



cstc.be
Recherche • Développe • Informe

Contact

UNE ÉDITION DU CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION

2014/3



Gélimité des revêtements en béton
p5

Lanterneaux, coupoles, voûtes
p10

Dallages extérieurs sur plots
p14

Protections solaires textiles
p20





Sommaire 2014/3

À la rencontre des professionnels 3



Comment augmenter la capacité de stockage thermique des bâtiments ?..... 4



Géivité des revêtements extérieurs en béton : rôle du type de ciment.....5



Tolérances relatives aux parois finies constituées de blocs de plâtre 6



Quand les chaudières entraînent des dégâts aux toitures... 8



Nouveaux modèles de calcul pour le vitrage isolant..... 9



Lanterneaux, coupoles et voûtes : des produits de construction 10



Le parquet et le chauffage par le sol sont-ils compatibles ? 12



Pose sur plots des dallages extérieurs : avantages et inconvénients 14



NIT 249 : une nouvelle NIT relative aux travaux de peinture 16



Générateurs de chaleur hybrides : améliorer les performances en combinant les avantages de la pompe à chaleur et de la chaudière à gaz 17



La qualité des eaux pluviales..... 18



Nouveau concept de gros œuvre constitué de parois de doublage acoustiques 19



Protections solaires textiles : voir sans être vu 20



Les systèmes *track and trace* et d'enregistrement du temps..... 22



À la **rencontre** des professionnels

Après avoir vécu un mondial passionnant et passionné, il était temps pour tout le monde de recharger ses batteries durant les congés estivaux et d'être fin prêt pour aborder avec enthousiasme et conviction la dernière ligne droite qui nous mènera vers 2015.

Afin d'accompagner au mieux les professionnels, le CSTC ne se ménage pas. Il remet sans cesse l'ouvrage sur le métier de sorte que nos recherches, mais aussi l'offre d'information, soient adaptées à la demande des entreprises. Tous les projets de recherche sont à présent répertoriés dans une toute nouvelle base de données accessible sur www.cstc.be. La participation aux principaux salons sectoriels, quant à elle, permet aux collaborateurs du Centre d'importants échanges avec les professionnels. La première partie de l'année fut marquée par les salons Batibouw, Bois & Habitat, mais aussi, au niveau européen, Building Test Expo. Le dernier trimestre s'apparente à un véritable sprint : nous serons en effet présents à de nombreux événements majeurs : BIS-Beurs, la journée du béton, la journée de la toiture et la journée du parachèvement. A ces manifestations devenues récurrentes vient s'ajouter cette année le salon Builty (www.builty.be) conçu pour et par les grandes entreprises.

Cet événement, qui aura lieu les 8 et 9 octobre prochains à Tour & Taxis (Bruxelles), se veut être une plateforme de rencontre visant à développer les collaborations entre les acteurs, mais aussi à favoriser l'utilisation de produits innovants. Les collaborateurs du Centre donneront différentes sessions d'information relatives aux nouveaux bétons, aux détails constructifs, à l'étanchéité à l'air, mais aussi à la base de données des produits de construction TechCom (www.cstc.be/go/techcom). Celle-ci constitue, en effet, une mine d'informations lorsqu'il s'agit de trouver le fournisseur d'un produit ou encore d'établir une liste de produits répondant à une même description. Bref, un outil de choix pour les conducteurs et gestionnaires de chantier, mais également pour les deviseurs en amont. Ces thèmes n'ont pas été choisis par hasard. Ils sont en effet considérés comme essentiels par les entreprises membres du comité de pilotage du salon.

Ces rencontres sont aussi pour nous l'occasion d'avoir des échanges de vue conviviaux et enrichissants avec bon nombre d'entreprises et de professionnels de la construction. Des échanges qui ne manqueront pas d'inspirer nos actions de recherche et d'information et d'améliorer ainsi l'adéquation de l'offre de service du CSTC avec les besoins quotidiens des entrepreneurs.

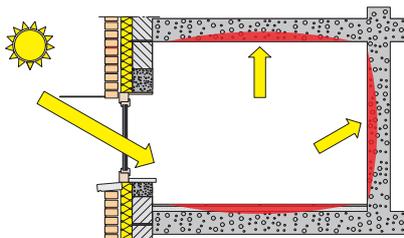
Cet article traite brièvement des méthodes pouvant être utilisées pour augmenter la capacité de stockage thermique des bâtiments. En accumulant temporairement le surplus d'énergie thermique et en le réutilisant plus tard selon les besoins, il est possible de réduire considérablement la consommation d'énergie nécessaire pour refroidir et réchauffer un bâtiment.

Comment augmenter la capacité de stockage thermique des bâtiments ?

Stockage de l'énergie thermique

Tout matériau qui subit une augmentation de température emmagasine de la chaleur. Plus la quantité de chaleur qu'un matériau peut stocker par m³ en cas d'augmentation de la température est grande, plus sa capacité thermique volumique sera grande également.

Durant l'été, la masse thermique du bâtiment fait en sorte que la chaleur produite tout au long de la journée par l'ensoleillement, la présence de personnes, le fonctionnement de machines ou l'éclairage soit partiellement stockée (voir figure 1). La pièce subira ainsi de moins fortes augmentations de température. Lorsque la température de la pièce diminue à nouveau le soir ou durant la nuit, la chaleur ainsi stockée est lentement rediffusée.



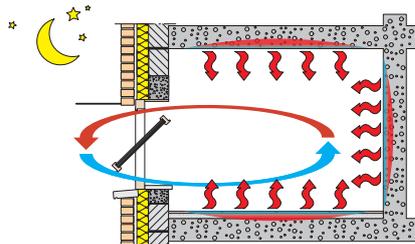
1 | Stockage de l'énergie thermique par la masse du bâtiment

Durant la mi-saison, plus précisément lorsqu'il faudrait laisser le chauffage allumé la nuit, cette diffusion reportée de la chaleur stockée peut différer quelque peu le moment où le chauffage est réellement allumé et contribuer à stabiliser la température de la pièce.

Si la température de la pièce diminue trop peu durant les chaudes nuits d'été, la chaleur emmagasinée sera évacuée de manière insuffisante, ce qui augmentera la tempé-

ture de la pièce et annihilera l'effet positif du stockage de la chaleur.

Pour améliorer le refroidissement du bâtiment durant l'été, le principe du refroidissement (ou *free cooling*) peut être appliqué (voir figure 2). Ce principe consiste à 'rafraîchir' les pièces en faisant entrer l'air froid du soir par les fenêtres et les grilles de ventilation et à évacuer ensuite, par tirage naturel ou par extraction mécanique, l'air réchauffé.



2 | Principe du refroidissement nocturne

Augmenter la capacité de stockage thermique

Dans le cas de bâtiments ayant une masse thermique faible, la capacité de stockage thermique peut être augmentée par l'application de matériaux à changement de phase (ou MCP). On retrouve ces MCP notamment parmi les matériaux de construction tels que les plaques de plâtre et les panneaux isolants (voir [Les Dossiers du CSTC 2010/3.11](#)).

Durant leur passage de la phase solide à la phase liquide (c'est-à-dire en cas d'augmentation de la température de l'air), ces matériaux emmagasinent de l'énergie thermique sans pour autant subir une modification de température. Ceci entraîne une augmentation de l'inertie thermique apparente du bâtiment.

Lorsque la température de l'air chute à nou-

veau et que les MCP reviennent à leur phase solide, l'énergie qui a été stockée est libérée. Ce principe peut être utilisé dans le cas de travaux de rénovation afin d'améliorer le confort thermique.

Activation thermique de la masse des parois ou du plancher

L'activation thermique de la masse des parois ou du plancher est une autre manière d'augmenter la capacité de stockage thermique d'un bâtiment et d'émettre de la chaleur ou du froid. Ce principe repose sur un réseau de conduites d'eau intégrées au sein des éléments structurels afin de transporter rapidement l'énergie thermique vers une pompe à chaleur ou un échangeur thermique. La pièce peut ainsi être refroidie grâce à de l'eau dont la température de départ est comprise entre 18 et 22 °C et réchauffée à l'aide d'une eau dont la température de départ est comprise entre 27 et 29 °C.

L'avantage de l'activation thermique des éléments de construction (également appelés éléments de construction thermoactifs) est que l'émission de chaleur ou de froid par rayonnement est généralement ressentie de manière très agréable. En outre, l'eau chaude a une température tellement faible que sa production peut être assurée par une pompe à chaleur tout en restant rentable.

La recherche et le développement de systèmes durables tels que ceux-ci sont au centre du projet Smart Geotherm (www.smartgeotherm.be). Une grande attention est également accordée à la diffusion de l'information relative à cette technologie.

L. François, ir., chef de projet, laboratoire Géotechnique et monitoring, CSTC



Selon CONREPNET (un réseau thématique dédié à la réhabilitation performancielle des structures en béton armé), les dégâts dus au gel (voir figure) constituent, après la corrosion de l'armature, la principale forme de dégradation du béton en Europe. Chez nous, où la température durant l'hiver avoisine souvent zéro degré, la résistance du béton au gel est une caractéristique importante.

Géivité des revêtements extérieurs en béton : rôle du type de ciment

Dégâts dus au gel en surface du béton

En gelant, l'eau subit une augmentation de volume de l'ordre de 9 %. Si ce phénomène se répète sur une surface en béton saturée d'eau, celle-ci peut s'écailler. De telles dégradations apparaissent surtout sur les surfaces horizontales exposées aux intempéries. Les dégâts sont plus importants encore en cas d'utilisation de sels de déneigement.

Directives existantes

La norme NBN B 15-001, annexe nationale belge à la norme NBN EN 206-1, comporte des exigences de durabilité pour le béton exposé au gel : l'utilisation de granulats résistant au gel, un rapport eau-ciment maximal, une teneur minimale en ciment, une teneur maximale en cendres volantes et – dans certains cas – une teneur minimale en air. En ce qui concerne le type de ciment, il n'existe pour l'instant aucune exigence (contrairement à certains autres pays européens).

La norme prNBN B 15-400 présente quant à elle une série de directives relatives à la cure du béton (voir également [Les Dossiers du CSTC 2011/2.4](#)). Les sols en béton qui ont été pourvus d'une finition de surface lissée (polissage mécanique) sont généralement plus sensibles au gel. Ce type de finition est d'ailleurs fortement déconseillé pour les surfaces extérieures.

Recherche

Dans le cadre d'un projet de recherche pré-normatif actuellement mené en collaboration avec le CRR et le CRIC-OCCN, l'influence du type de ciment sur la résistance au gel est étudiée selon la spécification technique européenne CEN/TS 12390-9.

Pour ce faire, 16 types de ciments BENOR ont été sélectionnés afin de réaliser des mélanges de béton conformément à la

classe d'environnement EE4 (exposition au gel et aux sels de déneigement), avec un rapport eau-ciment de 0,45, une teneur en ciment de 340 kg/m³ et des granulats calcaires résistant au gel (D_{max} de 20 mm).

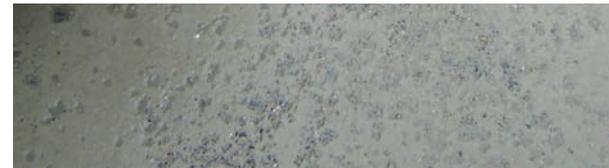
Les dalles de béton ainsi créées ont été décoffrées après deux jours et immergées durant sept jours dans une eau à 20 ± 2 °C. Les échantillons ont ensuite été extraits (113 mm de diamètre), sciés à la longueur voulue (50 mm) et conservés durant 56 jours selon deux conditionnements différents :

- sous eau, à une température de 20 ± 2 °C
- au sec, à une température de 20 ± 2 °C et une humidité relative de 60 ± 5 %.

Enfin, les échantillons ont été exposés (surface sciée) à des sels de déneigement (NaCl) ainsi qu'à 56 cycles de gel-dégel tandis que la masse écaillée était mesurée.

