



cstc.be
Recherche • Développe • Informe

Contact

UNE ÉDITION DU CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION

2017/4

**Humidité
ascensionnelle**
p6-7

**Efflorescences
de gypse**
p16-17

**Traitements
antitartre**
p26-27

**Gestion des
commandes
et des stocks**
p34



Sommaire 2017/4

Digital Construction Brussels :
une première édition réussie ! 3

 Géostrucures thermiques 4

 Comparaison des traitements
contre l'humidité ascensionnelle 6

 Toiture sarking : traitement des pieds de versants
en rénovation 8

 Toitures plates avec support
constitué d'éléments de type TT 10

 Liaison d'un parement maçonné
à une ossature en bois 12

 Dimensionnement des cloisons intérieures en verre 14

 Apparition tardive d'efflorescences de gypse
sur les maçonneries de briques 16

Pleins feux + FAQ 18

  Mesurage des revêtements de murs et de sols
selon la norme NBN B 06-001 20

 Chapes fluides à base de sulfate de calcium :
les chapes du futur ? 22

 Application de peinture sur des supports en béton 24

 Les traitements antitartre :
évaluation de leurs performances 26

 Maintenir le confort thermique en été 28

 Rénovation acoustique des planchers en bois 30

 Quelle(s) classification(s) pour le BIM ? 32

 Mieux gérer les commandes et les stocks 34

Digital Construction Brussels :

une première édition réussie !

Les 11 et 12 octobre derniers, la Wild Gallery de Forest accueillait **le tout premier salon sectoriel entièrement consacré au numérique** au sens le plus large. Pour ce premier rendez-vous réservé aux professionnels, le CSTC et la Confédération Construction avaient mis les petits plats dans les grands, mettant à l'honneur un large éventail de solutions numériques susceptibles d'améliorer le quotidien des entreprises.

Et le moins que l'on puisse dire est que cette première fut une réussite. Jugez-en vous-même : plus de **1.500 visiteurs**, **60 exposés** couvrant une pléiade de sujets comme le BIM, les drones, l'impression 3D, le scan 3D, les outils de planification et de calcul du prix de revient, l'e-facturation, ...

Les nombreux exposants (une soixantaine) ont été ravis de la convivialité, du cadre et de la qualité des contacts qu'ils ont pu établir.

Lors d'une conférence de presse, R. De Mûelenaere, administrateur délégué de la Confédération Construction, a démontré que l'image très conservatrice du secteur appartenait désormais au passé. « Pour le secteur de la construction, les technologies sur lesquelles est bâtie la 4^e révolution industrielle offrent des **perspectives inédites** d'industrialisation et d'optimisation du processus constructif », a enchaîné O. Vandooren, directeur général adjoint du CSTC. Les moyens numériques mis à notre disposition aujourd'hui nous offrent la **possibilité de mieux communiquer et de collaborer plus efficacement**, ce qui permet aux entreprises de se concentrer sur leur métier de base pour le plus grand profit des clients. S'il reste bien entendu du chemin à parcourir, nul doute que l'enthousiasme des participants gagnera progressivement l'ensemble des acteurs du secteur. Gageons d'ores et déjà que la prochaine édition réunira plus du double de visiteurs !



Les géostructures énergétiques ou thermiques sont des éléments de fondation dans lesquels sont intégrés des échangeurs de chaleur. Ces géostructures peuvent constituer une source d'énergie géothermique relativement peu coûteuse. De plus, se situant généralement sous le bâtiment, elles apportent également une solution en cas de forages verticaux profonds difficiles ou impossibles à effectuer (accessibilité limitée, restrictions de forage). Cet article traite en détail de ces systèmes, des défis qu'ils présentent et des points auxquels il faut prêter attention lors de leur mise en œuvre.

Géostructures thermiques

Des éléments de fondation comme sources thermiques

Le principe des géostructures thermiques est comparable à celui des systèmes traditionnels, qui consistent à installer des échangeurs de chaleur en forme de U dans des forages verticaux de 100 à 150 m de profondeur (voir [NIT 259](#)). Toutefois, les géostructures ne sont généralement pas installées à plus de 15 m de profondeur (30 m dans certains cas). Jusqu'à 10 à 15 m de profondeur, la température du sol est sujette aux variations saisonnières, bien que cette influence se fasse beaucoup moins ressentir à partir de 6 à 7 m environ.

Les pieux de fondation, les micropieux, les parois de soutènement, les radiers, les tirants d'ancrage et les tunnels sont autant d'exemples de géostructures pouvant être utilisées comme sources thermiques.

Depuis quelques années en Belgique, les pieux énergétiques sont utilisés avec succès dans des projets divers. Néanmoins, ceux-ci ne parviennent pas à réaliser une véritable percée, et ce malgré le fait que leur capacité énergétique suffirait dans la plupart des cas à couvrir les besoins de chauffage et une partie des besoins de refroidissement du bâtiment dont ils constituent les fondations. La faisabilité de cette technique varie en fonction du projet et, notamment, du rapport entre la longueur de pieu disponible (ou de la surface du mur dans le cas d'un mur de soutènement) et les besoins énergétiques du bâtiment.



1 | Echangeur de chaleur avec conduite en forme de U fixé dans une cage d'armature.

Il convient en outre de prêter attention à la conception énergétique des géostructures. Contrairement à un champ de forage classique, où le nombre et la profondeur des forages sont déterminés sur la base des besoins énergétiques du bâtiment, le nombre et les dimensions des éléments enterrés sont généralement fixes dans le cas des géostructures. Cela signifie qu'il convient d'estimer, à partir de ces conditions limites, la quantité d'énergie thermique pouvant être échangée avec le sol. Dans certains cas, il peut s'avérer nécessaire d'effectuer des forages verticaux supplémentaires ou de trouver une autre source d'énergie.

Recherche

Pour mieux comprendre le comportement général des géostructures thermiques, le CSTC s'est penché sur quelques cas d'étude pratiques (pieux

énergétiques, radier activé thermiquement) dans le cadre du projet VIS 'Smart Geotherm' financé par VLAIO. Il en est ressorti que les géostructures ont énormément de potentiel en tant que sources d'énergie géothermique, mais que les géostructures peu profondes (radier sous le niveau de la cave, par exemple) nécessitent une attention particulière. En effet, la température des supports peu profonds augmente naturellement en été, ce qui influence négativement leur capacité de refroidissement.

Un vaste projet pilote a également été consacré aux pieux énergétiques. Son objectif était d'étudier le comportement thermomécanique de certains types de pieux couramment utilisés en Belgique. En se réchauffant ou en se refroidissant, un élément de fondation aura effectivement tendance à se dilater ou à se contracter. Ce mouvement est toutefois (partiellement) limité par le



sol environnant et la structure en surface, ce qui entraîne des contraintes thermiques supplémentaires. Il ressort de ce projet que :

- les contraintes induites thermiquement dans le béton sont restées dans des limites acceptables
- les variations de température imposées n'ont pas eu d'effet notable sur la capacité portante des pieux. Néanmoins, on observe une redistribution (relativement complexe) de la transmission des charges vers le sol
- les déplacements en tête observés durant les essais pour les contraintes thermiques les plus extrêmes sont toutefois restés limités à ± 3 mm par rapport à la situation d'équilibre. En pratique, ces déplacements seront cependant beaucoup plus restreints en raison de la structure en surface.

Défis et points d'attention durant la mise en œuvre

Bien que les résultats soient encourageants, de nombreux défis restent encore à relever sur le plan de la conception énergétique et géotechnique des géostructures. C'est la raison pour laquelle seuls les pieux énergétiques font actuellement l'objet de directives et de logiciels de conception. Concer-

Les géostructures thermiques peuvent constituer une source d'énergie géothermique relativement peu coûteuse.

nant les autres types de géostructures thermiques, il faut donc émettre des hypothèses ou recourir à des logiciels de conception plus complexes.

En général, les recommandations relatives à la conception et à la réalisation des géostructures thermiques sont les mêmes que celles applicables aux échangeurs de chaleur en forme de U placés dans des forages verticaux (voir NIT 259). Pour ce qui est de l'intégration des échangeurs de chaleur dans la géostructure, il faut toutefois tenir compte de certains aspects spécifiques. Ainsi, il n'est pas rare que l'on ait à faire à des conduites relativement courtes par élément, ce qui nécessite non seulement une adaptation du raccordement hydraulique, mais également un soin particulier lors de la purge du système.

Dans de nombreux cas, les échangeurs sont fixés dans une cage d'armature

(voir figure 1 à la page précédente) avant ou pendant la mise en place de la cage. Les points de fixation doivent être prévus à intervalles réguliers, de sorte que les conduites restent dans la position souhaitée durant le bétonnage. En ce qui concerne les conduites placées horizontalement (sous un radier ou devant le réseau collecteur, par exemple), il convient de prendre les mesures préventives nécessaires afin d'éviter de les endommager (pose dans un lit de sable, par exemple; voir figure 2). Il est en outre recommandé de vérifier l'étanchéité des conduites de manière régulière et après chaque activité risquée.

Enfin, il faut veiller plus particulièrement au raccordement de la géostructure à la structure en surface. Ainsi, les mouvements éventuellement attendus doivent pouvoir être repris par les conduites, et les traversées de conduites dans les dalles doivent être étanches. |



ACO Bouwteam

2 | Échangeurs de chaleur posés dans un lit de sable sous le radier.

G. Van Lysebetten, ir., chef de projet,
laboratoire Géotechnique et monitoring, CSTC
N. Huybrechts, ir., chef de la division
Géotechnique, CSTC

Guide

Pour de plus amples informations concernant la conception et la réalisation des géostructures thermiques, on consultera le guide **Smart Geotherm 'Thermische geostructuren'** (uniquement disponible en néerlandais), rédigé à partir d'expériences menées sur des cas pratiques, de campagnes d'essai et de monitoring et sur la base de directives étrangères.

Afin d'évaluer l'efficacité de quelques traitements courants contre l'humidité ascensionnelle (voir également la NIT 252), le CSTC a comparé diverses techniques dans le cadre du projet EMERISDA (*Effectiveness of Methods against Rising Damp*) mené en collaboration avec des instituts néerlandais et italiens. Plusieurs bâtiments historiques caractérisés par des murs épais, des conditions de séchage parfois difficiles et/ou des teneurs en sels élevées ont été étudiés dans des conditions de chantier. Cet article traite des résultats obtenus grâce aux techniques d'injection et aux méthodes électromagnétiques.

Comparaison des traitements contre l'humidité ascensionnelle

Une humidification permanente – due à l'humidité ascensionnelle combinée, par exemple, à des cycles de gel-dégel ou à la cristallisation des sels – est dommageable pour la maçonnerie, le bois, les métaux et les matériaux de finition. Elle représente donc une menace pour le patrimoine historique et, par extension, pour l'ensemble des bâtiments anciens. En raison de son impact sur le climat intérieur et du risque inhérent de développement de moisissures, l'humidité ascensionnelle peut également nuire à la santé des occupants. Ce phénomène doit dès lors impérativement être maîtrisé, et ce également lorsqu'on procède à une rénovation énergétique. En effet, si l'on isole ou étanchéifie un bâtiment humide, on risque d'aggraver la situation. La présence d'humidité peut en outre diminuer la résistance thermique des matériaux et la nécessité de les assécher en permanence peut engendrer un coût énergétique élevé. La suppression des sources d'humidité est dès lors primordiale en cas de rénovation énergétique.

Programme d'essai et résultats

Le programme d'essai consistait à appliquer les techniques susmentionnées à certains bâtiments situés en Belgique, aux Pays-Bas et en Italie. Après le traitement, l'évolution de la situation a été étudiée en établissant régulièrement

un profil du taux d'humidité total et du comportement hygroscopique de la maçonnerie.

Concernant les **techniques d'injection** (voir figure 1), plus courantes en Belgique qu'aux Pays-Bas, par exemple, les catégories de produits suivantes, issues de la famille des silicones, ont été testées :

- une émulsion d'eau et de silane/siloxane, concentration de 10 %
- une solution de siloxane dans un solvant organique, concentration de 10 %
- une crème d'injection à base de

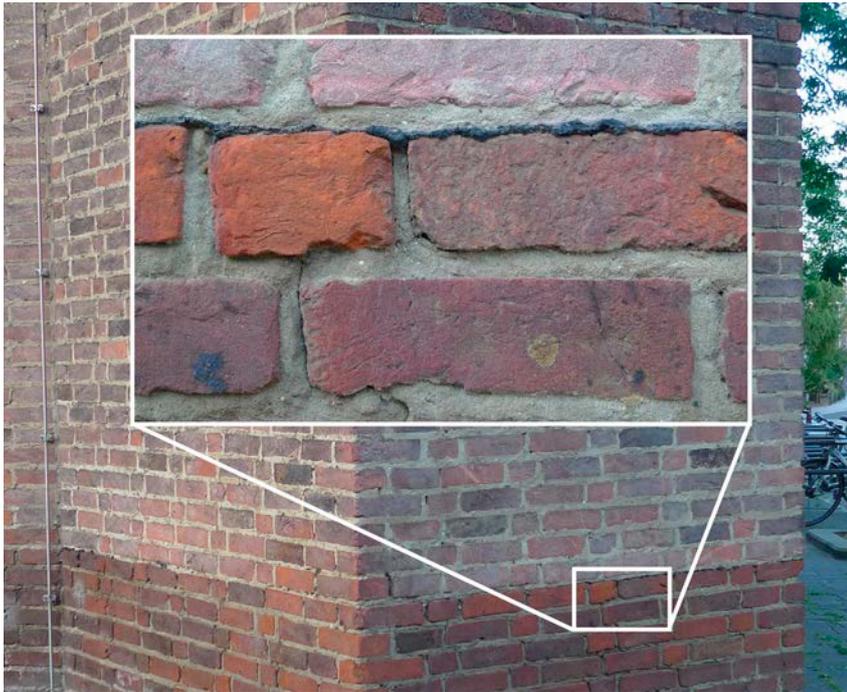
silane/siloxane, concentration de 65 %

- une crème d'injection à base de silane, concentration de 80 %.

Il est à souligner que tous les produits d'injection à base de silane et/ou de siloxane ne seront pas forcément efficaces. L'efficacité du traitement dépend en effet en grande partie de la formulation spécifique du produit (laquelle influence sa migration, par exemple) et de la composition chimique du composé actif. Il convient également de signaler que certaines catégories de produits,



1 | Mise en œuvre d'un traitement contre l'humidité ascensionnelle par injection.



2 | Autrefois, une couche de goudron était parfois appliquée comme solution contre l'humidité ascensionnelle.

Après l'injection, une diminution constante du taux d'humidité a pu être constatée dans la maçonnerie.

dont on sait que l'efficacité est variable, voire mauvaise, n'ont pas été testées (voir NIT 252).

En revanche, les résultats de l'étude confirment bel et bien nos connaissances concernant les techniques d'injection. Ainsi, après injection des quatre types de produits précités, une diminution constante du taux d'humidité a pu être constatée dans la maçonnerie.

Dans certains cas, une injection de produits issus de la famille des silicones peut toutefois se révéler inefficace. Ceci est bien souvent dû à la présence en quantité importante d'un matériau organique dans le mortier de pose, laquelle peut à son tour s'expliquer par la présence de matériaux bitumineux, que l'on utilisait autrefois sous diverses formes pour assurer l'étanchéité à l'eau

(voir figure 2). Ceux-ci pouvaient, par exemple, être mélangés comme émulsion avec le mortier de pose pour en améliorer l'étanchéité à l'eau. Ces mortiers ont un aspect plus sombre, noir parfois, et une consistance plutôt visqueuse. Bien qu'ils offrent une certaine protection contre l'humidité ascensionnelle, on sait par expérience qu'ils ne peuvent pas être considérés comme véritablement étanches à l'eau. L'étude révèle néanmoins qu'il est possible de traiter efficacement de tels mortiers en y injectant des copolymères fluorés. Ces substances ne sont pas commercialisées en tant que produits d'injection à l'heure actuelle, mais comme moyens de protection contre les graffitis. Moyennant une bonne concentration (environ 10 %) et une mise en œuvre correcte, parfaitement identique à celle des produits à base de silicone 'classiques', il

est possible d'obtenir une protection efficace contre l'humidité ascensionnelle avec ces produits également.

