme NBN EN 12831..... 26



Récupérateurs de chaleur des eaux usées 28



ISO 9001 version 2015 :
une opportunité pour (re)dynamiser
votre système de management de la qualité ? 30

Coup de projecteur sur le nouveau Comité technique 'BIM & ICT' !

L'effervescence autour du numérique dans la construction est aujourd'hui tangible. Le processus BIM (*Building Information Model / Modelling / Management*) contribue à cette révolution, car il bouleverse fondamentalement la façon de concevoir, de bâtir et d'exploiter les bâtiments. Il s'agit avant tout d'**une approche collaborative** intégrée entre les partenaires d'un projet. Cette approche met en relation les objets qui composent un bâtiment ainsi que leurs caractéristiques et permet aux utilisateurs d'**accélérer l'élaboration et la réalisation des projets**, tout en réduisant les coûts de construction et d'exploitation.

L'Europe ne s'y est pas trompée : dans une directive de 2014 concernant les marchés publics, elle recommande **la dématérialisation des procédures** et privilégie l'usage du BIM lors des appels d'offre pour les projets de bâtiments et d'infrastructures publics. Certains pays de l'Union européenne (Grande-Bretagne, Pays-Bas, Danemark, Finlande, Norvège...) imposent d'ores et déjà son utilisation pour nombre de leurs marchés publics. Plus récemment, la France leur a emboîté le pas dans le cadre de la 'Mission Numérique Bâtiment', dont les recommandations positionnent le BIM au cœur de la démarche.

A l'évidence, la transformation numérique de notre secteur est donc en marche. Pour les entreprises, ce n'est plus un choix, c'est une question de compétitivité. Des mesures ont d'ailleurs été prises, dans notre pays, au niveau national et régional, pour accompagner cette mutation. **Tout le monde a en effet à y gagner !** Et certainement l'entrepreneur, qui peut notamment utiliser le BIM comme levier pour l'aider à réduire ses coûts d'inefficacité, qu'on estime entre 5 et 15 % de son chiffre d'affaires.

Le CSTC a toujours joué un rôle de pionnier dans l'informatisation du processus constructif. Aujourd'hui encore, il prend la mesure de l'enjeu en créant un nouveau **Comité technique 'BIM & ICT'**. Tout comme ses pairs, celui-ci aura pour tâche d'initier et de coordonner les actions de recherche et d'information qui s'imposent et de suivre les activités de normalisation en la matière. A l'heure qu'il est, sa composition se précise et ses premières priorités se dessinent. Nous vous tiendrons informé de l'avancement de ses travaux. Soyez-y attentif, car tous les acteurs de la construction sont concernés.





Une version révisée de la norme européenne NBN EN 206-1 relative à la spécification, aux performances, à la production et à la conformité des bétons est parue en janvier 2014. En comparaison avec la version précédente datée de 2001, cette révision reprend aujourd'hui des exigences complémentaires pour le béton destiné aux travaux géotechniques spéciaux.

Comment spécifier un béton pour parois moulées ?

Ces exigences sont dictées par les modes de pose du béton dans les fondations, notamment dans le cas des parois moulées où le béton est coulé, au moyen de tuyaux, à des profondeurs considérables (jusqu'à 30 m, voire plus) dans un fluide de support (suspension bentonitique) assurant la stabilité de la tranchée.

La majorité de ces exigences ne sont pas nouvelles, puisque celles-ci figuraient déjà dans certaines normes relatives à l'exécution des travaux géotechniques spéciaux, notamment la norme NBN EN 1538 consacrée aux parois moulées.

Auparavant, lorsqu'il s'agissait de commander des bétons destinés aux parois moulées, beaucoup de prescripteurs se basaient uniquement sur la norme NBN EN 206-1 et son annexe NBN B 15-001, mais ils omettaient les exigences reprises dans la norme NBN EN 1538 relative à leur exécution.

Dégâts observés sur des parois moulées



Des conséquences malheureuses en découlaient parfois sur chantier : difficulté de mise en œuvre liée à une fluidité insuffisante et non maintenue durant la mise en œuvre, faible cohésion entre les couches due à une prise trop rapide, présence de canaux de ressuage en raison d'un ressuage excessif, enrobage insuffisant des armatures, cavités... Dans la mesure où ces parois remplissent souvent une fonction définitive avec une durée de vie prévue de 50 ans ou plus, il est essentiel qu'elles ne présentent pas d'imperfections importantes. En effet, il ne s'agit pas uniquement de garantir la durée de vie, mais également d'éviter des infiltrations de terre et d'eau (de la nappe) pendant et/ou après l'excavation de la fouille, ce qui pourrait engendrer des coûts supplémentaires importants pour la réparation ou, plus grave encore, conduire à des dégâts aux abords des travaux.

En 2016, la norme NBN EN 206 devrait être complétée par une révision de l'annexe belge NBN B 15-001, étant donné que de nombreuses exigences ne sont qu'"informatives" dans la norme européenne et que celles-ci doivent être fixées par chaque pays. Toutefois, dans le cas de travaux géotechniques spéciaux, les exigences applicables aux parois moulées sont d'ores et déjà normatives puisqu'elles figurent dans l'annexe D, qui est normative.

Outre les aspects courants nécessaires à toute spécification du béton (résistance mécanique, classes d'environnement ou d'exposition pour la durabilité...), il convient, pour la spécification du béton destiné aux parois moulées, de veiller

à ce que celui-ci :

- possède une ouvrabilité très élevée
- présente une grande résistance à la ségrégation
- soit apte à être serré de manière adéquate sous l'effet de la gravité
- soit suffisamment maniable pendant toute la durée du bétonnage.

En plus d'être conforme à la norme NBN EN 206 et à la future révision de l'annexe NBN B 15-001, la spécification doit donc comprendre les éléments décrits ci-après.

1 La résistance en compression

La résistance en compression est fixée par le bureau d'étude dans le but d'assurer la stabilité des parois moulées. Pour des questions de mise en œuvre, une quantité importante de ciment est néanmoins nécessaire. Cette teneur élevée peut mener à l'obtention d'un béton dont la classe de résistance est plus importante que celle requise pour des raisons mécaniques.

2 La classe d'environnement

Pour assurer la durabilité du béton, celui-ci doit disposer d'une teneur minimale en ciment et d'un rapport eau/ciment maximum en fonction de la classe d'environnement (voir [Les Dossiers du CSTC 2006/2.10](#)) ou des classes d'exposition et de la présence ou non d'armature. En dessous du niveau de gel, le béton destiné aux parois moulées doit être armé et appartenir à la classe d'environnement EE1.



3 La dimension maximale des granulats

Il y a lieu de spécifier les dimensions D_{sup} et D_{inf} correspondant respectivement à la plus grande et la plus petite valeur des granulats de classe granulométrique d/D autorisées par la spécification du béton. La valeur de D réellement utilisée dans le béton sera comprise entre ces valeurs et est dénommée D_{max} .

D_{sup} ne doit pas dépasser 32 mm et $\frac{1}{4}$ de l'espacement nu à nu des barres longitudinales, la plus petite valeur devant être retenue. D_{inf} peut être égal à D_{sup} si l'on souhaite obtenir une valeur déterminée pour D_{max} .

4 La classe de consistance

Une fluidité élevée est nécessaire pour la mise en œuvre de parois moulées. Un affaissement de 220 mm \pm 40 mm sera dès lors requis.

5 Exigences complémentaires

Outre les exigences de base précitées, il convient de tenir compte de quelques exigences qualifiées de complémentaires par la norme NBN EN 206, mais essentielles pour la mise en œuvre correcte des parois moulées.

5.1 La teneur minimale en ciment

La teneur en ciment découlant du choix de la classe d'environnement est loin d'être suffisante pour l'obtention de la fluidité élevée et de la stabilité du béton. En fonction de D_{max} , la teneur en ciment doit être conforme aux exigences du tableau ci-dessous.

5.2 La granulométrie continue

Le squelette granulaire doit être continu afin de réduire le plus possible la ségrégation.

5.3 La teneur en fines et en sable

Lorsque D_{max} vaut 32 mm, la teneur pon-

dérale en sable ($D \leq 4$ mm) des granulats doit être supérieure à 40 % tout en veillant à la continuité de la courbe granulométrique. De plus, la masse totale des particules fines ($D \leq 0,125$ mm) dans le mélange de béton (intégrant le ciment et les autres fines) doit être comprise entre 400 et 550 kg/m³.

5.4 Le maintien de la consistance

Etant donné le mode de pose spécifique et la durée du coulage du béton nécessaires à la réalisation d'une paroi profonde (plusieurs heures), la consistance spécifiée au § 4 doit être conservée pendant toute la durée de coulage théorique. En l'absence de spécification, l'ouvrabilité du béton doit être maintenue durant 30 minutes après l'ajout éventuel des adjuvants et le remalaxage du béton. S'il est nécessaire de maintenir l'ouvrabilité plus longtemps, il convient de le spécifier.

L'usage de granulats non poreux est requis. Le maintien dans le temps de la consistance peut, en effet, être affecté en cas d'utilisation de granulats recyclés ou poreux.

5.5 Le ressuage

Le ressuage du béton doit être limité, même si aucune exigence n'est actuellement reprise dans la nouvelle norme NBN EN 206. En cas de ressuage excessif, des canaux de ressuage peuvent apparaître. La teneur totale en eau de ressuage devrait être limitée à 1 % si elle est déterminée sur la base de la norme européenne NBN EN 480-4. Si le ressuage est mesuré selon la norme américaine ASTM 232, la vitesse de ressuage devrait être limitée à 0,1 ml/min. Il existe également des essais adaptés aux fondations et tenant compte des conditions de pression présentes dans

les fondations profondes, notamment l'essai Bauer. L'EFFC/DFI recommande une valeur limite de 15 l/m³ pour une mesure réalisée selon cet essai. En Belgique, une limite de 13 cc correspondant à 8,7 l/m³ est souvent spécifiée.

5.6 Le ciment Low Alkali

Vu la présence d'eau dans le sol, l'usage d'un ciment Low Alkali est recommandé.

5.7 Le ciment résistant aux sulfates

Dans le cas où le béton est en contact avec des sulfates présents dans le sol ou dans l'eau (teneur > 600 mg/kg dans l'eau ou > 3.000 mg/kg dans le sol), un ciment à haute résistance aux sulfates, conformément à la norme NBN B 12-108, doit être utilisé. La classe d'environnement EA2 ou EA3 devra être également considérée parallèlement à la classe dont il est question au § 2.

6 Conclusion

Les exigences de base prévues dans la norme NBN EN 206-1 et son annexe NBN B 15-001 étaient loin d'être suffisantes pour la spécification des bétons destinés aux parois moulées. La révision de cette norme comble la majorité de ces lacunes. Néanmoins, celle-ci devrait être complétée par un certain nombre d'exigences en ce qui concerne le ressuage. **I**

V. Pollet, ir., chef adjoint du département Matériaux, technologie et enveloppe, CSTC
M. Roovers, ir., président de l'ABEF
N. Huybrechts, ir., chef de la division Géotechnique, CSTC

Teneur minimale en ciment destinée aux parois moulées

D_{max} [mm]	Teneur minimale en ciment [kg/m ³]
32	350
22,4	380
16	400

Bien que la plupart des parois maçonnées soient généralement réalisées sur chantier selon la méthode traditionnelle, il devient de plus en plus courant aujourd'hui de recourir à des parois préfabriquées. Leur utilisation présente en effet de nombreux avantages, parmi lesquels la rapidité d'exécution. De plus, les murs étant réalisés en usine, les délais de production ne sont pas influencés par les conditions climatiques.

Maçonnerie préfabriquée

Réalisation

Une maçonnerie préfabriquée sur mesure est généralement constituée de blocs (terre cuite, silicocalcaire ou béton, voir [Les Dossiers du CSTC 2014/4.4](#)) et d'un mortier ou d'un mortier-colle (voir [Les Dossiers du CSTC 2011/2.3](#)) répondant aux prescriptions issues des normes européennes et de la révision des STS 22.

L'utilisation de matériaux innovants (non couverts par les normes NBN EN 771 et 998-2, comme les colles polyuréthanes) n'est pas exclue, à condition qu'ils soient aptes à l'usage.

La maçonnerie préfabriquée doit offrir toutes les garanties de qualité et d'aptitude à l'emploi.

Etant donné que la maçonnerie préfabriquée n'est pas soumise à une norme, le fabricant ou — mieux encore — un organisme indépendant tel que l'Union belge pour l'agrément technique dans la construction (www.ubatc.be) doivent offrir toutes les garanties relatives à la

qualité et à l'aptitude à l'emploi du produit considéré.

Pour la préfabrication de ces parois, le fabricant doit se baser sur les plans de construction. En fonction des possibilités de production de ce dernier, les murs peuvent, selon leur épaisseur, atteindre une longueur de 8 à 9 m, une hauteur de 3 à 4 m et un poids de 3 à 5 tonnes. Le choix des dimensions peut être déterminé par la capacité portante et la position de la grue utilisée sur chantier. Toutefois, il est également possible de choisir la grue en fonction des dimensions souhaitées.

Une membrane d'étanchéité contre l'humidité ascensionnelle peut être prévue au pied du mur dès la phase de préfabrication. Celle-ci doit alors dépasser de la maçonnerie afin de pouvoir assurer sa continuité au droit des raccords. Le fabricant doit prendre les mesures nécessaires pour éviter que les éléments ne se détachent de la rangée inférieure durant le transport et la pose. L'entrepreneur peut, en outre, décider de réaliser *in situ* la première rangée de briques et la pose de la membrane et d'y placer ensuite le mur préfabriqué. La fonction de barrière de protection contre l'humidité peut, dans certains

1 | Les murs préfabriqués sont placés sur des chevalets pour le transport.



Verbo/Ploegsteert



cas, également être assurée par un joint adhésif approprié inséré dans le mur préfabriqué.