Les premiers résultats de la recherche nous ont permis d'effectuer les constatations suivantes en ce qui concerne la résistance au gel de la surface du béton :

- l'utilisation d'un ciment du même type avec une classe de résistance plus élevée permet généralement d'obtenir une meilleure résistance au gel
- la cure joue un rôle important quant à la résistance au gel. Son impact est toutefois moins évident dans le cas de bétons produits avec du ciment Portland (CEM I)
- dans le cas d'une conservation sous eau, ce sont les ciments avec laitier de haut fourneau (CEM III, CEM II/B-S et CEM V) qui obtiennent les meilleurs résultats. Plus la teneur en laitier est élevée, meilleur sera le résultat (bien que la classe de résistance reste déterminante). Les types de ciments avec calcaire livrent les moins bons résultats, tandis que le ciment Portland (CEM I) et le ciment avec cendres volantes (CEM V) donnent des résultats intermédiaires
- dans le cas d'une conservation au sec, les ciments composés (CEM II, CEM V) avec du calcaire ou des cendres volantes fournissent en général les moins bons ré-



sultats, tandis que le ciment de haut fourneau (CEM III) – surtout avec une classe de résistance élevée (42,5 et 52,5) – donne les meilleurs résultats.

Conclusion

Alors que le ciment avec laitier de haut fourneau a obtenu les meilleurs résultats durant l'étude, c'est, dans la pratique, le béton réalisé à partir de ce type de ciment qui subit le plus souvent des dégradations dues au gel. Cette anomalie s'explique par une différence de cure. En effet, le béton utilisé durant l'étude a bénéficié, durant les sept premiers jours qui ont suivi le coulage, d'une cure humide 'idéale', tandis que, dans la pratique, il est impossible de rassembler ces conditions pour les sols extérieurs en béton.

Bien que le type de ciment joue un rôle important quant à la résistance au gel du béton, la cure et la finition de surface revêtent une plus grande importance encore. C'est principalement avec les mélanges de béton caractérisés par un développement de la résistance plus lent (avec les types de ciments au laitier de haut fourneau ou avec des cendres volantes, par exemple) que la cure est déterminante. Si l'on souhaite classer les types de ciments en fonction de leur influence sur la résistance au gel, il convient dès lors de toujours tenir compte de la cure. |

B. Dooms, ir., chef adjoint du laboratoire Technologie du béton, CSTC

G. Mosselmans, dr. ir., chef de projet, CRIC-OCCN

A. Beeldens, dr. ir., chercheuse senior, CRR

Article rédigé dans le cadre de l'Antenne Normes 'Béton, mortier, granulat' subsidiée par le SPF Economie



En raison de leur facilité de mise en œuvre, les blocs de plâtre sont souvent utilisés pour réaliser des parois intérieures non porteuses dans les bâtiments (voir figure 1). L'assemblage par rainure et languette permet d'aligner ces blocs de manière ajustée, ce qui facilite non seulement la pose, mais permet également d'obtenir une paroi suffisamment plane et lisse que pour y appliquer ensuite une finition et ce, sans utiliser un enduit intérieur traditionnel (ce qui réduit donc la quantité d'humidité de construction). La division Avis technique est néanmoins parfois confrontée à des situations dans lesquelles le maître d'ouvrage n'est pas satisfait de la finition des parois intérieures. Dans ce cas, il convient de déterminer si la mise en œuvre répond bel et bien aux tolérances admises.

Tolérances relatives aux parois finies constituées de blocs de plâtre

1 Les documents de référence

La norme harmonisée NBN EN 12859, qui constitue la base pour le marquage CE, traite des blocs de plâtre d'une épaisseur minimale de 50 mm (à l'exception des éléments de la hauteur d'un étage).

Ces blocs sont posés à l'aide d'une colle répondant aux exigences issues de la norme NBN EN 12860.

La norme NBN EN 15318 traite quant à elle des parois non porteuses pouvant être réalisées à partir de blocs de plâtre, ne nécessitant dès lors aucun enduit traditionnel et pouvant ensuite, après une éventuelle préparation, être pourvues d'une finition.

A ce jour, il n'existe pas de NIT consacrée spécifiquement à ce sujet (*). Il est toutefois possible de se tourner, pour commencer, vers certains référentiels existant à l'étranger tels que le DTU 25.31 en France et la Di-

rective nationale d'évaluation BRL 1014 aux Pays-Bas.

2 Tolérances relatives aux blocs de plâtre

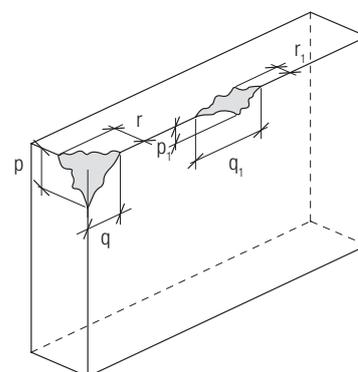
Les tolérances en vigueur pour les dimensions des blocs de plâtre figurent dans le tableau A.

En revanche, les normes européennes mentionnées précédemment ne comportent

A | Tolérances relatives aux dimensions des blocs de plâtre selon la norme NBN EN 12859

Caractéristique	Tolérance
Épaisseur	± 0,5 mm
Longueur	± 5 mm
Hauteur	± 2 mm
Planéité (en suivant la diagonale)	1 mm

aucune directive concernant l'acceptabilité d'éventuels défauts dans les blocs de plâtre (occlusions d'air, épaufrures, ...). Pour de plus amples informations à ce sujet, nous renvoyons le lecteur intéressé au BRL 1014 (en néerlandais uniquement), lequel stipule que les surfaces visibles doivent être suffisamment lisses et que les irrégularités doivent pouvoir s'enlever facilement. En outre, les blocs de plâtre doivent être



2 | Etendue maximale d'une dégradation selon le BRL 1014



Source : Isolava

1 | Paroi intérieure non porteuse constituée de blocs de plâtre

B | Défauts admissibles dans les blocs de plâtre selon le BRL 1014

Bulles d'air	Une surface de 1 dm ² (100 cm ²) peut compter maximum quatre bulles d'air ≥ 4 mm et ≤ 15 mm. Les bulles d'air < 4 mm ne sont pas prises en compte.
Fissures	Les fissures ne sont pas autorisées.
Rayures sur la surface visible	Il ne peut pas y avoir plus de deux rayures sur la surface visible. Leur profondeur et leur largeur maximales ne peuvent pas dépasser 5 mm (cette largeur est mesurée à l'endroit le plus large de la rayure).
Dégât considérable sur la surface visible ou sur le profilage	L'ampleur d'un dégât dans un bloc ne peut pas dépasser 10 cm ³ . La dégradation peut être mesurée conformément à la figure 2 et calculés à l'aide de la formule suivante : $(p \times q \times r) / 2$ (voir figure 2).

(*) Les parois constituées de blocs de plâtre ne relèvent pas de la NIT 233, mais sont en revanche citées dans les NIT 199 et 249 comme éventuels supports.



exempts de tout défaut au moment de la livraison (voir tableau B et figure 2).

3 Aspects relatifs à la mise en œuvre

Durant la réalisation de la paroi, les résidus de colle au droit des joints doivent être éliminés à l'aide d'une plâtrasse avant qu'ils ne soient complètement durcis. Une fois les joints ainsi débarrassés des résidus de colle, les petites imperfections peuvent être traitées. Les dégâts plus importants peuvent être réparés, pendant ou après la mise en œuvre de la paroi, à l'aide de plâtre ou d'un mélange à base de plâtre et de colle.

Si la paroi est toujours insuffisamment lisse après le nettoyage des joints que pour procéder aux travaux de finition, une très fine couche d'enduit de finition peut éventuellement être appliquée sur la surface. Cette manière de procéder est généralement appelée 'le surfacage'. Ce dernier peut s'avérer particulièrement utile en présence de parois dont des ouvertures ont été rebouchées ultérieurement (pour les câbles électriques et les conduites sanitaires, par exemple). Le surfacage doit être effectué sur une surface sèche et exempte de poussière. Afin de faciliter son application, il est préférable que le rebouchage soit effectué légèrement en retrait de la surface des blocs. S'il est prévu de munir la paroi d'un revêtement carrelé, le surfacage n'est, en principe, pas obligatoire.

4 Tolérances relatives aux parois constituées de blocs de plâtre

À l'heure actuelle, les normes ne comportent aucune tolérance dimensionnelle relative aux parois finies constituées de blocs de plâtre. D'après certains documents de référence publiés à l'étranger (le BRL 1014 et le DTU 25.31), les tolérances dimensionnelles en vigueur pour les blocs de plâtre (voir tableau A) et notre expérience, il conviendrait de respecter les valeurs figurant dans le tableau C. Les tolérances – à l'exception de celles sous la règle de 0,2 m – s'inspirent

C | Tolérances de planéité relatives à une paroi finie constituée de blocs de plâtre

Sous la règle de ...	Tolérance
0,2 m (au droit des joints)	1 mm
2 m	5 mm

ainsi des tolérances en vigueur pour le degré de finition 'normal' des enduits intérieurs traditionnels (voir NIT 199).

5 Finitions ultérieures

La finition de surface de la cloison revêt une importance variable selon la nature du revêtement envisagé.

S'il s'agit d'un carrelage, par exemple, le respect des tolérances d'exécution est déterminant pour atteindre la classe de tolérance requise pour ce revêtement (en particulier dans le cas de carreaux de grand format). L'aspect extérieur et l'homogénéité de la surface de la paroi sont moins importants à cet égard.

On accorde de l'importance à ces derniers si l'on souhaite peindre la paroi, d'autant plus s'il s'agit d'une peinture satinée ou brillante. Dans ce cas, il est alors conseillé d'appliquer une couche de surfacage (voir § 3).

Y. Grégoire, ir.-arch., chef de la division Matériaux et J. Wijnants, ing., chef de la division Avis techniques, CSTC

D | Traitements préparatoires et de finition à effectuer par le peintre

Traitements préparatoires et de finition à effectuer par le peintre	Degré d'exécution (°)		
	I	II	III
1. Brossage et/ou égrenage et/ou dépolissage (si nécessaire)	X	X	X
2. Rebouchage		X	X
3. Enduisage de l'ensemble de la surface			X
4. Ponçage et dépolissage			X
5. Couche primaire	X	X	X
6. Enduisage local complémentaire		X	
7. Ponçage et dépolissage (des surfaces enduites complémentaires)		X	
8. Couche primaire (sur les surfaces enduites complémentaires)		X	
9. Application d'une couche intermédiaire		(°)	X
10. Application d'une couche de finition	X	X	X

(°) La colonne orange correspond au degré de finition que le peintre doit prendre en considération en l'absence de prescriptions dans le cahier des charges.
(?) Une couche intermédiaire peut s'avérer nécessaire en fonction de la couleur à appliquer et de la nature du support. Ce traitement est effectué en accord avec le prescripteur.

Cet article a été rédigé avec le soutien :

- du SPF Economie, dans le cadre de l'Antenne Normes Parachèvement
- de l'IWT, dans le cadre de Metselwerk IV 'Innovaties in de metselwerksector: implementering door innovatievolgers'
- de la DG06, dans le cadre de la Guidance technologique COM-MAT 'Matériaux et techniques de construction durables'.



Il n'est pas rare que des taches brunes apparaissent sur les toitures aux alentours du conduit d'évacuation de fumée de la chaudière (voir figure 1). Cet article a pour but d'expliquer l'origine de ce phénomène et de renseigner sur la manière de le résoudre.

Quand les chaudières entraînent des dégâts aux toitures...

Origine du tachage

Les taches brunâtres dont il est question dans cet article sont dues à un dépôt de particules de rouille (oxyde de fer) provenant des gaz de combustion. Ces particules sont engendrées par l'altération des éléments en acier faiblement allié ou en fonte malléable de la chaudière et/ou du conduit d'évacuation par la condensation acide des gaz de combustion.

Cette condensation indésirable apparaît souvent dans le cas de chaudières d'un autre type que celles à condensation ⁽¹⁾ (les chaudières à haut rendement, par exemple) fonctionnant à une température trop faible ⁽²⁾ ou dans le cas de conduits d'évacuation de fumée qui subiraient un refroidissement trop important.

C'est dans les chaudières à mazout que la formation de rouille peut être la plus importante : lors de la combustion du mazout, le soufre qu'il contient (maximum 0,1 %) se transforme en oxydes de soufre. Lors de la condensation de la vapeur d'eau présente dans les gaz de combustion, l'acide sulfurique qui se forme détériore fortement l'acier ou la fonte. Les particules de rouille poudreuses qui se forment alors sont aisément transportées par les gaz de combustion.