En ce qui concerne les **méthodes électromagnétiques**, les résultats sont moins probants. Dans la mesure où ces méthodes requièrent peu de travail de préparation et n'entraînent, pour ainsi dire, aucune dégradation au bâtiment, elles présentent de nombreux avantages. Il ressort néanmoins des campagnes d'essais menées en Belgique et aux Pays-Bas qu'elles ne répondent pas aux attentes, plus particulièrement lorsque l'on compare leur efficacité avec celle des traitements par injection.

Conclusion

Cette étude a permis de tester de manière approfondie et systématique les données empiriques disponibles. Les résultats confirment tout d'abord l'efficacité des techniques d'injection fréquemment employées en Belgique, à condition que le produit soit de qualité et correctement appliqué. Pour une description détaillée de ces techniques, des produits et des paramètres de mise en œuvre, il y a lieu de consulter la NIT 252.

Ensuite, il semble que les méthodes électromagnétiques ne constituent pas une alternative valable face aux injections ou à la pose d'une barrière physique à l'humidité.

Enfin, il faut souligner que les interventions visant à contrer l'humidité ascensionnelle ne sont pas applicables à tous les problèmes d'humidité. En effet, elles n'apportent une solution que lorsqu'il est véritablement question d'humidité ascensionnelle et ne peuvent donc pas être utilisées pour n'importe quel problème d'humidité se manifestant au pied d'un mur (pontage au niveau du plafonnage, sels hygroscopiques ou obstruction de la coulisse d'un mur creux, par exemple). Un diagnostic précis est donc toujours essentiel. **I**

Y. Vanhellemont, ir., chef adjoint du laboratoire 'Rénovation, CSTC



Les systèmes de toiture sarking sont de plus en plus fréquemment utilisés en rénovation. Ils permettent notamment d'assurer une continuité avec l'isolation thermique qui serait appliquée sur la face externe des façades. Cet article fournit des pistes permettant de gérer les contraintes inhérentes à la rénovation, plus particulièrement en ce qui concerne le traitement des pieds de versants.

Toiture sarking : traitement des pieds de versants en rénovation

Qu'est-ce qu'une toiture sarking ?

Le système de la toiture sarking consiste à placer des panneaux d'isolation thermique rigides au-dessus de la charpente (chevrons ou fermettes) et à poser la couverture (tuiles ou ardoises) par-dessus ces panneaux (voir figure 1). La gamme des panneaux utilisables est très variée. Ce système peut compléter l'isolation thermique mise en œuvre entre les éléments de charpente.

Il nécessite toutefois certaines précautions telles qu'une largeur minimum des chevrons ou des fermettes, afin de fixer correctement les contre-lattes. La [NIT 251](#) fournit de plus amples infor-

mations à ce sujet ainsi que les ordres de grandeur de l'épaisseur de l'isolant en fonction de sa nature et du niveau d'isolation souhaité.

Avantages et difficultés dans le cadre d'une rénovation

La mise en œuvre de l'isolation selon le principe de la toiture sarking offre un certain nombre d'avantages. Effectivement, dans le cas de travaux de rénovation, la possibilité d'isoler la toiture sans devoir modifier le parachèvement intérieur en fait une solution privilégiée. De plus, la charpente est alors également mieux protégée contre les fortes

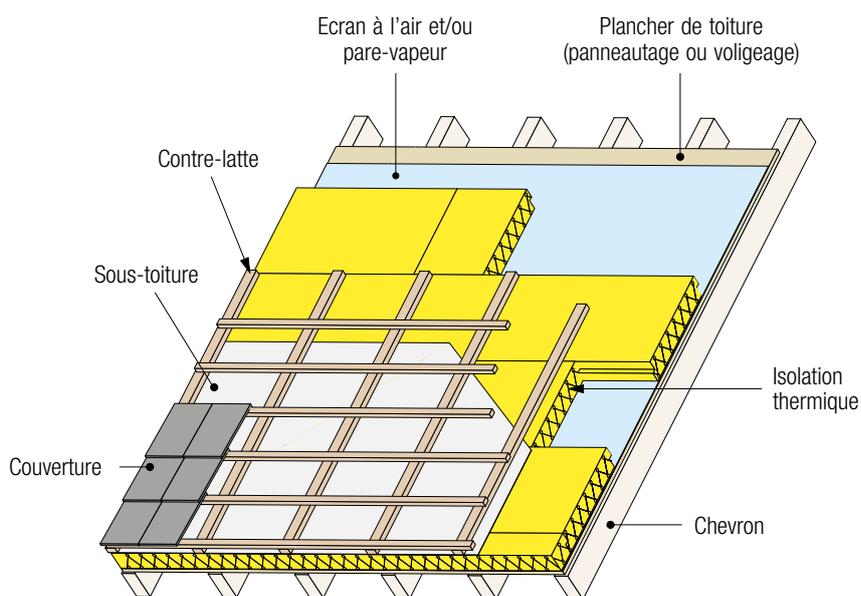
variations de température entre le jour et la nuit ou entre l'hiver et l'été.

Le complexe sarking se pose idéalement sur un support continu, solide et plan, ce qui facilite la mise en œuvre de l'étanchéité à l'air en partie courante. Grâce à son principe d'isolation par l'extérieur de la toiture, la jonction avec les murs isolés par l'extérieur est aisée. En revanche, en cas de murs isolés par l'intérieur ou destinés à être isolés par l'intérieur ultérieurement, la position du pare-air/pare-vapeur du côté extérieur de la structure de toiture ne permet pas d'assurer facilement la continuité de l'isolation et du pare-air au niveau des nœuds constructifs.

Solution pour le pied des versants de toiture

Les situations illustrées à la page suivante sont applicables en cas de rénovation d'une toiture à versants d'un bâtiment présentant des murs pleins (une brique et demie) pas encore isolés. Elles concernent une part non négligeable du bâti existant datant d'avant la Seconde Guerre mondiale. Les figures 2 et 3 illustrent deux solutions selon que la sablière est positionnée respectivement au nu intérieur ou au nu extérieur de la maçonnerie.

Lorsque **la sablière est posée du côté intérieur du mur** (voir figure 2), il est proposé de couper les chevrons existants à la verticale, afin de permettre de rabattre plus aisément le pare-vapeur jusqu'à la tête du mur de façade.



1 | Schéma de principe d'une toiture sarking.



Concernant l'étanchéité à l'air, celle du mur étant assurée par l'enduit intérieur, il n'y a pas de continuité *stricto sensu* dans la situation présentée. Toutefois, cette solution est jugée acceptable et satisfaisante dans le cadre d'une rénovation pour laquelle aucune autre solution ne peut être envisagée, pour autant que le risque de condensation superficielle soit écarté.

Un mortier sera mis en œuvre pour traiter les irrégularités du mur existant. Ensuite, le pare-vapeur sera fixé à la tête du mur de façade à l'aide d'un cordon de colle, et ce sur toute sa longueur. Idéalement, une membrane de raccord assurera la transition entre le pare-vapeur et le mortier.

L'ajout d'un élément de calage vertical, vissé aux extrémités des chevrons, permet de fixer mécaniquement la membrane à l'instar d'une parclose et d'en améliorer la durabilité.

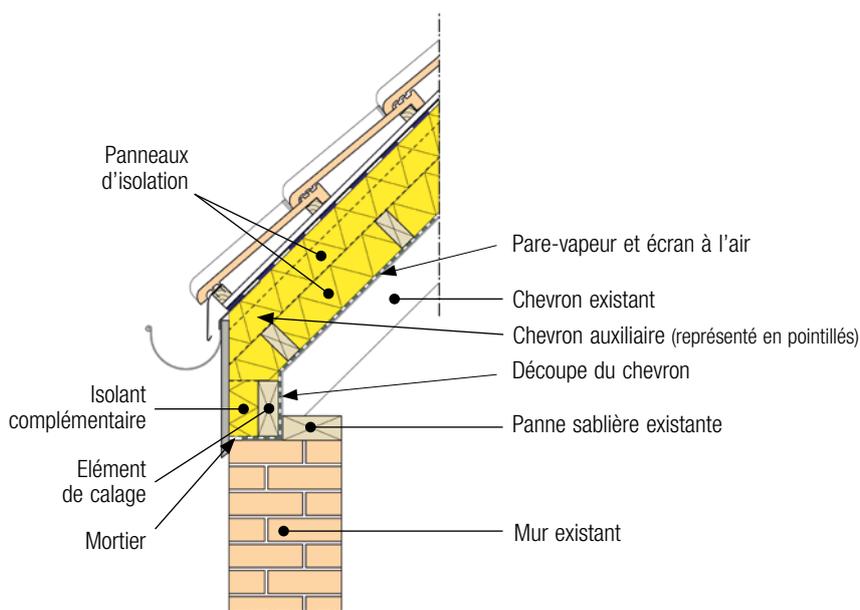
Dans le cas où **la sablière existante se trouve au nu extérieur du mur** (voir figure 3), une solution consiste à coller le pare-vapeur sur la face externe de la maçonnerie. L'isolant de la toiture sera prolongé au-delà du pan de la façade. On comprend aisément que cette alternative est particulièrement adaptée à une isolation future par l'extérieur de la façade.

La mise en œuvre d'une toiture sarking conduit à un changement du volume du bâtiment et à une élévation du niveau de la gouttière. Selon les Régions et les communes, ces modifications peuvent nécessiter un accord préalable de l'urbanisme.

Conclusion

Une rénovation énergétique efficace nécessite une vue globale des travaux à réaliser. Le couvreur se doit de conseiller le maître d'ouvrage (voir [Les Dossiers du CSTC 2016/1.4](#)). Dans ce cadre, la toiture sarking présente des avantages non négligeables, surtout si l'on envisage une isolation par l'extérieur des façades.

Bien que les détails de pieds de versants et de rives soient difficiles, voire impossibles à exécuter parfaitement avec



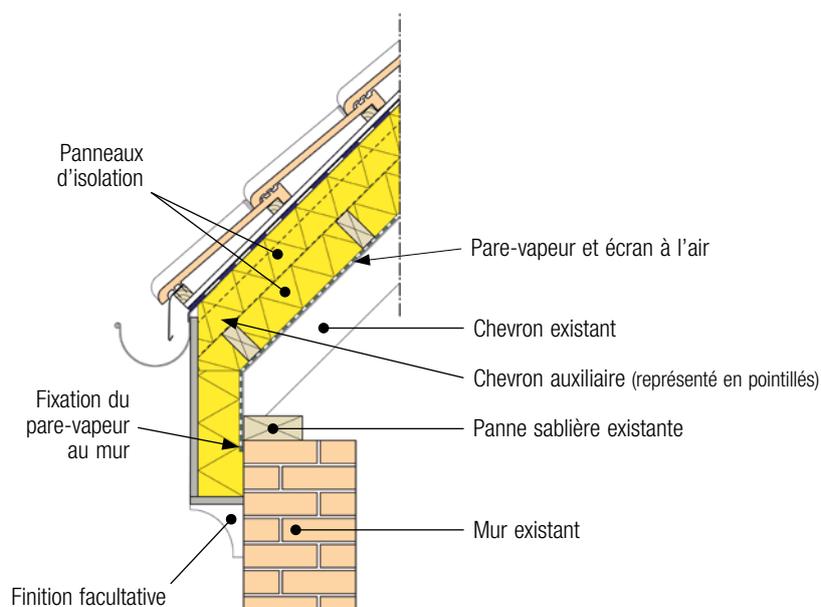
2 | Rénovation d'un pied de versant selon le procédé sarking dans le cas d'une sablière positionnée au nu de la face intérieure de la maçonnerie.

cette technique en cas de rénovation, celle-ci ne devrait pas être écartée.

Le contexte de la rénovation présente des contraintes et oblige à effectuer un choix, pour autant que cela n'entraîne aucun risque de dommages au bâtiment.

C. Mees, ir., chef de projet senior, division Energie, CSTC

Cet article a été rédigé dans le cadre de la Guidance technologique 'Ecoconstruction et développement durable' subsidiée par la Région de Bruxelles-Capitale et Innoviris.



3 | Principe de jonction façade-toiture sarking en prévision de l'isolation par l'extérieur de la façade.

Pour pouvoir convenir comme supports de toitures plates, les éléments préfabriqués en béton devraient être égalisés au moyen d'un béton de seconde phase. Toutefois, dans la pratique, de nombreux entrepreneurs réalisent de très grandes surfaces de toitures en utilisant des éléments précontraints de type TT sans prévoir de couche de compression. Cette méthode a généralement pour conséquence que les toitures ainsi conçues ne peuvent pas satisfaire à toutes les recommandations de la NIT 215. Cet article propose quelques solutions permettant de tenir compte le plus possible de ces règles.

Toitures plates avec support constitué d'éléments de type TT

1 Propriétés des éléments TT

Les éléments TT en béton précontraint sont constitués de poutres (également appelées 'nervures') et d'une dalle mince (également appelée 'table de compression'). Avant leur pose, ces éléments présentent une certaine contre-flèche et les tolérances qui s'y appliquent (voir PTV 200) peuvent entraîner des désaffleurements de plus d'un centimètre entre deux éléments adjacents. Par conséquent, les discontinuités au droit des joints longitudinaux peuvent être supérieures à celles tolérées pour la pose de l'isolation thermique et le collage des pare-vapeur ou du revêtement d'étanchéité (voir tableau 10 de la

NIT 215). En outre, il faut tenir compte des déformations différentielles des éléments TT au droit de ces joints (voir § 8.4.2 de la NIT 223 pour les possibilités d'assemblage sans déformations). Pour toutes ces raisons, ces éléments appliqués sans couche de compression sont, en principe, inappropriés pour servir de support à une toiture plate.

2 Solutions concernant la mise en œuvre

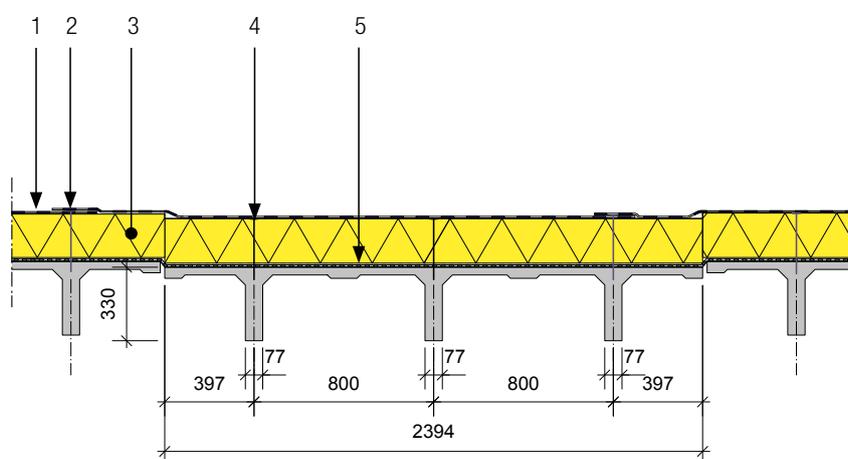
2.1 Mode de fixation

En cas de désaffleurements et de mouvements importants, la NIT 244 recom-

mande de découper les panneaux d'isolation au droit des joints longitudinaux ou de veiller à ce que les bords des panneaux coïncident avec ces joints. Si l'étanchéité de toiture est posée en adhérence, la zone située de part et d'autre du joint ne doit pas être collée et une bande posée librement doit y être appliquée. Une autre solution consiste à fixer l'étanchéité mécaniquement (voir figure 1).

2.2 Pare-vapeur

Etant donné qu'un support de toiture constitué d'éléments TT comporte des joints ouverts, il n'est pas étanche à l'air. Une étanchéité fixée mécaniquement



1 | Composition possible d'une toiture plate sur un type courant d'éléments TT (en mm).