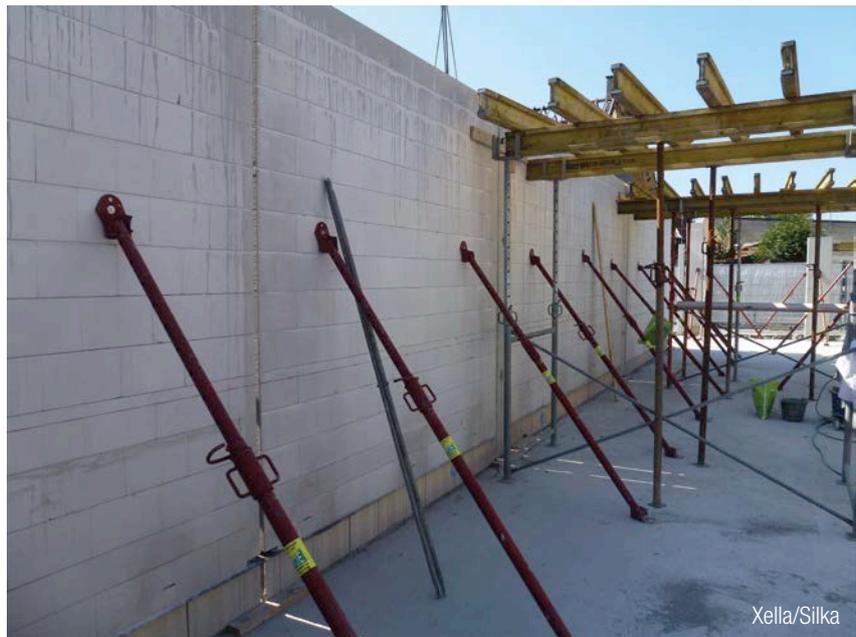
Lorsque le pied du mur doit être muni d'un bloc isolant de manière à obtenir un nœud constructif conforme à la PEB (voir [Les Dossiers du CSTC 2014/1.6](#)), cet élément peut être soit intégré dans le mur préfabriqué en usine, soit mis en œuvre sur chantier. Lors de la préfabrication, il est également possible de prévoir les ouvertures de fenêtres et de portes, la découpe des pignons et les linteaux au-dessus des baies.

À la sortie d'usine, les maçonneries sont posées sur des chevalets en vue de leur transport (voir figure 1).

Mise en œuvre

Les maçonneries préfabriquées sont livrées sur le chantier au fur et à mesure de la progression des travaux et doivent être entreposées sur une surface plane disposant d'une portance suffisante. Leur mise en œuvre s'effectue sur la base des prescriptions des STS 22, de l'Eurocode 6 et de ses annexes nationales, mais également en respectant les directives spécifiques du fabricant.

La position des murs doit être indiquée sur la dalle de béton au moyen de marquages et éventuellement de planches de calage. En outre, deux cales d'appui doivent être insérées, pour chaque mur, dans l'épaisseur d'une couche de mortier sans retrait. On veillera à ce que les cales soient plus déformables que le mortier. Les éventuelles aspérités du support peuvent être éliminées en adaptant l'épaisseur du mortier et des cales. Cette méthode permet, en principe, de compenser des aspérités jusqu'à 10 mm. Il convient ensuite de maintenir les murs à l'aide d'étais 'tirant-poussant' réglables et de corriger éventuellement leur perpendicularité (voir figure 2). Une fois ces étais mis en



2 | Les murs préfabriqués sont maintenus au moyen d'étais 'tirant-poussant' réglables.

place, les dispositifs de levage peuvent être retirés.

Les joints verticaux entre les murs préfabriqués doivent être remplis au moyen du mortier prescrit par le fabricant et mis en œuvre à l'aide d'une machine à projeter. Ces joints comportent parfois des élingues métalliques auxquelles il est possible de fixer des barres d'armature afin de les renforcer. Les étais ne peuvent être retirés que lorsque le mortier situé sous la paroi et dans les joints aura suffisamment durci. Les parois isolées qui ne sont pas reliées à des parois transversales doivent conserver leurs étais jusqu'à ce que la dalle de plancher supérieure ou le complexe toiture puisse assurer leur stabilité.

Planning et coût

Il ressort d'un certain nombre de cas concrets que la maçonnerie préfabri-

quée est principalement utilisée sur les chantiers pour lesquels sont prévus de 500 à 1.000 m² de maçonnerie, voire plus. Le coût d'une telle technique n'est comparable avec celui de travaux de maçonnerie réalisés sur place que lorsque l'on peut obtenir un rendement suffisamment élevé par jour de travail. Une bonne préparation et une coordination efficace sont toutefois indispensables.

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

T. Vissers, ing., conseiller, division Gestion, qualité et techniques de l'information, CSTC

J. Wijnants, ing., chef de la division Avis techniques, CSTC

Cet article a été rédigé avec le soutien de la DG06, dans le cadre de la Guidance technologique COM-MAT 'Matériaux et techniques de construction durables'.

Le maintien des maçonneries préfabriquées à l'aide d'étais 'tirant-poussant' réglables est de rigueur.



Afin de résoudre le problème des embouteillages autour d'Anvers, la *Beheersmaatschappij Antwerpen Mobiel* (BAM) a pour projet de boucler le ring de la métropole grâce à la construction de la liaison Oosterweel. Pour évaluer la faisabilité technique des plans mis sur la table, la BAM, en collaboration avec le bureau d'étude RoTS, a récemment réalisé deux campagnes d'essai à grande échelle. Les informations ainsi récoltées permettront de concevoir et de mettre en œuvre la liaison Oosterweel selon une approche plus ciblée et donc plus économique.

Etude de cas géotechnique : monitoring du puits d'essai Oosterweel

Conception

Le projet initial de tunnel destiné à la liaison Oosterweel sur la rive droite de l'Escaut consistait à réaliser un double tunnel immergé sous les docks et le canal Albert. Cette option faisant gonfler le budget prévu, la BAM confia au bureau d'étude RoTS la mission de chercher une solution visant à optimiser le projet : l'excavation d'un tunnel à double étage jusque dans l'argile de Boom présente à partir d'une profondeur de 20 à 30 m. Ce projet permettrait de réaliser une économie de plus de 450 millions d'euros par rapport à sa version initiale.

Concrètement, des rideaux de palplanches de 25 à 30 m de long

Les essais préalables visent à optimiser la conception et à réduire les coûts.

seront tout d'abord installés dans les docks et le canal Albert au départ d'un ponton (étape 1, voir figure 2). L'espace compris entre ces palplanches et le quai sera ensuite rempli de sable, afin de réaliser une plateforme à partir de laquelle les parois moulées du tunnel pourront être mises en œuvre (partiellement dans le sable, étape 2). Enfin, le plafond (étape 3) et les planchers (intermédiaires) (étapes 4 et 5) seront coulés (principe du *cut and cover*).

monitoring avancé destiné au contrôle de différents paramètres.

Instrumentation et monitoring

Les divisions Géotechnique du gouvernement flamand et du CSTC étaient responsables de l'instrumentation et du monitoring du puits d'essai. Nos collaborateurs ont utilisé, en plus des jauges de contrainte et des thermocouples, des capteurs de déformation de type fibres optiques développés dans les laboratoires du CSTC. Durant plus de 15 mois, une centaine de ces capteurs ont été monitorés en continu :

- une cinquantaine de capteurs de déformation verticaux ont été fixés sur toute la hauteur des palplanches afin de déterminer les moments et les contraintes
- plus de 25 capteurs de déformation ont été placés sur deux extensomètres verticaux jusqu'à une profondeur de 25 m dans l'argile de Boom, afin de suivre le gonflement de celle-ci
- 40 capteurs de déformation ont été installés pour mesurer les déformations des étauçons (à convertir en forces d'étauçonnement).

Deux campagnes d'essai

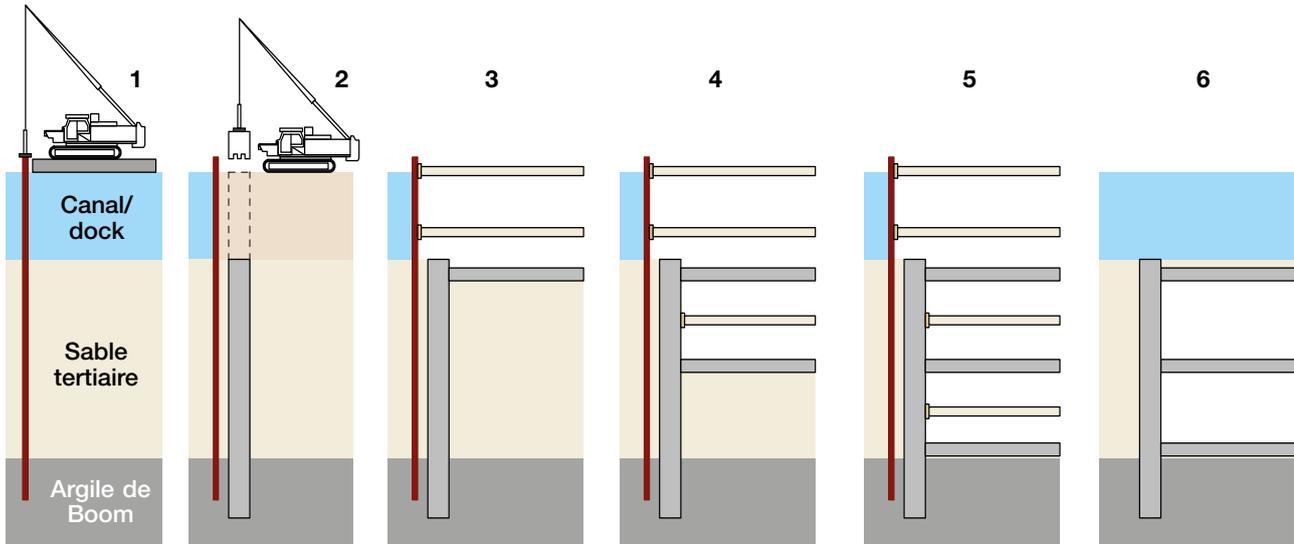
Afin d'évaluer la faisabilité de ce tunnel à double étage et d'optimiser les paramètres de conception, deux campagnes d'essai ont été entamées. L'objectif de la première campagne consistait à étudier l'aptitude au fonçage des palplanches et des pieux tubulaires dans les couches de sable glauconifère présentes au-dessus de la couche d'argile de Boom. Pour la deuxième campagne, menée à plus grande échelle, un puits d'essai de 25 m de profondeur et d'une surface de 20 x 20 m² a été réalisé à proximité du Noordkasteel d'Anvers (voir figure 1). Cette campagne avait pour objectif, d'une part, d'évaluer l'applicabilité de toute une série de techniques d'exécution dans le même sol que celui du futur tracé et, d'autre part, de mettre en place un système de

Premières économies

Parallèlement à l'excavation du puits

1 | Mise en œuvre du puits d'essai





- Installation des palplanches depuis le ponton
- Remplissage de l'espace entre les palplanches et le quai
- Mise en œuvre des parois moulées
- Excavation jusqu'au niveau du plafond
- Installation des étançons
- Mise en œuvre de la dalle du plafond
- Excavation sous la dalle du plafond
- Installation des étançons
- Mise en œuvre du niveau intermédiaire
- Excavation jusqu'à la dalle de sol
- Installation des étançons
- Mise en œuvre de la dalle de sol
- Enlèvement des étançons
- Enlèvement des palplanches
- Réouverture du canal ou des docks

2 | Représentation schématique de la mise en œuvre du tunnel à double étage sous le canal Albert et les docks

d'essai, un certain nombre d'analyses ont été réalisées en collaboration avec l'entreprise Denys au moyen de logiciels géotechniques spécialisés. Une bonne correspondance entre les forces internes et d'étaisonnement mesurées et calculées conduit en effet à atténuer les incertitudes concernant les paramètres du sol. Ainsi, il s'est avéré que la mise en œuvre du quatrième et avant-dernier cadre d'étaisonnement renforcé permettrait d'effectuer la dernière étape d'excavation et l'installation du cinquième cadre d'étaisonnement en conditions sèches, ce qui est bien moins coûteux et complexe qu'une mise en œuvre sous eau.

Vers des méthodes de dimensionnement et de mise en œuvre optimisées

Les mesures prises à l'aide des capteurs de déformation de type fibres optiques précitées, développés au cours de ces dernières années par la division Géotechnique du CSTC afin d'améliorer la détermination des performances des fondations profondes et des structures géotechniques, constituent une étape importante dans le cadre d'un projet basé sur des essais préalables ou sur une méthode observationnelle. Ces deux méthodes de conception relèvent de l'Eu-

rocode 7 et entraînent une optimisation de la conception et de la mise en œuvre et, par conséquent, une diminution du coût total. Les mesures effectuées ont été rapportées de manière complète et peuvent être consultées dans les cahiers des charges de la BAM.

*N. Huybrechts, ir., chef de division,
et G. Van Lysebetten, ir., chef de projet,
division Géotechnique, CSTC*

*Nous tenons à remercier la BAM, la division
Géotechnique du gouvernement flamand,
l'entreprise Denys et le bureau d'étude RoTS.*

Le gonflement de l'argile de Boom

En raison de son passé géologique, l'argile de Boom est une argile très rigide et surconsolidée qui est caractérisée par un gonflement lorsqu'elle est déchargée. Cette argile étant peu perméable à l'eau, ce processus de gonflement est très lent. Le fait que les entrées du tunnel Kennedy à Anvers continuent de se soulever de 1 à 1,5 mm, et ce 45 ans après la construction, constitue la preuve irréfutable de ce gonflement.

Afin de mieux déterminer les forces de soulèvement auxquelles la dalle de sol du tunnel devra résister, il est essentiel de connaître précisément la vitesse et l'ampleur du gonflement. Pour ce faire, divers extensomètres verticaux ont été mis en place, avant le début des travaux, dans des trous forés au milieu de l'excavation (jusqu'à une profondeur d'environ 50 m sous la surface du sol).