Une fois à l'extérieur, où la vitesse d'évacuation des gaz de combustion est moindre, ces particules solides se déposent sur la toiture, autour du conduit d'évacuation, ce qui entraîne l'apparition de taches rouge-brun. Par la suite, les pluies, en faisant disparaître ces taches, peuvent provoquer des traces brunâtres et entraîner les particules jusqu'aux éléments de la toiture situés en contrebas.

⁽¹⁾ Les chaudières à condensation étant justement conçues dans le but de créer de la condensation, celles-ci sont réalisées à partir de matériaux résistants à la corrosion. C'est également le cas pour les conduits d'évacuation des gaz de combustion. L'utilisation d'acier ordinaire est exclue.

⁽²⁾ Le régime de température dépend du type de chaudière et doit être demandé au fabricant.



1 | Formation de taches brunes sur une toiture à proximité du conduit d'évacuation des gaz de combustion de la chaudière

Si la couverture ou les éléments de la toiture (noue, gouttière, ...) sont constitués de certains métaux (en zinc, par exemple), une corrosion peut apparaître localement en ces endroits en raison du contact direct avec les oxydes de fer (voir figure 2).

Nous tenons également à signaler que, à terme, la dégradation des éléments métalliques de la chaudière et/ou du conduit d'évacuation des gaz de combustion entraînera inévitablement leur défaillance.

Comment éviter le phénomène ?

Afin d'éviter que de telles traînées (ainsi que tous les problèmes qui y sont associés) n'apparaissent, il convient de procéder par étapes :

- avant tout, il faut veiller à ce que la rouille ne puisse pas se développer davantage. Il faut pour cela contrôler le régime de température de la chaudière et l'adapter s'il n'est pas conforme aux instructions du fabricant. Des mesures spécifiques peuvent ainsi être prises afin d'augmenter la température de retour de l'eau
- une fois le régime de température adapté, la chaudière doit être entièrement nettoyée afin d'éliminer tous les dépôts de rouille encore présents
- il convient également de vérifier la présence d'éléments en acier faiblement



2 | Corrosion localisée due au contact direct entre les éléments métalliques de la toiture et les oxydes de fer

allié dans le conduit d'évacuation. Si le risque de formation de condensation est nul après l'adaptation du régime de température de la chaudière (à vérifier à l'aide de la norme NBN EN 13384-1 ou d'un logiciel basé sur cette dernière), il convient de bien nettoyer ces éléments en acier ainsi que le reste du conduit d'évacuation. En revanche, s'il existe encore un réel risque de condensation, il est possible soit d'essayer d'isoler le conduit d'évacuation, soit de le remplacer par un conduit réalisé avec un matériau résistant à la corrosion (nous vous renvoyons à ce sujet aux recommandations du tableau 21 de la [NIT 235](#)). Une troisième solution consiste à tuber le conduit d'évacuation grâce à un système disposant d'un label de qualité ou satisfaisant à une norme pertinente

- enfin, il faut procéder au nettoyage de la toiture et, éventuellement, réparer ou remplacer les éléments détériorés. Puisque ces travaux de réparations sont assez lourds, il est recommandé, dans la mesure du possible, d'empêcher dès le début que ces problèmes n'apparaissent.

I. De Pot, ing., conseiller principal, division Avis techniques, CSTC

K. De Cuyper, ir., ingénieur animateur du Comité technique Plomberie sanitaire et industrielle, installations de gaz, CSTC



La norme de référence pour le calcul du verre est actuellement la NBN S 23-002 (addendum 1) datant de 1992. Récemment approuvé, le projet de norme européenne prEN 16612 propose de nouveaux modèles de calcul pour les vitrages sur quatre appuis et pour le vitrage feuilleté. Le secteur verrier belge a également jugé important de développer une Annexe nationale (ANB) complétant la norme européenne et le Rapport n° 11 du CSTC.

Nouveaux modèles de calcul pour le vitrage isolant

Cette volonté s'est traduite par l'élaboration de deux normes : la NBN S 23 002-2, comportant le détail des principes de calcul, et la NBN S 23-002-3, présentant des tableaux pré-calculés pour les vitrages de façade soumis à l'action du vent. L'objectif de cet article est de fournir un exemple de tableau de prédimensionnement du vitrage isolant double posé en façade. La version intégrale de l'article reviendra en détail sur la méthode de dimensionnement et présentera des tableaux de prédimensionnement pour d'autres situations.

Exemple d'application

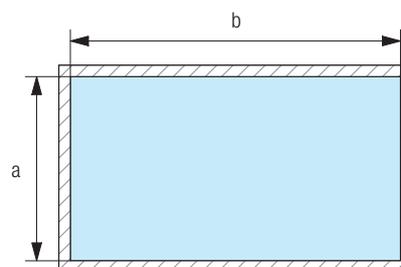
A titre d'illustration, notre choix s'est porté sur différentes configurations de doubles vitrages sur quatre appuis en façade. Pour chacune de ces situations, la méthode de calcul

tient compte des sollicitations suivantes :

- l'action du vent calculée selon la norme NBN EN 1991-1-4 (voir [Les Dossiers du CSTC 2010/4.3](#)) et son Annexe nationale
- les variations de pression au sein de la lame de gaz.

Le tableau B a été calculé de manière à exclure le bris de vitrage et à limiter la déformation des feuilles de verre à 1/200 de la portée. La fréquence propre des vitrages doit en outre rester inférieure à 5 Hz.

Le tableau A définit les hauteurs maximales des bâtiments pour les vitrages envisagés au tableau B, en l'absence de toute perturbation (présence d'un bâtiment voisin de grande hauteur, par exemple). Les hauteurs ont été volontairement limitées à 30 m en catégorie de rugosité de terrain IV (ville), à 21 m pour la



Vitrage rectangulaire sur quatre appuis

catégorie III (banlieue – forêt) et de 8 à 16 m pour la catégorie II (bocage), car ces situations correspondent à des pressions de vent au-delà desquelles il est conseillé d'effectuer une analyse détaillée des conditions de projet.

Le tableau B mentionne les épaisseurs (en mm) des feuilles de verre de l'extérieur vers l'intérieur. Le vitrage est rectangulaire et posé sur quatre appuis, 'a' étant le petit côté et 'b' le grand.

Considérons, par exemple, un double vitrage de 1,20 m de largeur et de 1,60 m de hauteur placé dans la façade d'un bâtiment de 20 m de hauteur situé au cœur de Bruxelles :

- vérification de l'applicabilité du tableau : la localisation du bâtiment permet de déterminer la vitesse de référence du vent, soit 25 m/s à Bruxelles. Dans une grande agglomération, la rugosité du terrain est très souvent de classe III ou IV. Dans ces hypothèses, le tableau B est valable pour des bâtiments jusqu'à 21 et 30 m de hauteur, respectivement.
- détermination de la composition du vitrage isolant : la dimension 'a' est de 1,20 m, alors que le rapport 'b/a' est de 1,33. Le tableau B permet de déterminer que les feuilles de verre devront chacune avoir une épaisseur de 6 mm. **I**

E. Dupont, ing., chef adjoint du service Spécifications, CSTC

V. Detremmerie, ir., chef du laboratoire Eléments de toitures et de façades, CSTC
L. Lassoie, ing., chef adjoint du département Communication et gestion, CSTC

A | Hauteur maximale des bâtiments pour les vitrages envisagés au tableau B

Catégories de rugosité	Vitesse de référence v_{bo} [m/s]			
	26	25	24	23
Hauteurs (z) de référence jusqu'à ...				
0 Zone côtière	3 m	–	–	–
I Plaine	4 m	5 m	8 m	11 m
II Bocage	8 m	11 m	15 m	16 m
III Banlieue – forêt	21 m	21 m	21 m	21 m
IV Ville	30 m	30 m	30 m	30 m

B | Prédimensionnement d'un vitrage double en façade

b/a [m]	a [m]								
	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
1,00	4+4	4+4	4+4	4+4	5+4	5+5	5+5	6+5	6+6
1,10	4+4	4+4	4+4	5+4	5+4	5+5	6+5	6+6	8+5
1,20	4+4	4+4	4+4	5+4	5+5	6+5	6+6	6+6	8+5
1,30	4+4	4+4	5+4	5+5	6+4	6+5	6+6	8+5	8+5
1,40	4+4	4+4	5+4	5+5	6+5	6+6	8+5	8+5	8+6
1,50	4+4	5+4	5+4	5+5	6+5	6+6	8+5	8+6	8+8
1,60	4+4	5+4	5+5	6+4	6+6	8+5	8+5	8+6	8+8
1,70	4+4	5+4	5+5	6+5	6+6	8+5	8+5	8+8	8+8



Afin de bénéficier de la lumière naturelle, de points de ventilation ou, tout simplement, d'accès à la toiture, il est nécessaire de munir les toitures plates d'ouvertures. Il en existe différents types : les lanternes ponctuels (appelés également coupes) ou continus (appelés également voûtes filantes), les dispositifs d'évacuation des fumées, ... Les lanternes et autres accessoires de toiture sont des produits de construction pour lesquels le marquage CE régit la déclaration des performances suivant les types. Il existe donc plusieurs normes 'produit' et guides d'agrément technique. Le présent article fait le point sur les différentes caractéristiques renseignées dans ces documents de référence.

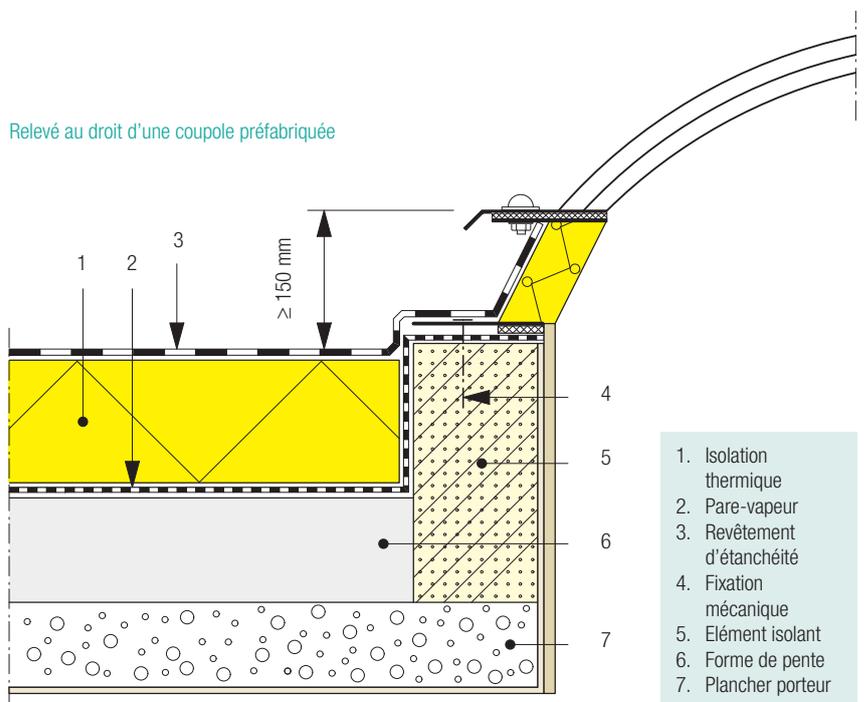
Lanterneaux, coupes et voûtes : des produits de construction

La pose des lanternes

Les détails de pose des lanternes sont repris dans la NIT 244, laquelle est consacrée aux ouvrages de raccord des toitures plates.

Les lanternes sont pourvus de costières isolantes permettant la continuité de l'isolation avec celle de la toiture. Des fabricants ont également proposé des solutions afin d'assurer la continuité de l'étanchéité à l'eau et à la vapeur d'eau avec le support. Les costières, rehausses ou autres dispositifs associés à la pose des lanternes sont fixés sur le support de toiture. La compatibilité des matériaux et de leurs techniques de fixation (colles, adhésifs, soudure à chaud, ...) doit être validée.

Relevé au droit d'une coupole préfabriquée



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

Performances	Lanterneaux continus en matière synthétique	Lanterneaux ponctuels en matière synthétique
Le cadre normatif	La norme produit NBN EN 14963 couvre ce type de lanternes en matière synthétique (en polyester renforcé par fibre de verre (PRV), en polycarbonate (PC), en polyméthacrylate de méthyle (PMMA), en polychlorure de vinyle (PVC, ...), avec ou sans costières.	La norme NBN EN 1873 est similaire à la norme 'produit' pour les lanternes continus, y compris si la coupole comporte des costières (parois latérales verticales, voir figure ci-dessus).
	Autres types <ul style="list-style-type: none"> Les dispositifs d'évacuation des fumées sont couverts par la norme NBN EN 12101-2. Pour les autres lanternes (principalement pour remplissages de matière différente), il n'existe pas de norme 'produit' européenne. Il convient dès lors de se référer au guide d'agrément ETAG 010 (www.eota.be). 	