1. Etanchéité de toiture
2. Fixation mécanique de l'étanchéité de toiture
3. Isolation thermique
4. Fixation mécanique de l'isolation thermique
5. Pare-vapeur simplement posé



2 | Mise en œuvre du pare-vapeur sur des éléments TT.

sera dès lors soumise à des mouvements verticaux sous l'effet du vent. Par cet effet de pompage, de l'air humide peut être aspiré dans le complexe toiture via les joints qui séparent les éléments TT – et ce même si le climat intérieur est sec –, ce qui peut engendrer une condensation interne sous l'étanchéité de toiture. Ce risque peut être évité en rendant les joints étanches à l'air; dans ce cas, l'isolation thermique peut être collée. La pose d'un pare-vapeur (feuille PE, par exemple) peut également limiter ce risque. C'est pourquoi on prévoit souvent un pare-vapeur même dans les bâtiments présentant une classe de climat intérieur sec. Celui-ci est en général simplement posé (voir figure 2) et fixé mécaniquement en même temps que l'isolation thermique et l'étanchéité de toiture.

2.3 Fixation mécanique

Le forage au travers d'un panneau en béton peut entraîner, sur sa face inférieure, la formation de petits cratères inesthétiques qui vont réduire la longueur d'ancrage effective.

Vu la faible épaisseur de la table de compression des éléments TT, les fixations doivent être placées au droit des nervures. Il faut donc veiller à bien déterminer la position de ces dernières.

L'emplacement des vis servant à fixer l'isolation thermique et l'étanchéité de

toiture devra donc tenir compte de la distance constante entre les nervures. Pour ce qui est des systèmes d'étanchéité fixés dans le recouvrement, il sera dès lors nécessaire d'adapter la largeur des bandes en conséquence.

Si l'on considère le complexe toiture illustré à la figure 1, les fixations de l'étanchéité doivent pouvoir reprendre la charge complète du vent, compte tenu d'un support de toiture perméable à l'air. Par ailleurs, outre la fixation mécanique de l'isolation thermique, il faut toujours prévoir un nombre minimum de fixations par panneau pour en assurer la stabilité dimensionnelle. Ces fixations doivent être réparties de façon régulière sur le panneau d'isolation, conformément à l'attestation d'aptitude à l'emploi du matériau isolant (ATG, par exemple) et aux consignes du fabricant. Dans le cas des mousses synthétiques, les fixations doivent se situer à faible distance des bords, afin d'éviter le cintrage des panneaux, mais au droit des nervures lorsque la toiture est constituée d'éléments TT. Il n'est dans ce cas pas toujours possible de respecter cette distance maximale par rapport aux bords, d'où un risque éventuel de cintrage. Si l'on respecte la quantité minimale de fixations, la nuisance éventuelle sera d'ordre esthétique.

Nous tenons à rappeler que les fixations utilisées pour l'étanchéité de toiture peuvent également convenir pour l'iso-

lation, pourvu qu'elles soient réparties de façon régulière sur toute la surface du panneau.

2.4 Fixation en pied de relevé

Pour toute étanchéité fixée mécaniquement, il y a lieu d'appliquer une fixation périphérique (voir § 6.3 de la NIT 239) le long des rives et des émergences de la toiture (lanterneaux, par exemple). En présence d'éléments TT standard, les fixations sont cependant situées à une distance fixe des rives. Dans ce cas, la mise en œuvre obligatoire des fixations périphériques reste néanmoins réalisable :

- en utilisant des 'pièces d'ajustement', autrement dit des éléments TT adaptés, avec une nervure située à l'extrémité de l'élément
- en fixant l'étanchéité dans le relevé de toiture, pour autant qu'une résistance à l'arrachement suffisamment élevée puisse être garantie, ce qui est le cas des relevés en bois, en métal ou en béton (à l'exception du béton cellulaire)
- en appliquant l'étanchéité de toiture en adhérence totale sur l'isolation thermique, et ce sur une largeur d'au moins un mètre. Dans cette zone, les panneaux d'isolation doivent être fixés à leur support.

3 Conclusion

En raison des désaffleurements et des déformations différentielles attendues au droit de leurs joints longitudinaux, les supports de toiture constitués d'éléments préfabriqués en béton de type TT, lorsqu'ils sont exécutés sans couche de compression, ne sont en principe pas appropriés comme supports de toiture plate. Certaines solutions permettent néanmoins de respecter autant que possible les prescriptions de la NIT 215. En revanche, les désaffleurements entre les éléments TT et, dans certains cas, un léger cintrage des panneaux d'isolation peuvent nuire à l'aspect esthétique de la toiture plate. |

*E. Mahieu, ing., chef de la division
Interface et consultance, CSTC*

Le plus souvent pour des raisons urbanistiques, les parements extérieurs de bon nombre de constructions à ossature en bois sont constitués d'une maçonnerie. Il importe cependant de respecter certaines règles visant à garantir une liaison durable entre ce parement et la structure en bois. Cet article a pour but de souligner quelques points relatifs à la mise en œuvre des systèmes de fixation.

Liaison d'un parement maçonné à une ossature en bois

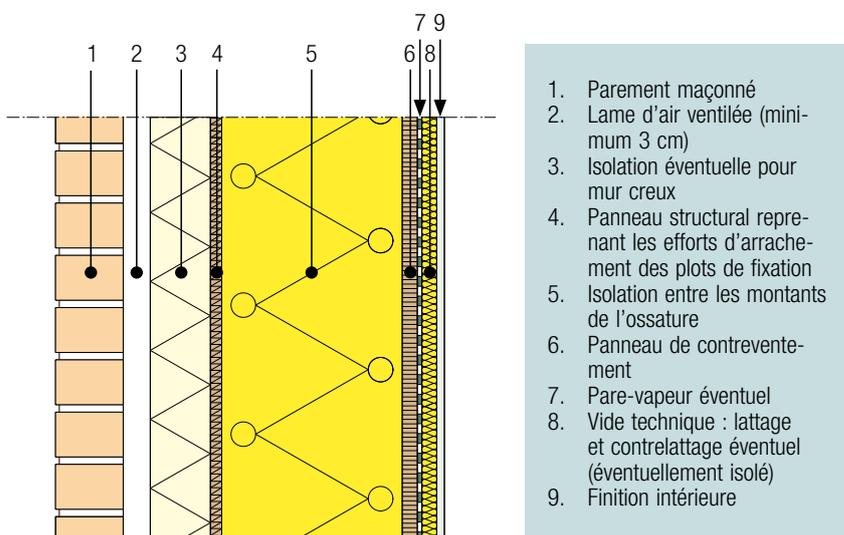
Composition de la paroi

La figure 1 illustre une solution type de paroi avec parement maçonné. La présence d'une lame d'air ventilée est recommandée. Cette ventilation est assurée par des ouvertures disposées en haut et en bas du parement (joints verticaux ouverts ou briques d'aération). Afin de garantir une ventilation optimale, la coulisse ne pourra donc être que partiellement remplie.

Le parement maçonné doit être liaisonné aux montants de l'ossature. Si ceux-ci sont trop fins ou s'il est difficile de savoir où placer les fixations en raison de la présence d'une isolation complémentaire, il convient de fixer un panneau structural aux montants de l'ossature pour reprendre les efforts d'arrachement des attaches.

Les panneaux suivants sont adaptés à ce type d'application :

- **panneaux contreplaqués** conformes à la norme NBN EN 636, de classe 3S (*) au minimum et d'une épaisseur ≥ 12 mm
- **panneaux OSB/3 ou OSB/4** conformes à la norme NBN EN 300 et d'une épaisseur ≥ 15 mm
- **panneaux de particules** conformes à la norme NBN EN 312, de type P5 au minimum et d'une épaisseur ≥ 15 mm
- **panneaux LVL (bois lamifié ou lami-bois)** conformes à la norme NBN



1 | Mur extérieur avec parement maçonné.

- EN 14374 ou 14279, constitués d'au moins cinq plis (dont au moins deux croisés) et d'une épaisseur ≥ 15 mm
- **panneaux MDF (fibres) haute densité** conformes à la norme NBN EN 622-5, de type MDF-HLS ou MDF-H et d'une épaisseur ≥ 12 mm.

Il convient de noter que, dans tous les cas, la paroi doit être conçue de manière à ce que son comportement hygrothermique n'engendre pas de condensation interne (voir [Les Dossiers du CSTC 2013/1.4](#)).

Par ailleurs, la reprise d'importantes charges excentrées (reprise du linteau de parement de grande portée, par exemple) pourra nécessiter la conception d'une **paroi de type caisson** avec deux panneaux structuraux (intérieur et extérieur). La reprise des efforts ponctuels se fera à l'aide d'équerres ou de points d'ancrage directement fixés dans les montants de l'ossature en bois (voir figure 2 à la page suivante).

La présence de panneaux structuraux en faces intérieure et extérieure est

(*) Classe 3S : '3' pour utilisation en milieu extérieur et 'S' pour utilisation en structure.



nécessaire pour éviter que les montants ne soient sollicités indépendamment les uns des autres par des efforts engendrés par le parement maçonné.

Mise en œuvre du parement maçonné

Il convient tout d'abord de veiller à ce que l'arase des fondations offre un appui suffisamment large que pour ménager une lame d'air de minimum 3 cm de profondeur entre la maçonnerie et le pare-pluie.

Les briques reposent sur un solin de base qui doit partir de la face extérieure du mur, couvrir l'appui et remonter derrière le pare-pluie sur au moins 150 mm.

La maçonnerie est fixée à l'ossature en bois au moyen d'attaches métalliques (\varnothing 3,5 ou 4 mm; voir tableau ci-dessous) positionnées en (légère) pente vers le parement extérieur et/ou pourvues d'un système casse-goutte. Ces fixations, vissées à l'ossature et/ou aux panneaux portants et enrobées dans les joints de mortier de la maçonnerie, sont disposées à distance suffisante des baies, pieds de parois et autres singularités (minimum 150 mm), afin de ne pas percer les raccords des membranes d'étanchéité. Le nombre minimum d'attaches métalliques par m² est également repris dans le tableau. Si les attaches sont fixées dans les montants (entraxe de 600 mm), l'entredistance verticale

2 | Paroi de type caisson.

à respecter sera de 350 mm. S'il est recommandé de poser les attaches en quinconce, il est toutefois nécessaire d'en placer au moins cinq par m². Dans tous les cas, il convient de se référer aux prescriptions du fabricant.

Les fixations synthétiques ou mixtes respecteront les spécifications de mise en œuvre des fabricants. Pour appliquer des répartitions identiques aux attaches métalliques, la résistance caractéristique

à l'arrachement des attaches (mesurée conformément à la norme NBN EN 845-1) doit être supérieure à 800 N. En cas de résistance inférieure, la répartition des fixations sera adaptée en fonction des sollicitations dues au vent. |

E. Nguyen, ir., chef de projet, laboratoire Bois et coatings, CSTC

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

Nombre d'attaches métalliques par m² (*).

Largeur de la paroi maçonnée [mm]	Largeur de la coulisse [mm]	Diamètre des attaches [mm]	Nombre minimum d'attaches par m ²
90	≤ 90	≥ 3,5	5
90	≤ 110	≥ 4	5
90	≤ 110	≥ 3,5	6
90	≤ 130	≥ 4	6
70/65	≤ 90	≥ 3,5	6,5
70/65	≤ 90	≥ 4	6
70/65	≤ 130	≥ 4	6,5

(*) Ce tableau est également d'application pour les structures constituées de panneaux CLT (bois lamellé croisé) ou de bois massif empilé liaisonnées à un parement maçonné.

Future NIT

Une Note d'information technique en cours de rédaction sera dédiée spécifiquement aux maisons unifamiliales (mitoyennes ou non) à ossature en bois et traitera des matériaux et techniques constructives couramment utilisés sur le marché belge et dont les caractéristiques ont été éprouvées en laboratoire. Différents éléments et détails constructifs seront passés en revue et expliqués de manière approfondie.



Après avoir abordé, dans les NIT 242 et 261, les applications structurales et non structurales des ouvrages particuliers en verre, une prochaine NIT traitera des garde-corps et des parois intérieures en verre. Le présent article remplace Les Dossiers du CSTC 2010/3.10 et 2015/3.9 en précisant notamment la méthode de dimensionnement qui permet de garantir la sécurité d'utilisation, et en proposant un exemple de dimensionnement.

Dimensionnement des cloisons intérieures en verre

Une cloison intérieure en verre est un ouvrage verrier non porteur composé d'un ou de plusieurs volumes de verre verticaux posés bord à bord et ayant pour fonction de délimiter l'espace intérieur d'un bâtiment. Les vitrages sont juxtaposés sans aucun profilé de menuiserie et seuls les bords supérieur et inférieur sont maintenus en feuillure. La jonction entre les bords verticaux est généralement assurée au moyen d'un mastic approprié, d'une bande autocollante, d'un joint préformé ou d'un profilé métallique de section très réduite.

Une cloison en verre compte généralement une simple paroi, mais peut également être réalisée en double paroi pour obtenir de meilleures performances acoustiques et thermiques, et permettre, par exemple, l'intégration de stores d'occultation.

Les cloisons intérieures en verre peuvent délimiter des zones dont le sol se trouve au même niveau ou à des niveaux différents, ou être érigées devant une paroi existante.

Performances

Les cloisons intérieures en verre doivent répondre aux normes et aux règlements en vigueur en fonction de l'utilisation finale du bâtiment. Si elles peuvent améliorer l'isolation acoustique et/ou thermique, assurer une certaine résistance au feu ou présenter un aspect esthétique, elles doivent en outre impérativement garantir la sécurité d'utilisation.

Signalons que les guides d'agrément technique de l'EOTA (dont l'ETAG003 relatif aux kits de cloisons intérieures utilisées en parois non porteuses) sont d'application volontaire et correspondent aux exigences minimales requises dans le cadre d'un marquage CE. La Belgique a fixé des exigences complémentaires permettant de vérifier la résistance des cloisons intérieures en verre à une pression différentielle et à un choc accidentel.

Dimensionnement d'une cloison intérieure en verre

Quel que soit le type de cloison intérieure en verre, il faut tout d'abord **respecter les spécifications de la NBN S 23-002 et de son addendum**, qui définissent le type de casse des produits verriers en fonction de leur situation et de leur destination. Généralement, il convient d'utiliser du verre trempé (ou du verre feuilleté) pour prévenir le risque de blessure par contact, et du verre feuilleté en cas de risque de chute.

Ensuite, il y a lieu de **déterminer l'épaisseur du verre nécessaire pour résister à la variation de pression** due, par exemple, à l'ouverture accidentelle d'une fenêtre dans la façade en cas de grand vent. La résistance des cloisons intérieures en verre à une pression différentielle est vérifiée exclusivement par calcul (contraintes et déformations) sur la base de la méthode explicitée dans la norme NBN S 23-002-2 pour un verre unique, côtés supérieur et inférieur posés en feuillure, indépendamment du fait que les différents verres constituant la cloison sont reliés entre eux par un joint de silicone, un profilé de liaison ou un joint ouvert (notamment pour des raisons de résistance et de durabilité des joints entre vitrages). Ce calcul est effectué, d'une part, en limitant la déformation à $1/100^e$ de la hauteur de la cloison avec un maximum de 30 mm et, d'autre part, en considérant une pression nette de vent établie sur la base des sept classes d'exposition au





vent (NBS S 23-002-3) et des coefficients partiels propres aux combinaisons accidentelles. Pour le verre feuilleté doté des intercalaires de type PVB considérés dans cet article, le calcul est effectué en considérant un coefficient ω de transfert de l'intercalaire de 0,5.