Pour choisir une fenêtre de toiture, de nombreux critères doivent être pris en considération : lumière, énergie, confort, acoustique, poids propre, charges de vent et de neige, sécurité... Concernant l'énergie et le confort, quel est le meilleur choix ? Double ou triple vitrage ? Avec ou sans protection solaire ? Avec protection solaire extérieure ou intérieure ? Automatique ou manuelle ?

Quel vitrage pour une fenêtre de toiture ?

Economies d'énergie en hiver ?

Contrairement à une paroi opaque, un vitrage ne fait pas que perdre de la chaleur, il laisse également entrer la lumière et donc... la chaleur du soleil !

Les pertes de chaleur au travers du vitrage sont proportionnelles à son coefficient d'isolation, exprimé par la valeur U_g en $W/(m^2.K)$; quant aux gains solaires, ils sont liés à la valeur g du vitrage, c'est-à-dire sa capacité à laisser passer l'énergie du rayonnement solaire (sans unité ou en %). Du seul point de vue énergétique, le choix d'un vitrage doit donc être basé sur ces deux valeurs. Cela n'est toutefois pas suffisant, car les gains solaires dépendent également de la quantité de soleil atteignant le vitrage. Celle-ci dépend de l'orientation, de la pente et de l'ombrage de la fenêtre.

Le meilleur vitrage est celui qui présente la meilleure isolation, tout en laissant passer le plus de soleil.

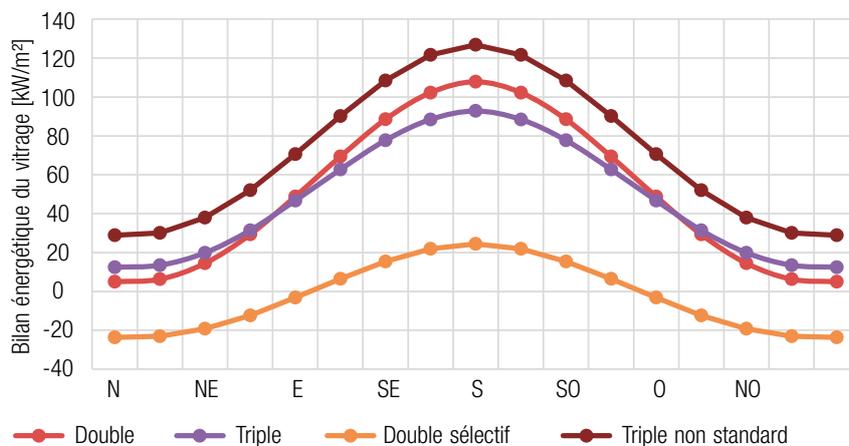
La figure 1 présente un bilan des pertes de chaleur et des gains solaires enregistrés en hiver pour un vitrage non ombragé présentant une pente de 45° et différentes orientations (*). Quatre vitrages sont considérés : les trois premiers sont des vitrages standard pour des fenêtres de toiture, le quatrième ne l'est pas.

Premier constat : le bilan est toujours positif (c'est-à-dire que les gains solaires sont toujours plus importants que les pertes de chaleur), sauf pour le double vitrage sélectif. Rappelons qu'en hiver,

les gains solaires sont recherchés, car ils permettent de réduire les besoins de chauffage.

Deuxième constat : orienté au sud, le bilan du double vitrage standard est plus favorable que celui du triple standard; à l'est ou à l'ouest, les deux vitrages se valent; au nord, le triple vitrage présente un meilleur bilan que le double, mais, en termes absolus, les gains de chaleur sont limités et ne représentent qu'environ 10 % des apports disponibles au sud. Par contre, le bilan du double vitrage sélectif est toujours moins favorable, et celui du triple vitrage non standard l'est toujours davantage.

En conclusion, pour diminuer la consommation de chauffage, le meilleur vitrage est celui qui présente la meilleure isolation (la valeur U_g la plus faible possible) tout en laissant passer le plus de soleil (la valeur g la plus haute possible), comme le quatrième vitrage analysé (voir tableau à la page suivante). Malheureusement, ce vitrage n'est pas disponible dans la gamme habituelle des fabricants de fenêtres de toiture. Si l'on s'en tient aux vitrages classiques, les économies d'énergie réalisables en hiver ne justifient pas à elles seules l'installation d'un triple vitrage ou d'un



1 | Bilan des pertes de chaleur et des gains solaires durant l'hiver, au travers de 1 m^2 de vitrage ayant une pente de 45°

(*) Les détails du calcul de ce bilan (simplifié) sont disponibles dans la version intégrale de cet article.



Caractéristiques des vitrages analysés

Valeur	Type de vitrage			
	Double	Triple	Double sélectif	Triple non standard
U_g [W/(m ² .K)]	↗ 1,1	↘ 0,7	↗ 1,0	↘ 0,6
g [-]	↗ 0,64	↘ 0,50	↘ 0,30	↗ 0,61

double sélectif dans une toiture ayant une pente de 45° (ou 30°; voir la version intégrale de cet article).

Confort thermique en été ?

En été, des gains solaires trop importants peuvent entraîner une surchauffe. Afin d'évaluer ce risque, il ne suffit plus d'effectuer un simple bilan au niveau de la fenêtre, mais bien de s'intéresser à l'évolution des températures dans les locaux eux-mêmes. Il est donc nécessaire de recourir à des simulations dynamiques.

La figure 2 présente les principales conclusions des simulations de chambres situées dans des combles aménagés. La surchauffe est évaluée

à l'aide d'un critère simple, à savoir le nombre d'heures de dépassement de 25 °C durant l'été. L'évaluation est réalisée pour une chambre orientée plein sud. Le détail des simulations ainsi que les résultats obtenus pour d'autres orientations sont disponibles dans la version intégrale de l'article.

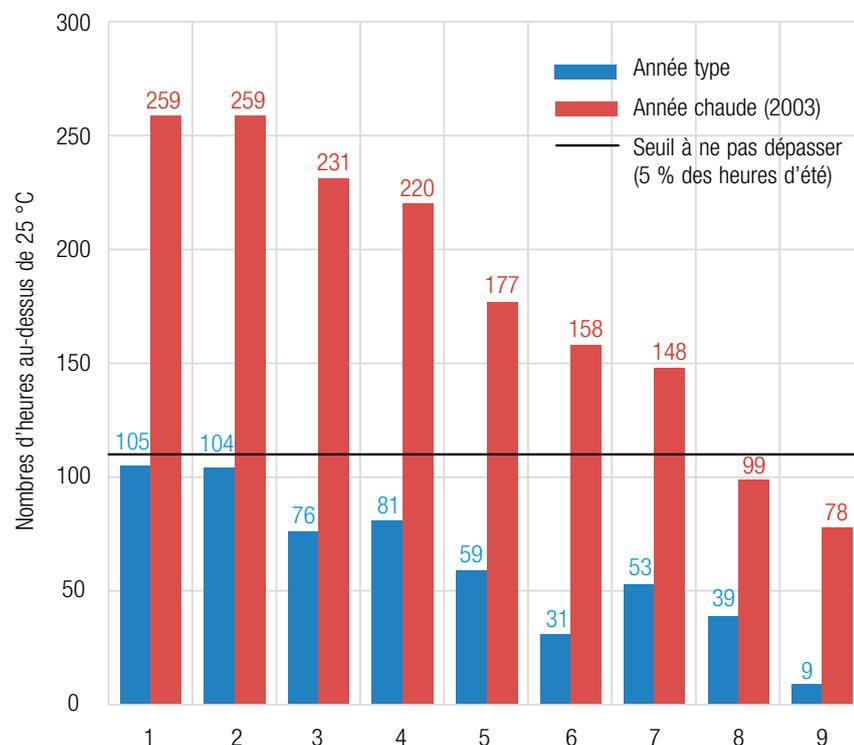
Il ressort de la figure 2 qu'il existe un réel risque de surchauffe avec le double vitrage (1). Le choix d'un autre vitrage permet de réduire ce risque, mais ni les triples vitrages (2 et 3) ni le vitrage sélectif (6) ne suppriment ce risque lors d'un été chaud comme celui de 2003. Pour combattre la surchauffe, il faut donc recourir à des protections solaires. Le système le plus efficace est le volet extérieur automatique (9).

Remarque

Les calculs ont été effectués sur la base d'un certain nombre d'hypothèses mentionnées dans la version intégrale de cet article. Les résultats ne sont pas nécessairement extrapolables à d'autres situations ou d'autres vitrages. En particulier, ils ne sont pas extrapolables aux fenêtres verticales ou horizontales ou aux fenêtres ombragées.

Conclusion

Le premier critère de choix pour une fenêtre de toiture est l'apport de lumière du jour. D'autres critères doivent cependant être pris en considération. Ainsi, en ce qui concerne l'énergie et le confort (risque de surchauffe), si l'on s'en tient aux vitrages de la gamme habituelle des fabricants de fenêtres de toiture, la meilleure option consiste à opter pour un double vitrage muni d'une protection solaire extérieure et automatique ou, au minimum, gérée de manière très active par l'occupant.



N. Heijmans, ir., chef adjoint du laboratoire
Caractéristiques énergétiques, CSTC
L. Lassoie, ing., chef adjoint du département
Communication et gestion, CSTC

1. Double vitrage sans protection solaire
2. Triple vitrage non standard sans protection solaire
3. Triple vitrage sans protection solaire
4. Double vitrage avec store intérieur à commande manuelle proactive
5. Double vitrage avec volet à commande manuelle moins active
6. Vitrage sélectif sans protection solaire
7. Double vitrage avec store extérieur à commande manuelle proactive
8. Double vitrage avec volet à commande manuelle proactive
9. Double vitrage avec volet à commande automatique

2 | Evaluation de la surchauffe en été dans une chambre orientée plein sud et dotée de 1,63 m² de vitrage ayant une pente de 45°



Restez informé de la parution de la version longue de cet article via CSTC-Mail (infos sur www.cstc.be) : Les Dossiers du CSTC 2015/4.5



La NIT 215 'La toiture plate : composition – matériaux – réalisation – entretien' constitue un ouvrage de référence en la matière. Il s'agit, par ailleurs, de l'un des documents les plus téléchargés sur notre site Internet. La publication de ce document datant de 2000, est-il toujours à jour ? Un groupe de travail préparatoire constitué de divers représentants du secteur s'est penché sur la question et, vu le nombre de points nécessitant une mise à jour, ils ont estimé qu'une révision s'imposait. Un groupe de travail constitué de 25 membres et organisé en sous-groupes spécialisés par thème s'y attelle actuellement. Voici un aperçu des principales évolutions et travaux déjà réalisés.

Toiture plate : révision de la NIT 215

Signalons tout d'abord que d'autres Notes d'information technique sont venues compléter la NIT 215 depuis sa parution, à savoir celles consacrées aux toitures vertes (NIT 229), aux fixations mécaniques (NIT 239), aux détails et aux raccords (NIT 244) ainsi que celle dédiée aux toitures-parkings (NIT 253).

Le renforcement des exigences énergétiques, impliquant notamment l'augmentation des épaisseurs d'isolation (et influençant ainsi les techniques de mise en œuvre) et l'amélioration de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe

(plus ou moins simple à réaliser en fonction du type de support; voir [Les Dossiers du CSTC 2012/1.7](#)), fait l'objet d'une attention particulière dans cette révision.

Une autre évolution de taille concerne

la parution des Eurocodes relatifs à l'action du vent (NBN EN 1991-1-4) en remplacement de la norme belge. Le texte à ce sujet a dû être entièrement remanié et de nouveaux tableaux permettant de déterminer l'action du vent sont venus compléter l'ensemble, avec

Les aspects liés à l'action du vent sur les toitures plates font l'objet d'une attention particulière dans cette révision.





des explications simples pour chacun des paramètres nécessaires à leur utilisation. Quelques exemples sont également fournis.

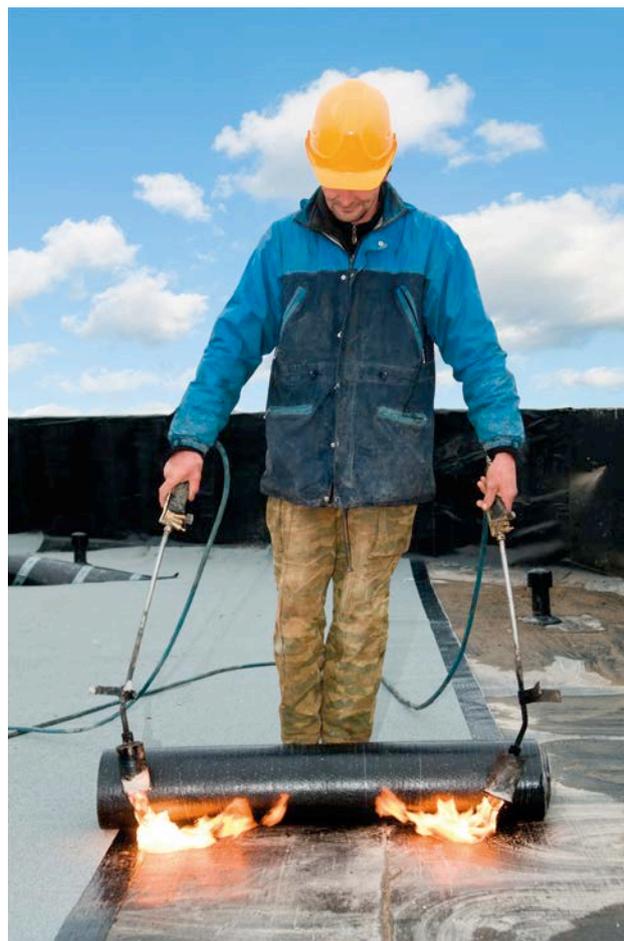
La réglementation relative à l'incendie a connu, elle aussi, d'importantes mises à jour. Ainsi, l'exigence concernant la réaction au feu des revêtements de toiture (classe A1 selon la classification belge) a été remplacée par une exigence portant sur le comportement d'une toiture exposée à un feu extérieur ($B_{ROOF}(t_1)$; voir [Les Dossiers du CSTC 2014/4.6](#)). Quelques lignes ont également été ajoutées au sujet des risques d'incendie pouvant survenir durant les travaux.

