cstc.be
Recherche • Développe • Informe

Contact

2018/2

Une édition du Centre scientifique et technique de la construction

Outil TOTEM
p4-5

Revêtements de sol en bois
p12-13

Enduits de peintre
p20-21

Processus BIM
p28-29

Shutterstock

Dépôt : Bruxelles X • Numéro d'agréation : P 401010
15e année • Trimestriel

Shutterstock

Sommaire

2018/2

Des bâtiments intelligents dans un monde durable 3

Détermination des performances environnementales des bâtiments à l'aide de l'outil TOTEM 4

Valoriser les terres excavées des chantiers de construction en Wallonie 6

Utilité des drones pour le couvreur 8

Collage de panneaux isolants en toiture plate à l'aide d'une colle PU 10

Tolérances applicables aux revêtements de sol en bois 12

Cas de pathologie spécifique aux petits vitrages isolants 14

Dépôts noirs dans les immeubles d'habitation 16

Panneaux de construction à carreler : des supports multiples pour les carreaux 18

Enduits de peintre : une nouvelle normalisation européenne 20

Remplacement de chaudières individuelles au gaz raccordées à un conduit de fumée collectif 22

La flexibilité énergétique des bâtiments 24

Impact acoustique des systèmes d'isolation par l'intérieur 26

Le processus BIM à la loupe 28

Gérer son chantier avec la méthode des 5S 30

Shutterstock

Des **bâtiments intelligents** dans un monde durable

Nouveau Comité technique *Smart & Sustainable Constructions*

Il n'est un secret pour personne que notre société est en mutation permanente, mais force est de constater que ces changements ne cessent de s'accélérer.

La montée en puissance d'Internet et de la numérisation a bousculé notre quotidien à bien des égards. Les nouvelles technologies ont ouvert la voie à l'**interaction entre les appareils et les utilisateurs**, créant ainsi de nouvelles applications et de nouveaux services. Les bâtiments, tant neufs que rénovés, se transforment désormais en bâtiments connectés et intelligents capables d'interagir avec leurs occupants, mais aussi les uns avec les autres. Nous entrons dans l'ère des *smart buildings*, tandis que les villes se muent peu à peu en *smart cities*.

Bien entendu, l'évolution vers les technologies intelligentes ne constitue pas un objectif en soi. L'essentiel est de **mettre la technologie *smart* au service de l'utilisateur et du développement durable des bâtiments**. En plus de réduire la consommation énergétique et d'améliorer le confort des occupants, les technologies intelligentes favorisent, entre autres, l'utilisation responsable des matériaux, la bonne gestion de l'entretien, l'économie circulaire et l'adaptabilité des logements.

Cette révolution engendrera, dans les années à venir, l'apparition d'innombrables **nouveaux services**, avant tout au bénéfice des utilisateurs. Pour les entrepreneurs, ces nouvelles technologies constitueront un **moteur de développement** de leurs activités. Cette mutation apportera toutefois son lot de défis, puisqu'elle risque de bouleverser les modèles économiques actuels de la plupart des entreprises.

Soucieux d'accompagner les professionnels de la construction dans cette transformation et de proposer une approche globale pour la transition vers des bâtiments et des villes plus durables et plus intelligents, **le CSTC a pris l'initiative de créer le Comité technique *Smart & Sustainable Constructions***.

Ce nouveau Comité technique a pour vocation de soutenir et d'encourager les entrepreneurs et l'ensemble du secteur dans la réalisation d'ouvrages durables et intelligents. Il s'efforcera de mettre à la disposition du secteur les instruments qui lui permettront d'intégrer ces évolutions dans la pratique.

Evolutions qui s'avèrent indispensables pour l'entrepreneur s'il veut **maintenir son rôle clé dans le processus constructif** et grâce auxquelles il pourra se distinguer en améliorant les services offerts à ses clients tout en respectant l'environnement et en œuvrant pour l'avenir de la planète.

La réduction des émissions de CO_2 liées à la consommation énergétique des bâtiments constitue un des objectifs de la directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments (DPEB). Plus la consommation d'énergie diminue, plus la contribution relative des matériaux de construction à l'empreinte écologique globale des bâtiments gagne en importance. Afin d'aider le secteur belge de la construction à réduire l'impact environnemental des bâtiments, les trois Régions du pays ont mis au point l'outil TOTEM.

Détermination des **performances environnementales** des bâtiments à l'aide de l'**outil TOTEM**

Importance croissante de l'impact environnemental des matériaux de construction

Dans le cas des bâtiments mal ou non isolés construits dans les années 1970, les performances environnementales globales dépendent avant tout de la consommation énergétique pour le chauffage. L'impact environnemental lié à la consommation d'énergie représente ainsi généralement plus de 90 % de l'impact total.

En ce qui concerne les logements respectant les niveaux de performance énergétique minimaux actuellement en vigueur, l'impact de la consommation énergétique s'avère également non négligeable.

Toutefois, au vu de la consommation énergétique réduite et de la quantité accrue de matériaux (d'isolation) et de techniques, la contribution relative des matériaux à l'impact environnemental des bâtiments se fait croissante.

Les matériaux ont une influence sur l'environnement tout au long de leur cycle de vie (de l'extraction et du transport des matières premières au traitement des déchets). Pour les bâtiments très bien isolés et à hautes performances, l'impact relatif des matériaux s'élève ainsi à environ 50 % de l'impact environnemental global du bâtiment.

Outil TOTEM

Afin de **soutenir le secteur belge de la construction dans l'évaluation et l'optimisation des performances environnementales des bâtiments**, les trois Régions du pays ont mis en place l'outil **TOTEM** (***T**ool to **O**ptimise the **T**otal **E**nvironmental impact of **M**aterials* ou outil pour l'optimisation de l'impact environnemental total des matériaux).

Cet outil en ligne est disponible gratuitement depuis février 2018 sur le site Internet www.totem-building.be et est destiné à tous les professionnels de la construction disposant de connaissances de base en matière d'analyse du cycle de vie (ACV).

L'outil TOTEM convient à différents types de bâtiments (logements, bureaux, écoles, …), et ce tant en construction neuve qu'en rénovation. Il comprend un catalogue de plus de 300 éléments de construction, dans lequel l'utilisateur peut puiser pour composer son bâtiment. L'utilisateur peut également modifier les éléments préexistants ou en créer lui-même de nouveaux.

Les performances environnementales obtenues sont représentées par une série d'indicateurs environnementaux déterminés au moyen d'une ACV (voir Infofiche n° 64 pour de plus amples informations concernant l'ACV).

totem
CREATE | EVALUATE | INNOVATE

Méthodologie ACV utilisée

L'outil TOTEM repose sur **une méthodologie ACV conforme à la norme européenne NBN EN 15978** 'Contribution des ouvrages de construction au développement durable. Evaluation de la performance environnementale des bâtiments. Méthode de calcul' et adaptée au contexte belge : **la méthode MMG** (*Milieugerelateerde Materiaalprestatie van Gebouwelementen* ou performance environnementale des éléments de construction). Elle consiste à considérer l'ensemble du cycle de vie du bâtiment (de la production des matériaux à l'élimination finale des déchets) sur une période de référence de 60 ans.

L'impact environnemental est exprimé à travers **17 indicateurs environnementaux individuels** (tels que le changement climatique, la destruction de la couche d'ozone, la toxicité humaine, la formation de particules fines, …). **En monétarisant ces indicateurs** (c'est-à-dire en les transposant en euros), **il est possible de les convertir en un score environnemental unique** (coût environnemental), ce qui facilite grande-

ment la prise de décisions ainsi que la comparaison des performances environnementales de différentes solutions. Ce score équivaut aux coûts que la société devrait supporter pour prévenir ou compenser les problèmes environnementaux engendrés.

Evolutions futures

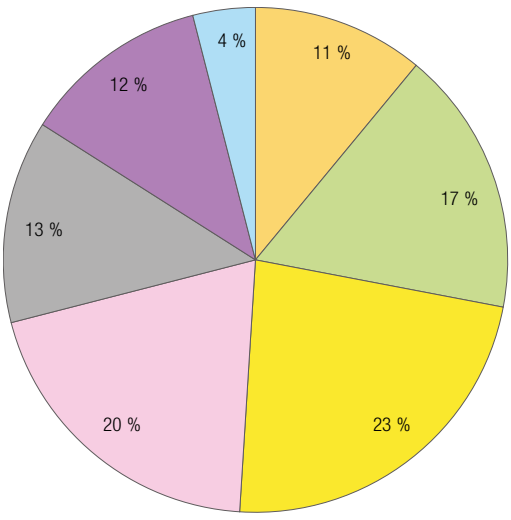
A court terme, l'objectif est de **combiner l'outil TOTEM et la base de données fédérale B-EPD** (*Environmental Product Declaration* ou déclaration environnementale de produit) reprenant des données spécifiques relatives aux produits de construction (voir aussi Les Dossiers du CSTC 2015/2.3). En pratique, cela permettra également de valoriser les initiatives des fabricants de matériaux en termes de performances environnementales. **Les liaisons avec les environnements de modélisation BIM et le logiciel PEB** seront en outre développées à un stade ultérieur. Afin d'éviter que les utilisateurs ne doivent introduire leurs données en double, **les données géométriques peuvent dès à présent être lues à partir de fichiers IFC**. Enfin, des mesures sont prises en vue de permettre, à terme, de **prendre aussi en compte les systèmes de construction conformes aux principes de l'économie circulaire et la réutilisation des matériaux**.