Suite du tableau à la page suivante



Performances	Lanterneaux continus en matière synthétique	Lanterneaux ponctuels en matière synthétique
Les performances de résistance aux charges ascendantes (vent) et descendantes (neige)	<ul style="list-style-type: none"> Plusieurs classes existent pour la résistance au vent. Celles-ci sont répertoriées de la sorte : UL XXXX (XXXX définissant la pression, en N/m², à laquelle résiste le lanterneau). Pour les charges descendantes, les classes utilisées sont répertoriées comme suit : DL XXXX (XXXX définissant la pression, en N/m², à laquelle résiste le lanterneau). Bien que l'expression des classes soit similaire entre les deux normes 'produit', le niveau de ces classes diffère. Les déformations pendant les mises en pression sont admises et les classes sont atteintes s'il n'y a pas de détérioration ou de perte de performances en utilisation (étanchéité à l'eau, ouverture, ...). Les performances atteintes aux essais dépendent fortement des dimensions des éléments et des matériaux. Les pressions auxquelles résistent les lanterneaux peuvent varier entre 750 et plus de 10.000 Pa (particulièrement pour les coupoles circulaires dont les remplissages sont plus épais et rigides). 	
L'étanchéité à l'eau	<p>Cette exigence se traduit pratiquement par un essai d'arrosage d'une durée d'une heure sans pression d'air avec les pentes limites déterminées par les fabricants, sans permettre différentes classes de niveau d'étanchéité. L'expérience en laboratoire montre que cette exigence est remplie dans la majorité des cas, la procédure d'essai n'étant pas contraignante.</p>	
L'étanchéité à l'air	<ul style="list-style-type: none"> Les essais sont réalisés de la même manière que pour les fenêtres ou les façades, déterminant des courbes (débit/pression) en surpression et dépression. L'affichage habituel des performances est le débit Q_{50} (c'est-à-dire le débit de fuite à 50 Pa) exprimé par unité de surface d'élément de toiture ou par unité de longueur périmétrique. Les fabricants ont développé les raccords, joints d'étanchéité et dispositifs de fermeture des ouvrants afin d'atteindre des performances appréciables. Dans le cas de lanterneaux avec ouvrants, le type et le nombre de points de fermeture influent sur la performance. 	
Les résistances aux chocs	<ul style="list-style-type: none"> La résistance aux chocs durs (testée au moyen de billes d'acier de 250 g tombant d'une hauteur de 1 m) est donnée comme critère (oui/non) tandis que la résistance aux chocs mous est annoncée par une classification SB XXXX (XXXX définissant l'énergie, en joules, avec laquelle le sac de 50 kg tombe). La plupart des producteurs annoncent la plus haute classe, SB 1200, qui correspond à la chute d'un sac de 50 kg à 2,4 m de hauteur. Lorsque l'élément de remplissage est plus fragile, les produits sont munis soit d'un autre remplissage absorbant le choc soit d'une protection supplémentaire (grillage, ...). <p>Autres types Pour les remplissages en verre, la norme NBN S 23-002 reste d'application afin de spécifier les classes de résistance des vitrages et d'assurer la protection des personnes, nécessitant la pose de verre feuilleté en face inférieure (de type 1B1).</p>	
Les performances thermiques	<p>La succession de remplissages, panneaux alvéolaires, multichambres, ... permet d'atteindre des valeurs d'isolation thermique U_w inférieures à 1 W/m²K. Les performances sont déterminées par calcul sur l'entièreté des lanterneaux, coupoles et voûtes (élément de remplissage + costières).</p> <p>Autres types Pour les autres types de lanterneaux, lorsque le remplissage est assuré par des vitrages, les performances sont assurées par l'usage de doubles ou triples vitrages.</p>	
La transmission lumineuse et la gestion de la lumière	<ul style="list-style-type: none"> Pour les panneaux translucides, plusieurs performances peuvent être annoncées : le degré de transmission lumineuse totale (τ_{D65}) (avant et après vieillissement), la variation de l'indice de jaune ΔYI à l'aide d'un spectromètre et la durabilité mécanique (évolution du module d'élasticité, ...). Rappelons que les éléments de remplissage synthétiques peuvent être sensibles aux UV. Ainsi, les fabricants appliquent une couche de protection sur les panneaux PCA et autres. <p>Autres types Pour les lanterneaux dont le remplissage est assuré par un vitrage, on retrouvera les valeurs de transmission lumineuse et de facteur solaire annoncées par les verriers.</p>	
La réaction/résistance au feu	<p>Les classes de réaction au feu sont annoncées conformément à la norme NBN EN 13501-1 et les classes de résistance au feu conformément à la norme NBN EN 13501-2.</p> <p>Autres types Dans le cas de dispositifs d'évacuation des fumées, le fonctionnement sous charges, à basse ou à haute température, la résistance aux vibrations dues au vent et la fiabilité sont également à valider.</p>	

Le bois est un matériau hygroscopique s'adaptant aux conditions hygrothermiques du milieu ambiant (principalement l'humidité relative) sous l'incidence desquelles il subit des variations dimensionnelles. Des valeurs extrêmes et des variations rapides d'humidité relative et de température auront donc une influence néfaste sur les revêtements de sol en bois (mouvements, déformations, fissures). Afin de les limiter, il convient d'assurer un climat intérieur favorable pendant et après la pose du parquet.

La NIT 218 'Revêtements de sol en bois : planchers, parquets et revêtements de sol à placage' recommande que l'humidité relative de l'air intérieur soit située entre 30 et 60 % et idéalement entre 40 et 55 % (les valeurs limites ne pouvant être maintenues pendant une période prolongée) pour une température de l'air d'environ 20 °C.

La gestion et le maintien d'un climat intérieur favorable dépendent de multiples facteurs. Parmi ceux-ci, le chauffage peut favoriser un climat plus sec au sein de l'habitation, au même titre qu'un système de ventilation, par exemple. En vue de maintenir un climat favorable pendant la saison de chauffe, il est conseillé de limiter la température de consigne à 20-22 °C et éventuellement d'adapter les débits de ventilation en fonction des besoins. Dans le cas d'un chauffage par le sol, la température de surface du revêtement de sol en bois doit également être maintenue à maximum 28 ou 29 °C. Une augmentation de ces températures de consigne peut conduire à une diminution importante de l'humidité relative (< 30 %), et provoquer un accroissement des déformations (cintrage, ouverture des joints) pouvant entraîner des dégradations irréversibles (décollement, rupture du support, ...).

En raison de son fonctionnement, le chauffage par le sol engendre un gradient de température et surtout d'humidité au sein du revêtement de sol en bois. C'est la raison pour laquelle, à taux d'humidité relative équivalents dans la pièce, la mise en route du chauffage par le sol induit des mouvements et des déformations plus importants, principalement un cintrage et l'apparition de joints ouverts entre les lames. Les tolérances mentionnées dans la NIT 218 restent toutefois d'application dans l'appréciation de leur acceptabilité ou non. Par exemple, des ouvertures de joint et un cintrage jusqu'à 1 % de la largeur des planches sont jugés acceptables. Ceci correspond à des ouvertures



1 | Mise en œuvre d'un lamparquet de chêne sur un sous-parquet

de joint et à un cintrage de 1,5 mm pour une planche de 15 cm de large.

Le gradient d'humidité est surtout marqué lors des premiers jours de la mise en route annuelle du chauffage par le sol. En effet, il ressort d'essais réalisés par le CSTC que, en régime stationnaire, le gradient d'humidité engendré par le chauffage par le sol et, par conséquent, les mouvements du bois sont négligeables.

Afin de limiter ce gradient, il est recommandé de faire fonctionner le chauffage en régime continu plutôt qu'en intermittence. De même, il est préférable, lors de la mise en route annuelle, d'augmenter, dans la mesure du possible, la température de l'eau progressivement.

Nous attirons l'attention du lecteur sur le fait qu'il importe d'informer le chauffagiste et le parqueteur afin de leur permettre de concevoir et de réaliser correctement l'installation de chauffage et de sélectionner les combinaisons (parquet, colle, ...) les plus adaptées.

Outre la gestion et le maintien d'un climat fa-

Le parquet et le chauffage par le sol sont-ils compatibles ?

vorable, plusieurs recommandations complémentaires peuvent être formulées, en vue de réduire autant que possible les déformations des éléments du revêtement de sol en bois en présence d'un chauffage par le sol. Nous les abordons dans les paragraphes suivants.

Support

Lors de la pose du revêtement, le taux d'humidité de la chape sera de maximum 2 % pour les chapes à base de ciment et de 0,6 % pour les chapes à base d'anhydrite.

Dans le cas de systèmes de chauffage enrobés dans la chape, il est recommandé que l'épaisseur du mortier au-dessus de l'élément chauffant (tube, câble) soit toujours supérieure ou égale à 5 cm.

Le type de chape (chape traditionnelle à base de ciment, chape à séchage rapide ou chape fluide à base d'anhydrite) n'influence pas le comportement du revêtement de sol en bois car le transfert de chaleur est identique. Ce constat n'est applicable que si la mise en œuvre de la chape (notamment lors



des phases de compactage) respecte les règles de l'art et permet d'obtenir un enrobage optimal des tuyaux.

La mise à température de la chape, après séchage de cette dernière se fera par paliers de 5 °C jusqu'à atteindre une température en surface de 29 °C. Cette température sera maintenue durant au moins cinq jours. Quarante-huit heures avant la pose du revêtement en bois, le chauffage est arrêté ou maintenu à basse température (température superficielle de 15 °C). Ce n'est que trois jours après la pose du revêtement que la température pourra remonter progressivement de 5 °C par jour maximum.

Mode de pose

Seule la pose collée (ou collée/clouée, voir figure 1) est conseillée pour assurer une transmission optimale de la chaleur par conduction du chauffage vers l'environnement intérieur via le revêtement de sol. Le collage par cordon est déconseillé en raison de la présence de couches d'air sous le revêtement qui accroissent la résistance thermique du complexe.

Une colle rigide ou une colle élastique (voir [Les Dossiers du CSTC 2013/2.7](#)) peut convenir pour une pose sur sol chauffé.

La colle dite rigide (dispersion, polyuréthane à deux composants) permettra de réduire les mouvements du bois, mais sollicitera davantage le support. Dans des conditions extrêmes, cela peut provoquer un décollement du parquet (voir figure 2) et/ou une rupture dans le support. L'utilisation de ce type de colle nécessitera, par conséquent, un support performant (cohésion minimale de 0,8 N/mm²).

La colle souple (STP, MS polymère, ...) limitera les tensions, mais permettra davantage les mouvements du bois. Plus la colle présente une grande élasticité, plus les mouvements

et les déformations du bois seront importants (et susceptibles d'engendrer une gêne esthétique). Lorsque les planches ont un facteur d'élançement (rapport largeur/épaisseur) élevé (> 10), une colle très élastique peut ainsi conduire à des déformations (cintrage, ouverture de joints; voir figure 3) supérieures aux critères admissibles de la [NIT 218](#), sans pour autant entraîner des déformations irréversibles. Lors du retour à un climat favorable, les planches retrouvent globalement leur position initiale. Si l'on envisage d'appliquer ce type de colle, il conviendra d'informer le maître d'ouvrage de ce que les mouvements du bois seront plus perceptibles.

Il y a lieu également de mentionner que plus le revêtement de sol en bois est stable dimensionnellement, plus l'influence du caractère rigide ou élastique de la colle sera négligeable.

Revêtement de sol en bois

En ce qui concerne le revêtement de sol en bois, il convient de privilégier les espèces de bois stables.

Il est également préférable, dans la mesure du possible, d'opter pour des planches débitées sur quartier ou faux-quartier. Il est déconseillé d'utiliser des bois présentant un fil irrégulier ou anormal.

Le taux d'humidité du bois lors de la pose sera idéalement de 9 à 10 %.