Les aspects environnementaux étant de plus en plus à l'ordre du jour, un paragraphe détaillé reprenant des concepts de base tels que la construction durable, l'analyse du cycle de vie (ACV ou LCA, pour *Life Cycle Analysis*), la déclaration environnementale de produit (EPD), commente les analyses de cycle de vie de plusieurs compositions de toitures plates (voir [Les Dossiers du CSTC 2013/3.6](#) ainsi que son complément, [Les Dossiers du CSTC 2015/2.19](#)). La récupération de l'eau de pluie est également abordée dans cette révision.

Pour ce qui est des compositions, les toitures chaudes et inversées restent les solutions classiques et éprouvées. Les compositions consistant à mettre en œuvre l'isolation sous le support ou le béton de pente de même que les toitures froides sont, quant à elles, techniquement inacceptables. D'autres compositions nécessitant une attention particulière sont décrites, à savoir les toitures avec isolation sur et sous le support (voir [Infofiche 26](#)), les toitures dites 'compactes' (voir [Les Dossiers du CSTC 2012/2.6](#)) et les toitures de cellules frigorifiques.

Grâce à l'expérience acquise dans le domaine des formes de pente liées au ciment (béton mousse, béton léger...), le paragraphe dédié à ce sujet a pu être complété et traite de l'importance des conditions de mise en œuvre et des précautions à prendre pour atteindre les performances escomptées (cohésion superficielle, par exemple).

La rénovation constitue une part impor-



Le chapitre consacré à la rénovation a été développé et enrichi de plusieurs solutions concrètes.

tante des travaux en toiture plate. Le chapitre qui y est consacré a été développé et enrichi de plusieurs solutions concrètes (isolation complémentaire d'une toiture inversée, rénovation d'une toiture froide, amélioration de la pente...). Dans la même lignée, un chapitre supplémentaire sur la pathologie reprend un tableau détaillant les symptômes, causes possibles, solutions et mesures de prévention et est illustré à l'aide de nombreuses photos.

Notons également que le chapitre 'Entretien/accessibilité' a été étoffé : les différentes étapes de l'entretien y sont décrites (nettoyage, inspection, réparation ou remise en état), quelques

indications sont données au sujet du contrat d'entretien et un paragraphe traite de l'accessibilité et de la sécurité, aspects non négligeables de l'entretien d'une toiture plate.

Plusieurs chapitres doivent encore être revus, notamment en ce qui concerne l'évolution des matériaux (membranes autoadhésives, réfléchissantes, posées à l'état liquide, pare-vapeur innovants, isolants 'naturels', nouveaux types de colles...), ainsi que les nouvelles techniques de pose. A suivre !

E. Noifalisse, ir., chef adjoint du laboratoire Matériaux d'isolation et d'étanchéité, CSTC

Dans le précédent numéro de CSTC-Contact, un article était consacré à l'étanchéité à l'air des parois au moyen d'une membrane (voir également Les Dossiers du CSTC 2015/3.8). Le présent article traite, quant à lui, d'une autre technique basée sur l'utilisation de panneaux à base de bois dont les jonctions sont rendues étanches.

Parois constituées de panneaux à base de bois : influence sur l'étanchéité à l'air et sa durabilité

Le choix des panneaux de bois

Un article publié en 2009 dans Les Dossiers du CSTC (*) traitait du choix des panneaux à base de bois en fonction de leur utilisation. Cependant, si les caractéristiques de résistance mécanique ou de comportement en fonction des classes de risque sont favorables, cela ne signifie pas que les performances d'étanchéité à l'air seront systématiquement bonnes. Ces caractéristiques dépendent des liants et de la taille des éléments (fibres, particules...) qui composent les panneaux.

Certains producteurs annoncent les performances de leurs produits. Ainsi, afin d'atteindre de hautes performances énergétiques, on recommande habituellement que le débit d'air soit inférieur à un seuil de $0,1 \text{ m}^3/\text{h}$ par m^2 pour une pression de 50 Pa.

Rappelons également que, pour la plupart des panneaux à base de bois, l'étanchéité à la vapeur d'eau n'est pas liée à l'étanchéité à l'air. En outre, l'homogénéité du matériau constituant le panneau permet de garantir l'homogénéité de la performance d'étanchéité à l'air de ce dernier.

A | Classes d'exposition au vent en fonction de la localisation et de la hauteur du bâtiment

Hauteur du bâtiment	Rugosité de terrain (selon la norme NBN EN 1991-1-4)			
	Ville (IV)	Région boisée (III)	Terrain plat découvert (II)	Bord de mer (I et 0)
0-9 m	A	A	B	B
10-17 m	A	B	B	B
18-24 m	A	B	B	B
25-49 m	B	B	C	C
50-100 m (*)	C	C	C	C

(*) Au-delà de 100 m, une étude spécifique est recommandée.

Les parois entières

Les techniques de pose des panneaux et les méthodes permettant d'assurer la continuité de l'étanchéité à l'air entre ces derniers peuvent influencer fortement les performances globales de la paroi. En raison de la diversité des types de panneaux (OSB, fibres, particules, résine, fibrociment...) et des techniques de pose, les performances requises et leur pérennité peuvent se révéler très variables. Or, si aucune continuité d'étanchéité n'est prévue entre les panneaux, l'étanchéité initiale ne sera pas suffisante pour atteindre des performances énergétiques élevées. |

C. Mees, ir., chef de projet, division Energie, CSTC
B. Michaux, ir., chef adjoint de la division Enveloppe du bâtiment et menuiserie, CSTC

Le choix des panneaux et leurs jonctions influencent sensiblement l'étanchéité à l'air d'une paroi.

(*) Cet article, publié dans Les Dossiers du CSTC 2009/3.8, a récemment été remplacé par Les Dossiers du CSTC 2015/2.20.


B | Parois à ossature dont l'étanchéité à l'air est assurée par des panneaux en bois assemblés de manière étanche

Technique de pose		Classe maximale d'exposition au vent	Classe maximale de climat intérieur
	<p>Les panneaux sont rainurés, languetés et collés. L'encollage doit être continu et réalisé à reflux avec une colle expansive (type PU). La qualité des panneaux intervient pour les valeurs initiales d'étanchéité à l'air.</p>	C	II ⁽¹⁾
	<p>Les panneaux sont rainurés et languetés. Leurs bords sont repris par un montant ou une lisse au sein de la paroi (cas des parois d'une hauteur de panneau sans couture). L'adhésif utilisé doit être adapté et compatible avec les panneaux ⁽²⁾⁽³⁾.</p>	B	II
	<p>Les panneaux sont rainurés et languetés ou à bords droits. L'adhésif joint les panneaux et un lattage assure le renforcement des jonctions.</p>	C	II
	<p>Les bords des panneaux ne sont pas tous repris par des traverses intermédiaires au sein de la paroi (cas des parois de grande hauteur). L'adhésif doit être adapté et compatible avec les panneaux; un lattage vertical est également prévu (les bords horizontaux des panneaux ne sont pas repris par un lattage) ⁽²⁾⁽⁴⁾.</p>	A	II
	<p>Les panneaux sont assemblés sans adhésif. Un lattage complémentaire est prévu aux raccords entre les panneaux. Un mastic est appliqué entre les panneaux et les lattes.</p>	C	III, voire IV ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ L'application en classe de climat intérieur III est possible au moyen de panneaux et de colles adéquats (OSB3 et colle PU de type D3 ou supérieur, par exemple).
⁽²⁾ Il n'existe pas de marquage systématique de ces adhésifs, mais une vérification de leur aptitude sur leur support est nécessaire.
⁽³⁾ Les performances ne pourront pas être maintenues pour des classes de climat intérieur IV. Une vérification est néanmoins nécessaire pour la classe III.
⁽⁴⁾ Après une exposition au vent, l'épaisseur des panneaux peut influencer sur l'étanchéité à l'air. Pour des montants distants de 60 cm, les panneaux de 15 à 18 mm sont plus appropriés. Pour des écarts de 40 cm, des épaisseurs de 12 à 15 mm sont suffisantes.
⁽⁵⁾ Pour autant que les panneaux et le lattage soient compatibles avec ces classes de climat intérieur.

PLEINS FEUX

Votre CSTC-Contact s'enrichit de deux nouvelles rubriques. La première, intitulée PLEINS FEUX, nous donnera l'occasion de vous tenir au courant des dernières nouvelles de votre Centre de recherche.

La seconde rubrique sera entièrement dédiée aux FAQ (*Frequently Asked Questions*). Cette rubrique, dont vous pouvez déjà apprécier la teneur à la page suivante, présente les petites questions que l'on se pose souvent et dont la réponse tient généralement en quelques lignes. Toutes ces FAQ sont regroupées sur notre site Internet et sont classées dans les pages 'Métiers' ou 'Thèmes'. Sur la page d'accueil du site, il suffit de cliquer sur le métier ou le thème souhaité pour retrouver toutes les FAQ qui y sont associées. Ces courtes questions et réponses renvoient directement à d'autres publications qui permettent au lecteur d'en apprendre davantage. Une manière simple et conviviale de découvrir nos publications.

Nous espérons que ces nouvelles rubriques étofferont votre lecture et vous permettront de découvrir des informations pratiques d'une manière plus ludique.

The screenshot displays the CSTC website interface. At the top left is the CSTC logo with the text 'cstc.be' and 'Centre de Recherche en Construction'. A search bar contains the text 'Que recherchez-vous? Publications du CSTC'. Below the search bar are two main navigation tabs: 'Information & Assistance' and 'Recherche, développement & Innovation'. Under 'Information & Assistance', there are two sub-sections: 'Métiers' and 'Thèmes'. 'Métiers' lists categories like 'Gros œuvre et entreprises générales', 'Vitrerie', 'Pierre et marbre', 'Toitures plates et étanchéité', 'Travaux d'enduisage et de jointoyage', and 'Chauffage et climatisation'. 'Thèmes' lists 'Construction et rénovation durables', 'Performance énergétique', 'Confort acoustique', and 'Gestion, qualité et ICT'. Below these are three main content columns: 'Je recherche une information en ligne' (with links to publications, norms, calcul tools, technical details, videos, construction products, and software), 'Menuiserie' (with sub-sections for 'Publications', 'Notes d'information technique', 'Les Dossiers du CSTC', and 'Infofiches'), and 'FAQ' (with a list of questions about air gaps, acoustic insulation, thermal break, and humidity). A search bar at the bottom left says 'Chercher d'autres publications'.



Plus d'infos

Antenne Normes Prévention du feu

Qu'entend-on par 'réaction au feu' et 'résistance au feu' ?

La réaction au feu caractérise la combustibilité d'un produit de construction ou son aptitude à alimenter le feu. La résistance au feu est l'aptitude d'un élément de construction à conserver ses fonctions (capacité portante, étanchéité au feu et/ou isolation thermique) pendant une durée déterminée au cours d'un incendie. Les éléments (cloisons, portes, poutres, colonnes...) doivent avoir une résistance au feu suffisante pour empêcher la propagation trop rapide du feu, garantir la stabilité de la structure et permettre l'évacuation des occupants et l'intervention des pompiers.

Dans une toiture à versants sans sous-toiture, peut-on poser une isolation thermique directement sous la couverture ?

La sous-toiture remplit différentes fonctions : elle assure notamment l'étanchéité à la pluie (par exemple, en cas d'arrachement de tuiles ou de chute de neige poudreuse) et l'étanchéité au vent du complexe toiture (pour éviter la circulation d'air extérieur au sein et autour de l'isolant). Il est donc vivement recommandé d'ajouter une sous-toiture dans les toitures existantes à isoler, afin d'éviter des problèmes tels que les infiltrations d'eau et la réduction des performances thermiques de l'isolant. Le choix de la sous-toiture dépendra de la classe de climat intérieur et du type de pare-vapeur.



Plus d'infos

Les Dossiers du CSTC 2009/3.6 et 2008/4.10, Infofiche 12, NIT 240

Dans quel cas une fenêtre à châssis ouvrant doit-elle être munie d'un garde-corps ?

Selon la norme NBN B 25-002-1, lorsque les menuiseries comportent des parties ouvrantes pouvant donner lieu au passage d'un corps humain et que la hauteur d'allège est inférieure à la hauteur de protection, la baie doit être équipée d'un garde-corps conforme à la norme NBN B 03-004. La hauteur d'allège est mesurée à partir du niveau du sol fini jusqu'au niveau haut du dormant de la menuiserie. La hauteur de protection doit être définie dans le projet et ne peut pas être inférieure à 0,90 m.



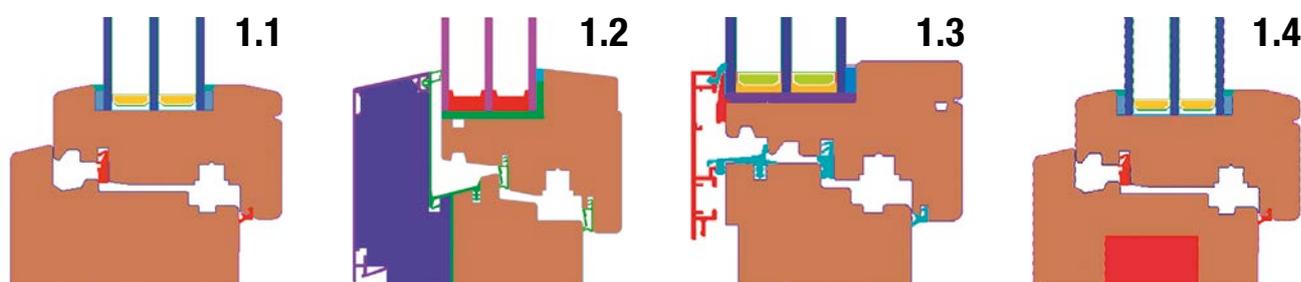
Plus d'infos

Les Dossiers du CSTC 2011/4.9, NBN B 25-002-1, NBN B 03-004

Le présent article traite des différents points à prendre en compte pour garantir la durabilité des fenêtres à haute performance énergétique. Quelques résultats de la recherche DuraPerf, financée par la Région wallonne (DG o6), sont également présentés (*).