Intérêt pour les professionnels de la construction

L'outil TOTEM permet de calculer les performances environnementales d'un bâtiment de manière objective et d'avoir un aperçu de la contribution relative des différents composants (voir figure), des diverses phases du cycle de vie ou des indicateurs environnementaux. Grâce à lui, les professionnels de la construction peuvent désormais **évaluer et optimiser eux-mêmes l'empreinte écologique de leurs bâtiments**. Il permet par ailleurs aux entreprises qui s'efforcent de choisir des matériaux durables de **diffuser des informations objectives** à ce sujet. Enfin, le lancement d'un outil belge pour l'évaluation des performances environnementales des bâtiments, avec le soutien des trois Régions, constitue **un pas important vers l'harmonisation**. Dans les pays voisins, le calcul des performances environnementales des bâtiments est déjà inclus dans la réglementation (depuis 2012 aux Pays-Bas, à partir de 2020 en France). En Belgique, aucune obligation n'a été fixée dans ce domaine jusqu'à présent, mais les autorités publiques s'engagent d'ores et déjà à intégrer le système dans leurs appels d'offres et leurs cahiers des charges.

Rôle du CSTC

TOTEM est le fruit d'une initiative commune de l'OVAM, de l'Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement et du Service public de Wallonie. La méthode d'évaluation a été mise au point en concertation avec le secteur. Divers partenaires scientifiques, dont le CSTC, ont en outre collaboré au projet. Le CSTC a acquis une expérience considérable dans le domaine de l'ACV et suit de très près les évolutions en la matière aux niveaux national et européen. Nos collaborateurs sont donc en mesure d'apporter aide et conseil aux professionnels du secteur dans l'évaluation des performances environnementales des produits, des éléments de construction ou du bâtiment.



L'outil TOTEM permet d'avoir un aperçu de la contribution relative des différents composants d'un bâtiment.

- Toiture plate
- Dalle de sol
- Plancher d'étage
- Murs extérieurs
- Murs intérieurs
- Ouvertures : fenêtres et portes extérieures
- Ouvertures : fenêtres et portes intérieures

L. Wastiels, dr. ir.-arch., chef de laboratoire adjoint, et L. Delem, ir., chef de projet, laboratoire Développement durable, CSTC

Cet article a été rédigé dans le cadre de la Guidance technologique 'Ecoconstruction et développement durable en Région de Bruxelles-Capitale' avec le soutien d'InnovIRIS.

L'économie circulaire fait de plus en plus parler d'elle. En Europe, la gestion et la valorisation des terres excavées lors des travaux de génie civil tentent de suivre les principes de ce nouveau modèle économique. Mais la démarche n'est pas aisée, car elle s'opère selon des règles propres à chaque pays, voire à chaque région. La situation est d'autant plus compliquée pour les entreprises travaillant en Wallonie, où la réglementation rend très difficile la valorisation de ces terres.

Valoriser les **terres excavées** des **chantiers de construction** en Wallonie

Exigences en vigueur en Wallonie et en Europe

En Wallonie, **l'arrêté du 14 juin 2001 fixe les exigences environnementales requises pour valoriser les terres excavées des chantiers de construction**.

Après plus de 15 ans d'expérience et plus de 1.350 analyses réalisées sur des terres provenant de chantiers répartis sur toute la Wallonie, les conclusions sont édifiantes : près de 70 % des terres ne sont pas conformes aux exigences applicables aux terres non contaminées (TNC) et ne peuvent donc être valorisées dans une zone non industrielle sans traitement préalable.

Si l'on se réfère, à titre de comparaison, aux seuils fixés par la législation en Flandre (Vlarebo 2008), seules 40 % des terres excavées en Wallonie seraient considérées comme contaminées. La comparaison avec d'autres pays européens n'est cependant pas aisée. En France et en Allemagne, les valeurs seuils sont basées sur d'autres méthodes d'essai. Aux Pays-Bas, le décret sur la qualité des sols repose sur les principes de *statu quo* et d'aptitude à l'emploi. Selon ce principe, la terre utilisée doit être de qualité égale ou supérieure à celle du sol de réception. Selon le principe d'aptitude à l'emploi, la qualité du sol sur site doit être appropriée à son utilisation actuelle et/ou future. Des valeurs seuils sont toutefois fixées. Seules les valeurs imposées aux

Valeurs limites (exprimées en mg/kg de matière sèche) de dix polluants – souvent dépassées en Wallonie – applicables aux terres non contaminées en Flandre, en Wallonie et aux Pays-Bas.

Polluant	Arrêté wallon du 14 juin 2001	Arrêté flamand Vlarebo 2008	Décret néerlandais 2007
Cuivre	50	72	–
Nickel	40	56	–
Plomb	70	120	–
Zinc	150	200	–
Phénanthrène	0,2	30	20
Benzo(a)pyrène	0,2	0,3	10
Chrysène	1,0	5,1	10
Fluoranthène	1,2	10,1	35
Benzo(b)fluoranthène	0,5	1,1	–
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,2	0,55	40

matières organiques peuvent être comparées avec les seuils définis en Flandre et en Wallonie. Et ils sont bien plus élevés que ceux définis en Belgique.

En Wallonie, 10 des 31 polluants à mesurer entraînent souvent l'exclusion des terres :

- pour les métaux, il s'agit du plomb, du cuivre, du nickel et du zinc
- pour les hydrocarbures, du phénanthrène, du benzo(a)pyrène, du chrysène, du fluoranthène, du benzo(b) fluoranthène et de l'indéno(1,2,3-cd) pyrène.

Les valeurs limites de ces paramètres imposées en Flandre, en Wallonie et aux Pays-Bas (pour les matières organiques) sont mentionnées dans le tableau ci-dessus.

Fixation des exigences en 2001

Tous les seuils fixés dans la réglementation wallonne de 2001 n'ont pas la même origine. En effet, par exemple, dans le cas du plomb, les données en matière d'écotoxicité des polluants ont été utilisées pour les espèces biologiques du sol dans l'état des connaissances qui prévalait avant 2001. Dans le cas du cuivre et du nickel, les seuils sont basés sur une concentration de fond en polluants supposée pour les sols de la Région de Bruxelles-Capitale, qui a ensuite été multipliée par deux.

> Sur la base de la réglementation actuelle, 70 % des terres excavées sont considérées comme contaminées.

Bases à utiliser pour revoir ces seuils

Il faut considérer à la fois les risques pour la santé et le risque de lessivage (entraînement des substances nocives en profondeur dans le sol). Des données récentes concernant l'écotoxicité des polluants sont maintenant disponibles et doivent dès lors être exploitées. Les effets du vieillissement des polluants dans le sol devraient aussi être pris en compte.

Etude Valseco

Le CRR (Centre de recherches routières) et le CSTC ont commandé l'étude dénommée Valseco, afin d'évaluer si les seuils imposés aux dix polluants précités pouvaient être revus, tout en veillant à maîtriser les risques environnementaux et les risques pour la santé de la population.

Selon les conclusions de cette étude, cela devrait effectivement être le cas. Par exemple, la valeur seuil du nickel pourrait passer de 40 mg/kg à 93 mg/kg. On devrait donc se diriger vers des changements importants. **Si l'on se base sur les nouveaux seuils proposés, seules 35 % des terres ne seraient pas conformes.**

Idéalement, il faudrait aussi tenir compte de la nature géologique de la Wallonie, vu que des anomalies locales peuvent induire des teneurs relativement élevées en métaux lourds tels que le plomb et le zinc largement présents dans l'est de la Belgique.

Des sites de versage permettant de rassembler les terres non conformes avant de les traiter sont indispensables. Ils font toutefois défaut actuellement.

V. Pollet, ir., chef adjoint du département Matériaux, technologie et enveloppe, CSTC
Y. Hanoteau, ls géologie, chef de la division Béton, géotechnique, environnement et caractéristiques de surface, CRR

Les aéronefs sans pilote, également appelés drones, ont le vent en poupe. A l'heure actuelle, leur utilisation en Belgique se limite principalement à la prise de photos et à la réalisation de vidéos. Il semble toutefois que ces appareils deviendront dans les années à venir des outils à usages multiples pour les entrepreneurs.