En présence de planches en bois massif, le facteur d'élançement doit être compris entre 4 et 10. Ce facteur dépend principalement de la stabilité dimensionnelle de l'espèce de bois, de sa nervosité, de sa qualité et du mode de débitage. Un rapport plus élevé pourrait être envisagé pour les revêtements de sol en bois plus stable, tels que les certains parquets contrecollés (voir ci-après).

L'épaisseur maximale (sous parquet éventuel compris) pour les revêtements

de sol en bois feuillu sera de 22 mm ($\lambda \pm 0,17$ W/mK) et de 15 mm pour les bois résineux ($\lambda \pm 0,12$ W/mK).

Le parquet contrecollé constitue une solution de choix, pour autant que le produit ait fait l'objet d'essais garantissant sa qualité. A facteur d'élançement identique, le parquet contrecollé peut présenter une stabilité dimensionnelle globalement deux fois supérieure au parquet massif et au lamparquet collé-cloué sur sous-parquet. Cependant, ce constat n'est valable que pour un parquet contrecollé dont la qualité a été garantie par des essais. En effet, il ressort de l'expérience acquise et des contacts avec les professionnels qu'il existe une très grande variabilité dans la qualité des parquets contrecollés disponibles sur le marché (notamment au niveau du collage de la couche d'usure sur l'âme en panneau). Un prochain article traitera de cette problématique et de la nécessité de définir un critère de performance. A défaut, le lamparquet collé-cloué sur sous-parquet permet de donner satisfaction, compte tenu des tolérances admises.

Enfin, la présence d'un chanfrein au bord des lames a pour effet d'atténuer la gêne esthétique que pourraient présenter des ouvertures de joint entre les planches (voir figure 3).

Finition

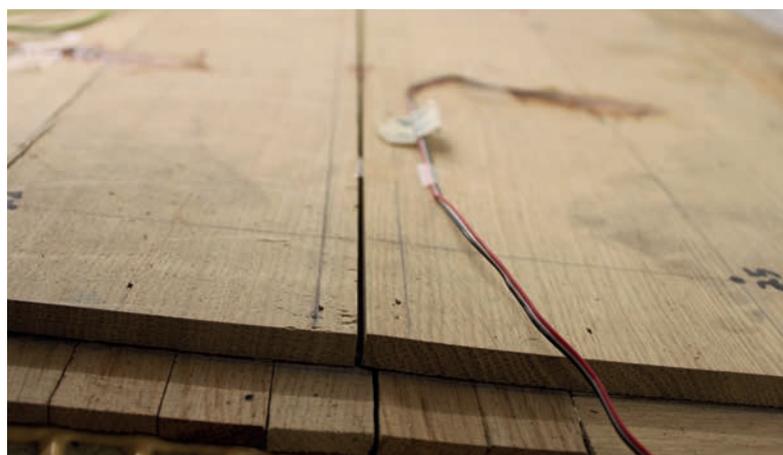
La vitesse d'échange d'humidité entre le bois et l'environnement intérieur peut varier selon que le revêtement de sol est verni, huilé ou ciré. Cependant, il ressort de l'expérience du CSTC que cet aspect est négligeable en comparaison avec les paramètres mentionnés précédemment. **I**

S. Charon, ir., chef adjoint du laboratoire Bois et coatings, CSTC
C. Delmotte, ir., chef du laboratoire Qualité de l'air et ventilation, CSTC

2 | Rupture adhésive entre la colle rigide et le support en raison de conditions trop sèches



3 | Ouverture de joint plus perceptible due à l'absence de chanfrein



A l'initiative des Comités techniques Pierre et marbre et Revêtements durs de murs et de sols, le CSTC a constitué un groupe de travail qui prépare actuellement une Note d'information technique consacrée aux terrasses extérieures sur terre-plein. Le présent article a pour objet de faire le point sur une technique de pose parfois retenue dans le contexte des revêtements de sols extérieurs : la pose sur plots.

Pose sur plots des dallages extérieurs : avantages et inconvénients

1 Avantages

Cette technique consiste à poser le revêtement de sol sur des plots, les joints entre éléments étant laissés ouverts pour y permettre l'évacuation des eaux pluviales.

Ces plots, généralement en matière synthétique, peuvent être de hauteur fixe ou réglable, ceci afin de pouvoir compenser facilement la pente du support ou les défauts de planéité de ce dernier. Notons que certains plots permettent un réglage ultérieur sans démontage du revêtement, possèdent une tête ou à une base inclinable, voire offrent la possibilité de régler indépendamment les dalles qui y prennent appui. La pose sur plots de mortier, généralement maintenus dans des éléments empilables en matière synthétique rigide servant de coffrage perdu, est parfois envisagée compte tenu de son caractère économique, mais elle ne permet pas de réglages ultérieurs.

La largeur nominale des joints est généralement voisine de 5 mm, mais peut être inférieure ou supérieure selon les tolérances dimensionnelles des dalles mises en œuvre et les souhaits du maître d'ouvrage.

L'épaisseur des dalles en pierre naturelle



Système de revêtement de sol posé sur plots

est généralement calculée sur la base de la formule reprise dans la norme NBN EN 1341 intitulée 'Dalles de pierre naturelle pour le pavage extérieur'. L'approche simplifiée qui y est présentée permet de déterminer l'épaisseur des dalles en pierre naturelle pour des formats carrés ou rectangulaires et est applicable à des dalles de dimensions pouvant atteindre jusqu'à 900 x 900 mm maximum. Le tableau ci-dessous reprend les épaisseurs recommandées de quelques types de pierres naturelles pour des formats courants et pour une circulation limitée aux piétons et aux vélos. Dans la pratique, le

secteur considère généralement une épaisseur minimale de 4 cm pour les pierres calcaires et de 3 cm pour les granites.

Dans le cas des dalles en béton et des carreaux céramiques, le fabricant détermine lui-même l'épaisseur des dalles à prévoir en fonction de leurs dimensions. Celle-ci est généralement comprise entre 30 et 60 mm pour les dalles en béton et de l'ordre de 20 mm pour les carreaux céramiques.

Les principaux avantages de la pose sur plots sont :

- la présence de joints ouverts évitant tout risque de fissuration par rapport à des joints obturés
- l'absence de contact avec un mortier de pose, qui permet dès lors d'éviter la formation de rejets ou de dépôts calcaires
- la possibilité de démontage non destructif permettant la récupération éventuelle et, dans le cas des balcons ou des toitures-terrasses, un accès aisé à la membrane d'étanchéité et aux avaloirs (facilitant ainsi l'entretien, la recherche de fuite éventuelle, ...)
- la limitation de la hauteur séparant le revêtement de sol des seuils de porte et portes-fenêtres.

Calcul de l'épaisseur minimale recommandée en fonction de la nature des pierres naturelles et de leur format

Nature	Format carré		Format rectangulaire	
	Jusque 60 x 60 cm	De 60 x 60 à 90 x 90 cm	Jusque 30 x 60 cm	De 30 x 60 à 45 x 90 cm
Calcaire compact type pierre bleue (Rf = 12,3 N/mm ²)	36 mm	39 mm	51 mm	55 mm
Schiste (Rf = 16,5 N/mm ²)	31 mm (*)	34 mm (*)	44 mm (*)	48 mm (*)
Granit (Rf = 22 N/mm ²)	27 mm	29 mm	38 mm	41 mm

(*) Epaisseur calculée ne pouvant satisfaire au délitement des dalles à schistosité marquée (voir § 2.4)



2 Inconvénients

Quelques rares cas de pathologies nous sont parfois signalés et ont trait au ballotement de certaines dalles par rapport à leurs appuis, au comportement dans le temps de certains dallages en pierre naturelle ou à un phénomène de tachage ou de rétention d'eau préférentielle au droit des angles. Signalons également quelques rares cas de soulèvement et de déplacement de dalles sur plots constatés dans le cas de toitures-terrasses situées sur ou à proximité d'immeubles très élevés, ce qui rappelle la nécessité de vérifier la stabilité au vent dans ce type de situation.

2.1 Ballotements de certaines dalles

Les tolérances de planéité des dalles en pierre naturelle, des carreaux céramiques ou des dalles en béton sont respectivement mentionnées dans les normes NBN EN 1341, NBN EN 14411, et NBN B 21-211. Selon le type et les dimensions des dalles concernées, l'écart de planéité admis atteint généralement 2 à 3 mm.

Dans le cas d'une pose scellée ou collée, les défauts de planéité des carreaux ou dalles mis en œuvre se traduisent par de légers désalignements entre ceux-ci (voir NIT 213 et 237).

Dans le cas d'une pose sur plots, un défaut de planéité se manifestant sous la forme d'un voilement (déformation en torsion) de certaines dalles ne permet pas toujours de les appuyer correctement sur leurs quatre angles et risque dès lors de provoquer un ballotement de ces dernières par rapport à leurs appuis. Il importe donc de prévoir, si nécessaire, un calage des angles des dalles au moyen de languettes en matière synthétique ou à l'aide de plots réglables angle par angle.

2.2 Nuances de teinte entre les angles et la partie courante des dalles

Certaines dalles en pierre calcaire ou en granit posées sur des plots de mortier présentent parfois une teinte plus foncée au droit de leurs angles, principalement lorsqu'il s'agit de dalles de teinte claire.

Le contact avec le mortier, uniquement localisé au droit des appuis de dalles, maintient les pierres plus humides au droit de leurs

angles et est responsable de la présence de ces nuances.

Dans le cas de pierres sensibles au tachage et lorsque les dalles sont en contact direct avec le mortier, ce contact partiel peut même être responsable d'une coloration brunâtre préférentiellement localisée au droit de leurs angles.

Il convient donc d'éviter le contact direct entre les dalles et les plots de mortier lorsque celles-ci sont réputées sensibles au tachage.

2.3 Rupture de dalles à structure hétérogène

Toute pierre naturelle peut présenter des faiblesses de structure liée à sa formation géologique. Pour certaines d'entre-elles, il sera exclu de les placer en dallage sur plot, même en intérieur, car l'affaiblissement est généralisé et trop important lorsque celles-ci sont soumises à un effort en flexion. Il s'agit des pierres bréchiques comme le Crema Marfil, le Marron Emperador, certains 'marbres' rouges, roses, gris, ..., qui nécessitent le plus souvent l'encollage d'un filet à l'arrière, même pour une pose traditionnelle.

D'autres pierres non gélives peuvent comporter des défauts tels que des microfissures liées au refroidissement dans les roches volcaniques (le G684-Twilligh, par exemple, voir NIT 228), la présence de diaclases (fractures mal soudées et très fines difficilement visibles à l'œil nu) et certains limés mal colmatés dans des roches sédimentaires (les pierres de Vinalmont, par exemple, voir NIT 163 – Annexe 2) ou encore la présence de fins fils noirs (les calcaires de Tournai, par exemple, voir NIT 163 – Annexe 1). Ces défauts rendent localement ces roches cassantes. L'emploi de ces pierres ne devrait donc pas être retenu dans le cas d'une pose sur plots compte tenu des risques de rupture des dalles lorsque celles-ci sont soumises à un effort de flexion, sauf dans le cas où la carrière opère un choix minutieux (ce qui est normalement le cas pour les carrières possédant un ATG) et autorise ce type de pose.

Notons que la présence de limés au sein de la majorité des pierres calcaires (pierre bleue de Belgique, pierre de Longpré, ...) ne pose habituellement pas de problème particulier, ceux-ci étant le plus souvent parfaitement soudés et ne constituant dès lors pas un affaiblissement du matériau.

2.4 Délamination de dalles de schiste

Des dalles de schiste ou à schistosité marquée (phyllade, argillite, shale, ...) présentent souvent un phénomène de délamination dans l'épaisseur de la dalle. Le délitement s'effectue au niveau d'un plan de clivage principal se localisant généralement à des valeurs comprises entre 15 et 18 mm. Il y a donc inadéquation entre l'épaisseur maximale possible pour ce type de matériau et l'épaisseur calculée en répondant aux règles de calcul de la norme NBN EN 1341 citée auparavant. C'est la raison pour laquelle ce type de pierre est déconseillé dans le cas d'une pose sur plots, car celle-ci nécessite des épaisseurs sensiblement plus importantes que celles recommandées par la structure de la pierre.

2.5 Dégradation de dalles en pierre calcaire de forte épaisseur sous l'influence du gel

Parfois, on constate sur des dalles de forte épaisseur posées sur plots un écaillage de surface symptomatique de dégâts dus au gel, alors que cette mise en œuvre permet *a priori* de diminuer la présence d'humidité dans les dalles et, par là, le niveau d'exposition au gel.