Enfin, la sécurité d'utilisation implique également de pouvoir **résister au choc d'un corps mou et lourd représentant l'action d'une personne heurtant accidentellement la cloison en tombant.**

Pour évaluer cette résistance, des essais sont effectués en laboratoire. Le type d'impacteur (sac sphéroconique de 50 kg rempli de billes de verre ou double pneu de 50 kg, selon que la différence de niveau de part et d'autre de la cloison est respectivement \leq ou $>$ 1,5 m) et l'énergie d'impact varient en fonction du type de cloison et de la catégorie d'utilisation du bâtiment. Ces essais sont réalisés sur un verre unique, côtés supérieur et inférieur posés en feuillure. L'élément testé sera représentatif des éléments à poser. Sa mise en place se fera dans les conditions de pose les plus proches possible de la réalité. A l'issue de l'essai de choc, l'élément de

remplissage ne peut pas se détacher de la structure, aucun fragment pouvant blesser des personnes ne peut être libéré, le corps de choc ne peut pas traverser la cloison lors de l'impact et la situation après essai ne peut pas engendrer de situations dangereuses pour les occupants (vitrage partiellement hors de son profil, par exemple).

Tableau de dimensionnement

Le tableau ci-dessous fournit, à titre d'exemple, les hauteurs maximales de cloisons intérieures en simple paroi répondant aux exigences de sécurité d'utilisation (résistance aux pressions différentielles et aux chocs; essais de choc réalisés en collaboration avec la société Euroglass-De Landtsheer) pour les classes d'exposition au vent 1 à 5 et 7 ainsi que pour les différentes catégories d'utilisation de bâtiment. Ces cloisons sont composées de verres trempés ou de verres feuilletés d'une largeur supérieure ou égale à 900 mm, posés en feuillure de façon continue au niveau de leurs bords supérieur et inférieur. En outre, une distinction est faite suivant

que la différence de niveau (H_{chute}) de part et d'autre de la cloison est \leq ou $>$ 1,5 m. Les hauteurs minimales de prise en feuillure sont de 8 mm dans les parties inférieure et latérale, et de 12 mm dans la partie supérieure.

La vérification des cloisons intérieures en verre de dimensions ou de compositions différentes doit être réalisée comme explicité ci-avant. En revanche, bien que les exigences de performances présentées dans cet article soient de rigueur pour les cloisons intérieures composées de verre résistant au feu et pour les cloisons réalisées à partir de verre feuilleté à l'aide d'intercalaires rigides, ce tableau ne s'y applique pas. Un dimensionnement spécifique devra être réalisé conformément aux prescriptions décrites dans cet article. **I**

V. Detremmerie, ir., chef du laboratoire
Eléments de façades et de toitures, CSTC

Cet article a été rédigé dans le cadre du projet 'Innovatieve details in de binnenafwerking' subsidié par VLAIO.

Composition et épaisseur de verre en fonction de la hauteur de la cloison intérieure et de la classe d'exposition au vent.

Epaisseur/ Composition		Classes d'exposition au vent									
		1 à 5 (pression de calcul : 256 Pa)					7 (pression de calcul : 322 Pa)				
		L_{max} [mm] ⁽¹⁾					L_{max} [mm] ⁽¹⁾				
		H_{chute} ⁽²⁾ \leq 1,5 m		H_{chute} ⁽²⁾ $>$ 1,5 m			H_{chute} ⁽²⁾ \leq 1,5 m		H_{chute} ⁽²⁾ $>$ 1,5 m		
Catégorie d'usage des locaux ⁽³⁾		A/B	C/D	A	B	C/D	A/B	C/D	A	B	C/D
Trempé	8 mm	1.990	-	-	-	-	1.920	-	-	-	-
	10 mm	2.590	2.590 ⁽⁴⁾	-	-	-	2.400	2.400 ⁽⁴⁾	-	-	-
	12 mm	3.080	3.080	-	-	-	2.880	2.880	-	-	-
	15 mm	3.640	3.640	-	-	-	3.440	3.440	-	-	-
Feuilleté PVB	55.2	2.350	-	-	-	-	2.180	-	-	-	-
	66.2	2.800	2.600 ⁽⁴⁾	2.600	-	-	2.590	2.590 ⁽⁴⁾	2.590	-	-
	88.2	3.500	3.500	3.500	3.500	2.600	3.300	3.300	3.300	3.300	2.600
	1010.2	4.110	4.110	4.110	4.110	3.800	3.880	3.880	3.880	3.880	3.800

(1) L_{max} : hauteur maximale entre appuis de la cloison intérieure en verre.
(2) H_{chute} : différence de niveau de part et d'autre de la cloison.
(3) A : habitations, B : bureaux, C : lieux de réunions (à l'exception des surfaces des catégories A, B et D), D : commerces.
(4) Pas pour la catégorie C5. Uniquement pour les catégories C1 à C4, D1 et D2.



On constate depuis quelques années qu'un voile blanc grisâtre et tenace apparaît de plus en plus souvent sur les maçonneries de façade, et ce des mois, voire des années après la mise en œuvre (voir photo). Des analyses minéralogiques ont révélé que ces efflorescences sont principalement constituées de gypse. Le présent article fait état des dernières connaissances concernant le phénomène, en relève les causes probables et propose quelques traitements envisageables.

Apparition tardive d'efflorescences de gypse sur les maçonneries de briques

La surface des maçonneries de briques est bien souvent déparée par des efflorescences blanches. Il s'agit de dépôts salins dus à la migration d'eau vers la surface, à son évaporation et à la cristallisation des sels solubles qu'elle contient.

Deux types d'efflorescences sont à distinguer. Il existe, d'une part, des efflorescences rapides et primaires, qui apparaissent quasi directement après la mise en œuvre de la maçonnerie. Elles sont solubles et disparaissent petit à petit avec les pluies. L'article 'Les efflorescences sur les maçonneries de briques' paru dans [CSTC-Magazine 1996/1](#) offre de plus amples informations à ce sujet. On rencontre, d'autre part, des efflorescences apparaissant tardivement, quelques mois, voire quelques années après les travaux. Ces efflorescences se présentent à la surface de la façade sous la forme d'un voile blanc grisâtre, fin et tenace, constitué de cristaux de gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Ce voile pratiquement insoluble au contact de l'eau, devient de plus en plus apparent et est très difficile à éliminer.

Explication du phénomène

L'apparition d'efflorescences est un phénomène complexe engendré par la combinaison de divers processus

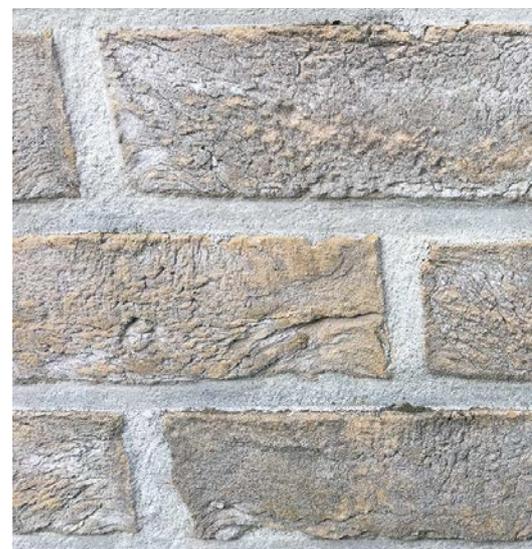
chimiques et physiques agissant au sein de la maçonnerie et entraînant la formation de gypse ainsi que sa migration vers la surface. Diverses études ont été récemment effectuées pour mieux en comprendre le mécanisme.

L'une de ces études, menée en collaboration avec les industries du secteur de la brique, a révélé que les efflorescences de gypse seraient vraisemblablement dues à des réactions dans le mortier à base de ciment. En effet, afin de maîtriser la durée de prise et la période d'ouvrabilité du mortier, on y ajoute souvent du gypse. Celui-ci réagit alors avec l'aluminate tricalcique que l'on retrouve dans le ciment, ce qui entraîne la production d'ettringite et de monosulfate. Par une lente et progressive réaction de carbonatation avec le CO_2 présent dans l'air, ces éléments se transforment petit à petit en gypse. Bien que cette étude permette de comprendre un peu mieux le phénomène, de nombreuses questions restent sans réponse, notamment concernant l'influence des propriétés de la brique et du climat environnant sur la migration des efflorescences vers la surface.

En complément de cette étude, un doctorat consacré aux efflorescences de gypse a été présenté à la KU Leuven (*Gypsum efflorescence on clay brick masonry*, Jacek Chwast, publié en juin 2017). Il en ressort que les efflorescences peuvent aussi bien apparaître dans

les briques que dans le mortier. En effet, les briques peuvent contenir de l'anhydrite (c'est-à-dire du gypse non hydraté), lequel peut migrer lentement vers la surface et, après carbonatation, entraîner la formation de gypse dans les mortiers à base de ciment, ce qui confirme l'hypothèse de l'étude précitée. Ce doctorat révèle en outre que, dans des conditions normales, le gypse a tendance à se former juste sous la surface et donc à boucher les pores, ce qui empêche l'apparition de nouvelles efflorescences. On y apprend également

Efflorescences de gypse sur des briques.





que l'ajout d'adjuvants (tensioactifs, par exemple) au mortier influence fortement le processus de cristallisation du gypse. En effet, les efflorescences de gypse se forment alors plus facilement à la surface de la maçonnerie, sous la forme d'un voile blanc grisâtre. La quantité de gypse et la rapidité avec laquelle il se développe dépendent en grande partie de la porosité et de la structure poreuse de la brique. Ainsi, la migration à travers une brique appartenant à une classe d'absorption d'eau initiale IW1 (briques étirées, par exemple) se fait plus difficilement que dans une brique moulée à la main avec une absorption d'eau initiale normale (classe IW3).

Ce doctorat propose également une méthode accélérée permettant de vérifier si la combinaison spécifique d'une brique et d'un mortier est susceptible d'engendrer des efflorescences. Cette méthode d'essai a été conçue de façon à ce que l'on puisse vérifier individuellement l'influence de certains paramètres. Bien que cette technique puisse encore être améliorée, elle permet déjà de mieux comprendre la problématique des efflorescences et de trouver un moyen de les éviter.

Solutions

Avant de choisir une méthode de nettoyage, il convient de déterminer par le



Les efflorescences de gypse peuvent aussi bien apparaître dans les briques que dans le mortier.

biais d'analyses minéralogiques (diffraction de rayons X, par exemple) si les efflorescences observées contiennent bien du gypse et si d'autres types de sels (carbonates, par exemple) sont éventuellement présents.

En fonction du résultat de cette analyse, la [NIT 197](#) décrit différentes techniques de nettoyage ainsi que leurs avantages et inconvénients. Avant d'appliquer une méthode spécifique, il est préférable d'effectuer un test d'orientation pour vérifier l'effet du traitement sur la maçonnerie.

Il est recommandé d'éliminer le plus de dépôts possible à l'aide d'une brosse (dure). Si le résultat n'est pas satisfaisant, un traitement mécanique ou chimique peut être appliqué. Un grenailage mécanique peut être effectué à condition que la brique soit colorée dans sa masse.

Si l'on opte pour le nettoyage chimique, une solution alcaline (à base d'hydroxyde d'ammonium ou de potassium, par exemple) peut être utilisée. En revanche, l'application d'une solution acide (acide chlorhydrique, par exemple) est à réserver pour le cas où du carbonate de calcium serait présent dans les efflorescences. Le traitement consistera alors tout d'abord à appliquer une solution alcaline, puis à nettoyer la surface à l'aide d'une solution acide, ou inversement.

La fiche technique du produit choisi indique la méthode à employer (dilution, matériel, prétraitement et/ou traitement ultérieur). Si l'on procède à un nettoyage chimique, il est généralement recommandé de bien humidifier la maçonnerie avant et après le nettoyage, afin d'éviter que le produit ne pénètre trop. Avant de commencer, il convient de protéger tous les éléments fragiles (la peinture, l'aluminium et le zinc en cas de solution alcaline, et les seuils en

pierre bleue et le zinc en cas de solution acide) et de prendre toutes les mesures de sécurité personnelle nécessaires.

Une fois le nettoyage terminé, l'application d'un traitement d'hydrofugation peut être envisagée. Celui-ci réduira l'humidification de la maçonnerie, ce qui limitera l'apparition de nouvelles efflorescences. La [NIT 224](#) comporte davantage d'informations quant aux produits hydrofuges et aux risques liés à leur utilisation.

En fonction de l'état de la maçonnerie, on peut éventuellement opter pour une solution alternative telle qu'une peinture ou un enduit. Dans ce cas, il est également conseillé de veiller à supprimer le plus possible la couche de gypse (par sablage, par exemple).

Points importants concernant la conception et l'exécution

On sait par expérience que les efflorescences de gypse apparaissent principalement sur les parties de maçonnerie exposées aux pluies et au soleil, donc surtout sur les façades orientées à l'ouest et au sud-ouest. Il est dès lors recommandé de prendre des mesures lors de la conception et de la réalisation des détails de manière à protéger la façade contre les conditions météorologiques (plus grands dépôts de toiture, par exemple).

Bien qu'un lien direct avec la formation d'efflorescences de gypse ne soit pas clairement établi, la protection des têtes de mur en cours d'exécution reste recommandée dans tous les cas pour limiter le risque d'apparition d'efflorescences rapides et primaires. ■

I. Dirckx, ir., chef de projet, laboratoire Matériaux de gros œuvre et de parachèvement, CSTC

PLEINS FEUX

Une nouvelle Antenne Normes 'Détails constructifs'

Les nouvelles normes et réglementations ont pour effet de multiplier le nombre d'exigences imposées aux bâtiments.

Nos statistiques révèlent que 10 % des questions et des problèmes soumis aux ingénieurs du département Avis techniques et consultance du CSTC ont trait aux détails constructifs. Il est donc important de pouvoir mettre à la disposition des acteurs concernés (entrepreneurs, architectes, bureaux d'études, fabricants, ...) des **directives claires** pour la conception ainsi que des **recommandations pratiques** pour la mise en œuvre et l'entretien de ces détails constructifs.

C'est pour informer au mieux les professionnels de la construction dans ce domaine que le CSTC a créé l'Antenne Normes 'Détails constructifs', avec le soutien du SPF Economie. Cette Antenne Normes contient une **base de données** reprenant de nombreux détails constructifs ainsi qu'un module de recherche permettant de trouver aisément le détail souhaité (en fonction de critères tels que sa localisation ou la composition de ses parois constitutives).

Cette base de données est amenée à évoluer; dans sa version actuelle, celle-ci contient les détails constructifs issus principalement des publications récentes suivantes : **NIT 244, 250, 254 et 255** (voir www.cstc.be, rubrique 'Antenne Normes').

VOTRE AVIS A DE L'IMPORTANT !

Afin d'adapter au mieux nos publications et nos services à votre demande, nous souhaitons vous demander de remplir le formulaire d'enquête sur www.cstc.be.

Toutes les informations transmises resteront évidemment confidentielles.



Plus d'infos

NIT 241 (§ 5.2.2)

Est-il toujours nécessaire de mesurer le taux d'humidité de la chape avant de placer un revêtement de sol résilient ?

Oui. Il est essentiel de réaliser des mesures correctes du taux d'humidité au préalable, car un support trop humide entraîne toujours des dégradations du revêtement de sol. Bien que des mesures indicatives du taux d'humidité du support puissent être réalisées à l'aide d'hygromètres électriques faciles d'utilisation, il est ensuite indispensable d'effectuer une ou plusieurs mesures complémentaires au moyen d'une bombe à carbure, par exemple à l'endroit où le taux d'humidité le plus élevé a été mesuré avec l'hygromètre électrique, dans les coins des pièces mal ventilées, à proximité d'une façade fortement exposée aux pluies, ...

L'hydrofugation d'une maçonnerie de parement (au moyen de produits hydrophobes) est-elle efficace ?

Perméables à la vapeur d'eau, empêchant l'absorption d'eau (de pluie) par la façade et ralentissant l'encrassement de la façade, la plupart des produits hydrophobes disponibles actuellement sont efficaces. Cependant, leur utilisation peut parfois être déconseillée. C'est notamment le cas lorsque le matériau comporte des fissures (> 0,3 mm) ou des sels. Le cas échéant, une hydrofugation de façade pourrait dans certains cas accélérer le processus de dégradation ou même engendrer de nouveaux problèmes.