Durabilité des fenêtres en bois

à haute performance énergétique



1 | Profils types pour lesquels le transfert d'humidité a été étudié numériquement

Choix de l'essence de bois

Les essences utilisées en menuiserie extérieure doivent présenter une durabilité naturelle suffisante. A défaut, un traitement de préservation adéquat devra être appliqué de manière à ce que le bois puisse résister aux attaques biologiques (champignons et insectes).

Des bois plus légers présentant une conductivité thermique plus faible sont parfois utilisés afin d'augmenter les performances thermiques des éléments menuisés. Ces bois sont généralement moins durables, mais également moins résistants d'un point de vue mécanique. Un traitement de préservation adéquat (de type C1 selon les STS 52.1) est donc nécessaire. En outre, une finition appropriée régulièrement entretenue est également prescrite en vue de réduire les fluctuations de la teneur en humidité du bois due aux eaux de ruissellement, à l'humidité relative de l'air...

Pour la réalisation de fenêtres à haute

performance énergétique, il est bien souvent fait usage du bois lamellé-collé, lequel permet généralement de réaliser des profilés plus stables dimensionnellement. Pour les applications en menuiseries extérieures, une colle de classe D4, suivant la norme NBN EN 204, est conseillée pour l'assemblage des différentes lamelles.

Le profilé

Parmi les différents systèmes menuisés à haute performance énergétique, les profilés en bois suivants sont les plus courants :

- lamellés-collés bois/matériau isolant (liège, PUR, PIR...)
- bois massif à plusieurs chambres avec ou sans capot aluminium ou PVC
- bois massif avec face extérieure en matériau isolant recouvert d'une couche de protection.

L'utilisation d'un capot permet de protéger le bois des agressions climatiques.

Ce capot étant étanche à la vapeur d'eau, une ventilation entre ce dernier et le profilé est nécessaire. Si celle-ci ne peut pas être assurée, le capot ne sera pas directement posé sur le bois, mais sur une couche d'isolant suffisamment épaisse et résistante à la diffusion de vapeur afin de diminuer le risque d'humidification du bois.

Dans le cadre de la recherche DuraPerf, des simulations hygrothermiques ne tenant pas compte de l'impact de la pluie ont été réalisées sur des profilés de fenêtres types (voir figure 1). Pour un climat extérieur belge moyen et une classe de climat intérieur III, tant le profilé en bois massif (1.1), que celui avec un isolant de type PUR rapporté du côté extérieur (1.2) ou avec un capot aluminium ventilé (1.3) présentaient des taux d'humidité faibles et tout à fait acceptables. L'impact d'une coupure thermique partielle a également été évalué (1.4). Cette coupure partielle ne modifie pas significativement les taux d'humidité atteints dans le bois.

(*) L'impact des solutions d'amélioration des performances thermiques des fenêtres en bois a été abordé dans [Les Dossiers du CSTC 2014/2.7](#).



La finition

Outre son rôle de protection vis-à-vis des rayons ultraviolets, la finition a un impact important sur les variations du taux d'humidité dans le bois, et donc sur les variations dimensionnelles de la menuiserie, puisqu'elle conditionne l'absorption d'eau possible du côté extérieur ainsi que les échanges de vapeur d'eau entre la menuiserie et les environnements intérieur et extérieur (séchage vers l'extérieur ou humidification par l'intérieur).

Différentes finitions ont été comparées sur un profilé en bois massif de 109 mm d'épaisseur avec coupure thermique partielle (voir figure 1.4) à l'aide de simulations numériques tenant compte cette fois de l'effet de la pluie et donc de l'absorption d'eau par capillarité du côté extérieur. Les résultats ont révélé que, pour un profilé muni d'une finition non dégradée et sans interruption, les taux d'humidité restaient acceptables quelque soit le type de finition, et ce même dans le cas d'une finition extérieure nettement plus fermée à la diffusion de vapeur que la finition intérieure (rapport de 1 à 8).

Par contre, pour la même menuiserie, mais dont le côté extérieur présentait des fissures ou des décollements de la finition (modélisés par trois fentes de 1 mm dans les simulations), les taux d'humidité atteints étaient significativement plus élevés. Ce dernier résultat a mis en évidence l'importance de l'entretien des menuiseries et, de manière plus générale, la place dominante de l'absorption d'eau par capillarité par rapport aux autres sources d'humidité (vapeur d'eau).

Les essais de vieillissement accéléré réalisés dans le cadre de la recherche DuraPerf en complément des simulations hygrothermiques ont permis de mettre en évidence que des dégradations au niveau de la finition intérieure augmentaient dangereusement le taux d'humidité au sein du profilé lorsque le climat intérieur était très humide (piscine, par exemple).

La fenêtre

Les éléments menuisés à haute performance énergétique doivent être conçus

L'absence ou la dégradation de finition intérieur n'est dommageable qu'en cas de climat intérieur très humide.

de manière à garantir une résistance mécanique suffisante aux sollicitations auxquelles ils peuvent être soumis. Il convient pour cela de procéder à un choix judicieux des matériaux, à une conception optimale du profilé et des assemblages d'angle.

Le type de profilé utilisé a une influence non négligeable sur la résistance mécanique des angles. Celle-ci peut être relativement faible, par exemple, dans le cas de certaines menuiseries réalisées à l'aide de profilés lamellés-collés bois/matériau d'isolation (lorsque des liaisons à micro-enture ou tenon/mortaise sont réalisées, même partiellement dans le matériau d'isolation). De plus, ce type de profilé complique bien souvent la réalisation des usinages nécessaires à la mise en place de la quincaillerie et des joints d'étanchéité.

Les assemblages d'angle doivent être fermés (étanches) et les collages réalisés, de préférence, à l'aide d'une colle D4 (selon la norme NBN EN 204). L'importance de la qualité du collage des assemblages d'angle a également

pu être mise en évidence lors des essais de vieillissement accéléré. Des zones de dégradations localisées du bois ont en effet été décelées en raison de collages non optimaux (voir figure 2).

Le vitrage

L'utilisation de bois plus tendres et de matériaux d'isolation dans la constitution des profilés lamellés-collés risque dans certains cas de compromettre la reprise du poids propre du triple vitrage dont les fenêtres à haute performance énergétique sont généralement équipées. Un calage optimal du vitrage (cales de largeur suffisante, calage repris dans la partie résistante du profilé...) permettra de reporter les charges de poids propre sur le profilé sans risque de cisaillement du joint de scellement du vitrage isolant.

V. Detremmerie, ir., et B. Michaux, ir., division Enveloppe du bâtiment et menuiserie, CSTC
A. Tilmans, ir., chef adjoint du laboratoire Caractéristiques énergétiques, CSTC



2 | Dégradation des angles à la suite d'un collage non optimal





Les systèmes composites de revêtement dur encollé *in situ* sur une isolation extérieure (ETICS avec revêtements durs) connaissent un succès croissant (voir Les Dossiers du CSTC 2011/4.11). A la demande de plusieurs Comités techniques, le CSTC a entamé un certain nombre d'études et de recherches dans le but d'investiguer les performances de ces systèmes et de soutenir l'établissement d'un référentiel concernant tant les exigences performancielles à poser au système et ses composants que les recommandations de conception et de mise en œuvre. Cet article livre une partie des résultats de ces recherches sous forme de recommandations.

ETICS avec revêtements durs

Les systèmes visés sont composés de moyens de fixation (chevilles à rosace et produit de collage), de panneaux d'isolation rigides et d'un parachèvement constitué d'un éventuel enduit de base renforcé (armature) assurant l'étanchéité à l'eau, d'une colle 'à carrelage' (en général un mortier-colle 'C' selon la NBN EN 12004), d'un revêtement dur et d'un produit de jointoiment.

La surface minimale d'encollage des panneaux d'isolation est de 60 %. La périphérie de leur surface de pose doit être encollée également. En présence d'un enduit de base renforcé, il convient de placer la rosace de la fixation mécanique par-dessus le treillis d'armature, ce dernier étant incorporé dans l'enduit de base frais. Le revêtement dur est appliqué par double encollage, de manière à assurer un encollage proche de 100 %.

Ces ETICS sont des systèmes 'fermés', dans le sens où seuls peuvent être utili-

sés les composants décrits par le titulaire du système (appelé fabricant dans la suite) dans sa documentation technique ou dans son ATG (www.ubatc.be). Il est exclu de mélanger des matériaux de différents systèmes.

Force est de constater qu'à l'heure actuelle, peu de systèmes disposent d'un agrément. Dès lors, les exigences performancielles sont décrites en détail afin qu'elles puissent servir de base à un organisme (en vue de la délivrance d'un agrément), à un fabricant (pour constituer un système) et à un entrepreneur confronté à un chantier spécifique.

Choix du revêtement dur

Des revêtements durs de diverses natures peuvent être envisagés, à savoir les plaquettes en terre cuite ou 'briques' (NBN B 23-004), les carreaux céramiques (NBN EN 14411) et les pierres

naturelles (NBN EN 12057 et 1469). D'autres types de revêtements, comme les pierres agglomérées (classe A, NBN EN 15286), ne sont pas exclus.

Le revêtement dur doit répondre à un ensemble de spécifications et/ou d'exigences relatives, par exemple, à la résistance au gel et/ou aux chocs thermiques, à la stabilité dimensionnelle ou à la résistance à la diffusion de vapeur d'eau.

Les revêtements de teinte foncée, caractérisés par un facteur d'absorption de l'énergie solaire ' α_e ' (NBN EN 410) élevé, sont susceptibles d'atteindre des températures supérieures à 70 °C lorsqu'ils sont exposés à l'ensoleillement direct (façades orientées de l'est à l'ouest) (*). Or, les performances du système et de ses composants sont évaluées jusqu'à cette température de 70 °C. Dès lors, pour une telle exposition, l'usage d'un revêtement de coefficient d'absorption

Limitation de la hauteur de la façade en fonction du format et de la masse surfacique du revêtement dur ainsi que de la classe d'exécution

Hauteur de la façade	Format et masse surfacique (1) du revêtement dur					Classe d'exécution minimale requise
	≤ 150 cm ²	> 150 cm ² et ≤ 900 cm ²	> 900 cm ² et ≤ 1.800 cm ²		> 1.800 cm ² (2)	
	≤ 60 kg/m ²	≤ 40 kg/m ²	≤ 20 kg/m ²	≤ 40 kg/m ²	≤ 20 kg/m ²	
Limitation de la hauteur h de la façade	h ≤ 10 m	h ≤ 6 m		h ≤ 3 m		Classe N
	(h ≤ 25 m (3))	(h ≤ 15 m (3))		(h ≤ 6 m (3))		Classe S

(1) Quelques exemples :

- 60 kg/m² : plaquette dense en terre cuite de 2.000 kg/m³ en 30 mm d'épaisseur (NBN B 23-004)
- 40 kg/m² : pierre naturelle de 2.700 kg/m³ en 15 mm d'épaisseur (NBN EN 1469)
- 20 kg/m² : carreau céramique du groupe Bla de 2.500 kg/m³ en 8 mm d'épaisseur (NBN EN 14411).

(2) A titre indicatif, car l'expérience actuelle se limite aux formats ≤ 1.800 cm².

(3) Il s'agit de la hauteur de façade recommandée à ne pas excéder. L'expression d'une limitation relève de l'organisme tiers.

(*) Ce facteur ne peut être confondu avec l'indice de clarté (quantification de la réflexion de la lumière) couramment utilisé pour les enduits.



1 | Maquette d'essai pour ETICS avec revêtement dur



2 | Poste d'essai destiné à l'évaluation de la durabilité

énergétique supérieur à 0,7 (70 %) est déconseillé, sauf étude spécifique à la situation. Le fabricant peut en effet justifier des teintes plus foncées ($\alpha_e > 0,7$) lorsque l'épaisseur du revêtement est suffisante et/ou que sa conductivité thermique est assez faible (moins défavorables à cet égard).

Comme décrit dans [Les Dossiers du CSTC 2015/2.11](#), la tendance des travaux de carrelage est aux formats de plus en plus grands, plus difficiles à poser. Or, le recul et l'expérience acquise avec les ETICS sont encore très limités, *a fortiori* si les dimensions du revêtement sont importantes.

Résistance du système aux sollicitations climatiques (durabilité)

Il convient de limiter les risques de décollement et de perte des propriétés fonctionnelles (telles que l'étanchéité à l'eau) dus à des sollicitations climatiques (variations hygrothermiques, chocs thermiques, action des pluies, cycles de gel-dégel). A cet égard, la résistance aux sollicitations climatiques du système doit être évaluée selon le projet de norme belge prNBN B 62-400 (transposition de la procédure UBAtc BA-521-1).

La norme prévoit qu'une maquette représentative (voir figure 1) subisse

une succession de cycles de vieillissement dans une enceinte climatique (voir figure 2), afin de déterminer le risque de décollement ou de dégâts significatifs au système, ainsi que l'adhérence du parachèvement à l'isolant et entre les couches. Des critères sont posés tant en termes de constatations visuelles (absence de dégâts) et de valeur seuil d'adhérence à atteindre que de perte maximale à ne pas dépasser (voir prénorme). La procédure et les critères sont basés sur l'expérience et les connaissances actuelles. Il n'est pas exclu que d'autres procédures d'essai soient plus sévères (chocs thermiques plus soudains, essai de gel avec des taux d'imprégnation supérieurs...).

Limitation de la hauteur de la façade

En raison du manque de recul face au comportement de la technique (durabilité de l'adhérence du parement et risque de chute préjudiciable), des risques encourus par l'utilisation d'éléments de très grandes dimensions, de l'évolution des réglementations (prévention incendie, par exemple), de l'influence de la mise en œuvre et des conditions climatiques dans lesquelles celle-ci a lieu, il convient de respecter la classe d'exécution et de restreindre, au besoin, le domaine d'application.