Différentes pistes sont avancées pour expliquer ce phénomène, parmi lesquelles :

- la présence de tensions résultant de températures différentes entre les faces externes des pierres et leur partie centrale (celles-ci engendraient des contraintes de cisaillement dans ces dalles)
- la présence d'eau résiduelle dans le cas de dalles légèrement concaves ou en l'absence de pente au niveau de celles-ci.

Cette pathologie semble surtout atteindre des pierres calcaires dont la formation géologique donne lieu plus fréquemment à des hétérogénéités de gisement. Celles-ci se traduiraient, par exemple, par un changement de porosité ou de taille des pores qui ferait vaciller la pierre vers une pierre gélive, même lorsque cette dernière est faiblement exposée. Une étude est en cours pour tenter d'identifier le ou les facteurs responsables de ces dégradations. |

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

D. Nicaise, dr. sc., chef du laboratoire
Minéralogie et microstructure, CSTC



Pendant plus de 25 ans, la NIT 159 est restée un document de référence pour les peintres en bâtiment. L'apparition de nouveaux produits de finition, l'évolution des techniques d'application et les contraintes induites par les nouvelles réglementations environnementales avaient rendu sa mise à jour nécessaire. Après quelques années de concertation et de capitalisation des informations auprès des professionnels du secteur, la version révisée de ce document, la NIT 249, est enfin publiée !

NIT 249 : une nouvelle NIT relative aux travaux de peinture

La nouvelle NIT conserve la structure générale de la version précédente. Les tableaux décrivant les protocoles de préparation du support et d'application des finitions constituent toujours le cœur du document. Le nouveau guide intègre toutefois plusieurs compléments répondant aux problématiques actuelles.

Selon le support et le type de finition, la NIT 249 propose un, deux ou trois degrés d'exécution des travaux de peinture (voir tableau A). Ceux-ci constituent des outils pour l'établissement des cahiers des charges. Un degré d'exécution par défaut, s'appliquant en l'absence de prescription dans les documents contractuels, est défini pour chaque support. D'une façon générale, le degré d'exécution I ne prévoit pas de correction du support. Pour le degré II, les inégalités (trous, bavures, fissures, ...) sont éliminées localement. Dans le cas du degré III, un enduisage complet est réalisé. La NIT insiste sur le fait que celui-ci permet de rendre le support lisse, mais qu'en raison de sa faible épaisseur il ne peut avoir d'influence sur la planéité globale.

Afin de répondre aux exigences de plus en plus sévères en termes d'aspect, des recommandations relatives à l'état des supports sont également fournies. Celles-ci sont particulièrement importantes pour les peintres puisqu'elles définissent les défauts, tant dimensionnels que d'aspect, qui régissent la réception des supports par le donneur d'ordre avant le début des travaux de peinture (voir tableaux B et C).

En plus des descriptions des dernières innovations dans le domaine des peintures, le document comporte des recommandations liées à des difficultés récurrentes ou à de nouvelles

A | Exemple des travaux requis pour les trois degrés d'exécution dans le cas de la mise en peinture d'enduits intérieurs

Type	Opérations de préparation et de finition réalisées par le peintre	Degré d'exécution		
		I	II (1)	III
Enduits intérieurs	1. Brossage et/ou époussetage	X	X	X
	2. Egrenage et/ou ébarbage		X	X
	3. Rebouchage et dégrossissage local		X	X
	4. Enduisage complet			X
	5. Ponçage et époussetage			X
	6. Couche de fond	X	X	X
	7. Révision locale à l'enduit (si nécessaire)		X	
	8. Ponçage et époussetage (aux endroits révisés)		X	
	9. Couche de fond (aux endroits révisés)		X	
	10. Couche intermédiaire		(2)	X
	11. Couche de finition	X	X	X

(1) Degré d'exécution par défaut en l'absence de prescription dans le cahier des charges.
(2) Une couche intermédiaire peut s'avérer nécessaire en fonction de la couleur et de la nature du support. Cette opération est effectuée en accord avec le prescripteur.

problématiques (peinture sur mastics, sur ETICS, ...). Ainsi, des indications pour le choix d'une peinture en présence d'une postisolation des murs extérieurs par remplissage de la coulisse sont mentionnées. La NIT précise, notamment que les façades dont la coulisse est entièrement comblée par un isolant, empêchant ainsi toute possibilité de ventilation via celle-ci, peuvent être revêtues d'une peinture perméable à la vapeur d'eau (certaines peintures siloxanes ou silicates, par exemple) présentant une valeur Sd (épaisseur d'air équivalente) inférieure ou égale à 0,05 m.

La NIT intègre enfin plusieurs outils à des-

tinuation du peintre et du donneur d'ordre. Il s'agit notamment des opérations considérées comme ne relevant pas du travail normal du peintre (le bouchonnage des vis de fixation pour les supports en bois, par exemple), d'un aperçu des principales pathologies et des solutions pouvant être apportées, des avantages et points d'attention des différentes peintures, d'un tableau de compatibilité des liants les plus fréquents, ...

Ce document constitue donc la nouvelle référence pour toutes les entreprises actives dans le secteur de la peinture du bâtiment. |

E. Cailleux, dr., chef adjoint du laboratoire Bois et coatings, conseiller technologique, CSTC
V. Pollet, ir., chef adjoint du département Matériaux, technologie et enveloppe, CSTC
W. Van de Sande, ing., chef du département Avis techniques et consultance, CSTC

B | Tolérances de planéité des enduits intérieurs

Classe d'exécution	Contrôle à la règle de...	
	0,2 m	2 m
Normale (1)	2,0 mm	5,0 mm
Spéciale (2)	1,5 mm	3,0 mm

(1) La classe normale est applicable en l'absence de prescriptions particulières dans les documents contractuels.
(2) La classe d'exécution spéciale est à prescrire lorsqu'on souhaite un degré d'exécution III pour la peinture.

C | Irrégularités admissibles des enduits intérieurs en fonction de leur degré de finition

Degré de finition	Description
Normale (1)	<ul style="list-style-type: none"> 4 irrégularités (2) pour 4 m² de surface 2 ondulations par longueur de 2 m
Spéciale (2)	<ul style="list-style-type: none"> 2 irrégularités pour 4 m² de surface 2 ondulations par longueur de 2 m

(1) Le degré de finition normale est applicable en l'absence de prescriptions particulières dans les documents contractuels.
(2) Les irrégularités consistent soit en des zones locales irrégulièrement polies de 0,5 dm² maximum, soit en coups de plâtrasse, soit en la présence de grains de sable.
(3) Le degré de finition spéciale est à prescrire lorsqu'on souhaite un degré d'exécution III pour la peinture.



La combinaison d'une pompe à chaleur de type air/eau avec une chaudière au gaz est une technique qui fait actuellement beaucoup parler d'elle. Cette manière de procéder permet en effet de choisir à tout moment le générateur le mieux adapté, eut égard aux coûts de consommation ou au rendement énergétique. Les performances de ces générateurs hybrides dépendent du système d'émission, de la conception, du réglage et des caractéristiques propres à la pompe à chaleur et à la chaudière.

Générateurs de chaleur hybrides : améliorer les performances en combinant les avantages de la pompe à chaleur et de la chaudière à gaz

Performances énergétiques

Le *coefficient of performance* (COP) d'une pompe à chaleur correspond au rapport entre la chaleur produite par celle-ci et l'électricité consommée. Ainsi, une pompe à chaleur dont le COP vaut 3 fournit trois unités de chaleur par unité d'énergie électrique utilisée.

Afin de pouvoir comparer le rendement de la pompe à chaleur avec celui de la chaudière à gaz, la consommation d'électricité doit être transformée en énergie primaire. La méthode de calcul PEB part du principe que le rendement de production moyen du parc de production d'électricité belge est de 40 %. Cela signifie qu'environ 2,5 kWh d'énergie primaire sont nécessaires pour générer 1 kWh d'énergie électrique. Sur la base de cette information, le rendement équivalent d'une pompe à chaleur dont le COP est de 3 s'élève à 120 % (3/2,5).

Le graphique ci-contre illustre l'évolution typique du rendement à charge partielle d'une pompe à chaleur modulante et d'une chaudière au gaz à condensation dans le cas d'une température de départ qui varie en fonction de la température extérieure et ce, pour deux températures maximales de départ.

Il en ressort que le rendement de la pompe à chaleur air/eau diminue fortement lorsque la température extérieure baisse. Il importe par ailleurs de signaler que les pompes à chaleur ne sont pas toujours à même de fournir la température souhaitée.

En revanche, le rendement des chaudières à condensation ne connaît, quant à lui, qu'une très faible diminution lorsque la température extérieure baisse.

Un 'générateur de chaleur hybride' désigne la combinaison d'une pompe à chaleur air/eau

et d'une chaudière à condensation. Les deux générateurs sont gérés par une régulation automatique de sorte à, par exemple, toujours utiliser le générateur présentant le meilleur rendement. Le passage d'un générateur à l'autre se fait au point d'intersection des deux courbes de rendement (c'est-à-dire au point de commutation). Lorsqu'il fait froid, la chaudière à condensation est enclenchée et, lorsqu'il fait plus doux, c'est au tour de la pompe à chaleur. Plus le régime de température pour le chauffage augmente, plus la zone dans laquelle la pompe à chaleur présente un rendement plus élevé que la chaudière diminue.

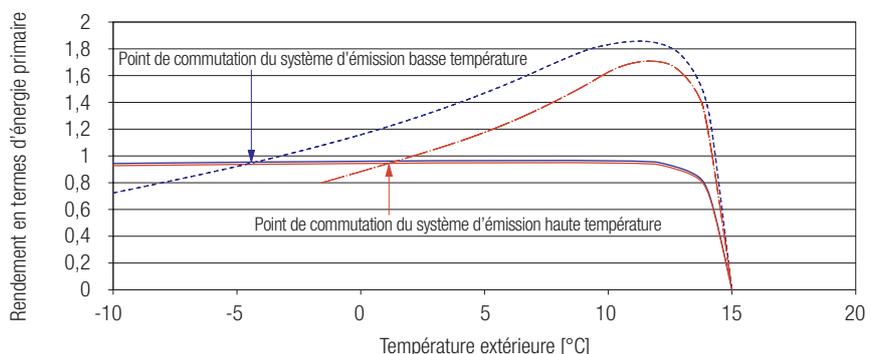
Evaluation

Grâce à un générateur hybride, une trop forte baisse de rendement de la pompe à chaleur due à de faibles températures extérieures peut être compensée par la chaudière. Ceci vaut principalement pour les pompes à chaleur air/eau (les avantages du système hy-

bride sont moins évidents avec les pompes à chaleur eau/eau). Par ailleurs, l'un des points positifs des générateurs hybrides est que la pompe à chaleur ne doit plus être conçue pour fournir la totalité de la puissance (la pompe peut dès lors être plus petite et moins chère). Ils permettent également d'atteindre plus facilement des températures et des performances élevées (pour l'eau chaude sanitaire, par exemple), sans pour autant entraîner de trop grandes pertes de performances.

Il est toutefois toujours très important d'effectuer un calcul de déperditions calorifiques lors de la conception. Enfin, il ne faut pas oublier qu'une installation peu énergivore n'est pas toujours justifiable sur le plan économique.

G. Draelants, ir., chef de projet, C. Delmotte, ir., chef de laboratoire et P. Van den Bossche, ing., chef de laboratoire, division Climat, installations et performances énergétiques, CSTC



— Chaudière au gaz à condensation / Température de départ maximale de la courbe de chauffe = 70 °C
 - - - Pompe à chaleur modulante / Température de départ maximale de la courbe de chauffe = 70 °C
 — Chaudière au gaz à condensation / Température de départ maximale de la courbe de chauffe = 50 °C
 - - - Pompe à chaleur modulante / Température de départ maximale de la courbe de chauffe = 50 °C

Un générateur hybride, constitué d'une chaudière au gaz à condensation et d'une pompe à chaleur air/eau modulante, permet de fonctionner en permanence au rendement le plus élevé. Plus la température d'émission est faible à la puissance maximale, plus la performance saisonnière est élevée.