Plus d'infos

NIT 224
Monographie du CSTC n° 2.5

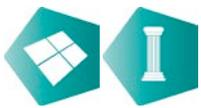


Plus d'infos

Les Dossiers du CSTC 2011/3.13

Peut-on garantir l'absence de rayures dans un revêtement de sol en carreaux céramiques après la pose ?

Non, les carreaux céramiques ne sont pas «antigriffes». Selon la norme belge NBN B 27-011, les carreaux céramiques doivent posséder une dureté superficielle de 5 (surfaces émaillées) ou 6 (surfaces non émaillées) – cette exigence n'a cependant pas été reprise dans l'actuelle norme européenne NBN EN 14411 –, de sorte qu'ils présentent une certaine résistance à la rayure. Toutefois, le frottement sur le carrelage de particules dures (grains de sable venant de l'extérieur qui restent collés aux semelles, par exemple) peut être à l'origine de l'apparition de griffes.



En raison de la complexité croissante des produits, il n'est pas toujours facile pour le tailleur de pierre ou le carreleur de calculer les quantités qui seront utilisées pour revêtir les murs et les sols. La méthode de mesurage décrite dans la norme NBN B 06-001 reste néanmoins la référence en la matière.

Mesurage des revêtements de murs et de sols selon la norme **NBN B 06-001**



La méthode de mesurage décrite dans la norme NBN B 06-001 reste la référence pour le mesurage des revêtements.

Nécessité d'une méthode de mesurage harmonisée

Les méthodes utilisées autrefois en Belgique pour déterminer les quantités de matériaux nécessaires à la construction d'un bâtiment différaient d'une région, voire d'un professionnel à l'autre (architecte, entrepreneur, ...). Par conséquent, le métré comprenait souvent des quantités différentes selon la personne qui l'avait établi (autre façon d'arrondir, par exemple). La norme belge NBN B 06-001 publiée en 1982 sert aujourd'hui de référence en matière de mesurage. D'autres documents plus anciens, tels que les STS 45.1, comportaient en effet des incohérences pouvant semer la confusion.

La NBN B 06-001, norme de référence

La norme NBN B 06-001 décrit une méthode de mesurage standard visant à déterminer les quantités de matériaux et les travaux nécessaires à la construction d'un bâtiment. Cette méthode a pour objectif, d'une part, d'expliquer comment calculer les quantités et, d'autre

part, d'établir la liste des éléments que l'on doit retrouver dans les différents postes du métré. La norme s'appuie sur les principes de base suivants :

- la méthode de mesurage doit être indépendante de la méthode d'exécution
- les quantités sont indiquées sans tenir compte des pertes de matériaux
- les quantités doivent être réparties par type.

Mesurer selon la norme NBN B 06-001

Les tableaux A et B livrent un aperçu des directives les plus importantes figurant dans la norme de mesurage des revêtements de murs ou de sols en pierre naturelle et en carreaux céramiques.

Avant de procéder au mesurage des dalles, il convient :

- **de s'assurer qu'il n'y a pas de contradictions** entre les dispositions du cahier des charges et les prescriptions de la norme, concernant l'unité, par exemple (dm² ou m², ...)
- **de vérifier s'il existe un plan de pose ou d'appareillage des pierres** et s'il



A | Principales directives de la norme NBN B 06-001 relative au mesurage des revêtements de murs ou de sols en pierre naturelle.

Pierre naturelle	
Selon un appareillage défini (dallage marbrier)	Sans appareillage défini
Le revêtement est mesuré pierre par pierre en dm ² , en mentionnant son épaisseur.	Le revêtement est mesuré en dm ² , en mentionnant son épaisseur.
Tout revêtement isolé dont la surface est inférieure à 10 dm ² est compté pour 10 dm ² .	
Pour déterminer la surface de n'importe quelle pierre, on se base sur le plus petit rectangle qui circonscrit la pierre (en dm ² et arrondi à la valeur supérieure). Les évidements dans la pierre ne sont pas déduits.	La surface du revêtement est mesurée sur plans, sans tenir compte des joints (en dm ² et arrondi à la valeur supérieure).
Les mesures sont effectuées dans l'axe du joint.	Les mesures sont effectuées entre les surfaces de mur à revêtir, donc avant la pose du parachèvement.
L'épaisseur de la pierre est la plus grande épaisseur prescrite.	
–	La surface des ouvertures inférieures à 50 dm ² n'est pas déduite.
Les bandes (plinthes, frises, moulures, jours des parachèvements verticaux, ...) d'une largeur maximale de 0,30 m sont mesurées sans tenir compte des joints (en dm) et en mentionnant leur largeur et leur épaisseur. Les bandes d'une longueur inférieure à 0,30 m sont comptées pour 0,30 m.	
Les bandes dont la largeur est inférieure à 0,10 m sont comptées pour 0,10 m.	
Les bandes d'une largeur supérieure à 0,30 m sont désignées par leur surface, en dm ² , en mentionnant leur largeur et leur épaisseur.	

a été demandé d'en réaliser un. Il est nécessaire de disposer de cette information à l'avance, dans la mesure où l'on en tient compte lors du mesurage

- **de contrôler le métré.** Si une erreur observée, l'entrepreneur doit la signaler par écrit à l'architecte ou au maître d'ouvrage et en apporter la preuve à l'aide des plans. Si l'erreur n'est pas signalée, les surcoûts éventuels seront à charge de l'entrepreneur.

L'annexe 3 de la **NIT 220** et le § 27.3 du **Métré du bâtiment n° 2.27.1** comportent quelques exemples de mesurage de dalles en pierre naturelle ou en céramique.

On notera par ailleurs que le tailleur de pierre ou le carreleur doivent respecter les règles de l'art et qu'ils doivent dès lors être au courant des techniques de mise en œuvre ainsi que se conformer aux directives et exigences for-

mulées dans les normes et les documents de référence. Lorsque le dossier contient des erreurs (contradictions, par exemple), ils sont tenus de le signaler. **I**

*V. Bams, m. sc. géol., chef de projet,
laboratoire Minéralogie et microstructure,
CSTC*

B | Principales directives de la norme NBN B 06-001 relative au mesurage des revêtements de murs ou de sols en carreaux céramiques, tant pour des applications intérieures qu'extérieures.

Carreaux céramiques
Les surfaces à revêtir sont mesurées en m ² .
Un revêtement isolé dont la surface est inférieure ou égale à 0,50 m ² est mesuré à la pièce, en mentionnant ses dimensions.
Les bandes d'une largeur maximale de 0,30 m sont mesurées en m, en mentionnant leur largeur.
Les dimensions permettant de déterminer la longueur ou la surface sont prises entre les surfaces de mur à revêtir, donc avant la pose du parachèvement et sans tenir compte des joints.
Les ouvertures et les interruptions dont la surface est inférieure à 0,50 m ² ne sont pas déduites.
Les extrémités, les arêtes intérieures et extérieures ainsi que les raccordements sur lesquels sont appliqués des profils spéciaux sont mesurés séparément en m.

Bien que les chapes fluides à base de sulfate de calcium – également appelées chapes à l’anhydrite – soient disponibles sur le marché belge depuis de nombreuses années, celles-ci sont encore peu courantes sur les chantiers. L’objectif de cet article est d’apporter à l’entrepreneur en revêtements de sols des informations relatives aux propriétés de ce type de chapes.

Chapes fluides à base de sulfate de calcium : les chapes du futur ?

Avantages des chapes à base de sulfate de calcium

La mise en œuvre de chapes à base de sulfate de calcium présente de nombreux avantages. Celles-ci sont en effet caractérisées par une résistance mécanique élevée, elles sont de qualité homogène et ne sont (presque) pas sensibles au retrait (voir [Infocarte 58](#)). De plus, leur qualité s’est considérablement améliorée au cours des dernières années. Il convient néanmoins de tenir compte des mouvements thermiques dus aux variations de température. Par ailleurs, l’application de la chape fluide se faisant debout, elle est moins éprouvante et peut être terminée plus rapidement. Le support doit néanmoins être préparé avec soin : toutes les ouvertures et trémies diverses (cage d’escalier, gaines techniques, ...) doivent être rendues étanches pour éviter les fuites. En cas de pose sur membrane, les bandes doivent être assemblées au moyen de rubans adhésifs, afin d’assurer l’étanchéité à l’eau.

Lorsqu’elles sont réalisées dans les règles de l’art, la plupart des chapes à base de sulfate de calcium aujourd’hui disponibles en Belgique ne forment plus de pellicule de laitance à la surface. Il n’est donc plus nécessaire de les poncer.

Résistance mécanique élevée

Les [Notes d’information technique 189](#) et [193](#) relatives aux chapes prescrivent



Mise en œuvre d’une chape à base de sulfate de calcium.

une résistance mécanique minimale de 8 N/mm². Elles ne posent cependant aucune exigence concernant la résistance en flexion et la cohésion de surface.

Les mortiers de chape à base de ciment bien compactés et appliqués à la main ont généralement une résistance en flexion de l’ordre de 1 à 2 N/mm² et une cohésion de surface comprise entre 0,5 et 1 N/mm². Moyennant un bon compactage et une quantité de ciment de 200 à 250 kg par m³ de sable, ces chapes répondent à l’exigence minimale

de 8 N/mm² relative à la résistance en compression. Il ressort de la littérature et des essais récemment menés par le CSTC et l’université de Gand que les chapes fluides à base de sulfate de calcium présentent généralement une résistance en compression entre 20 et 30 N/mm², une résistance en flexion entre 4 et 8 N/mm² et une cohésion de surface entre 1 et 1,8 N/mm². Les propriétés mécaniques des chapes fluides sont donc sensiblement plus élevées que celles des chapes à base de ciment traditionnelles appliquées à la main, technique la plus fréquente en Belgique.



Le compactage influence fortement la résistance finale des chapes traditionnelles alors que, concernant les chapes fluides, il n'est pas vraiment question de compactage, mais plutôt de désaération à l'aide d'une lissarde ou lisseuse à béton, ce qui influence moins la résistance finale. Cette phase est toutefois nécessaire, car bien que les chapes fluides soient souvent décrites comme autonivelantes, elles ne le sont pas...

La résistance mécanique élevée et, en particulier, la cohésion de surface des chapes fluides de ce type en font les supports les plus appropriés pour l'application d'un revêtement de sol résineux ou collé tel que le parquet, le PVC ou le linoléum. Dans la révision de la NIT 218 consacrée aux parquets, il est en effet demandé que la cohésion de surface soit de 0,8 N/mm². Quant à la révision de la NIT 216 consacrée aux applications industrielles et désormais résidentielles également, des sols résineux, elle exige au minimum une résistance en compression de 20 N/mm² et une cohésion de surface de 1 N/mm².

Épaisseurs à mettre en œuvre pour les chapes flottantes

Depuis quelques années, en Allemagne et aux Pays-Bas, les épaisseurs prescrites pour les chapes flottantes sont fonction de leur résistance en flexion, tel que l'établissent les normes DIN 18560 et NEN 2742 (voir tableau ci-dessous). Plus la résistance en flexion du matériau de la chape augmente, plus l'épaisseur

de la chape diminue. Étant donné que la résistance en flexion des chapes fluides à base de sulfate de calcium est élevée, celles-ci peuvent, pour une même application, être mises en œuvre avec des épaisseurs moins importantes que lorsqu'il s'agit de chapes traditionnelles.

La NIT 189 formule certaines recommandations relatives à l'épaisseur minimale des chapes en fonction de leur liant et de leur type (adhérente, non adhérente, flottante ou pour sol chauffant). Dans la NIT 193, l'épaisseur des chapes flottantes dépend de la compressibilité de l'isolant. Les recommandations issues des normes allemande et néerlandaise rejoignent celles de la NIT 193. Le rapport entre l'épaisseur à mettre en œuvre et la résistance en flexion du matériau de la chape à proprement parler n'apparaît toutefois pas dans les NIT précitées.

Sensibilité à l'humidité

Par nature, les chapes fluides à base de sulfate de calcium sont plus sensibles à l'humidité que les chapes à base de ciment. Si les travaux de parachèvement de la chape fluide sont effectués trop tôt ou si celle-ci est à nouveau humidifiée après ces travaux (humidité ascensionnelle, humidité de construction ou infiltrations, par exemple), le risque de rencontrer des problèmes d'adhérence du revêtement de sol est particulièrement élevé. Le taux d'humidité résiduelle de la chape, mesuré au moyen d'une bombe à carbure, doit dès lors être inférieur à des valeurs

seuils bien spécifiques pour que l'on puisse procéder aux travaux de parachèvement. Il faut également veiller à ce que la chape reste sèche une fois les mesures effectuées. Les valeurs seuils varient en fonction du type de matériau de parachèvement.

Si l'on utilise une colle à carrelage à base de ciment pour poser des carreaux céramiques sur une chape fluide à base de sulfate de calcium, il convient tout d'abord d'appliquer un primaire adéquat. Ceci permet de réduire fortement le risque de formation d'ettringite (sel expansif qui se développe à l'interface de la chape et de la couche de mortier-colle) et les problèmes d'adhérence qui en résultent. Les colles à carrelage à base de plâtre constituent une bonne alternative aux mortiers-colles. En effet, ces matériaux étant tous deux constitués de plâtre, ils sont davantage compatibles entre eux. Il ne faut dès lors pas appliquer de primaire et, d'après les prescriptions des fabricants de colles, le taux d'humidité résiduelle de la chape avant la pose peut généralement être un peu plus élevé que les valeurs seuils figurant actuellement dans la NIT 237 (plus précisément 1 % au lieu de 0,5 %). La fiche technique de la colle à carrelage doit pouvoir renseigner sur ce dernier point. |

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

Épaisseur de chape exigée selon les normes DIN 18560 et NEN 2742.

Classe de résistance en flexion	Résistance en flexion [N/mm ²]	Épaisseur sans chauffage par le sol [mm]	
		Immeuble d'habitation	Immeuble de bureaux
		Charge concentrée 1,5 kN ou charge linéaire 5 kN/m	Charge concentrée 3,0 kN ou charge linéaire 10 kN/m
F1	1,0	70	95
F2	2,0	50	70
F3	3,0	40	55
F4	4,0	35	50
F5	5,0	30	45
F6	6,0	30	40
F7	7,0	25	35



L'application d'une peinture sur un support en béton (préfabriqué ou coulé en place) peut avoir plusieurs objectifs. Dans tous les cas, il conviendra de tenir compte d'un certain nombre de points, afin d'obtenir un résultat durable et adapté au besoin. Cet article passe en revue les principales performances des revêtements pour béton. Il décrit également certaines dégradations et fournit quelques recommandations permettant de les éviter.

Application de peinture sur des supports en béton

La mise en œuvre et la structure du béton autorisent différentes finitions. Il peut, par exemple, être laissé brut, subir un traitement de surface (béton lavé, ...) ou être recouvert d'un enduit ou d'une peinture. L'application d'un revêtement peut avoir pour but d'améliorer l'esthétique ou d'apporter des fonctionnalités supplémentaires (résistance aux agents biologiques, ...). Pour certaines applications intérieures ou extérieures, l'utilisation d'un revêtement vise surtout à apporter une certaine protection au béton et à accroître sa durabilité.

Classification

Les revêtements pour béton sont couverts par la série de normes NBN EN 1062-1 à 11 et par la norme NBN EN 1504-2.

Les normes **NBN EN 1062-1 à 11** sont dédiées aux **revêtements extérieurs**.

Elles intègrent les systèmes à vocation décorative, mais comportent également des produits plus techniques (revêtements avec armatures, par exemple) pouvant notamment présenter des résistances élevées à la fissuration (supérieures à 2,5 mm) ou apporter certaines protections au béton (résistance au CO₂, par exemple). Ces normes n'étant pas harmonisées, elles n'imposent pas l'obtention d'un marquage européen. Elles fournissent un système général de classification intégrant une identification du liant et du solvant ainsi que des caractéristiques d'aspect (brillance et dimension des plus gros grains) et de performance (généralement reprises sous la nomenclature EVWA; voir tableau).