Utilité des **drones** pour le **couvreur**

Ce qui est d'ores et déjà possible

En équipant les drones de caméras, on peut aujourd'hui obtenir aisément de très bonnes photos d'endroits difficiles d'accès tels que les toitures. On imagine sans peine l'avantage que cela peut représenter pour l'inspection d'une cheminée ou du faîtage, par exemple. Il serait toutefois erroné de penser que les drones ne servent qu'à prendre de jolis clichés.

Si l'on prend des photos de l'ensemble de la toiture ou d'un détail spécifique, il est possible de réaliser une représentation 3D à l'aide d'un logiciel. Grâce à un plan de vol préprogrammé, la prise de photos peut être automatisée, ce qui permet de capturer des surfaces de toitures complexes en un rien de temps. La maquette 3D générée sur la base des photos peut ensuite être employée pour déterminer les dimensions d'un versant de toiture ou pour en évaluer la planéité, et ce sans qu'il faille grimper soi-même sur la toiture.

Selon le type de caméra choisi, d'autres informations, telles que des images thermiques, peuvent être collectées. Celles-ci peuvent être utilisées à leur tour pour des études et diagnostics plus spécifiques. Il est donc déjà possible à ce jour de vérifier la présence d'un isolant thermique dans une toiture ou le bon fonctionnement des panneaux solaires.

Ce qui n'est pas encore possible

Pour l'instant, la commercialisation de drones dotés de fonctionnalités innovantes est encore limitée par la législation belge. Ainsi, il est interdit d'utiliser un aéronef sans pilote pour transporter des marchandises, larguer des objets ou projeter des substances en plein vol, par exemple. Il est également défendu de faire voler un drone en dehors du champ de vision de la personne aux commandes.

La législation est moins contraignante chez certains de nos voisins, qui font déjà appel aux drones dans de nombreuses situations. De nouvelles applications ont dès lors vu le jour dans ces pays, notamment l'arrosage (en France). A l'heure actuelle, ces drones sont principalement mis au service de l'agriculture, mais les couvreurs pourraient également y recourir pour appliquer des traitements antimousse ou des revêtements sur les toitures.

En Suisse, un système de transport permettant l'échange de médicaments et d'échantillons de laboratoire entre les hôpitaux à l'aide de drones autonomes sera instauré dans le courant de cette année.

Un dernier exemple intéressant d'application est la surveillance vidéo sur chantier. Celle-ci est assurée par ce que l'on appelle des *tethered drones*, c'est-à-dire des drones 'attachés' ou 'reliés'. Ces derniers sont continuellement alimentés en énergie au moyen d'un câble et d'une station située au sol. Ils peuvent ainsi voler plus longtemps, contrairement aux appareils fonctionnant sur batterie. Ce type de surveillance est déjà adopté par la police et les services de surveillance

Modèle 3D réalisé à l'aide d'un logiciel spécifique et d'un grand nombre de photos.

durant les grands événements. Il n'y a qu'un pas à faire pour transposer cette technique sur chantier. Il est toutefois évident que celle-ci n'est pas vraiment rentable tant que l'appareil ne peut pas voler sans pilote. En outre, filmer des images de surveillance en hauteur pourrait aller à l'encontre de la loi relative aux caméras actuellement en vigueur.

Ce à quoi on peut s'attendre

L'utilisation grandissante des drones ne représente qu'un des aspects de la robotisation généralisée actuellement en cours, qui se manifeste par une évolution fulgurante sur le plan de la sécurité, de l'autonomie, de la puissance, de la compacité, de la fonctionnalité, … des drones. Les informations pouvant être récoltées seront également amenées à se diversifier. Il faut dès lors s'attendre à ce que les drones facilitent grandement le travail du couvreur dans un futur proche.

Nous disposerons ainsi d'appareils capables de :

- **rassembler** très rapidement et de manière autonome des informations permettant d'établir de meilleures offres de prix
- **déterminer** l'évolution et la qualité des travaux et éventuellement de les comparer à un modèle BIM
- **détecter** les dégradations ou l'apparition de mousse et donc de permettre une réparation très locale ou l'application d'un traitement
- **transporter** des matériaux (ou du matériel) sur la toiture, voire de les mettre en œuvre
- **surveiller** le chantier.

Etude

Il ne fait aucun doute que les drones joueront un rôle essentiel sur les chantiers de demain. C'est pour cette raison que le CSTC a lancé ou introduit divers projets au cours des derniers mois. De cette manière, le Centre sera à même d'apporter aide et conseil à ses membres concernant les nouveautés dans le domaine et les applications à venir sur chantier.

D'autres projets portant sur les points suivants ont été initiés :

- le dimensionnement 3D au moyen de photos numériques (*)
- les nouvelles méthodes de travail impliquant l'utilisation de drones sur chantier
- le plan de vol 3D avancé et automatisé, …

L. Geerts, ing., conseiller principal, division Avis techniques, CSTC
S. Dubois, dr. ir., chef de projet, laboratoire Rénovation, CSTC

(*) Vous trouverez de plus amples informations concernant l'état d'avancement dans l'*Innovation Paper* 'Le relevé géométrique à haute définition – La numérisation 3D à l'heure du BIM'.

Les panneaux d'isolation peuvent être mis en œuvre de différentes manières sur une toiture plate : en pose libre avec lestage, par fixation mécanique ou par collage. L'isolation thermique est de plus en plus souvent collée en toiture plate à l'aide de colles synthétiques à froid à base de polyuréthane (PU). Bien que cette technique soit relativement facile à appliquer, il convient de veiller à un certain nombre d'aspects si l'on souhaite garantir une bonne adhérence.

Collage de **panneaux isolants** en **toiture plate** à l'aide d'une **colle PU**

Types de colles PU applicables

Soulignons tout d'abord que tous les types de colles PU ne conviennent pas au collage des panneaux isolants en toiture plate. Il est donc recommandé de n'utiliser que les colles mentionnées dans l'attestation d'aptitude à l'emploi de l'isolant (ATG ou équivalent) ou les colles disposant elles-mêmes d'une telle attestation.

Trois types de colles PU sont à considérer dans ce contexte :

- **les colles PU appliquées sous forme liquide**
- **les mousses PU monocomposant (1C)**
- **les mousses PU bicomposant (2C)**.

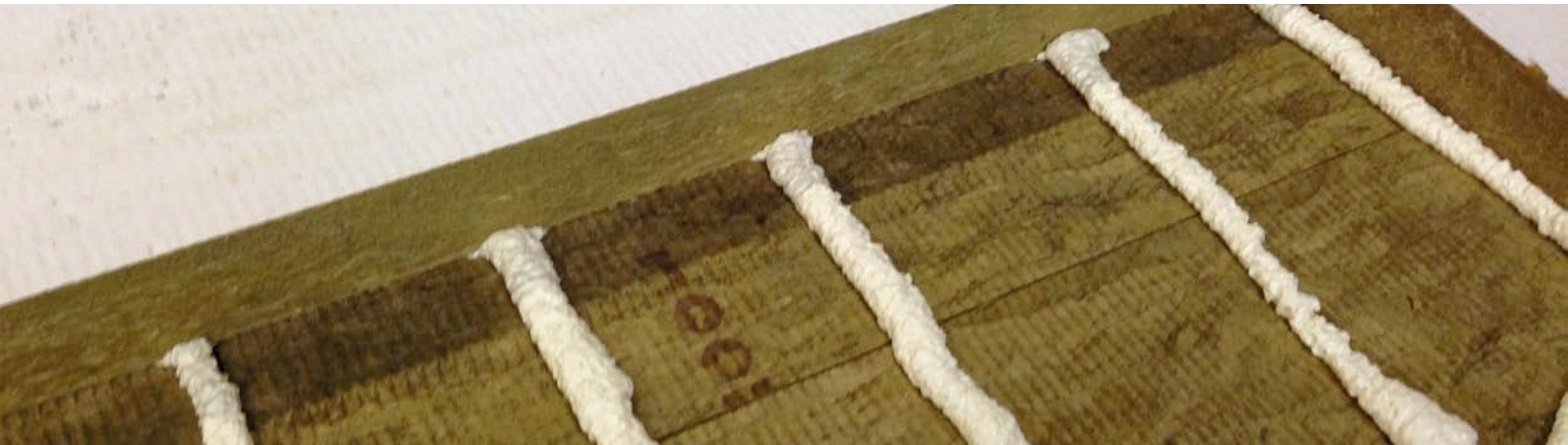
Support

En principe, les mousses PU permettent de reprendre les écarts de planéité du support. Les colles PU appliquées sous forme liquide ne possèdent pas une telle aptitude et requièrent un support parfaitement plan. Dans la pratique, elles sont donc généralement moins recommandées au collage des panneaux isolants en toiture plate. Cependant, lorsque les tolérances relatives au support décrites dans la NIT 215 sont dépassées, les panneaux collés au moyen de mousses PU présentent, eux aussi, un risque de contact insuffisant avec le support. Il sera dès lors nécessaire de corriger ce dernier au préalable (voir Les Dossiers du CSTC 2017/3.5), d'appliquer une grande quantité de colle ou d'opter pour un autre type de fixation.