Les classes d'exécution, qui sont fonc-

tion du contrôle de l'exécution sur chantier, sont définies comme suit :

- classe d'exécution N (normale) : l'exécution se déroule sous la surveillance continue du personnel qualifié et expérimenté de l'entreprise exécutant les travaux et fait l'objet d'une surveillance normale par l'auteur de projet
- classe d'exécution S (spéciale) : l'exécution se déroule sous la surveillance continue du personnel qualifié et expérimenté de l'entreprise exécutant les travaux. La surveillance normale est étendue à un contrôle régulier et fréquent par du personnel qualifié indépendant de l'entreprise qui exécute les travaux.

Les hauteurs de façade qu'il est conseillé de ne pas dépasser avec ces systèmes sont spécifiées dans le tableau à la page précédente.

En fonction des performances et caractéristiques du système et de ses composants, d'autres limitations sont définies (voir la version intégrale de l'article). ■

*Y. Grégoire, ir., I. Dirx, ir., et S. Mertens, ir.,
division Matériaux, CSTC*

Cet article a été rédigé avec le soutien :

- d'InnovIRIS, dans le cadre du projet 'INNOV-ETICS'
- de la DG06, dans le cadre de la *Guidance technologique COM-MAT 'Matériaux et techniques de construction durables'*.



A l'heure actuelle, les complexes 'plancher' sont de plus en plus souvent munis, entre le support et les carreaux, de systèmes de désolidarisation, de pontage des fissures, de répartition des contraintes, d'amélioration acoustique ou thermique, de drainage et/ou d'étanchéité à l'eau. Ces systèmes devraient permettre de réduire le nombre de cas de pathologie et la durée totale des travaux (puisqu'il n'est pas nécessaire, selon les fabricants, d'attendre le retrait complet de la chape avant d'appliquer la couche de finition).

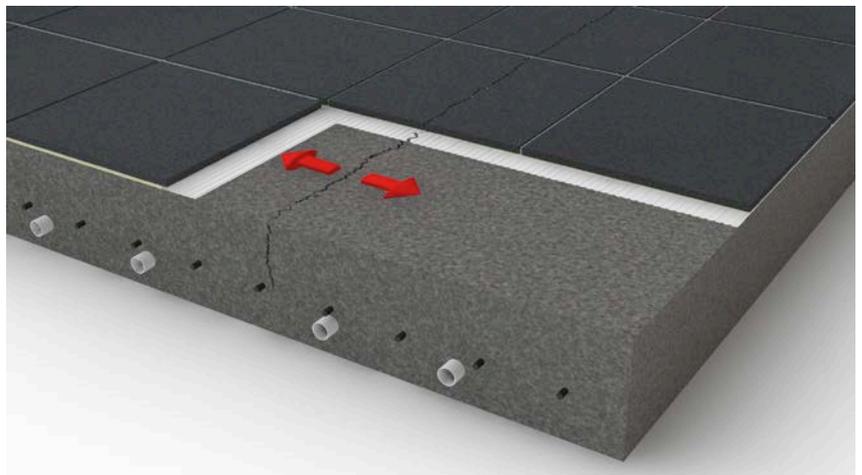
Systemes de désolidarisation pour les sols carrelés

Nattes et membranes de désolidarisation

Les systèmes de désolidarisation sont généralement constitués de nattes et de membranes placées entre le revêtement de sol (carreaux, par exemple) et la chape. Bien que leur utilisation ne soit pas obligatoire, celle-ci présente des avantages pratiques considérables, notamment si le complexe plancher est soumis à d'importantes déformations ou sollicitations (dans le cas, par exemple, des sols chauffés, des carrelages extérieurs, de l'application de carreaux de grand format ou de longues bandes d'imitation parquet ou encore d'une mise en œuvre à joints alternés). En effet, le but de cette désolidarisation est d'éviter que les contraintes, les déformations horizontales et verticales, les glissements et les vibrations ne se transmettent (même partiellement) d'une couche à l'autre. Celles-ci sont dès lors réduites, voire entièrement absorbées, et le risque de fissuration et de décollement du carrelage limité (voir figure 1).

Des dizaines de systèmes de désolidarisation pour sols carrelés sont disponibles sur le marché belge, principalement sous la forme de fines membranes et de nattes structurées.

1 | En l'absence de système de désolidarisation, les fissures formées dans la chape se transmettent au carrelage.



Ces systèmes peuvent parfois remplir plusieurs fonctions simultanément. Ainsi, il n'est pas rare que certains assurent les fonctions de désolidarisation et de résistance à la fissuration.

L'épaisseur des couches de désolidarisation varie de quelques dixièmes de millimètre pour les membranes plates à quelques millimètres pour les nattes structurées. Si la couche de désolidarisation assure également une fonction drainante, son épaisseur peut être supérieure à un centimètre.

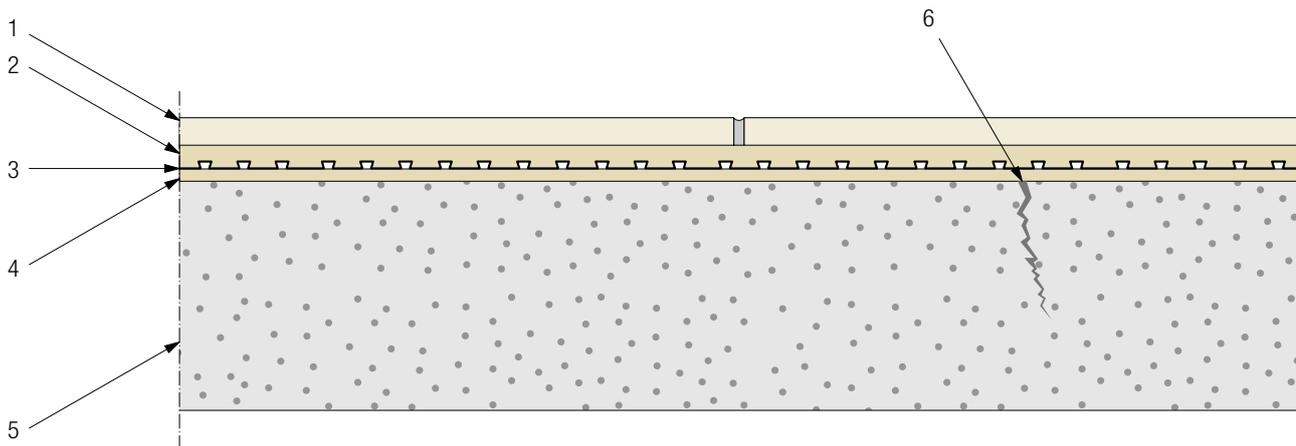
Les membranes et les nattes sont généralement constituées d'une feuille synthétique (bien souvent en PP ou en PE), présentant ou non une structure particulière (ondulations, nœuds, queues d'aronde...) et éventuellement pourvue d'un voile tissé ou non tissé (en PP ou en PE).

Absence de cadre normatif

Les systèmes de désolidarisation ne sont, pour l'instant, pas régis par une

Les systèmes de désolidarisation empêchent que les fissures ne se transmettent d'une couche à l'autre.

(*) Il ne s'agit pas de la même étanchéité à l'eau que celle appliquée sur les toitures plates.



- | | |
|------------------------------|------------------|
| 1. Carrelage | 4. Mortier-colle |
| 2. Mortier-colle | 5. Chape |
| 3. Natte de désolidarisation | 6. Fissuration |

2 | Représentation schématique d'un sol carrelé muni d'une natte de désolidarisation

norme qui définirait leurs caractéristiques, établirait une classification et décrirait des méthodes d'essai. Il est dès lors difficile de comparer les différents systèmes disponibles et d'évaluer leur fonction de désolidarisation.

Par conséquent, les entrepreneurs et les architectes souhaitant appliquer ces systèmes n'ont pas d'autre choix que de recourir aux informations technico-commerciales fournies par le fabricant ou aux agréments techniques délivrés par des organismes étrangers, même si ces documents ne font bien souvent pas mention de la fonction de désolidarisation.

Directives de mise en œuvre actuelles du CSTC

La NIT 237 'Revêtements de sol intérieurs en carreaux céramiques' traite

notamment de la pose des carreaux sur une natte ou une membrane de désolidarisation. Il y est expliqué qu'il convient de placer la natte dans un mortier-colle appliqué et peigné sur la chape (voir figure 2), puis d'exercer une pression du milieu vers les bords à l'aide d'une taloche plate ou d'un rouleau. On applique ensuite sur la natte une seconde couche, peignée, de mortier-colle sur laquelle seront posés les carreaux avec un léger mouvement de glissement.

Il va de soi qu'il faut tenir compte des prescriptions du fabricant lors de la pose. En effet, ces dernières indiquent souvent les points auxquels il convient de prêter attention tant en ce qui concerne le champ d'application que la mise en œuvre, à savoir :

- l'aptitude du produit à être utilisé ou non en extérieur
- les éventuelles restrictions liées à

l'utilisation de carreaux minces ou de petit format (mosaïques, par exemple)

- les méthodes de pose recommandées de la natte ou de la membrane : continue ou non et sans interruption au droit de joints de fractionnement spécifiques, par recouvrement ou en quinconce, avec ou sans bandes d'étanchéité.

T. Vangheel, ir., chef adjoint du laboratoire Matériaux de gros œuvre et de parachèvement, CSTC

S. Mertens, ir., chercheur, division Matériaux, CSTC

J. Van den Bossche, ing., conseiller principal, division Avis techniques, CSTC

Cet article a été rédigé dans le cadre du projet VIS-TR IV mené par l'IWT et de la Guidance technologique COM-MAT.

Etude prénormative

En l'absence de cadre normatif, le CSTC a entamé cette année une étude prénormative relative aux systèmes de désolidarisation, afin de formuler une proposition de norme en la matière, d'établir une méthode d'essai permettant d'évaluer leur performance de désolidarisation et, enfin, de compléter le Rapport technique CEN/TR 13548 'General rules for the installation and design of ceramic tiling'. Cette étude a également pour but de simplifier les directives de mise en œuvre relatives aux systèmes de désolidarisation.



Depuis quelques années, de nouvelles peintures dites réfléchissantes, isolantes, basse émissivité ou encore anticondensation font leur apparition sur le marché. Plusieurs simulations numériques reproduisant des structures et des bâtiments existants ont été menées afin d'évaluer les performances réelles de ces nouvelles peintures. Cet article livre les principaux résultats de cette étude.

Amélioration du confort thermique par les peintures : est-ce possible et intéressant ?

L'application d'une peinture peut permettre de modifier les propriétés thermiques de surface d'un matériau. Sur ce principe, de nouvelles peintures visant à diminuer les consommations énergétiques des bâtiments, à améliorer le confort thermique ou encore à éviter les phénomènes de condensation ont été développées. Il convient cependant de distinguer deux catégories de peintures :

- les peintures extérieures, souvent appelées peintures réfléchissantes
- les peintures intérieures, parmi lesquelles on retrouve les finitions thermiquement isolantes et les peintures basse émissivité.

Peintures réfléchissantes

Appliquées en extérieur, le plus souvent en toiture, ces peintures, généralement de couleur blanche, permettent de réfléchir une partie plus importante du rayonnement solaire. En diminuant la quantité de rayonnement absorbé, la paroi du bâtiment s'échauffe moins et une plus faible quantité de chaleur est dès lors transmise vers l'intérieur de la structure. Ce comportement est recherché afin de réduire les besoins en refroidissement et d'améliorer le confort thermique des occupants en été ⁽¹⁾.

Si de telles peintures sont appliquées avec succès dans les régions connaissant un ensoleillement important, il n'en est pas toujours de même dans des pays comme la Belgique. Des modélisations numériques simulant différentes configurations de toiture (toiture en béton, en bois ou en métal) et d'isolation (pas d'isolation, 6 cm et 18 cm d'isolant) indiquent effectivement que, dans nos contrées, ces peintures réduiront les gains solaires en période hivernale et induiront toujours une augmentation des dépenses énergétiques durant cette période. Les calculs montrent que l'augmentation des déperditions sur la paroi traitée sera toujours de l'ordre de 14 % (voir la version intégrale de cet article pour les hypothèses et les résultats complets) en comparaison avec une paroi non traitée présentant un niveau d'isolation thermique identique.

En été, les simulations numériques révèlent que les peintures réfléchissantes permettent de diminuer les consommations énergétiques lorsqu'un refroidissement actif est présent et d'améliorer le confort thermique si aucune climatisation n'est installée. Cet effet diminue toutefois avec l'augmentation du niveau d'isolation du bâtiment.

Pour le **bâtiment de bureaux** considéré lors de l'étude que nous avons menée, la réduction des besoins de refroidissement en période estivale était compensée par l'augmentation des besoins de chauffage en période hivernale. Le bilan annuel ne justifiait donc pas l'utilisation d'une peinture réfléchissante. En comparaison, l'amélioration de l'isolation thermique permettait à la fois de réduire les consommations énergétiques en hiver et d'améliorer le confort thermique en été. Elle constituait par conséquent la solution à privilégier.

Sur un **bâtiment existant**, le bilan lié à l'utilisation de ces peintures restera fonction de nombreux paramètres tels que la destination du bâtiment (bureaux, commerces, bâtiment industriel...), son niveau d'isolation ou encore ses besoins de chauffage. L'accroissement des déperditions pourra, par exemple, se révéler négligeable au regard de l'ensemble des consommations du bâtiment. Ce bilan sera donc à évaluer au cas par cas afin de conclure de la pertinence de l'utilisation de ces peintures. Il sera également à mettre en relation avec d'autres options telles que l'isolation qui reste, selon nous, la solution à privilégier en Belgique.

⁽¹⁾ Ces peintures permettraient aussi de réduire les contraintes thermiques dans les matériaux de construction. Ce dernier point a été décrit dans [Les Dossiers du CSTC 2012/4.13](#) et ne sera pas abordé ici.



Peintures thermiquement isolantes et basse émissivité

Appliquées toutes deux en intérieur, ces peintures visent à améliorer le confort thermique et à diminuer les consommations énergétiques en hiver.