La norme **NBN EN 1504-2** spécifie les exigences pour les **revêtements de protection des bétons**. Ces produits peuvent être utilisés en intérieur ou en

extérieur, mais présentent généralement un choix de coloris très limité. Ils visent en effet principalement à protéger le béton pour accroître sa durabilité face à des sollicitations physiques ou chimiques (érosion, gel/dégel, ...). Il s'agit d'une norme harmonisée pour laquelle l'obtention d'un marquage CE est obligatoire. Ces revêtements sont souvent utilisés de façon préventive en vue de limiter la pénétration d'éléments pathogènes dans le béton (CO₂, chlorures, sulfates, ...). Dans le cas d'une corrosion des armatures due à une carbonatation du béton (pathologie très courante), l'application d'un tel revêtement permet de limiter fortement la corrosion en réduisant la pénétration d'eau dans le béton. Elle permet également d'améliorer la résistance du matériau au gel/dégel ou à des sollicitations chimiques spécifiques (environnement industriel, pollutions, acides, ...). Les exigences liées à cette norme sont

Performances des revêtements définies par la norme NBN EN 1062-1 (voir également l'annexe A de la NIT 249).

E : épaisseur du film sec [µm]	V : perméabilité à la vapeur d'eau (S _d) [m]	W : perméabilité à l'eau liquide [kg/(m ² .h ^{0,5})]	A : résistance à la fissuration ⁽¹⁾ [µm]	C : perméabilité au CO ₂ ⁽²⁾ (S _d) [m]
<ul style="list-style-type: none"> E1 ≤ 50 50 < E2 ≤ 100 100 < E3 ≤ 200 200 < E4 ≤ 400 400 < E5 	<ul style="list-style-type: none"> Vo (sans exigence) V1 (grande) : < 0,14 V2 (moyenne) : ≥ 0,14 et < 1,4 V3 (faible) : ≥ 1,4 	<ul style="list-style-type: none"> Wo (sans exigence) W1 (grande) : > 0,5 W2 (moyenne) : > 0,1 et ≤ 0,5 W3 (faible) : ≤ 0,1 	<ul style="list-style-type: none"> Ao (sans exigence) A1 : > 100 A2 : > 250 A3 : > 500 A4 : > 1.250 A5 : > 2.500 	<ul style="list-style-type: none"> Co (sans exigence) C1 : > 50
<p>(1) Capacité du revêtement à résister sans se rompre à l'ouverture d'une fissure dans le béton. Le pontage de la fissure permet de conserver une certaine étanchéité.</p> <p>(2) Evaluation de l'influence du coating sur la carbonatation du béton. Le seuil de 50 m correspond à une réduction significative de la vitesse de carbonatation.</p>				



1 | Détérioration d'un revêtement alkyde sur un support en béton non carbonaté et en présence d'humidité.



2 | Phénomène de bullage en surface d'une peinture de couleur sombre appliquée sur béton.

Le cloquage s'explique généralement par un accroissement de la pression gazeuse dans les porosités de subsurface sous l'effet d'une augmentation de la température.

très nombreuses et généralement plus sévères que celles de la norme NBN EN 1062-1. On peut noter également que la norme NBN EN 1504-2 intègre des critères de durabilité (résistance au vieillissement, ...).

Signalons également qu'un marquage BENOR existe pour les revêtements de protection pour béton. Les exigences liées à ce marquage sont décrites dans les PTV 562. D'une façon générale, elles sont proches de celles de la norme NBN EN 1504-2. Des caractéristiques complémentaires sont toutefois mentionnées (stabilité de la couleur, lavabilité, ...) et, dans certains cas, les performances réclamées sont plus sévères que dans la norme européenne.

Application

Pour les applications murales, les étapes de préparation et d'application de la peinture sont décrites au chapitre 5 de la NIT 249. Rappelons que, sur béton, il n'est pas possible d'atteindre le degré d'exécution III de la finition. En effet, l'aspect initial du support est essentiel pour le résultat final et les revêtements ne pourront pas masquer les imperfections du béton.

Si l'on désire obtenir un aspect lisse et uniforme, il faudra préalablement corriger la surface au moyen de mortiers et d'enduits spécifiques. Pour les applications sur le sol, il faut se référer à la NIT 216, actuellement en révision (voir [Les Dossiers du CSTC 2017/3.9](#)).

Défauts spécifiques

Sur béton, les revêtements peuvent présenter des dégradations similaires à celles rencontrées sur d'autres supports minéraux. Les conditions d'application des peintures sur béton (température, humidité, ...) sont mentionnées au chapitre 5 de la NIT 249. Les principales pathologies sont également rappelées au chapitre 7. Certains désordres sont toutefois spécifiques à ce support. Il s'agit notamment :

- de l'**incompatibilité des revêtements alkydes** (voir figure 1). Sur un béton non carbonaté et en présence d'humidité, ces peintures se décomposent (saponification). Si l'on souhaite les utiliser, la meilleure solution consiste à appliquer préalablement un primaire insaponifiable permettant d'éviter un contact direct
- de l'**apparition de cloques ou de bulles** (voir figure 2). Les surfaces

lisses et les revêtements sombres sont le plus souvent impliqués. Le phénomène est généralement expliqué par un accroissement de la pression gazeuse dans les porosités de subsurface sous l'effet d'une augmentation de la température. La problématique liée aux peintures de couleur sombre et les remèdes pouvant être apportés ont été traités dans [Les Dossiers du CSTC 2015/2.13](#)

- du **cloquage des revêtements de sol époxydiques ou polyuréthanes**. Malgré des adhérences élevées, des cloques peuvent apparaître des semaines, voire des mois après l'application. Différentes théories sont actuellement avancées pour expliquer ce phénomène : pressions osmotiques, défauts d'adhérence et réticulations incomplètes du polymère. Dans les deux cas, l'humidité est responsable de pressions à l'intérieur du béton et constitue un élément à contrôler avant l'application du coating (voir [Les Dossiers du CSTC 2017/3.9](#)). |

E. Cailleux, dr., chef adjoint du laboratoire Bois et coatings, CSTC

Outre les adoucisseurs d'eau traditionnels appréciés pour leur capacité à réduire la formation de dépôts calcaires, il existe aujourd'hui d'autres techniques revendiquant cette aptitude. Un test mené en laboratoire permet dès à présent d'évaluer leur capacité à limiter la formation de tartre dans une installation de production d'eau chaude sanitaire.

Les traitements antitartre : évaluation de leurs performances

L'eau en Belgique : plus dure que douce

La plupart des eaux de distribution belges sont moyennement dures à dures. Cela signifie qu'elles contiennent une certaine quantité d'ions calcium et, dans une moindre mesure, d'ions magnésium. Cette quantité, ou concentration, appelée **dureté totale de l'eau** ou titre hydrotimétrique (TH), s'exprime en degrés français (°f ou °fH). On considère généralement qu'une eau est dure à partir de 30 °f (voir tableau ci-dessous). A l'exception du nord de la Flandre et du sud-est de la Belgique, la dureté de l'eau distribuée en Belgique est bien souvent comprise entre 30 et 45 °f.

Une eau de distribution dure n'est pas mauvaise pour la santé, mais elle présente quelques inconvénients. Ainsi, elle laisse des dépôts calcaires (tartre) qui couvrent les surfaces des installations sanitaires, et ce particulièrement lorsque l'eau est chauffée. Certes, ces dépôts sont inesthétiques, mais ils ont surtout des conséquences techniques se traduisant notamment par la réduction des débits d'eau, un embouage, le grippage d'accessoires sanitaires ainsi que des pertes de rendement calorifique des éléments chauffants. De ce fait, on comprend que de nombreux propriétaires soient à la recherche d'appareils

capables de réduire la formation de dépôts calcaires.

L'adoucisseur traditionnel n'est plus tout seul

Si l'adoucisseur d'eau par échange ionique a longtemps été le seul à offrir une solution tangible au phénomène d'entartrage, il existe aujourd'hui une multitude d'appareils basés sur d'autres principes techniques. Les plus couramment rencontrés sur le marché sont les procédés magnétiques et électromagnétiques, les appareils à injection de CO₂ et ceux à anode de zinc.

Vu que l'adoucisseur traditionnel échange les ions calcium et magnésium contre des ions sodium, sa capacité à réduire la formation de tartre s'évalue aisément par une mesure de la dureté de l'eau après traitement. A l'inverse, les autres dispositifs cités ne modifient pas la dureté de l'eau. Aussi, ne disposant pas d'une méthode d'évaluation des performances pour ce type d'appareil antitartre, le CSTC n'a jamais formulé d'avis à l'égard de leur efficacité. Or, le nombre de demandes d'avis en ce sens ne fait que croître. Il s'est donc avéré indispensable pour le CSTC de disposer d'une méthode pertinente d'évaluation de leurs performances.

Un nouveau test d'évaluation des appareils antitartre

Dans le cadre de l'étude prénormative Evacode subsidié par le SPF Economie, le CSTC a mis au point en laboratoire une méthode permettant d'évaluer la capacité effective d'un appareil de traitement de l'eau à réduire la formation de dépôts calcaires dans une installation d'eau chaude sanitaire. Le principe d'évaluation basé sur la procédure allemande W 512 repose sur la comparaison entre les quantités de dépôts calcaires formés dans un chauffe-eau par une eau traitée au moyen d'un appareil antitartre et par une eau non traitée. Chaque eau est véhiculée simultanément dans deux systèmes individuels de circulation d'eau chaude, appelés respectivement poste A et poste B (voir schéma à la page suivante). L'eau de ville utilisée pour l'essai est ici enrichie, de façon contrôlée, en bicarbonate de sodium et en chlorure de calcium, afin de la rendre plus entartrante. Elle est ensuite distribuée de façon égale vers les postes A et B où elle est chauffée à 60 °C.

Les conditions expérimentales appliquées au cours de l'essai sont précisées dans l'encadré sous le schéma.

Après 21 jours de production d'eau chaude, on récupère les dépôts présents sur la paroi, le fond et sa résistance électrique du chauffe-eau. Les masses totales de dépôts obtenues pour les deux postes d'essai (M_A et M_B) sont comparées. Le rapport ci-après, appelé facteur E, peut être considéré comme l'expression de la capacité effective d'un appareil antitartre à réduire la formation

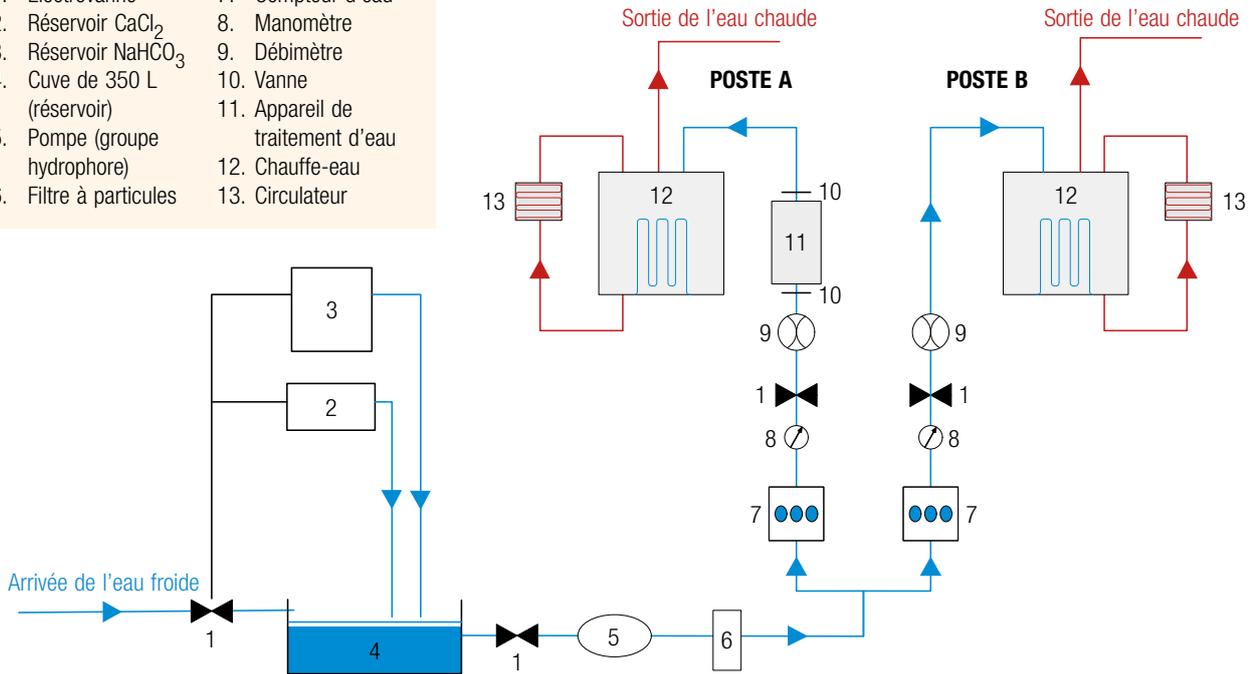
Plage de dureté de l'eau.

Dureté	0-7 °f	7-15 °f	15-30 °f	30-45 °f	> 45 °f
Eau	Très douce	Douce	Moyennement dure	Dure	Très dure



Procédure d'essai sur deux postes individuels.

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1. Electrovanne | 7. Compteur d'eau |
| 2. Réservoir CaCl_2 | 8. Manomètre |
| 3. Réservoir NaHCO_3 | 9. Débitmètre |
| 4. Cuve de 350 L (réservoir) | 10. Vanne |
| 5. Pompe (groupe hydrophore) | 11. Appareil de traitement d'eau |
| 6. Filtre à particules | 12. Chauffe-eau |
| | 13. Circulateur |



de dépôts calcaires dans les conditions d'essai susmentionnées :

$$\text{facteur } E = \frac{(M_B - M_A)}{M_B} * 100$$

Plus le facteur E d'un appareil est élevé, plus l'appareil empêche la formation de dépôts calcaires au sein de l'installation.

Conditions expérimentales

- Température de l'eau : $\pm 60 \text{ }^\circ\text{C}$
- Consommation : 130 L/jour (par prises régulières de 5 et 10 litres pendant 16 heures, avec une période de stagnation de 8 heures)
- Durée de l'essai : 21 jours
- Consommation totale : $\pm 2,7 \text{ m}^3$

Premiers essais et premiers résultats

Actuellement, un modèle unique de chacun des appareils précités a été testé selon ce procédé au sein du laboratoire 'Chimie du bâtiment' du CSTC.

Dans le cas de l'adoucisseur à échange ionique réglé pour distribuer une eau à $15 \text{ }^\circ\text{f}$, la capacité effective s'élève à environ 90 % dans les conditions d'essai mentionnées ci-avant, alors que celle des autres appareils antitartre testés est inférieure, voire négligeable dans certains cas. Néanmoins, parmi les appareils testés, l'appareil à injection de CO_2 s'avère particulièrement performant, offrant un résultat assez proche de l'adoucisseur réglé à $15 \text{ }^\circ\text{f}$.

D'autres modèles seront évalués prochainement, afin d'émettre un avis général quant à l'efficacité des différents procédés antitartre proposés sur le marché du traitement de l'eau. De même, d'autres conditions d'essai seront envisagées, notamment pour déterminer l'influence de la nature des conduites d'eau et de leur longueur.