Mode d'application

Les colles PU, tant liquides que sous forme de mousses, sont appliquées d'un seul côté sur la chape, le pare-vapeur, le revêtement de toiture existant ou le panneau isolant sous-jacent. Ce substrat doit être propre et il sera parfois nécessaire d'y appliquer un primaire (s'il est pulvérulent, par exemple). **Il convient ensuite de poser les panneaux isolants dans la colle en exerçant une pression avant l'expiration du temps ouvert**, autrement dit le temps qui s'écoule entre l'application de la colle et le moment où celle-ci commence à sécher (formation d'une pellicule). Selon le type de colle, le temps ouvert peut varier de quelques minutes à une dizaine de minutes. Afin d'éviter la rupture de la liaison réalisée à l'aide d'une mousse PU, il est recommandé de veiller à faire glisser le moins possible les panneaux isolants lors de la pose.

Les colles PU doivent être compatibles avec le parement du matériau isolant et son support. Cette information figure dans la documentation du fabricant ou dans l'attestation d'aptitude à l'emploi de la colle. Un test a été développé à cet égard dans les directives UBAtc relatives aux colles PU pour isolants.



Mousse PU appliquée par bandes et par mouvements oscillatoires.

Les mousses PU sont généralement appliquées par bandes ou par mouvements oscillatoires. L'écart entre les bandes est fonction de la charge de vent attendue et sera donc moins important sur les bords et dans les angles de la toiture plate qu'en partie courante. La résistance au vent de la mousse est déterminée au moyen d'essais en caisson menés en laboratoire. Les résultats sont disponibles dans l'attestation d'aptitude à l'emploi (ATG, par exemple) et/ou dans la documentation technique. Conformément aux directives UBAtc, ces essais au vent peuvent être complétés par des essais de traction (sur l'ensemble isolant-colle-support). La résistance au vent d'autres supports peut ainsi être déduite sur la base de celle mesurée avec le caisson sur un support spécifique.

La largeur minimale des bandes de mousse et l'écart prescrit entre ces derniers doivent impérativement être respectés.

Durcissement des mousses PU

Alors que le durcissement des mousses PU-1C est dû à la réaction avec l'humidité contenue dans l'air et/ou dans le support, les mousses PU-2C durcissent par réaction entre les deux composants (résine de base et durcisseur).

Le temps de réaction des mousses PU-2C est très court. Il est donc possible de circuler quasi immédiatement sur des panneaux isolants collés avec ce type de mousse. En revanche, le temps de durcissement des mousses PU-1C peut parfois être assez long. Il dépendra de la température, de l'humidité de l'air et de l'étanchéité à l'air des éléments à assembler (plus ceux-ci sont étanches à l'air, plus l'accès de l'humidité sera difficile, ce qui ralentira le durcissement).

Les conditions dans lesquelles les mousses PU-1C peuvent être mises en œuvre doivent être strictement respectées. Ainsi, la température ambiante et celle de la surface doivent être supérieures à 5 °C pour que le durcissement s'opère correctement. La température de la mousse PU elle-même doit être d'au moins 5 °C, voire 10 °C lors de la mise en œuvre. En hiver, le produit doit dès lors être stocké dans un local chauffé (et non dans le camion de livraison ou sur la toiture).

Délai d'ouverture au trafic pédestre

Il est important de vérifier, dans l'attestation d'aptitude à l'emploi ou dans la documentation technique du fabricant de la colle, dans quelle mesure il est possible de faire glisser les panneaux isolants une fois qu'ils ont été posés dans la mousse PU-1C. En effet, la liaison ne peut pas être rompue avant le durcissement complet de la mousse. Le temps d'attente nécessaire avant d'autoriser la circulation pédestre sur les panneaux isolants dépend de la planéité du support, de la densité de la mousse et de son mode d'application.

En cas de mise en œuvre au moyen d'un pistolet, il faudra attendre que la mousse ait complètement durci avant de pouvoir marcher sur les panneaux. Ce délai est notamment fonction de l'humidité de l'air et de la température ambiante, et est généralement de 30 à 45 minutes. Si les températures sont basses, la mousse durcira plus lentement. Une mise en œuvre à la lance augmentera la densité de la mousse (consommation de produit plus importante) et pourra entraîner une légère expansion du produit. Il est donc recommandé d'exercer directement une pression sur les panneaux isolants, en les soumettant à un piétinement répété, par exemple.

Dimensions des panneaux

Ajoutons enfin qu'en cas de collage, les dimensions des panneaux PU isolants sont limitées à 1,20 m maximum, et ce afin d'obtenir une surface de contact suffisante, de garantir le durcissement rapide de la colle et d'éviter un cintrage excessif des panneaux.

> Les colles PU liquides sont généralement moins recommandées pour la pose des panneaux d'isolation en toiture plate.

E. Mahieu, ing., chef de la division Interface et consultance, CSTC
E. Noirfalisse, ir., chef du laboratoire Matériaux d'isolation et d'étanchéité, CSTC

Depuis plus de 15 ans maintenant, la Note d'information technique n° 218 constitue un document de référence pour les parqueteurs. L'apparition de nouveaux produits et l'évolution des techniques de pose ont toutefois rendu sa mise à jour nécessaire. Les professionnels du secteur ont dès lors travaillé à la révision de ce document, qui devrait être disponible dans le courant de l'année 2018. Le présent article, rédigé dans le cadre des activités de l'Antenne Normes 'Tolérances et aspect', vous en donne déjà un avant-goût en détaillant les tolérances applicables aux revêtements de sol en bois.

Tolérances applicables aux revêtements de sol en bois

Nous souhaitons proposer dans cette révision des **critères de réception directement applicables à la fin des travaux ainsi que des tolérances tenant compte des mouvements normaux et naturels que subira par la suite le bois mis en œuvre**. Soulignons tout de même que des mouvements plus importants peuvent parfois être observés si les conditions ambiantes ne respectent pas les limites recommandées. Ainsi, une fois le revêtement en bois posé, il faut veiller le plus possible à ce que la température soit comprise entre 15 et 22 °C et à ce que le taux d'humidité relative soit compris entre 30 et 60 %.

Aspect du revêtement de sol

Dans des conditions normales d'observation, c'est-à-dire à hauteur d'homme et sans éclairage rasant ni contre-jour, **le revêtement de sol ne peut présenter ni traces visibles de ponçage ni nuances de teinte à la suite de l'application de la finition**.

Une variation de teinte entre les éléments du revêtement de sol en bois doit toutefois être considérée comme normale, puisqu'elle découle du caractère naturel du matériau choisi. Rappelons également que le bois se caractérise par la présence de singularités naturelles (nœuds, par exemple) et qu'il importe de définir la classe commerciale (qualité du bois) souhaitée avec le maître d'ouvrage avant le début des travaux afin de répondre aux attentes de ce dernier. A titre d'exemple, pour les parquets massifs avec rainures et/ou languettes, la norme NBN EN 13226 définit les critères acceptables pour différentes essences de bois telles que le chêne.

Tolérance de planéité

La tolérance de planéité doit être contrôlée à l'aide d'une règle droite et indéformable d'une longueur de deux mètres. Celle-ci doit être munie à ses extrémités d'un taquet résistant à l'usure de 20 à 40 mm de côté et d'une épaisseur égale à la tolérance à contrôler. Sauf indication contraire dans un document contractuel, la tolérance maximale de planéité est reprise dans le tableau ci-dessous. Précisons également qu'en cas de pose collée sur chape, il faut prescrire une classe de planéité plus sévère pour la chape (par défaut, les tolérances normales de planéité d'une chape sont de 4 mm/2 m).

Désaffleurement par rapport à d'autres revêtements de sol

Le désaffleurement entre le revêtement de sol en bois et tout autre revêtement de sol ne peut pas dépasser 1,5 mm. A défaut, il y a lieu d'ajouter un profil permettant de marquer la jonction entre les différents matériaux.

Joints ouverts entre les lames

Lors de la mise en œuvre, il est admis de prévoir un joint ouvert entre les lames en bois. Dans la pratique, nous conseillons de limiter celui-ci aux valeurs reprises dans le tableau B. **Il convient**

A | Tolérance de planéité en fonction du mode de pose du revêtement de sol en bois.

Mode de pose prévu pour le revêtement de sol en bois	Tolérance de planéité sous la règle de 2 m
Pose collée sur une chape ou sur un sous-plancher en bois	3 mm
Pose flottante ou clouée (avec sous-plancher en bois, parquet mosaïque, contreplaqué ou lambourdes)	4 mm
Pose clouée directement sur gîtage en bois	6 mm

B | Joints ouverts à la réception du revêtement.