Comme nous le disions déjà dans le CSTC-Contact 2014/1, l'utilisation de l'eau de pluie est encouragée pour les applications non hygiéniques telles que la lessive, le nettoyage, le jardinage et le rinçage des toilettes. Il n'existe toutefois pas encore d'exigences officielles quant à la qualité des eaux pluviales. Dans cet article, nous tentons de déterminer si ces dernières peuvent satisfaire aux exigences valables pour d'autres types d'eaux.

La qualité des eaux pluviales

La qualité attendue

En 2002 et en 2003, le CSTC a mené une étude de grande envergure sur la qualité des eaux pluviales (voir [Les Dossiers du CSTC 2006/3.2](#)). Pour chaque type d'eau étudié (directement récoltée dans un bac stérile, sur une toiture munie d'une étanchéité non revêtue et sur une autre pourvue d'une couche de lestage constituée de gravier), 25 échantillons ont été prélevés à divers moments tout au long de l'année avant d'être analysés. Les résultats figurent dans le tableau ci-contre, parallèlement aux exigences issues des réglementations relatives à l'eau de baignade, aux eaux de surface et à l'eau potable. Ce tableau révèle que, si la quantité de matières en suspension peut augmenter en cas d'écoulement sur la couverture, la coloration et la contamination organique et bactérienne le peuvent également. Dans le cas d'une toiture non revêtue, nous constatons une acidification de l'eau alors qu'avec une couche de lestage, il y a plutôt neutralisation. Par ailleurs, un contact prolongé entre l'eau de pluie et un réservoir en béton entraîne une neutralisation : des échantillons prélevés dans les citernes ont démontré qu'il était possible d'obtenir un pH quasi neutre.

La qualité des eaux pluviales récoltées dépend également beaucoup de la localisation de la toiture. Des mesures effectuées par le Vlaamse Milieumaatschappij révèlent que le pH des eaux pluviales en Flandre en 2011 variait entre 4,13 (Bonheiden) et 6,38 (Coxyde).

Etant donné la diversité des paramètres d'influence et l'ampleur avec laquelle ils peuvent varier, il est très difficile de définir une qualité 'moyenne' des eaux de pluie.

Les exigences de qualité pour les autres types d'eaux

Il ressort clairement de ce tableau que les eaux pluviales ne répondent pas aux exigences strictes de qualité pour l'eau potable. Celles-ci ne peuvent donc en aucun cas être utilisées pour des applications hygiéniques (la préparation des repas, le bain, ...).

En outre, les valeurs repères issues des réglementations relatives aux eaux de surface et à l'eau potable sont dans certains cas dépassées en ce qui concerne les paramètres relatifs à une contamination organique ou bactérienne (DBO₅, DCO, entérocoques intestinaux et couleur apparente). Ce phénomène est plus prononcé avec les toitures non revêtues qu'avec celles pourvues d'une couche de gravier. En effet, le gravier retient généralement une partie des salissures. Le fait que la valeur du paramètre 'entérocoques intestinaux' est dépassé s'explique par la présence d'excréments d'oiseaux ou d'autres animaux sur la toiture.

Conclusion

De manière générale, nous constatons que la qualité des eaux pluviales diminue à mesure que la saleté sur la toiture augmente. Il va de soi que la qualité des eaux pluviales ne peut pas satisfaire aux exigences légales fixées pour l'eau potable. Même les valeurs indicatives pour l'eau de baignade et les eaux de surface sont dépassées à plusieurs reprises. |

L. Vos, ir.-arch., chercheur, laboratoire
Energie durable et technologies de l'eau, CSTC
K. Dinne, ing., chef du laboratoire
Microbiologie et santé, CSTC

Paramètre étudié	Résultat	Type d'eau				
		Eau récoltée dans un bac stérile	Eau provenant d'une étanchéité non revêtue	Eau provenant d'une couche de lestage en gravier	Eau de baignade ou eaux de surface	Eau potable (1)
pH (degré d'acidité)	Min.	3,98	3,05	2,88	6 (2)	6,5
	Max.	7,38	7	7,56	9 (2)	9,2
	Moy.	5,61	4,89	6,81	-	-
Matières en suspension [mg/l]	Min.	0	0	0	< 50 (3)	-
	Max.	24	44	108		
	Moy.	5	13,9	20,5		
DBO ₅ [mg O ₂ /l] (demande biochimique en oxygène)	Min.	0	0	0	< 6 (3)	-
	Max.	10	51,1	14,4		
	Moy.	3,6	9,3	4,49		
DCO [mg O ₂ /l] (demande chimique en oxygène)	Min.	0	14	3,5	< 30 (3)	-
	Max.	49	706,5	139		
	Moy.	16,33	106,31	24,06		
Entérocoques intestinaux [UFC/100 ml]	Min.	1	0	0	< 200 (4)	0
	Max.	147	2656	2400		
	Moy.	61	352	412		
Couleur apparente [Pt/Co]	Min.	4	28	0	-	Acceptable pour les utilisateurs
	Max.	63	2275	258		
	Moy.	23,4	476,9	67,3		

(1) Directive 98/83/CE (transformée en législation régionale dans les trois Régions).
 (2) VLAREM II – Annexe 2.3.3.
 (3) VLAREM II – Annexe 2.3.1.
 (4) Directive 2006/7/EC (transformée en législation régionale dans les trois Régions).



Depuis la publication en 2008 de la norme acoustique NBN S 01-400-1 pour les immeubles d'habitation, le CSTC s'attache à rédiger des directives de construction répondant aux exigences formulées dans la norme. Ainsi, un certain nombre de concepts de gros œuvre ont déjà été établis pour des immeubles à appartements dotés de planchers continus et interrompus (voir Les Dossiers du CSTC 2012/2.18). Ces concepts consistent à appliquer, en guise de parois verticales entre appartements, des cloisons massives dédoublées. Dans l'article ci-dessous, nous montrons qu'il peut également s'avérer efficace de recourir à des parois constituées d'une cloison de doublage légère et ce, tant pour les appartements que pour les maisons mitoyennes.

Nouveau concept de gros œuvre constitué de parois de doublage acoustiques

Ce nouveau concept de gros œuvre revient à poser, sur toute la surface de l'étage, un plancher massif au-dessus d'une chape flottante performante. Toutes les parois verticales délimitant l'habitation sont, quant à elles, constituées de briques, de blocs ou d'éléments maçonnés ou collés, ou encore, de béton préfabriqué ou coulé *in situ*. Les parois séparant les habitations et celles attenantes aux espaces communs de circulation sont en outre pourvues d'une paroi de doublage thermoacoustique. Par ailleurs, il convient de prévoir, pour chaque paroi qui est en contact avec une de ces parois séparatrices du côté de la paroi de doublage, une coupure antivibratoire au droit du matériau de doublage souple (voir schéma).

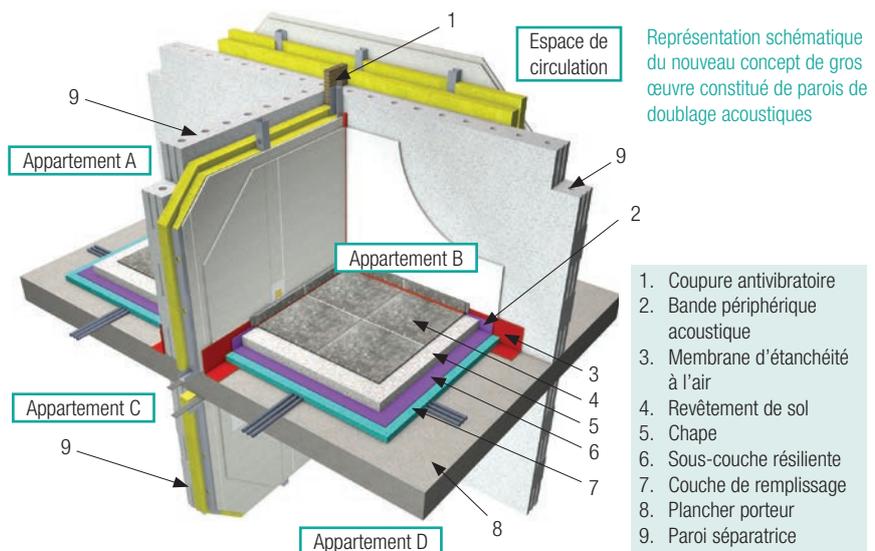
Le tableau ci-dessous révèle que l'isolation acoustique entre deux habitations dépend fortement de la masse surfacique du plancher porteur et des parois porteuses, de l'efficacité de la chape flottante et de la paroi de doublage. Les diverses variantes ont été calculées selon la norme NBN EN 12354-1 et sont d'application pour les constructions constituées de parois de doublage ayant montré en laboratoire une amélioration de

l'isolation aux bruits aériens ΔR_w d'au moins 12 dB avec une paroi de base standard lourde.

Diverses directives de conception et recommandations spécifiques ont été formulées dans Les Dossiers du CSTC 2013/4.14. Pour les directives concernant les fondations, le

raccordement avec les façades et la toiture, la mise en œuvre des chapes flottantes, ..., nous vous invitons à consulter Les Dossiers du CSTC 2012/2.18.

L. De Geetere, dr. ir., chef adjoint de la division Acoustique, CSTC



Caractéristiques des éléments de construction utilisés dans les variantes étudiées et niveaux de confort acoustique correspondants selon la norme NBN S 01-400-1

Variante		1	2	3	4	5	6	7
Conditions générales	Masse surfacique [kg/m ²] du plancher porteur	≥ 500	≥ 400	≥ 500	≥ 400	≥ 500	≥ 600	≥ 500
	Masse surfacique [kg/m ²] de la paroi séparant les appartements et des parois porteuses	≥ 125	≥ 150	≥ 150	≥ 260	≥ 260	≥ 260	≥ 380
Appartements	Niveau de confort acoustique atteint (1)	/	CAN	CAN	CAN	CAN	CAS	CAS
	ΔL_w [dB] de la chape flottante (à l'étage le plus bas également)	≥ 22	≥ 22	≥ 20	≥ 22	≥ 20	≥ 21	≥ 22
	R_w [dB] des cloisons intérieures (2)	≥ 37	≥ 37	≥ 37	≥ 37	≥ 37	≥ 45	≥ 45
Maisons mitoyennes	Niveau de confort acoustique atteint (1)	/	/	(CAN)	CAN	CAN	CAN	CAS
	ΔL_w [dB] de la chape flottante (à l'étage le plus bas également)	-	-	-	-	-	-	≥ 22
	R_w [dB] des cloisons intérieures (2)	≥ 37	≥ 37	≥ 37	≥ 37	≥ 37	≥ 37	≥ 45

(1) CAN : confort acoustique normal; CAS : confort acoustique supérieur; / : confort acoustique non atteint.

(2) Il s'agit d'une paroi située, d'une part, entre une pièce de vie, la cuisine, une chambre ou une salle de bain et, d'autre part, une chambre ou un bureau.



Si la caractérisation optique des protections solaires textiles est une chose maîtrisée, trop souvent encore, il n'est pas possible de faire le lien entre notre perception et les propriétés décrites dans les normes (voir Les Dossiers du CSTC 2010/4.16). Cet article fait le point sur une importante propriété du confort visuel qu'est *la vue au travers*. Il explicite les paramètres influençant la vue de l'intérieur vers l'extérieur, en mode jour, et de l'extérieur vers l'intérieur, en mode nuit. Il propose enfin une classification des performances des toiles textiles pour le premier mode.

Protections solaires textiles : voir sans être vu

Ouverture et couleur

La *vue au travers*, propriété souvent recherchée d'une protection solaire textile, est fonction de son coefficient d'ouverture et de sa couleur.

Le coefficient d'ouverture d'une toile (C_0) ou *openness factor* (OF) se définit comme le rapport (en %) entre la surface des vides et la surface totale de la toile. Il est fonction de l'armure de la toile, c'est-à-dire de son tissage, et est indépendant de sa couleur. Ainsi, une toile opaque présente un coefficient d'ouverture de valeur nulle.

La couleur d'une toile dépend de la couleur

des fils utilisés. Une toile qui se compose de fils de même couleur présentera une teinte uniforme, quel que soit son tissage. Si, au contraire, elle se compose de fils de couleurs différentes (tissu bicolore ou multicolore), ses deux faces peuvent avoir des teintes différentes selon l'armure utilisée.

La couleur d'une toile détermine son coefficient de réflexion lumineuse ρ_v , défini comme le rapport entre le flux lumineux réfléchi et le flux lumineux incident.