Conclusion

Auparavant, le CSTC n'était pas en mesure d'émettre un avis quant à l'efficacité des appareils antitartre agissant autrement que par élimination du calcium et du magnésium présents dans

l'eau. Aujourd'hui, le Centre dispose d'une méthode pertinente d'évaluation de leur capacité à réduire la formation de dépôts calcaires dans les installations d'eau chaude sanitaire. Dès lors, tout fabricant, entrepreneur ou installateur peut désormais demander d'évaluer la capacité effective d'un appareil antitartre. Il lui sera alors transmis une information claire sur les performances de l'appareil testé qu'il pourra communiquer à ses clients. |

*P. Steenhoudt, ir., chef du laboratoire
Chimie du bâtiment, CSTC*





Les vagues de chaleur se multipliant, nous sommes régulièrement confrontés à la problématique de la surchauffe estivale dans nos habitations. Celle-ci est-elle inévitable ? Comment faire pour que la température intérieure de nos logements reste confortable malgré des températures extérieures élevées ? Nous verrons dans cet article que, même si de nombreux paramètres influencent le risque de surchauffe, le comportement des occupants permet déjà le plus souvent de maintenir des températures intérieures confortables.

Maintenir le confort thermique en été

Des températures intérieures légèrement trop chaudes en été

Le CSTC, en collaboration avec l'UCL, a mené une enquête de satisfaction auprès de 149 propriétaires de maisons construites majoritairement entre 2008 et 2012, dont les performances énergétiques étaient supérieures aux exigences de l'époque. Le niveau de performance énergétique E_w de ces maisons était en moyenne égal à 55 et toujours infé-

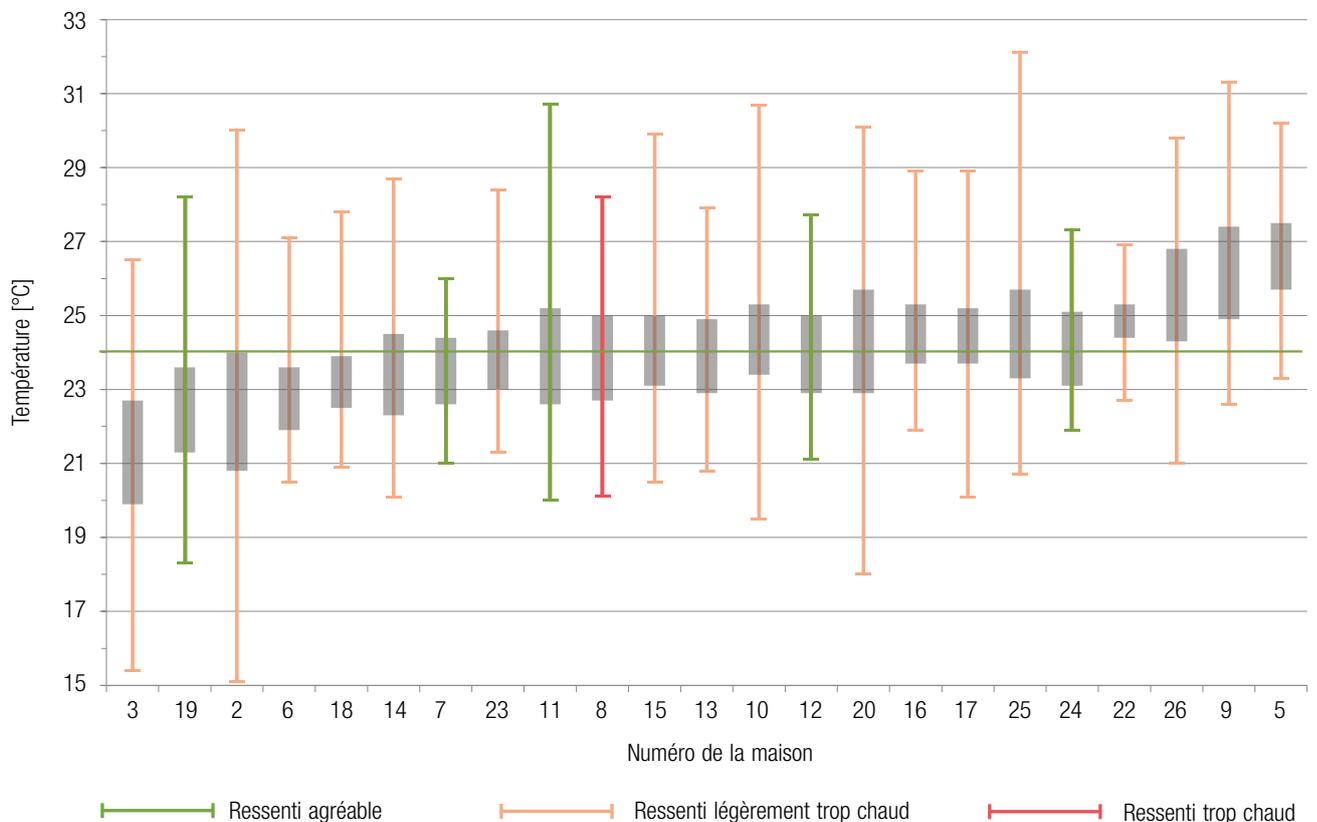
rieur ou égal à 100 (niveau d'isolation global K compris entre 13 et 43). Cet échantillon comptait par ailleurs une dizaine de maisons passives et présentait une diversité de modes constructifs (ossature en bois, maçonnerie, ...) et d'installations techniques (type de ventilation, de production de chauffage, ...).

Cette enquête a révélé l'existence d'un certain inconfort en été, et ce essentiellement dans le séjour et dans les

chambres à coucher, où plus de 60 % des propriétaires disent ressentir la température intérieure comme 'légèrement trop chaude', voire 'trop chaude'.

La sensibilité des occupants influence l'inconfort ressenti

Le climat intérieur (température, humidité relative et concentration en CO_2) a été mesuré durant une année complète





(en 2016) dans 23 des 149 maisons ayant fait l'objet de l'enquête. Cette sélection s'est faite en conservant une diversité équivalente à celle du premier échantillon. Il est à noter qu'aucune des 23 maisons n'était équipée d'un système de climatisation.

Le graphique à la page précédente présente la température intérieure dans les 23 chambres à coucher parentales mesurées du 21 juin au 22 septembre 2016, toutes les cinq minutes et uniquement la nuit (de 22 h à 6 h).

Les températures enregistrées dans les maisons n° 8, 13 et 12 illustrent les différences de sensibilité des occupants. En effet, pour une température intérieure identique, ceux-ci peuvent la ressentir comme 'agréable', alors que d'autres la considéreront comme 'légèrement trop chaude', voire 'trop chaude'.

Une température intérieure excessive peut amoindrir la qualité du sommeil

Au Royaume-Uni, le CIBSE (*Chartered Institution of Building Services*

Exemple de l'efficacité de la ventilation intensive de nuit dans deux maisons adjacentes (voir graphique à la page précédente).

Caractéristique	Maison n° 3	Maison n° 5
Ventilation naturelle intensive de nuit	Oui	Non
Volume protégé	449 m ³	567 m ³
Niveau d'isolation global K	13	
Inertie	Structure peu massive	
Orientation principale des vitrages	Sud	
Taux de renouvellement d'air à n ₅₀	0,64 h ⁻¹	0,57 h ⁻¹
Température moyenne mesurée	21,4 °C	26,7 °C

Engineers) recommande, pour les bâtiments non équipés d'un système de climatisation, une température intérieure inférieure à 24 °C dans les chambres à coucher, limite à partir de laquelle il a été démontré que la qualité du sommeil diminuait. L'étude réalisée montre que cette limite de 24 °C est régulièrement dépassée dans la plupart des maisons.

Des mesures simples pour éviter que la température ne grimpe

Les nouvelles constructions étant mieux isolées et plus étanches à l'air, on peut supposer qu'elles sont mieux protégées contre la surchauffe. A l'inverse, certains pensent plutôt que la chaleur emmagasinée en journée aura plus de difficultés à se dissiper durant la nuit, augmentant par là le risque de surchauffe.

Une analyse plus approfondie des mesures de la température a pourtant révélé que, indépendamment du mode constructif, de l'enveloppe ou même du niveau d'isolation de ces maisons, la température intérieure mesurée est fortement influencée par certaines dispositions élémentaires qui concernent tant le concepteur et l'entrepreneur que l'occupant lui-même :

- **l'installation de protections solaires extérieures doit être prévue dès la conception.** Seuls 15 % des 149 propriétaires ont répondu que leur maison était équipée d'origine de protections solaires extérieures. Par ailleurs, seules 5 des 23 maisons étudiées sont équipées de protections,

alors que, lors de la conception, il était prévu que la moitié d'entre elles le soient

- lors de l'utilisation, les occupants doivent **veiller à limiter au maximum les gains solaires pénétrant dans la maison via les fenêtres.** En l'absence de protections solaires extérieures, des protections solaires intérieures de couleur claire permettent déjà de réduire une partie des gains solaires
- enfin, **la ventilation naturelle intensive de nuit est trop souvent négligée, malgré son efficacité démontrée** pour lutter contre la surchauffe estivale (voir tableau ci-dessus). Les maisons ne sont parfois pas équipées pour la réaliser correctement (absence de moustiquaires, risque d'intrusion au rez-de-chaussée, ...). Il arrive aussi que les propriétaires ignorent que leur installation de ventilation hygiénique ne remplace pas la nécessité d'une ventilation naturelle intensive de nuit. Informer les utilisateurs lors de la réception des travaux permet de pallier ce manque. |

V. Vanweldel, ir., chef de projet, laboratoire Lumière, CSTC

Cet article a été rédigé dans le cadre du projet MEASURE soutenu par la Wallonie DGO4.

Comment lire ce graphique ?

Prenons pour exemple la chambre de la maison n° 12. Les propriétaires y ressentent la température comme agréable (ce qui est exprimé par la couleur verte). Durant les nuits de l'été 2016, celle-ci a varié entre 21 °C et 28 °C. Pour 25 % des mesures, la température intérieure était inférieure à 23 °C, et pour 25 % d'entre elles, elle dépassait 25 °C. Cela signifie que pour 50 % des mesures, autrement dit la moitié du temps, les températures étaient comprises entre 23 et 25 °C (indiqué par le rectangle gris).

Les performances acoustiques des planchers en bois ont déjà été analysées en détail dans le CSTC-Magazine 2001/1. Cet article-ci présente quelques solutions courantes et innovantes visant à améliorer ces performances et à obtenir un confort acoustique normal ou supérieur entre les habitations.

Rénovation acoustique des planchers en bois

Le niveau d'isolation aux bruits aériens et aux bruits de choc des planchers en bois traditionnels est souvent très faible. Lorsque ces planchers séparent deux habitations, leurs performances ne parviendront presque jamais à satisfaire aux exigences actuelles de la norme acoustique NBN S 01-400-1. Heureusement, l'isolation acoustique de ces planchers peut être considérablement améliorée par la mise en œuvre de systèmes de planchers sur-élevés et/ou de plafonds suspendus. Selon les conditions de l'ouvrage (localisation, budget, propriété, ...), ces solutions ne sont toutefois pas toujours applicables. Dès lors, dans le cadre de projets divers (AH+, STAR, Do-It Houtbouw, ...), le CSTC a mené en collaboration avec différents fabricants de vastes campagnes de mesures au sein du laboratoire Acoustique, afin de développer des solutions innovantes.

1 Isolation aux bruits aériens et aux bruits de choc des planchers en bois

Dans les habitations anciennes, les planchers en bois sont souvent reliés à des murs massifs en maçonnerie. Lorsque ces planchers sont rénovés en vue d'une amélioration acoustique, l'isolation maximale pouvant être obtenue vis-à-vis des bruits aériens est limitée par la transmission latérale du bruit via ces murs (voir flèche F-f à la figure 1). Ceci est dû à la grande différence de masse entre les planchers et les murs porteurs (voir CSTC-Magazine 2001/1). Pour atteindre un niveau de confort acoustique normal, les murs massifs continus dont la masse surfacique est inférieure à celle de parois constituées de briques de 30 cm d'épaisseur (c'est-à-dire 390 kg/m²) doivent être munis, sur au moins un étage, d'une cloison de doublage acoustiquement efficace ($\Delta R_w \geq 12$ dB, voir [Les Dossiers](#)

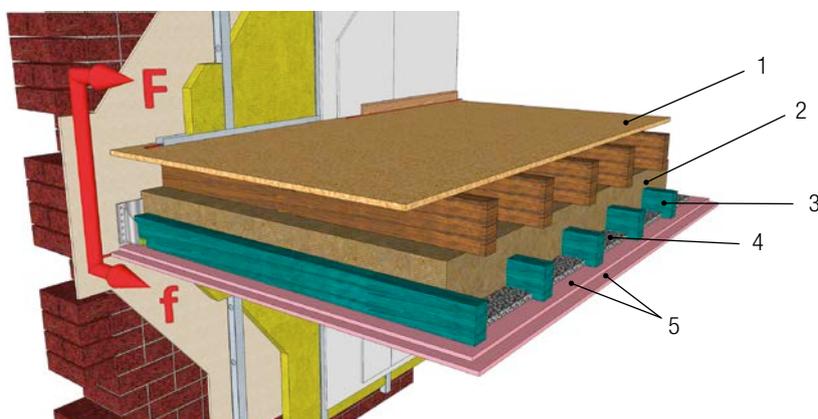
du CSTC 2013/4.14). Si l'on souhaite bénéficier d'un confort acoustique supérieur, ce type de cloison doit être prévu à chaque étage.

Concernant l'isolation aux bruits de choc des planchers en bois, la transmission latérale du bruit joue un rôle moins important que la transmission directe. Par conséquent, il suffit de choisir un système de plancher sur la base de ses performances d'isolation aux bruits de choc testées en laboratoire.

2 Solutions innovantes

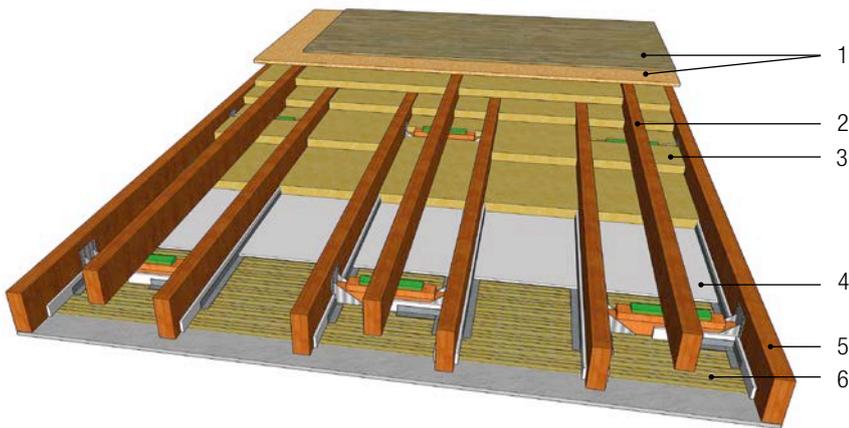
2.1 Plancher avec solives apparentes

Lorsque l'on ne peut intervenir que sur la partie supérieure d'un plancher en conservant les solives apparentes, il est pratiquement impossible d'obtenir



1 | Complexe plancher constitué d'un plafond suspendu indépendant réalisé grâce à un gîtage supplémentaire. Cette solution permet d'obtenir un confort acoustique supérieur.

1. Panneau OSB (22 mm) sur solives existantes
2. Plénum (≥ 40 cm) rempli de laine minérale (≥ 20 cm)
3. Gîtage supplémentaire, séparé de la paroi au moyen de patins élastiques antivibratoires
4. Couche de gravillon (≥ 25 mm) (sans cette couche, seul un confort acoustique normal peut être obtenu)
5. Panneaux de plâtre résistant au feu (15 mm chacun) (aucun contact avec la paroi et le sabot des solives)



1. Panneau contreplaqué (18 mm) et panneau OSB (22 mm) (aucun contact avec les solives existantes)
2. Nouvelles solives posées sur entretoises munies de patins en élastomère (15 mm) (entre les solives existantes)
3. Plénum (≥ 20 cm) entièrement rempli de laine minérale
4. Panneaux résistant au feu posés sur des profilés en L entre les solives existantes
5. Solives existantes
6. Plafond existant constitué d'un lattis enduit

2 | Complexe plancher constitué d'un gîtage supplémentaire posé sur des entretoises en bois et un dispositif antivibratoire. Cette solution permet d'obtenir un confort acoustique normal.

un confort acoustique normal entre les habitations. En revanche, si l'on peut intervenir sur la partie inférieure, il est alors possible de poser un plafond suspendu complètement indépendant, et ce grâce à un gîtage (voir figure 1) ou à une ossature métallique complémentaire. Cette solution permet d'atteindre un confort acoustique satisfaisant.