Mode de pose et/ou type de revêtement de sol	Largeur moyenne maximale de 5 joints successifs	Largeur maximale d'un joint ouvert
Pose collée	0,3 % de la largeur de lame	0,5 % de la largeur de lame
Pose clouée	0,4 % de la largeur de lame	0,7 % de la largeur de lame
Pose flottante	0,5 mm	1,0 mm
Parquet en bois de bout	0,5 mm	1,0 mm
Lamelle de chant	0,5 mm	1,0 mm

C | Joints ouverts après travail normal du bois.

Mode de pose et/ou type de revêtement de sol	Largeur moyenne maximale de 5 joints successifs	Largeur maximale d'un joint ouvert
Pose collée	1,0 % de la largeur de lame	1,5 % de la largeur de lame
Pose clouée	1,0 % de la largeur de lame	2,0 % de la largeur de lame
Pose flottante	1,0 mm	2,0 mm
Parquet en bois de bout	2,0 mm	3,0 mm
Lamelle de chant	1,0 mm	1,5 mm

d'y ajouter la tolérance dimensionnelle réelle portant sur la largeur des lames (spécifique à chaque produit). Il est à noter que la largeur moyenne des joints correspond à la moyenne des mesures effectuées sur cinq joints successifs.

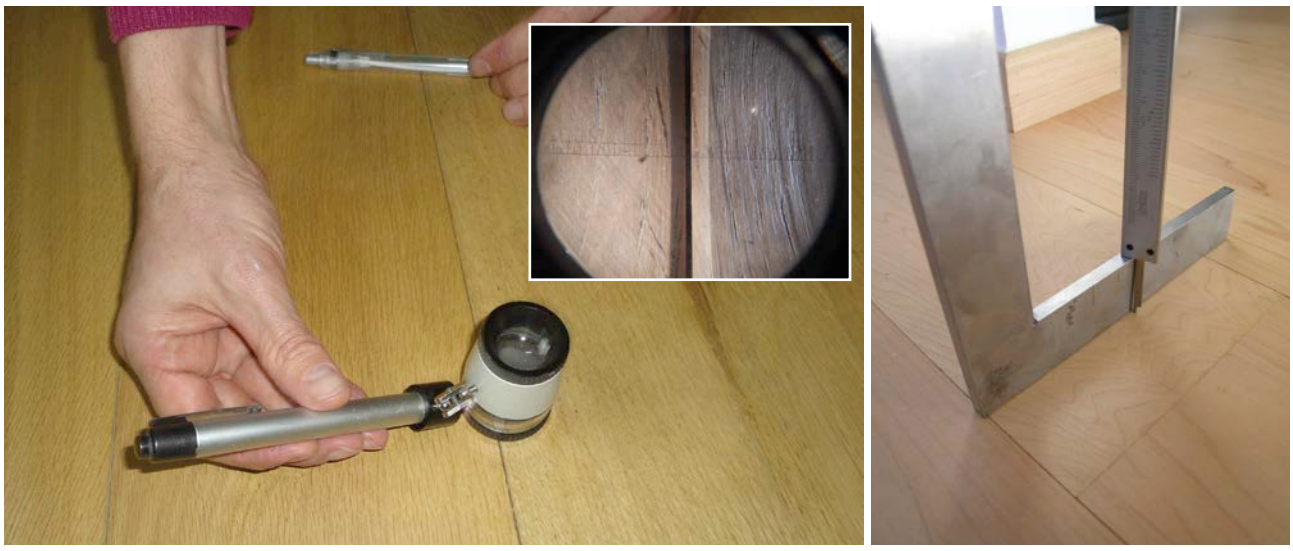
Les tolérances admises par la suite, après le travail du bois maintenu dans un climat normal, sont détaillées dans le tableau C.

Cintrage des lames

Lors de la mise en œuvre, le cintrage maximal admissible pour une lame de bois correspond à 0,5 % de la largeur de celle-ci pour un élément massif et à 0,3 % s'il s'agit d'un parquet contre-collé.

Après travail du bois, ces valeurs sont généralement doublées, si bien que l'on accepte généralement un cintrage équivalant à 1,0 % de la largeur de la lame pour un élément massif et à 0,6 % dans tous les autres cas.

G. De Raed, ing., conseiller principal, et F. Caluwaerts, ing., chef de division adjoint, division Avis techniques, CSTC



Vérification de la largeur des joints (à gauche) et du cintrage des lattes à la réception (à droite).

Depuis quelque temps, le CSTC est confronté au problème de la casse particulière de petits vitrages isolants faisant partie des menuiseries extérieures. Dans chaque cas rencontré, il s'agissait de triple vitrage dont la petite dimension était d'environ 500 mm. Le phénomène s'est à chaque fois manifesté en période très froide et en l'absence de vent.

Cas de **pathologie** spécifique aux **petits vitrages isolants**

Les phénomènes de fissuration au sein de vitrages isolants extérieurs rencontrés auparavant se limitaient principalement à des cas d'impact ou de casse thermique (voir Les Dossiers du CSTC 2012/4.9 et la NIT 214). Depuis peu, et **uniquement lors des périodes hivernales combinant de très basses températures et de très hautes pressions barométriques**, nous constatons également une casse des triples vitrages (1) facilement reconnaissable (voir figure 1).

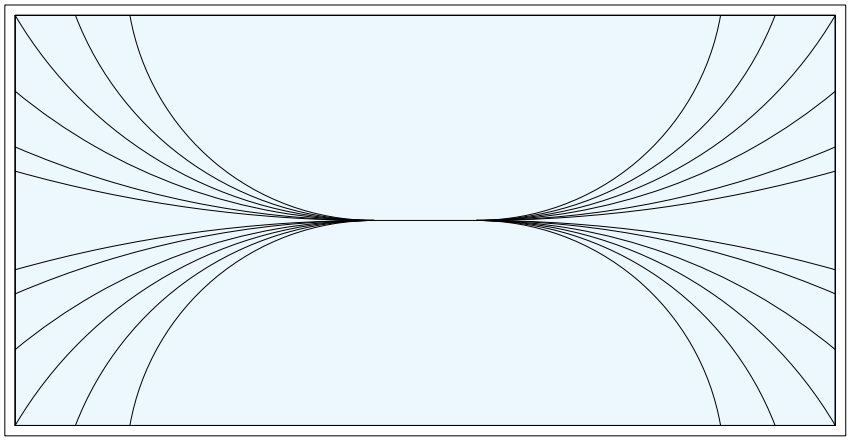
En effet, le vitrage extérieur est systématiquement 'fractionné' de manière quasi symétrique (sur sa hauteur et sa largeur) et laisse apparaître plusieurs courbes à l'allure similaire (voir figure 2). Il est à noter que la casse survient de manière spontanée, c'est-à-dire sans manipulation particulière du châssis, et traduit généralement une sollicitation mécanique trop importante pour le verre. Quels sont les paramètres qui influencent le phénomène ?

Pression interne initiale

Lorsque les vitrages isolants sont assemblés, les verres sont plans et séparés par une lame de gaz scellée hermétiquement sur tout le périmètre. Les conditions climatiques et atmosphériques prévalant lors de la fabrication déterminent la pression interne initiale du volume isolant. En pratique, cette pression est celle de la pression atmosphérique régnant dans l'atelier lors de l'assemblage.

1 | Type de casse d'un vitrage isolant de petites dimensions fréquemment observé durant les périodes hivernales anticycloniques.

2 | Représentation graphique de la casse quasi symétrique.



(1) Une problématique similaire peut également être rencontrée en cas de double vitrage isolant présentant une lame de gaz dont l'épaisseur est supérieure ou égale à 24 mm.

Variation de la pression interne

Des variations de pression peuvent se produire dans la cavité d'un vitrage isolant tout au long de sa durée de vie. Elles sont principalement causées par les variations de températures et de pressions atmosphériques ainsi que par la différence d'altitude entre le lieu de fabrication et le lieu de pose des vitrages isolants.

Si le vitrage est mis en œuvre à une altitude plus faible que le lieu de fabrication, les risques de casse augmentent.

Ainsi, le vitrage prend généralement une forme convexe en cas de basse pression et concave (voir figure 3) en cas de haute pression (situation anticyclonique), ce qui correspond généralement aux conditions extérieures rencontrées dans les périodes les plus froides (moment où sont toujours constatées les casses).

Composition du vitrage concerné

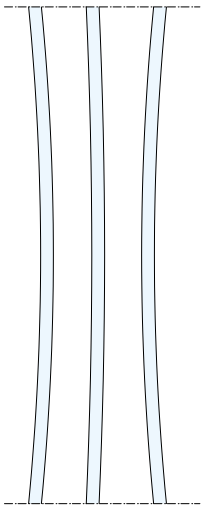
Il s'agit généralement d'un triple vitrage présentant des performances thermiques élevées et pouvant avoir été placé dans un châssis fixe ou dans un élément ouvrant.

La composition régulièrement rencontrée comporte trois feuilles de verre de 4 mm d'épaisseur séparant deux lames de gaz de 18 mm d'épaisseur. Nous avons pu démontrer par le biais d'une étude théorique du phénomène que la pression interne dans un triple vitrage est pratiquement identique à celle dans un double vitrage dont l'épaisseur de la lame de gaz est égale à la somme des lames de gaz du triple vitrage.