Les peintures thermiquement isolantes intègrent des billes de verre creuses ou des charges de céramique poreuse. Elles ont pour but d'augmenter le niveau d'isolation des parois en diminuant localement la conductivité thermique. Bien souvent, ces peintures sont également censées réduire les phénomènes de condensation. Les peintures basse émissivité utilisent une autre approche : leur formulation a été adaptée afin de limiter les échanges thermiques par rayonnement, ce qui permet d'accroître la résistance thermique superficielle de la paroi.

Des simulations numériques modélisant le comportement d'une pièce intérieure munie d'une fenêtre et de différents niveaux d'isolation (pas d'isolation, 6 cm et 18 cm d'isolant) ont été menées pour évaluer les performances de ces

finitions. Les propriétés thermiques des peintures utilisées pour les calculs sont issues des fiches techniques des fabricants. Les déperditions thermiques ainsi que les effets sur la température de confort et sur la température superficielle des parois ont été calculés.

Les résultats montrent que l'impact de ces finitions sur le confort thermique dépend fortement de la configuration considérée. Ainsi, les peintures thermiquement isolantes n'ont un apport réel (accroissement de 7 % de la résistance thermique) que dans le cas d'une application en forte épaisseur (minimum 3 mm) sur un mur non isolé. Le constat est le même en ce qui concerne les peintures basse émissivité (voir figure 1).

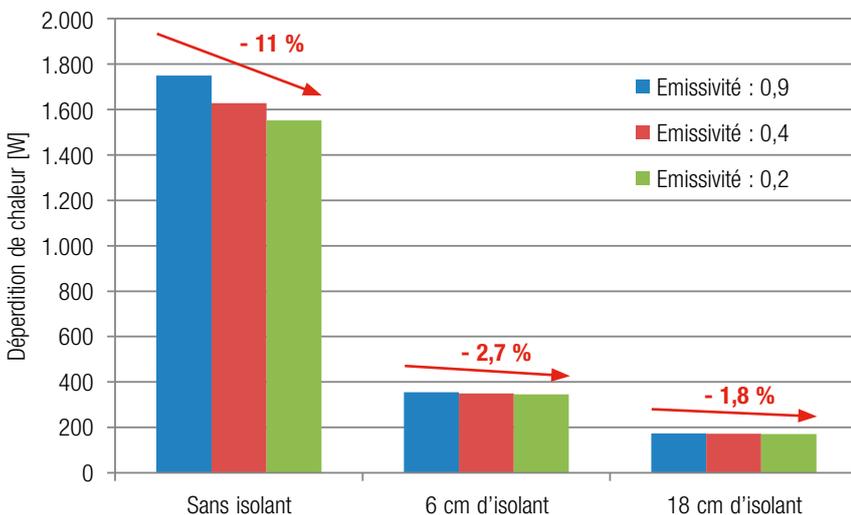
Les déperditions ne sont diminuées significativement (11 %) que dans le cas de parois non isolées. Avec cette finition, la température de confort est également augmentée de plus de 1 °C (2). Toutefois, si une isolation est présente, les effets des peintures deviennent négligeables. En outre, les finitions basse émissivité induisent une réduction de la tem-

pérature de surface de la paroi. Dans certaines conditions, ce phénomène est suffisant pour diminuer le facteur de température (3), ce qui indique un risque accru de condensation et de développement de moisissure.

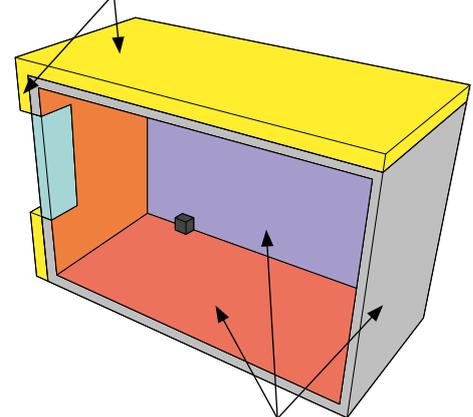
Enfin, il ressort des calculs que la mise en œuvre ou le renforcement d'une isolation permet de réduire les déperditions ou d'augmenter la température de confort de manière bien plus significative que l'application de peintures de ce type. L'isolation reste par conséquent toujours la solution à privilégier.

G. Flamant, ir., ex-collaborateur CSTC
 A. Tilmans, ir., et N. Heijmans, ir.,
 chefs adjoints du laboratoire
 Caractéristiques énergétiques
 E. Cailleux, dr., chef adjoint du laboratoire
 Bois et coatings, CSTC

Cet article a été rédigé dans le
 cadre des Guidances technologiques
 SUREMAT et COM-MAT,
 subsidiées par la Région wallonne.



1 | Evolution des déperditions de chaleur en cas d'utilisation de peintures basse émissivité combinées à différents niveaux d'isolation thermique



2 | Modèle de pièce intérieure utilisée pour les simulations numériques

(2) Moyenne entre la température de l'air et la température de rayonnement des parois.

(3) Facteur variant entre 0 et 1 et donnant la température intérieure d'une paroi par rapport aux températures intérieures et extérieures. Une valeur de 1 indique une température superficielle de paroi égale à la température intérieure du local (situation la plus favorable). Une valeur de 0 indique une température de paroi égale à la température extérieure (situation la plus défavorable).

(2) Moyenne entre la température de l'air et la température de rayonnement des parois.
 (3) Facteur variant entre 0 et 1 et donnant la température intérieure d'une paroi par rapport aux températures intérieures et extérieures. Une valeur de 1 indique une température superficielle de paroi égale à la température intérieure du local (situation la plus favorable). Une valeur de 0 indique une température de paroi égale à la température extérieure (situation la plus défavorable).

Après presque trente années d'existence, la norme NBN B 62-003 relative au calcul des déperditions calorifiques des bâtiments, nécessaire au dimensionnement des installations de chauffage, a définitivement cédé sa place à la norme européenne NBN EN 12831 de 2003 et à son annexe nationale belge publiée en juin 2015.

Calcul des déperditions calorifiques : disparition de la norme NBN B 62-003 au profit de la norme NBN EN 12831

Surpuissance de relance

Bien que le principe de calcul des déperditions calorifiques reste globalement le même, quelques différences notables sont à signaler. Afin de faciliter la mise en application de la nouvelle méthode, un outil de calcul destiné aux professionnels du secteur est d'ores et déjà disponible gratuitement sur le site Internet du CSTC (www.cstc.be, rubrique 'Outils de calcul').

L'une des principales modifications introduites par la norme NBN EN 12831 concerne la surpuissance de relance, c'est-à-dire la puissance nécessaire pour retrouver assez rapidement la température intérieure nominale après

une période durant laquelle le système de chauffage a fonctionné au ralenti (la nuit dans une habitation ou le week-end dans une école, par exemple).

Ce point faisait l'objet d'une annexe peu connue de la norme NBN B 62-003, mais n'était quasi jamais pris en compte dans la pratique. L'évolution de la performance énergétique des bâtiments requiert néanmoins que l'on accorde davantage d'attention à la surpuissance de relance, qui gagne en importance par rapport aux déperditions par transmission et par renouvellement d'air. Ce point fait donc à présent partie intégrante de la méthode de calcul normalisée. L'utilisation de valeurs tabulées rend le calcul particulièrement simple.

Dans certains cas, notamment lorsque le système de régulation est capable de supprimer automatiquement le ralenti lors des jours les plus froids, il n'est pas toujours nécessaire de tenir compte d'une surpuissance de relance lors du calcul de dimensionnement des installations de chauffage. Il est toutefois conseillé de se mettre explicitement d'accord sur ce point avec le client.

Déperditions par ventilation

Une deuxième modification concerne le calcul plus détaillé des déperditions par ventilation ainsi que la prise en compte de l'étanchéité à l'air des bâtiments. Il convient donc de pouvoir disposer d'informations précises concernant les débits de ventilation et la température de l'air soufflé en cas de ventilation mécanique à double flux. Par ailleurs, concevoir et construire des bâtiments plus étanches à l'air permet de réduire la puissance des installations de chauffage. Notons que des valeurs par défaut permettent de procéder au calcul des déperditions, même lorsque certaines données sont manquantes, et d'éviter également un sous-dimensionnement qui résulterait de la prise en compte de débits d'air trop faibles. La procédure de calcul nécessite, pour ce faire, de connaître l'aire nette de plancher et le volume intérieur des différents locaux.

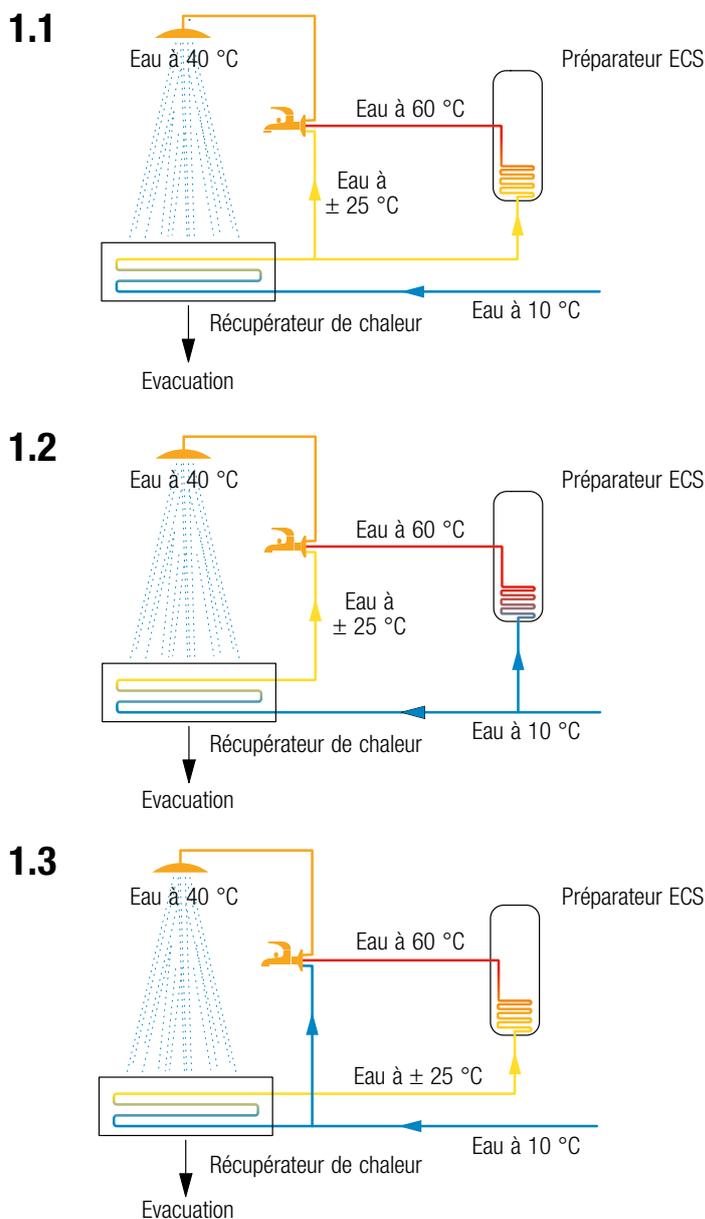
Déperditions par transmission

Une troisième modification importante concerne le calcul des déperditions



Afin d'atteindre l'objectif des bâtiments à consommation d'énergie quasi nulle (NZEB pour *Nearly Zero-Energy Building*) à l'horizon 2020, la chasse au gaspillage d'énergie est ouverte. L'eau chaude sanitaire (ECS) est généralement préparée à 60 °C et rejetée à l'égoût directement après utilisation, alors que le potentiel de récupération de chaleur semble important. Des récupérateurs de chaleur pour douches existent depuis longtemps et sont répandus à l'étranger, mais ne sont toujours pas ou peu utilisés en Belgique.

Récupérateurs de chaleur des eaux usées



1 | Trois possibilités de raccordement entre le récupérateur de chaleur, le robinet mitigeur et le préparateur ECS

Les systèmes de récupération de chaleur des eaux usées existent depuis le début des années 1990. Or, malgré l'ancienneté des technologies utilisées et la maturité acquise en 25 ans d'expérience, ces systèmes ne sont pas encore entrés dans les habitudes des concepteurs et des installateurs en Belgique. Pourtant, compte tenu de l'évolution progressive vers des bâtiments à consommation d'énergie quasi nulle, ces récupérateurs trouveront sans doute leur place dans l'éventail des solutions techniques. De ce fait, il convient certainement d'en connaître le fonctionnement.

Principe de fonctionnement

Le récupérateur de chaleur est un échangeur de chaleur, soit sous forme de tubes concentriques ou de tubes immergés, assurant le transfert de chaleur entre les eaux usées (de 30 à 35 °C) et l'alimentation en eau froide (de 10 à 20 °C) au travers d'une paroi simple ou double. Ce système implique généralement la simultanéité du puisage d'eau chaude et du rejet des eaux usées. Dans le cas des maisons unifamiliales, il sera généralement utilisé uniquement pour les douches. Dans les grands immeubles, on peut envisager de récupérer la chaleur sur la totalité des eaux grises.

Raccordement

Il existe trois possibilités de raccordement de l'appareil (voir figure 1) :

- 1.1 : l'eau préchauffée dessert à la fois le préparateur ECS et le robinet mitigeur de la douche



- 1.2 : l'eau préchauffée dessert uniquement le robinet mitigeur
- 1.3 : l'eau préchauffée alimente uniquement le préparateur ECS.