2.2 Plafond constitué d'un lattis enduit

Dans les vieilles maisons de maître, les plafonds sont souvent réalisés à partir d'un lattis enduit dont la masse peut fortement varier (de 20 à 60 kg/m²) selon l'épaisseur et le type d'enduit ou de mortier.

S'il n'est possible d'intervenir que par la partie supérieure du plancher, un confort acoustique normal peut être obtenu en mettant en œuvre un système de plancher désolidarisé qui serait, par exemple, posé sur un gîtage supplémentaire séparé du reste de la structure au moyen d'un dispositif antivibratoire (voir figure 2).

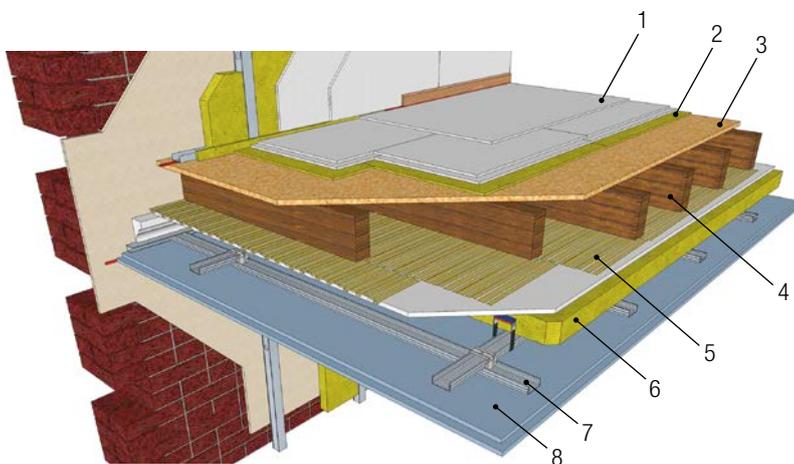
Lorsque l'on peut intervenir des deux côtés du plancher, un niveau de confort acoustique supérieur peut être atteint en combinant le système de plancher flottant 'lourd' à un plafond suspendu supplémentaire (voir figure 3).

Soulignons pour conclure qu'une étude de stabilité et une analyse de la sécurité incendie doivent être effectuées avant

de mettre en œuvre l'une des solutions proposées. |

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

Cet article a été rédigé dans le cadre de la Guidance technologique 'Ecoconstruction et développement durable' subsidiée par InnovIRIS, et du projet 'Innovative details in de binnenafwerking' subsidié par VLAIO.



3 | Système constitué d'un plancher flottant 'lourd' et d'un plafond suspendu. Cette solution permet d'obtenir un confort acoustique supérieur.

1. Trois panneaux de plâtre renforcés de fibres (10 mm chacun) (*)
2. Laine minérale à forte densité (10 mm)
3. Panneau OSB (18 mm) posé sur des solives (≥ 45 cm d'axe en axe)
4. Plénum (≥ 17 cm)
5. Plafond existant constitué d'un lattis enduit
6. Plénum rempli d'au moins 8 cm de laine minérale
7. Double ossature en acier fixée à des suspentes métalliques acoustiques (*)
8. Deux panneaux acoustiques en plâtre (12,5 mm chacun) (*)

(*) L'utilisation de panneaux de plâtre classiques (résistant au feu) fixés au moyen de suspentes rigides ne permettra d'atteindre qu'un confort acoustique normal. Il en sera de même si l'on combine seulement deux panneaux en plâtre renforcés de fibres avec le plafond suspendu illustré.

Avec l'adoption croissante du BIM et l'augmentation de la quantité d'informations à gérer dans un projet, il est nécessaire de structurer les données de la maquette numérique, afin de pouvoir les exploiter et les échanger au bon moment. L'utilisation d'un système de classification apporte une aide précieuse à cet égard, avec des bénéfices encore plus importants si les différents intervenants adoptent la même classification tout au long de la durée de vie du projet.

Quelle(s) classification(s) pour le BIM ?

Classer les composants de la maquette numérique permet aux acteurs du projet de travailler dans un environnement commun bien organisé et, dès lors, de communiquer de manière plus efficace.

Conscients de ces enjeux, les groupes de travail du Comité technique BIM & ICT (GT1 'Classification') et du Cluster BIM ont mené un travail de recherche et d'analyse visant à identifier les systèmes de classification existants les plus appropriés dans le cadre du BIM.

Prérequis

Dans un premier temps, il était nécessaire de se poser les questions fondamentales suivantes :

- pourquoi une classification ?
- à quelle fin celle-ci est-elle ou sera-t-elle utilisée ?
- que faut-il classer et comment ?

Afin de répondre à ces questions, le GT1 s'est appuyé sur les normes ISO 22274:2013 et ISO 12006-2:2015. La première fournit des recommandations générales relatives à l'élaboration des systèmes de classification. Elle révèle notamment que la classification peut revêtir une structure différente selon les critères de subdivision choisis (fonctions, lots, ...) et l'objectif visé pour un même ensemble d'éléments. La seconde a été élaborée en tant que référence internationale pour la création des systèmes de classification dans le domaine de la construction. Elle recommande clairement qu'un système de

Finlande : Talo200
Suède : CoClass
Norvège : NS 3451 open standards IFD
Danemark : CCS
Royaume-Uni : UniClass2015
Pays-Bas : NL/SfB, STABU
Belgique : BB/SfB, NL/SfB VMSW, CCTB 2022, RGdB doc904
Luxembourg : UniFormat
Allemagne : DIN SPEC 91400
Italie : UNI 11337

Carte des systèmes de classification existants recensés en Europe. (corrigée le 28 août 2018)

classification soit utilisable dans **tous les secteurs** de la construction (bâtimENTS, infrastructures, aménagements paysagers) et dans **toutes ses disciplines** (architecture, structure, techniques spéciales) ainsi que durant **tout le développement et toute la durée de vie d'un projet** (programme, avant-projet, projet, exécution, exploitation).

On constate toutefois, notamment dans le secteur du bâtiment, une utilisation fragmentée des systèmes de classification selon les phases du projet. En Belgique, par exemple, la table 1 du BB/SfB ⁽¹⁾ est souvent utilisée en phase d'avant-projet et de projet, alors que, dans les phases ultérieures (exécution et exploitation), les intervenants uti-

⁽¹⁾ Le BB/SfB est un système de classification belge spécifique au secteur de la construction.



Vérification de la concordance de deux systèmes de classification avec la norme ISO 12006-2:2015.

Système de classification	Secteurs			Disciplines			Phases				
	Bâtiments	Infrastructures	Aménagements paysagers	Architecture	Structure	Techniques spéciales	Programme	Avant-projet	Projet	Exécution	Exploitation
CCTB	✓	✗	~	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	~
VMSW	~	✗	~	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	~

lisent d'autres classifications propres à leurs besoins. Cette méthode de travail ne permet pas toujours de garder, tout au long du processus BIM, une traçabilité des éléments du projet.

Etat des lieux et analyse des classifications existantes

Afin de déterminer si un système de classification existant est utilisable de manière optimale pour le BIM, une analyse approfondie est nécessaire. Les membres du GT1 et du Cluster BIM ont recensé les classifications existantes en Europe et les plus utilisées en Belgique pour identifier celles qui feraient l'objet de cette analyse (voir carte à la page précédente).

Les systèmes de classification sélectionnés sont :

- **CCS** (Cuneco Classification System) (DK) et **Uniclass 2015** (UK) : classifications les plus récentes créées dans le cadre du BIM
- **BB/SfB, NL/SfB, VMSW** (Vlaamse Maatschappij voor Sociaal Wonen) et **CCTB 2022** (Cahier des charges type-Bâtiments) (BE) : classifications les plus utilisées en Belgique
- **STABU** (Standaardbestek Burger- en Utiliteitsbouw) (NL) : classification utilisée principalement lors de l'élaboration du cahier des charges aux Pays-Bas, mais également connue en Belgique
- **ETIM** : classification spécifique au

domaine des techniques spéciales et du *facility management* (gestion des installations)

- **OmniClass** (USA) : classification utilisée aux Etats-Unis et dans certains pays européens (par certains acteurs actifs en France, au Luxembourg, ...).

Méthodologie d'analyse

Dans le but de mener un travail objectif et identique pour tous les systèmes de classification choisis, une méthodologie d'analyse structurée selon les six points suivants est appliquée ⁽²⁾ :

- *Identity Card*
- *BIM Key Characteristics*
- *Use*
- *Implement in Software*
- *Plugins*
- *Websites*.

L'une des '*BIM Key Characteristics*', ou 'caractéristiques clés', est la concordance du système de classification avec les recommandations de la norme ISO 12006-2:2015. La vérification de cette concordance se fait en examinant, pour chaque système, s'il est utilisable pour tous les secteurs, toutes les disciplines et toutes les phases. Le tableau ci-dessus livre un exemple des résultats obtenus pour les classifications CCTB et VMSW.

Le point '*Use*' est également essentiel. En effet, il vise à déterminer dans quelle mesure le système de classification est utilisable à différents niveaux de détails selon les phases du projet.

Perspectives

A l'issue de ce travail d'analyse et de comparaison des classifications existantes, une publication verra le jour courant 2018 sous la forme de fiches d'aide. Celles-ci auront pour but d'éclairer les acteurs du projet sur la (les) classification(s) utilisable(s) dans le cadre du BIM et répondant à leurs besoins.

Parallèlement à cette publication, les systèmes de classification jugés les plus appropriés pour le BIM seront testés sur la base d'un cas pratique, afin de valider les conclusions de l'analyse 'théorique'. Cette mise en pratique permettra d'approfondir les points '*Use*' et '*Implement in Software*' (implémentation du système de classification dans un logiciel) en modélisant une maquette numérique et en classant ses composants.

Après cette étude, le groupe de travail pourra recommander le(s) système(s) de classification le(s) plus adapté(s) pour le BIM en Belgique. |

M. Huerdo Fernandez, arch., conseiller principal, et P. Dewez, ir.-arch., conseiller, service BIM et Techniques de l'information, CSTC

⁽²⁾ Plus de détails sont disponibles à la page suivante du BIMportal :

<https://www.bimportal.be/fr/projets/ct/publications-resultats/analyse-des-systemes-classification-dans-le-cadre-du-bim/>.



La gestion des matériaux à mettre en œuvre sur un chantier représente une part non négligeable du travail à fournir en vue de la réussite d'un projet. Les commandes auprès des fournisseurs, la réception des livraisons ou encore le stockage sur chantier sont autant d'éléments pouvant avoir un impact sur la gestion du chantier.

Problématique

Des enquêtes menées récemment auprès de plusieurs entreprises du secteur ont révélé trois problèmes majeurs.

Premièrement, il apparaît régulièrement que **les matériaux sont commandés en retard** par rapport au planning d'exécution. Les fournisseurs ayant des délais de livraison bien définis, il est important que l'entreprise anticipe cette contrainte en préparant un planning des commandes. Un retard de livraison entraînera *a priori* un retard dans le planning d'exécution et *a fortiori* une augmentation des frais de chantier. L'anticipation et la planification sont donc primordiales.

Deuxièmement, **le manque de communication** entre les partenaires d'un projet peut également être à l'origine de certains problèmes et, par conséquent, d'un gaspillage de temps. Citons par exemple :

- des retards de livraison dus à un accès modifié, à une adresse erronée, ...
- des retards lors du déchargement en raison de livraisons simultanées

Mieux gérer les commandes et les stocks

- l'immobilisation d'une grue dans l'attente de la livraison des matériaux.

Une bonne coordination entre tous les intervenants est essentielle (connaître la personne de contact, la langue du livreur, ...), afin d'éviter des retards de livraison et la congestion du trafic à l'entrée des chantiers, par exemple.

Troisièmement, **le stockage des matériaux sur le chantier** entraîne également des coûts d'inefficacité. En effet, tous les matériaux livrés à l'avance sur chantier, et non mis en œuvre à court terme, constituent une source potentielle de surcoûts (gestion du stock, vol sur chantier, pertes de temps générées par la recherche d'un produit, ...). Par conséquent, l'objectif est de réduire au maximum la quantité de stock immobilisée sur le chantier.

Solutions envisagées

Différentes solutions peuvent être envisagées. En voici deux parmi d'autres.

La première concerne **la planification des commandes et des livraisons**. Le planning général du projet à moyen et long terme (établi dans un logiciel de planification de projet, par exemple) doit permettre de planifier les commandes, tandis que le planning d'intervention à court terme (établi dans un logiciel de planification d'intervention ou sur un tableau mural dans la baraque de chantier, par exemple; voir photo) doit permettre de planifier précisément les livraisons. Dans le cas de chantiers de taille importante, ce planning des livraisons pourrait être utilisé comme outil collaboratif avec les cotraitants et sous-traitants éventuels pour éviter, notamment, les livraisons simultanées ou redondantes. L'objectif de cet outil

serait d'assurer les livraisons selon la méthode 'juste-à-temps', c'est-à-dire en livrant les matériaux directement sur le chantier juste avant leur mise en œuvre.

La seconde concerne **la mise en place de moyens de communication efficaces et partagés avec les fournisseurs**. Une plateforme de gestion documentaire pourrait être utilisée, afin de communiquer les informations relatives au chantier (plan d'accès, adresse, personnes de contact, ...). Ceci permettrait de mettre à jour les documents une seule fois pour tous les fournisseurs du projet et d'éviter ainsi les pertes d'informations.

Sur le long terme

Des recherches sont menées actuellement pour étudier la faisabilité d'une **plateforme numérique collaborative de gestion des livraisons**. L'objectif est de centraliser la planification des livraisons (via une communication facilitée entre entreprises et fournisseurs), d'organiser un suivi de la marchandise en cours de livraison ou encore de faciliter la réception des marchandises sur chantier (*).

La mise en place de **centres de distribution urbains** spécialement dédiés aux matériaux de chantier est également à l'étude dans le cadre de projets européens. Le but est d'optimiser les transports de matériaux de construction en milieu urbain et de faciliter les livraisons en 'juste-à-temps' sur les chantiers en créant une zone tampon de stockage. **I**

F. Suain, ing., conseiller principal senior, division Gestion et qualité, CSTC

(*) Urbanwise est un projet mené par l'ULB en collaboration avec le CSTC, le CRR et Multitel, et subsidié par la Wallonie DGO6 et la Région de Bruxelles-Capitale.



Cours d'hiver du CSTC



Toitures à versants : revêtements métalliques et pose des panneaux solaires

Ce cours se déroulera sur deux soirées à :

Mons (IFAPME) :	mercredis 31 janvier et 7 février 2018
Gembloux (Isnes) (IFAPME) :	mercredis 21 et 28 février 2018
Bruxelles (ECAM) :	mercredis 7 et 14 mars 2018
Verviers (IFAPME) :	mercredis 21 et 28 mars 2018



Evacuation des eaux pluviales et des eaux usées

Ce cours se déroulera sur deux soirées à :

Bruxelles (ECAM) :	lundis 19 et 26 février 2018
Mons (IFAPME) :	mercredis 7 et 14 mars 2018
Grâce-Hollogne (Construform) :	lundis 20 et 27 mars 2018
Perwez (IFAPME) :	mercredis 18 et 24 avril 2018

Inscrivez-vous de préférence sur www.cstc.be (rubrique 'Agenda').

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 e-mail (publ@bbri.be).

Formations

- Pour plus d'informations au sujet des formations, veuillez contacter S. Eeckhout par téléphone (02/716.42.11) 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 55 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 agrément

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 18.000 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. 011/79 95 11
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

BRUSSELS GREENBIZZ

Rue Dieudonné Lefèvre 17, B-1020 Bruxelles
tél. 02/233 81 00