Dimensions du vitrage

Chaque vitrage doit être dimensionné conformément à la série de normes NBN S 23-002. Il est conseillé de tenir compte de l'annexe A de la norme NBN S 23-002-2 qui permet d'intégrer les

> « Ce type de casse concerne les petits vitrages d'une largeur inférieure à 600 mm.



3 | Concavité du vitrage due à une haute pression atmosphérique.

variations de températures des lames de gaz des vitrages isolants. Toutefois, elle est actuellement informative.

La largeur du vitrage est un paramètre déterminant. Les vitrages dont la largeur est inférieure à 600 mm sont les plus susceptibles de se fissurer. En outre, plus le volume de gaz compris dans ce vitrage de petites dimensions est important, plus le risque est élevé. Parmi les facteurs aggravants, citons l'élancement du vitrage proche de 2 (c'est-à-dire lorsque la longueur correspond à deux fois la largeur) ainsi que la transmission thermique de ce dernier (Ug) ([2]). En pratique, lorsque la largeur du vitrage est supérieure à 600 mm, le problème ne se pose plus pour des vitrages d'épaisseur courante.

Ce type de rupture en situation anticyclonique hivernale est donc typique des vitrages extrêmement rigides et peu déformables dont les plus courants sont les petits vitrages.

Il est à noter que les caractéristiques dimensionnelles indiquées ci-avant sont valables pour des vitrages courants et dans des situations climatiques rencontrées en Belgique. Par ailleurs, les vitrages antiballe ou anti-explosion ne sont pas concernés par cet article.

Points importants

Vous l'aurez compris, lorsque les paramètres mentionnés dans cet article sont réunis, le risque de casse augmente.

Si l'architecture du bâtiment impose un vitrage dont la largeur est inférieure à 600 mm, on veillera à ce que :

- le vitrage soit assemblé à une altitude proche ou inférieure à celle du chantier où il sera placé
- la largeur de la cavité ne dépasse pas 24 mm pour un double vitrage ou 12 mm pour un triple vitrage (la somme des deux cavités devant rester inférieure à 24 mm)
- en cas de triple vitrage, l'épaisseur du verre central sera la plus faible possible (et jamais supérieure à celle des verres extérieurs), afin de permettre un meilleur équilibrage des pressions climatiques entre les deux cavités.

Une solution alternative consiste à utiliser un verre trempé ou durci.

Si ces différents paramètres ne peuvent être respectés ou si le vitrage est très rigide ou très épais, nous conseillons alors de réaliser un dimensionnement des volumes de vitrage isolant en tenant compte de l'annexe A de la norme NBN S 23-002-2 (variations de température des lames de gaz).

G. De Raed, ing., conseiller principal, division Avis techniques, CSTC
E. Dupont, ir., chef adjoint du service Spécifications, CSTC

([2]) Plus la composition est isolante, plus le risque est présent.

La division Avis techniques du CSTC doit régulièrement répondre à des questions relatives à la formation de dépôts noirs dans les immeubles d'habitation. Ceux-ci apparaissent en général pendant ou juste après la période hivernale, et ce principalement dans les bâtiments neufs ou récemment rénovés. Il arrive cependant que ce phénomène soit également observé assez longtemps après la construction du bâtiment. Cet article a pour objectif de faire la lumière sur les caractéristiques et les origines de ces dépôts et propose en outre quelques mesures visant à réduire leur formation.

Dépôts noirs dans les immeubles d'habitation

Caractéristiques

On associe bien souvent la formation de dépôts noirs à des moisissures. Cette confusion est compréhensible, dans la mesure où celles-ci se développent, elles aussi, durant les périodes plus froides et dans les locaux peu ventilés. **Toutefois, alors que les spores de moisissures peuvent en général être éliminées grâce à une eau de Javel diluée (voir Les Dossiers du CSTC 2015/2.9), cette méthode de nettoyage ne peut pas être appliquée aux dépôts noirs faisant l'objet de cet article.** Il n'est pas aussi aisé de trouver un traitement efficace pour faire disparaître ces taches plutôt graisseuses.

Par ailleurs, les moisissures se forment habituellement à d'autres endroits que les dépôts noirs. En effet, elles apparaissent surtout dans les angles des chambres, au droit des ponts thermiques ou derrière les meubles placés contre des parois dont la température de surface est peu élevée. **En revanche, on observe généralement les dépôts noirs sur les pans de mur ou les plafonds situés au-dessus d'éléments de chauffage.** On rencontre également ce phénomène sur des matériaux poreux dont la température de surface est peu élevée (voir figures 1 et 2). Les dépôts se forment parfois aussi sur les rideaux, les luminaires en matière synthétique et les meubles.

1 | Dépôts noirs visibles au-dessus d'un élément de chauffage.

Nature des dépôts noirs

Le phénomène des dépôts noirs dont il est question dans cet article est également appelé '*fogging*', '*black magic dust*', '*black soot phenomenon*' ou '*black dwellings phenomenon*'. Il s'agit d'un phénomène très complexe qu'aucune théorie universelle ne peut encore expliquer. **Il est néanmoins évident que ces dépôts sont dus à des particules salissantes qui se lient à des composés organiques semi-volatils (COSV).** Soit ces éléments s'assemblent dans l'air et se déposent sur la surface, soit les particules salissantes s'accrochent à

2 | Dépôts noirs observables sur l'enduit intérieur d'un mur extérieur après que l'on a retiré un cadre.

une pellicule de COSV qui recouvre la surface et qui joue alors le rôle de 'colle'. En mettant en mouvement les particules, qu'elles soient déjà liées entre elles ou non, les courants d'air violents contribuent eux aussi à la formation des dépôts. Voilà pourquoi ceux-ci se forment spécifiquement au-dessus des éléments de chauffage.

Les particules salissantes peuvent être de nature multiple. Il s'agit souvent de particules inévitablement présentes dans le bâtiment, d'autant plus si la construction est neuve ou si des travaux de rénovation ont été effectués récemment. Les dépôts noirs peuvent toutefois contenir d'autres particules salissantes. L'examen de quelques échantillons a ainsi permis de déceler des particules de suie, par exemple.

Ces dernières peuvent provenir de l'air extérieur et se frayer un chemin vers l'intérieur de l'habitation via les ouvertures d'amenée d'air. Leur présence peut être due à la proximité d'une zone d'activité industrielle ou d'une voie de circulation très fréquentée. Les salissures seront, dans ce cas, principalement visibles au droit des ouvertures d'amenée d'air. Si tel n'est pas le cas, les particules de suie proviennent probablement de l'intérieur même de l'habitation. Celles-ci peuvent être produites non seulement par l'installation de chauffage ou par un feu ouvert, mais également par la fumée de tabac ou de bougies, par exemple.

Les COSV tels que les plastifiants et les retardateurs de flammes sont présents dans de nombreux matériaux (de construction). On les retrouve notamment dans les peintures, les colles, les revêtements de sol synthétiques, les nouveaux meubles, les objets en plastique comme les jouets, … Ils migrent lentement vers la surface des matériaux et se répandent ensuite dans l'air intérieur. En principe, l'émission de COSV diminue avec le temps. C'est pourquoi le phénomène des dépôts noirs se manifeste souvent dans les habitations neuves ou récemment rénovées.

Mesures à prendre

Notons qu'il n'est pas toujours possible d'éviter complètement la formation de dépôts noirs. En effet, la présence de fines particules de combustion et de COSV dans l'air intérieur ne peut jamais être tout à fait écartée. **Il est en revanche possible de prendre des mesures visant à réduire quelque peu le risque d'apparition du phénomène** :

- en utilisant des matériaux de construction à faible émission de COSV, particulièrement pour le revêtement intérieur des murs (extérieurs) et des plafonds. Dans la pratique, il n'est toutefois pas toujours facile pour l'entrepreneur en charge des travaux d'évaluer l'émission de COSV des produits à utiliser
- en adoptant une stratégie de ventilation adéquate (voir NIT 258). Renouveler l'air intérieur de manière efficace est non seulement essentiel afin de garantir un climat intérieur sain, mais aussi d'évacuer rapidement vers l'extérieur les éventuels éléments salissants à l'origine des dépôts noirs. Ventiler un local permet en outre de maintenir le taux d'humidité relative de l'air intérieur dans des limites normales (entre 30 et 60 %)
- en limitant les sources de combustion à l'intérieur de l'habitation (fumée de tabac, de bougies, …)
- en plaçant un filtre efficace dans le système de ventilation si les particules salissantes proviennent principalement de l'air extérieur. Il convient également de prévoir un nettoyage périodique des conduits de ventilation
- en évitant qu'il y ait dans l'habitation des zones (pans de mur, plafonds, …) dont la température de surface est particulièrement froide.