Vision de jour

En journée, la vue au travers d'une protec-

tion solaire, de l'intérieur vers l'extérieur, à plus d'un mètre de distance, dépend principalement du tissage de la toile et de sa couleur.

Pour une couleur donnée, une toile possédant un coefficient d'ouverture élevé permettra une meilleure vue au travers qu'une toile à faible coefficient d'ouverture. La figure 1 illustre l'impact de la variation du coefficient d'ouverture sur la vue au travers.

Pour un coefficient d'ouverture donné, une toile de couleur foncée offrira une meilleure vue au travers qu'une toile de couleur claire. La figure 2 illustre l'effet de la variation de la couleur de la toile sur la vue au travers et met

1 | Effet du coefficient d'ouverture sur la vision de jour



Pas de protection solaire



Toile A – Armure : natté
Couleur : noir - ρ_v : 0,04
Coefficient d'ouverture C_0 : 15 %
Classe de contact visuel extérieur : 4
Transmission solaire τ_g : 0,17



Toile B – Armure : sergé
Couleur : noir - ρ_v : 0,06
Coefficient d'ouverture C_0 : 3 %
Classe de contact visuel extérieur : 2
Transmission solaire τ_g : 0,03

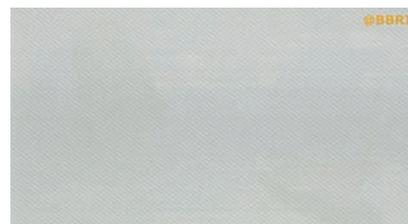
2 | Effet de la couleur sur la vision de jour



Toile B – Armure : sergé
Couleur : noir - ρ_v : 0,06
Coefficient d'ouverture C_0 : 3 %
Classe de contact visuel extérieur : 2
Transmission solaire τ_g : 0,03



Toile C – Armure : sergé
Couleur : gris - ρ_v : 0,17
Coefficient d'ouverture C_0 : 3 %
Classe de contact visuel extérieur : 2
Transmission solaire τ_g : 0,05



Toile D – Armure : sergé
Couleur : blanc - ρ_v : 0,74
Coefficient d'ouverture C_0 : 3 %
Classe de contact visuel extérieur : 0
Transmission solaire τ_g : 0,19



Infos utiles

Un outil informatique PROSOLIS a été développé par le CSTC et la cellule Architecture et Climat de l’UCL pour aider au choix des protections solaires en fonction des principaux critères du confort thermique et du confort visuel : limitation de la surchauffe, limitation de l’éblouissement, apport en éclairage naturel, ... Il est disponible en français et en anglais sur www.prosolis.be.

Par ailleurs, une monographie sur les protections solaires est en cours de préparation au CSTC. Elle fera le point sur la caractérisation et la détermination de leurs propriétés énergétiques et visuelles.

en évidence l’effet de voile lumineux qui se marque lorsque la toile est de couleur claire.

La norme NBN EN 14501 fixe des classes de performance de contact visuel extérieur. Les performances y sont définies par rapport à leur influence (0 = très peu d’effet, 4 = très bon effet) sur la base des valeurs de transmission lumineuse normale et diffuse.

Si notre perception visuelle suit globalement cette classification, elle est cependant plus fine. C’est pourquoi il est utile de croiser les informations données sur les produits avec le tableau proposé ci-contre.

Vision de nuit

En vision de nuit, ce n’est plus la vue au travers qui est caractérisée, mais l’intimité

Vue au travers d’une toile en vision de jour en fonction du facteur d’ouverture et de la couleur

Couleur	Coefficient d’ouverture [%]		
	$0 < C_0 \leq 4$	$4 \leq C_0 \leq 10$	$C_0 > 10$
Foncée ($\rho_v \leq 0,10$)	Difficile	Facile	Très facile
Intermédiaire ($0,10 < \rho_v \leq 0,50$)	Très difficile	Difficile	Facile
Clair ($0,50 < \rho_v$)	Impossible	Impossible	Difficile

de nuit, c’est-à-dire la capacité d’un store, en position totalement déployée et fermée, à protéger les personnes des regards extérieurs, la nuit, dans des conditions d’éclairage normales.

L’intimité de nuit (inversement proportionnelle à la vue au travers de l’extérieur vers l’intérieur) d’une protection solaire dépend principalement du tissage de la toile, et

moins de la couleur. Ceci s’explique par le fait que le contraste entre la toile et l’arrière-fond est toujours important, quelle que soit la couleur de la toile, puisque l’éclairage extérieur sur la toile est faible (voir figures 3 et 4).

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

3 | Effet du coefficient d’ouverture sur l’intimité de nuit



Pas de protection solaire



Toile A – Armure : natté
Couleur : noir - ρ_v : 0,04
Coefficient d’ouverture C_0 : 15 %
Classe d’intimité de nuit : 0
Transmission solaire τ_g : 0,17



Toile B – Armure : sergé
Couleur : noir - ρ_v : 0,06
Coefficient d’ouverture C_0 : 3 %
Classe d’intimité de nuit : 2
Transmission solaire τ_g : 0,03

4 | Effet de la couleur sur l’intimité de nuit



Toile B – Armure : sergé
Couleur : noir - ρ_v : 0,06
Coefficient d’ouverture C_0 : 3 %
Classe d’intimité de nuit : 2
Transmission solaire τ_g : 0,03



Toile C – Armure : sergé
Couleur : gris - ρ_v : 0,17
Coefficient d’ouverture C_0 : 3 %
Classe d’intimité de nuit : 2
Transmission solaire τ_g : 0,05



Toile D – Armure : sergé
Couleur : blanc - ρ_v : 0,74
Coefficient d’ouverture C_0 : 3 %
Classe d’intimité de nuit : 2
Transmission solaire τ_g : 0,19



Les systèmes *track and trace* et d'enregistrement du temps ont fait leur apparition il y a quelques années déjà dans le secteur de la construction. Il ressort d'une enquête menée auprès de nombreuses entreprises de construction que ces systèmes apportent des avantages considérables et permettent de réaliser d'importantes économies et ce, également pour les très petites entreprises. Il semble néanmoins que de nombreuses entreprises n'aient pas encore été suffisamment informées.

Les systèmes *track and trace* et d'enregistrement du temps

1 Information et contrôle

Il arrive souvent dans le secteur de la construction que les employés soient amenés à travailler dans divers endroits. L'employeur n'a dès lors que très peu d'informations et de contrôle sur :

- l'endroit où son personnel et son matériel se trouvent exactement
- les routes empruntées et le nombre de kilomètres effectués
- l'heure d'arrivée et de départ sur le chantier ou chez le client
- le nombre d'heures prestées sur le chantier ou chez le client
- les tâches effectuées
- le comportement sur la route, ...

Il en va de même pour le personnel qui travaille à un endroit fixe (dans un atelier de production ou un bureau, par exemple). Un manque de clarté peut effectivement subsister quant à leur emploi du temps exact.

Il est pourtant important de disposer de ces informations pour le contrôle du nombre d'heures prestées, l'optimisation du rendement, le paiement correct des salaires et indemnités ou encore de la facturation exacte aux clients.

Les systèmes *track and trace* et d'enregistrement du temps sont peut-être la solution.

2 Les systèmes

2.1 Fonctionnement d'un système *track and trace*

Un système *track and trace* permet de repérer et suivre des véhicules, des personnes et du matériel.

Pour ce faire, une sorte de boîte noire est installée dans le véhicule ou sur le matériel. Cette boîte envoie vers un service web (*),

grâce au réseau de téléphonie mobile, la position, la vitesse, la direction, le kilométrage, le nombre d'heures durant lesquelles le moteur tourne ou l'état de ce dernier (marche/arrêt). La boîte noire est généralement alimentée par la batterie du véhicule ou du matériel, sinon, comme c'est le cas pour les semi-remorques, elle peut être alimentée grâce à une batterie autonome. Enfin, les informations peuvent également être transmises par l'intermédiaire d'un smartphone.

2.2 Fonctionnement du système d'enregistrement du temps

Le but d'un système d'enregistrement du temps est d'enregistrer les activités des employés ainsi que le temps consacré pour chacune d'elles.

En général, les trois informations suivantes sont retenues :

- l'identité de l'employé
- le projet ou l'activité effectués (tâches types)
- les heures de début et de fin d'activité.

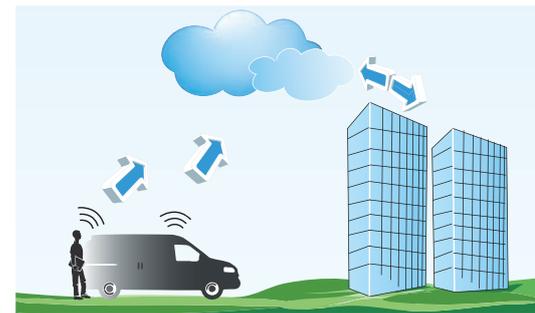
L'enregistrement peut être réalisé :

- à l'aide d'un badge personnel (pour l'identification, par exemple)
- en scannant un code-barres avec un scanner fixe ou mobile
- via une application sur smartphone ou sur tablette
- en les introduisant avec un clavier (sur un écran tactile, par exemple), ...

Dans la pratique, ces deux systèmes sont étroitement liés.

3 L'utilité de ces systèmes

Grâce à ces deux systèmes, il est plus facile pour l'employeur d'avoir une vue d'ensemble sur une série de données et de contrôler ces dernières. Des essais ont ain-



Représentation schématique du fonctionnement du système *track and trace*

si révélé que le nombre d'heures de travail enregistrées diminuait généralement après l'introduction de tels systèmes. En outre, ces systèmes permettent de réduire fortement le risque de commettre des erreurs en retranscrivant, en arrondissant et en transmettant des données. L'exactitude et la rapidité avec laquelle on obtient des données sont énormément appréciés par la plupart des entreprises de construction.

4 Registre de présence sur les grands chantiers et autres obligations légales

Les systèmes *track and trace* et d'enregistrement du temps peuvent constituer une aide pour un certain nombre d'obligations légales telles que le calcul des indemnités de déplacement et des primes de mobilité ou l'établissement du registre de présence sur les grands chantiers. Il va néanmoins de soi qu'il subsiste encore un certain nombre de questions relatives notamment aux modalités de confirmation, l'enregistrement des sous-traitants, ...

B. Coemans, ing., conseiller principal, division Gestion, qualité et techniques de l'information, CSTC

O. Sabbe, ing., chef adjoint du département

Communication et gestion, CSTC

(*) Exceptionnellement, d'autres données peuvent être enregistrées, notamment la force sur le vilebrequin, la consommation de carburant, ...

Disponible sur www.cstc.be

Deux NIT attendues par le secteur sont récemment sorties de presse. Il s'agit de la NIT 250 'Détails de référence pour les constructions enterrées' et de la NIT 251 'L'isolation thermique des toitures à versants'.



La **NIT 250** est la première d'une série consacrée à la réalisation de détails de référence sur mesure. Ces NIT comportent quantité de tableaux, de schémas et de recommandations pratiques pour la réalisation des détails ainsi qu'à leurs conséquences sur la coordination des travaux. La NIT 250, qui inaugure ce nouveau concept, traite de l'étanchéité à l'eau des constructions enterrées (caves). Chaque détail est accompagné d'une description des points auxquels il convient de prêter attention et – si nécessaire – d'illustrations et de représentations 3D facilitant la compréhension.

La **NIT 251** a pour objet l'isolation thermique des toitures, en tuiles ou en ardoises, des maisons unifamiliales. Il est loin le temps où la toiture n'avait pour but que de protéger le bâtiment de la pluie. L'isolation thermique des versants de toiture n'est à présent plus seulement un *must* pour les constructions neuves, elle prend également une place de plus en plus importante dans les rénovations. Ces travaux d'isolation doivent toutefois être conçus et effectués en connaissance de cause afin d'éviter que de la condensation n'apparaisse dans la structure de la toiture. Cet aspect est largement traité dans la NIT.



Agenda

- Démolir ou rénover ? A la recherche d'un optimum constructif
 - 8 octobre 2014, Moulins de Beez, Namur
 - 13 novembre 2014, Huis van de Bouw, Zwijnaarde
 - 27 novembre 2014, Confédération Construction, Bruxelles
- Salon BUILTY
 - 8 et 9 octobre 2014, Tour & Taxis, Bruxelles

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