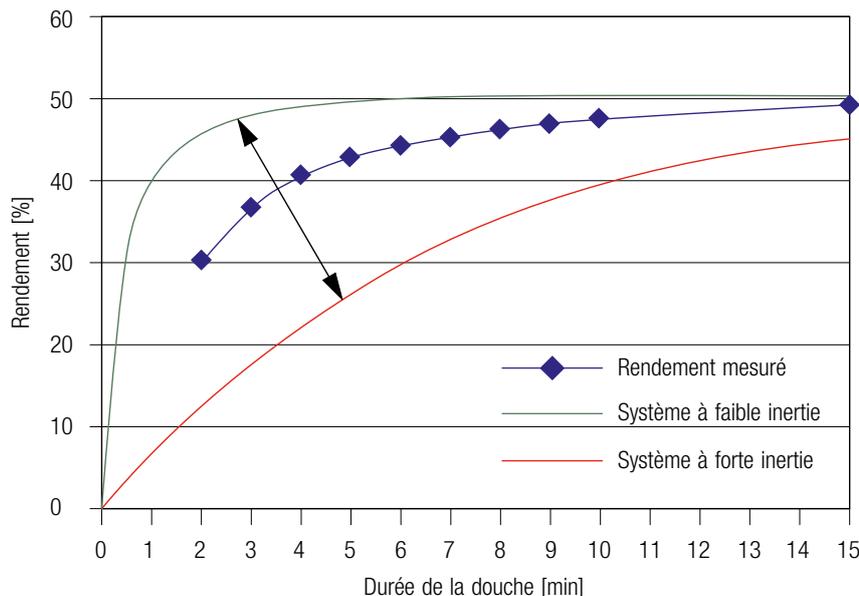
Rendements

Le rendement thermique du récupérateur se définit par le ratio entre la perte de chaleur des eaux usées dans l'appareil et la différence entre la température d'entrée des eaux usées et la température d'entrée de l'eau froide dans l'appareil. La plupart des modèles présents sur le marché disposent d'un certificat Kiwa, attribué par l'organisme de certification du même nom, qui mentionne ces rendements pour différents débits d'utilisation. Les modèles récents offrent des rendements thermiques compris entre 25 et 70 %.

Paramètres d'influence

Dans la pratique, de nombreux facteurs, liés à la mise en œuvre et à l'utilisation, influencent la température de l'eau à l'entrée du récupérateur et diminuent le rendement (rendement réel, prenant en compte tous ces autres facteurs). Certains sont déjà bien connus, tandis que d'autres étaient encore insoupçonnés jusqu'il y a peu :

- le type de raccordement (voir figure 1) : le raccordement 1.2 entraîne généralement une perte de rendement de ± 20 % par rapport au raccordement 1.1. Cette perte atteint même ± 30 % pour le raccordement 1.3
- le pommeau de douche – en métal ou en plastique (inertie des matériaux) – et son débit d'utilisation
- le type de douche – sans porte, à rideau ou en cabine fermée – et les interstices en bas et en haut de la porte ont une influence significative sur l'évaporation de l'eau. Or, celle-ci provoque un refroidissement non négligeable de l'eau à l'entrée du récupérateur
- le receveur de douche : inertie des matériaux et vitesse d'évacuation des eaux usées. Tout retard de transfert conduit à un refroidissement supplémentaire de l'eau
- l'éloignement du récupérateur par rapport au receveur de douche : des pertes de chaleur peuvent survenir



2 | Evolution du rendement en fonction de la durée de la douche et de l'encrassement progressif du système

au droit de la conduite d'évacuation et de la chape éventuelle. Il convient donc de mettre le récupérateur le plus près possible de la douche et d'isoler thermiquement la conduite d'évacuation jusqu'au récupérateur

- le modèle de récupérateur : échange en co-courants ou contre-courant et inertie de la paroi séparatrice
- la durée d'utilisation de la douche : comme l'indique la courbe bleue à la figure 2, le rendement du système dépend également de la durée d'utilisation. Le système requiert un certain temps pour atteindre son rendement maximal
- l'encrassement progressif de la paroi interne (de la conduite d'évacuation des eaux usées) : celui-ci retarde le transfert de chaleur et augmente l'inertie du système. Un entretien régulier est conseillé pour maintenir les performances initiales.

Etant donné la fréquence et la courte durée possible des douches (de 1 à 3 minutes), il est préférable d'opter pour

un système à faible inertie (paroi mince séparant les deux fluides et présentant à la fois une bonne conductivité thermique et une faible capacité thermique), ce qui correspondrait à la courbe verte (théorique) de la figure 2. Inversement, un modèle à forte inertie ou un appareil dont la surface d'échange est encrassée verrait son rendement évoluer selon la courbe rouge (théorique).

Economies espérées

A la lumière de ce qui précède, nous constatons que l'évaluation de la pertinence d'un tel système dans un projet concret reste un exercice difficile à réaliser, tant les paramètres qui influencent la quantité d'énergie réellement récupérable sont nombreux. La version intégrale de cet article explicitera l'influence relative de ces principaux paramètres. |

O. Gerin, ir., chercheur, laboratoire
Techniques de l'eau, CSTC

De nombreux facteurs influencent la température de l'eau à l'entrée du récupérateur et diminuent le rendement.



Avec plus de 1,2 million de certificats délivrés à ce jour, la norme ISO 9001 est l'outil le plus utilisé à travers le monde pour piloter un organisme. Elle permet de se situer dans un cadre d'amélioration permanente et de s'assurer que les besoins des clients sont bien pris en compte en y répondant de manière adaptée et efficace.

ISO 9001 version 2015 :

une opportunité pour (re)dynamiser votre système de management de la qualité ?

Quels sont les changements ?

L'objectif de cette révision est de faire en sorte que la norme ISO 9001 continue à servir la compétitivité des entreprises. Tout en se situant dans un contexte d'amélioration du fonctionnement de l'entreprise, il s'agit toujours de fournir un produit ou un service conforme aux exigences du client et aux exigences légales et réglementaires. La version 2015 de la norme introduit toutefois quatre nouvelles tendances.

Ainsi, la première nouveauté permettra à l'entreprise de mieux anticiper les risques et opportunités. Un risque étant défini comme l'effet d'une incertitude sur un résultat escompté, il se caractérise en référence à des événements potentiels ou ayant des conséquences potentielles. L'entreprise devra identifier les risques et entreprendre des actions pour y parer. Les actions et l'étendue des contrôles seront fonction des risques identifiés (dérives en coûts, délais, qualité, sécurité...) et des impacts potentiels, que ceux-ci soient d'ordre technique (règles de l'art) ou liés aux différents processus (offre, commande, préparation, achat, exécution, livraison).

Pour sensibiliser l'entreprise à l'analyse des risques et lui permettre de réaliser cette analyse en fonction de son organisation et des spécificités de ses chantiers, le CSTC développe actuellement une application intitulée C-RISK.

La deuxième nouveauté de la norme vise à aligner la démarche qualité au contexte et à la stratégie de l'entreprise. Pour

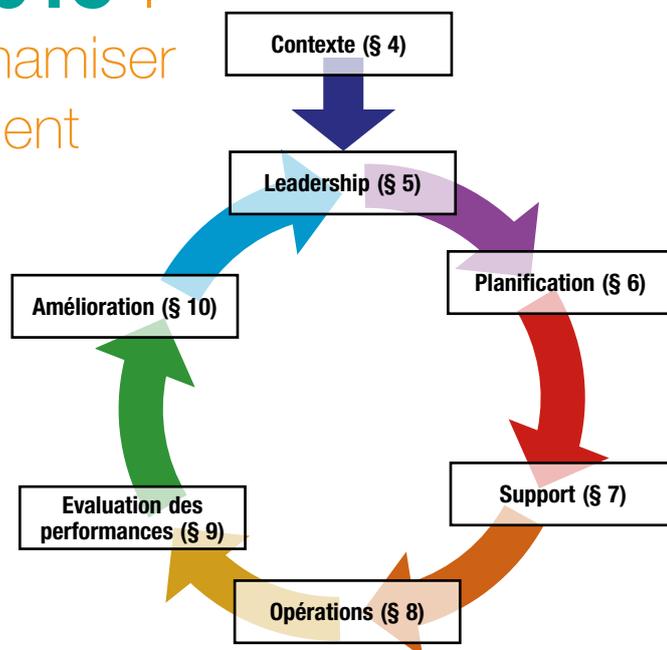
ce faire, l'entreprise devra tenir compte des enjeux liés aux valeurs, à la culture, aux connaissances et à la performance, mais également des enjeux découlant de l'environnement juridique, technologique, concurrentiel, social et économique.

La troisième nouveauté devrait permettre de rendre l'approche processus plus efficace grâce, notamment, à l'évaluation et à l'amélioration des performances du système de management de la qualité. L'attribution des responsabilités sera précisée pour chaque processus. Son fonctionnement sera soutenu par des informations documentées et par un pilotage en fonction des processus.

La dernière nouveauté concerne la prise en compte des parties intéressées qui ont un impact sur le système de management (maître d'ouvrage, concepteur, utilisateurs, riverains...).

Afin de simplifier et d'accélérer les synergies avec les différents systèmes de management (qualité, sécurité, environnement...), la norme ISO 9001 adopte la nouvelle structure illustrée par le schéma ci-dessus.

La révision 2015 ne compte plus d'exigences relatives au manuel qualité, aux



Nouvelle structure de l'ISO 9001

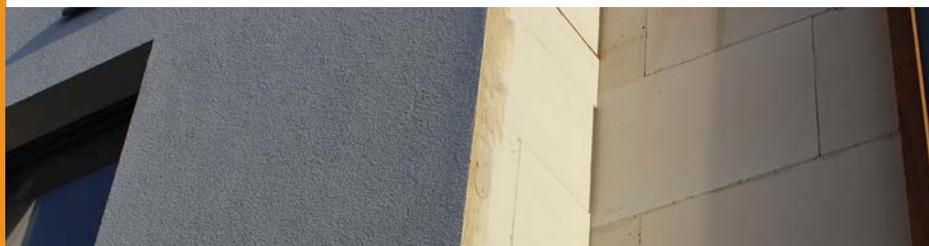
'enregistrements qualité' et aux 'procédures documentées', mais précise que l'entreprise doit conserver des informations documentées (ex-enregistrements) et les tenir à jour (ex-procédures). L'ancienne distinction entre procédure, document, enregistrement est abandonnée.

Quand passer à la version 2015 de la norme ?

La norme a été publiée le 18 septembre 2015. Les entreprises disposent d'une période de transition de trois ans pour en répercuter les modifications dans leur système de management. Une fois cette mise à jour achevée, la certification ISO 9001:2015 leur sera délivrée après un audit positif.

*D. Pirlot, m.s.c.f., et O. Sabbe, ing.,
département Communication et gestion, CSTC
Auditeurs BCCA – Conseillers BCQS*

Cours d'hiver du CSTC



Pose des ETICS

Ce cours se déroulera sur deux soirées, de 18h45 à 21h45, à :

Gembloux (IFAPME) :	mercredis 13 et 20 janvier 2016
Mons (IFAPME) :	mardis 19 et 26 janvier 2016
Bruxelles (ECAM) :	mercredis 3 et 17 février 2016
Verviers (IFAPME) :	lundis 11 et 18 avril 2016



Etanchéité à l'air des bâtiments :

un élément essentiel de la performance énergétique des bâtiments

Ce cours se déroulera sur deux soirées, de 18h45 à 21h45, à :

Perwez (IFAPME) :	jeudis 28 janvier et 4 février 2016
Bruxelles (ECAM) :	lundis 14 et 21 mars 2016
Mons (IFAPME) :	mercredis 16 et 23 mars 2016
Grâce-Hollogne (Construform) :	mercredis 20 et 27 avril 2016

L'inscription via le site Internet www.cstc.be (rubrique 'Agenda') est privilégiée.

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 clé USB.

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

Formations

- Pour plus d'informations au sujet des formations, contactez J.-P. Ginsberg par téléphone (02/625.77.11), par fax (02/655.79.74) ou par e-mail (info@bbri.be).
- 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, B-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

Recherche • Développe • Informe

Principalement financé par les redevances de quelque 85.000 entreprises belges représentant la quasi-majorité des métiers de la construction, le CSTC incarne depuis plus de 50 ans *le* centre de référence en matière scientifique et technique, contribuant directement à l'amélioration de la qualité et de la productivité.

Recherche et innovation

L'introduction de techniques innovantes est vitale pour la survie d'une industrie. Orientées par les professionnels de la construction, entrepreneurs ou experts siégeant au sein des Comités techniques, les activités de recherche sont menées en parfaite symbiose avec les besoins quotidiens du secteur.

Avec l'aide de diverses instances officielles, le CSTC soutient l'innovation au sein des entreprises, en les conseillant dans des domaines en adéquation avec les enjeux actuels.

Développement, normalisation, certification et agréation

A la demande des acteurs publics ou privés, le CSTC réalise divers développements sous contrat. Collaborant activement aux travaux des instituts de normalisation, tant sur le plan national (NBN) qu'europpéen (CEN) ou international (ISO), ainsi qu'à ceux d'instances telles que l'Union belge pour l'agrément technique dans la construction (UBAtc), le Centre est idéalement placé pour identifier les besoins futurs des divers corps de métier et les y préparer au mieux.

Diffusion du savoir et soutien aux entreprises

Pour mettre le fruit de ses travaux au service de toutes les entreprises du secteur, le CSTC utilise largement l'outil électronique. Son site Internet adapté à la diversité des besoins des professionnels contient les ouvrages publiés par le Centre ainsi que plus de 1.000 normes relatives au secteur.

La formation et l'assistance technique personnalisée contribuent au devoir d'information. Aux côtés de quelque 650 sessions de cours et conférences thématiques impliquant les ingénieurs du CSTC, plus de 26.000 avis sont émis chaque année par la division Avis techniques.

SIÈGE SOCIAL

Rue du Lombard 42, B-1000 Bruxelles
tél. 02/502 66 90
fax 02/502 81 80
e-mail : info@bbri.be
site Internet : www.cstc.be

BUREAUX

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

- avis techniques – publications
- gestion – qualité – techniques de l'information
- développement – valorisation
- agréments techniques – normalisation

STATION EXPÉRIMENTALE

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

- recherche et innovation
- formation
- bibliothèque

CENTRE DE DÉMONSTRATION ET D'INFORMATION

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

- centre de compétence TIC pour les professionnels de la construction (ViBo)
- centre d'information et de documentation numérique pour le secteur de la construction et du béton (Betonica)

BRUSSELS MEETING CENTRE

Boulevard Poincaré 79, B-1060 Bruxelles
tél. 02/529 81 29