Si les dépôts noirs persistent malgré toutes ces mesures, on peut tenter d'éliminer ces taches avec de l'eau et un détergent capable de dissoudre la graisse. Comme déjà mentionné dans cet article, il est parfois très difficile de venir à bout des dépôts et il ne sera pas toujours possible de faire disparaître ces taches noires sans devoir appliquer de nouvelles finitions.

J. Goovaerts, ing., conseiller, division Avis techniques, CSTC

Un panneau de construction à carreler peut être défini comme étant un panneau dont l'âme est constituée d'une mousse rigide et dont les deux faces sont pourvues d'un cimentage armé ou d'une pellicule adhésive pouvant être carrelé. Les possibilités d'application de ces panneaux sont nombreuses : construction neuve, rénovation, plafonds, sols, parois, et ce tant dans des locaux secs que humides. Cet article est consacré à leur mise en œuvre sur des parois et fournit au carreleur des informations spécifiques à cet égard.

Panneaux de construction à carreler : des supports multiples pour les carreaux

1 Caractéristiques des panneaux

Il existe sur le marché belge une large gamme de panneaux à carreler, allant des panneaux à base de plâtre, de fibres-ciment ou de bois à ceux dont l'âme est constituée de polystyrène expansé (EPS) ou extrudé (XPS). Les possibilités d'application sont légion.

Concernant la pose dans les locaux humides, où il est essentiel de garantir l'étanchéité à l'eau, nous renvoyons au Dossier du CSTC 2010/2.11, qui traite des différents matériaux permettant d'assurer cette étanchéité, ainsi qu'au Dossier du CSTC 2017/2.9, qui aborde la résistance à l'eau des panneaux de construction et leur mise en œuvre dans les douches à l'italienne.

Cet article est toutefois consacré aux panneaux non étanches à l'eau à base d'EPS ou d'XPS utilisés pour les parois. Les panneaux de ce type sont résistants à la pression (> 180 kPa pour l'EPS et 300 kPa pour l'XPS), thermiquement isolants, peu sujets au développement de moisissures, légers et faciles à mettre en œuvre. Ils sont disponibles en différentes épaisseurs, allant de quelques millimètres à quelques centimètres. Outre les grands panneaux de 2,5 m sur 60 cm environ, il existe aussi des panneaux plus larges et/ou moins longs.

Les panneaux sont facilement découpables à l'aide d'un cutter, d'une scie à main ou d'une scie sauteuse. Il est préférable de les stocker au sec et à plat sur une surface plane, afin d'éviter tout fléchissement.

La plupart des fabricants fournissent également le matériel permettant de les poser sans difficultés : bandes d'étanchéité et d'armature, éléments d'angle, chevilles, vis, rosaces, colles, mastics, …

2 Applications

En fonction de leur épaisseur, les panneaux à carreler peuvent être utilisés pour égaliser des parois, servir de support pour un carrelage ou un enduit, réaliser des parois de séparation fixées à une ossature ou à des murs mitoyens, habiller des baignoires ou des toilettes suspendues, dissimuler des conduites, mettre en œuvre des

1 | Panneaux de construction pour une application en paroi.

2 | Panneaux de construction sur ossature.

niches, des espaces de rangement dans une salle de bain, des étagères, des armoires, … Ils peuvent également être utilisés pour réaliser des surfaces arrondies. Dans ce cas, il convient de découper les panneaux de manière à ce qu'ils suivent une courbe. Il est ainsi possible de créer des colonnes, des murs et des bancs arrondis.

2.1 *Egalisation des parois*

Les désaffleurements à la surface des parois – lesquels peuvent être dues à un plafonnage partiel ou à un carrelage jusqu'à mi-hauteur – peuvent être compensées par la pose de panneaux minces.

L'épaisseur des panneaux doit correspondre à celle du revêtement existant, afin de garantir la planéité du raccord entre les deux parties de mur. Les panneaux sont collés sur toute leur surface au support que l'on aura, au préalable, enduit d'un produit de préparation adéquat (pour les supports absorbants ou non). Les joints sont généralement pourvus d'une bande d'armature pour réduire le risque de fissuration du revêtement.

Si la surface du support est suffisamment plane – c'est-à-dire si les écarts de planéité sont inférieurs à 5 mm sous la latte de 2 m –, mais si sa capacité portante est insuffisante (notamment lorsque la peinture des murs s'écaille ou lorsque le plafonnage rend un son creux), les panneaux doivent alors être fixés mécaniquement à l'aide de chevilles. Ces dernières doivent être enfoncées assez profondément dans le support (généralement 35 mm) pour que le panneau soit suffisamment stable. Il convient de prévoir au minimum 5 chevilles par m², ce qui revient à 8 chevilles par panneau de construction de dimensions standard.

En cas de doute concernant la cohésion de la surface du support existant, il est conseillé de fixer les panneaux mécaniquement.

2.2 *Rectification de la planéité des supports irréguliers*

Les panneaux à carreler peuvent également être utilisés pour égaliser des supports présentant un défaut de planéité. Avant de poser le panneau contre une paroi inégale, il convient d'indiquer la position des points de colle en perçant des trous dans le panneau, par exemple. Après avoir appliqué les points de colle aux endroits ainsi désignés, on pose le panneau correctement en exerçant une pression. Lorsque la colle est suffisamment durcie (le lendemain, voire plus tôt s'il s'agit d'une colle à séchage rapide), on enfonce des chevilles au droit des points de colle afin de fixer le panneau. Cette fois encore, il est recommandé de prévoir au moins 5 points de colles et 5 chevilles par m².

Cette méthode de pose requiert un panneau suffisamment épais (en général minimum 20 mm). Dans le cas contraire, il se peut que celui-ci bouge, entraînant un réel risque de gauchissement.

Les joints entre les panneaux peuvent être recouverts d'un mastic-colle et/ou d'une bande d'armature.

2.3 *Mise en œuvre de parois de séparation sur une ossature*

Les panneaux à carreler peuvent également être vissés à une ossature en bois ou en métal. Ils sont alors considérés comme étant des parois intérieures légères et doivent répondre aux exigences de la NIT 233. Selon cette dernière, les parois légères (tant les contre-cloisons que les parois de séparation) doivent pouvoir résister à toutes les charges accidentelles statiques ou dynamiques engendrées par des personnes ou des objets, et ce sans entraîner d'effondrement complet ou partiel. Lors de l'évaluation des performances de la paroi, il faut donc tenir compte tant de sa résistance à l'impact d'un corps dur (coin d'un meuble, par exemple) ou mou (chute d'une personne, par exemple) que de sa résistance aux charges (tableaux, lampes, petits meubles suspendus, par exemple).

Lorsque les panneaux sont vissés à une ossature en bois ou en métal, leur épaisseur minimale doit être déterminée en fonction de l'écart maximal entre les poteaux. La plupart des fabricants prescrivent des panneaux d'une épaisseur minimale de 2 cm si l'entraxe est de 60 cm. Si celui-ci est réduit à 30 cm, il est éventuellement possible d'appliquer des panneaux plus minces (d'une épaisseur d'environ 1 cm). La fiche technique des panneaux doit fournir des informations à ce sujet.

3 Matériaux de revêtement

Les panneaux à carreler peuvent être revêtus des matériaux de parachèvement les plus courants, qu'il s'agisse de carreaux céramiques ou en pierre naturelle (y compris la mosaïque) ou d'enduits. Le niveau d'exécution des panneaux doit être choisi selon le matériau de parachèvement.

Il convient de veiller à ce que des éléments tels que des étagères soient fixés à la structure portante (ossature en métal ou en bois) ou au support. ▮

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

Depuis 2014, les enduits appliqués par les peintres sont couverts par la norme NBN EN 16566. Ce document définit les principales caractéristiques des enduits utilisés par les peintres et permet leur classification tant sur le plan de l'aspect que sur celui des performances. Il établit ainsi un cadre d'échange entre le fabricant et l'entrepreneur, permet de mieux décrire les spécifications du produit en fonction de l'application visée et fournit certaines garanties.

Enduits de peintre : une nouvelle normalisation européenne

Malgré leur importance dans les travaux de peinture, les enduits appliqués par les peintres n'étaient couverts par aucune normalisation européenne il y a peu de temps encore. Ils étaient exclus des références dédiées aux maçonneries et aux enduits appliqués par les plafonneurs et ils n'entraient évidemment pas dans la catégorie des peintures. Tout au mieux, les enduits pouvaient être considérés par certains documents nationaux tels que la norme française NF T 30-608. La norme NBN EN 16566 a comblé ce manque au niveau européen.

Domaine d'application

La norme définit les principales caractéristiques et spécifications des enduits utilisés par les peintres. Elle s'applique aux enduits utilisés en intérieur et en extérieur, qu'ils soient en poudre ou en pâte, en phase solvant ou aqueuse, mono- ou pluricomposant, lisses ou structurés, appliqués de façon manuelle ou mécanique.

Cette norme couvre tous les enduits utilisés pour la préparation des travaux de peinture ou la mise en œuvre de papier peint, qu'il s'agisse d'enduits de rebouchage, de dégrossissage, de lissage, … Elle couvre également les enduits décoratifs appliqués par le peintre. Ces derniers sont généralement mis en œuvre à la brosse ou au rouleau ou à l'aide d'outils spécifiques visant à créer des effets particuliers.

Elle ne couvre pas les enduits pour le bois et les métaux, les enduits de plafonnage intérieur, les matériaux pour le jointoiement des plaques de plâtre, les liants-colle des carreaux de plâtre, les mastics, …

Spécifications techniques

La norme définit des caractéristiques et des classes permettant une évaluation rapide des principales propriétés des enduits et une comparaison des produits entre eux. Ces caractéristiques portent sur la description générale de l'enduit, son aspect et ses performances techniques. L'ensemble est codifié : chaque caractéristique est associée à une lettre majuscule et la classe de performance, notée en indice, est désignée par un chiffre ou une lettre. Des exigences minimales de performance sont imposées concernant l'adhérence et certains produits tels que les enduits extérieurs avec comportement hydrophobe (qui repousse l'eau).

Le tableau ci-contre décrit de façon succincte les principales caractéristiques prévues par la norme ainsi que les codes associés. Nous renvoyons à la norme

Application d'un enduit de préparation.

Shutterstock

Principales caractéristiques d'aspect et de performances définies par la norme.

Principales caractéristiques		Code	Classes	Remarques
Aspect	Brillant spéculaire	G	1 à 3	Pour les enduits décoratifs.
	Granulométrie	S	1 à 4	Donne une indication sur la finesse et la texture de l'enduit. Les enduits de lissage sont classés S_1 et présentent une texture plus fine que les enduits de rebouchage ou de dégrossissage (habituellement S_2).
Performances techniques	Perméabilité à la vapeur d'eau	V	0 à 3	Pour les enduits extérieurs. Propriété caractérisant les échanges (vapeur d'eau) entre le support et l'atmosphère. Les enduits extérieurs sont habituellement classés V_1 (grande perméabilité) ou V_2 (perméabilité moyenne).
	Perméabilité à l'eau	W	0 à 3	Pour les enduits extérieurs. Propriété caractérisant la possibilité de pénétration d'eau. Les enduits extérieurs sont généralement classés W_1 (perméabilité grande) ou W_2 (perméabilité moyenne). Les enduits hydrophobes sont de classe W_3 (perméabilité faible).
	Résistance à la fissuration	A	0 à 5	Pour les enduits devant résister à une possible fissuration du support.
	Perméabilité au dioxyde de carbone	C	0 à 1	Pour les enduits appliqués sur béton et visant à limiter sa vitesse de carbonatation. Les enduits devant présenter cette propriété sont classés C_1.
	Résistance au frottement humide	R	A à D	Permet principalement d'évaluer la résistance des enduits intérieurs décoratifs à des nettoyages répétés (lavabilité). Les produits présentant les meilleures performances sont de classe R_A.

> Cette norme définit les principales caractéristiques des enduits utilisés par le peintre.

pour une description plus complète des intervalles de valeurs liés à chaque code de catégorie.

Ce système est utilisé de façon très courante par les fabricants. Une fiche technique peut, par exemple, mentionner les propriétés d'un enduit sous la forme suivante : $G_1S_1V_2W_2A_0C_0R_A$. Il s'agit dans ce cas d'un enduit brillant ayant un grain fin, une perméabilité à la vapeur d'eau comprise entre 15 et 150 g/(m².j), une perméabilité à l'eau comprise entre 0,1 et 0,5 kg/(m².$h^{0,5}$), sans exigence concernant la résistance à la fissuration et la perméabilité au CO_2 et avec une résistance au frottement humide de catégorie A.

En fonction de l'usage qui est fait de l'enduit, certaines caractéristiques ne sont pas d'application (voir tableau). Les enduits de préparation intérieurs ne sont ainsi pas concernés par la perméabilité à la vapeur d'eau. Il en va de même pour les enduits de rebouchage extérieur, qui sont appliqués ponctuellement.

Intérêts et limites de la norme

La norme NBN EN 16566 permet de définir un cadre d'échange entre le fabricant et le peintre. Elle permet également à l'architecte ou au maître d'ouvrage de décrire les principaux critères de performances du produit en fonction de l'application visée (pouvoir tenir compte des caractéristiques de perméabilité à la vapeur d'eau de l'enduit en plus de celles de la peinture sur certains supports sensibles, par exemple). Enfin, les critères imposés d'adhérence minimale offrent certaines garanties.

Il est évident que certaines propositions de la norme pourraient être renforcées, notamment concernant les enduits extérieurs, dont la durabilité peut être limitée en présence de plâtre, par exemple, et ce même si des cycles de vieillissement sont prévus par la norme.

Par ailleurs, à l'instar des normes NBN EN 13300 et NBN EN 1062 relatives aux peintures décoratives, cette norme n'est pas harmonisée. Son utilisation reste liée à la bonne volonté du fabricant. Elle marque toutefois une avancée très importante et, comme pour les peintures, il est à espérer que la spécification des critères de la norme par les peintres ou les maîtres d'ouvrage (dans les cahiers des charges, par exemple) favorise la généralisation de son emploi dans les fiches techniques, apportant ainsi une vue claire et rapide des principales performances d'un enduit de peintre.

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

Certains immeubles à appartements sont équipés de chaudières individuelles raccordées à un conduit collectif pour évacuer la fumée. Lorsqu'un ou plusieurs appareils doivent être remplacés, il n'est pas toujours évident de déterminer les solutions qui s'offrent aux copropriétaires concernés. Cet article apporte des réponses à certaines questions qui se posent lors d'interventions de ce type.

Remplacement de **chaudières individuelles au gaz** raccordées à un **conduit de fumée collectif**

Dans un immeuble équipé d'un conduit collectif de type *shunt* (1), peut-on remplacer purement et simplement une chaudière de type B_{11} ou B_{11BS} par une chaudière à condensation ?
Non, un conduit *shunt* n'est pas adapté aux chaudières à condensation. De telles chaudières pourraient modifier le tirage du conduit, engendrer un risque de refoulement de la fumée par le coupe-tirage des autres appareils, provoquer leur mise en sécurité et engendrer la formation de condensats, avec de possibles dégâts au conduit lui-même ou aux parois voisines.

Une chaudière de type B_{11} ou B_{11BS} peut cependant être remplacée par une autre chaudière de type B_{11BS}. Dans ce cas, les chaudières raccordées resteront des appareils moins performants sur le plan énergétique.

Il existe sur le marché des solutions permettant le placement d'appareils à condensation, soit par la rénovation du conduit *shunt*, soit par la pose d'un nouveau conduit. Les appareils existants peuvent être remplacés individuellement et progressivement.

(1) Voir définition dans l'encadré à la page suivante.

> Ni la directive Ecoconception ni les réglementations régionales PEB n'obligent à installer une chaudière à condensation.

La directive 'Ecoconception' n'impose-t-elle pourtant pas d'installer uniquement des chaudières à condensation ?
Non, il est souvent fait référence, à tort, à la directive 'Ecoconception' 2009/125/CE pour justifier l'obligation d'installer une chaudière à condensation. Cependant, une telle obligation ne figure ni dans cette directive ni dans les réglementations régionales sur la performance énergétique des bâtiments (PEB).

Le Règlement de la Commission européenne n° 813/2013 relatif à l'application de la directive précitée autorise la mise sur le marché de chaudières n'étant pas à condensation et destinées spécifiquement aux conduits *shunt* existants. Ces chaudières doivent présenter une efficacité énergétique saisonnière supérieure ou égale à 75 % (depuis le 26 septembre 2015) et des émissions d'oxyde d'azote limitées (à partir du 26 septembre 2018).

Conseils pour la copropriété

Un conduit collectif fait partie de la copropriété. Toute intervention sur ce conduit doit dès lors obtenir l'accord préalable des copropriétaires.

Au niveau technique, des solutions performantes existent pour la rénovation des conduits *shunt*. Le problème principal consiste à trouver un accord au niveau de la copropriété. Pour cela, il est utile de convaincre le gestionnaire du bâtiment de l'importance de planifier et de budgétiser le remplacement des anciennes chaudières de type B_{11} ou B_{11BS}.

Certains fabricants et importateurs ont fait le choix de continuer la production et la commercialisation de chaudières de type B_{11BS} destinées aux conduits *shunt* existants. D'autres, en revanche, ont décidé d'abandonner pour se concentrer sur la technologie de la condensation.

Sur un conduit collectif de type CLV (2), peut-on remplacer une chaudière n'étant pas à condensation par une chaudière à condensation ?
Oui, mais uniquement si le conduit est adapté à la nouvelle configuration, qui comprendrait dès lors des appareils à condensation et d'autres qui ne le sont pas.

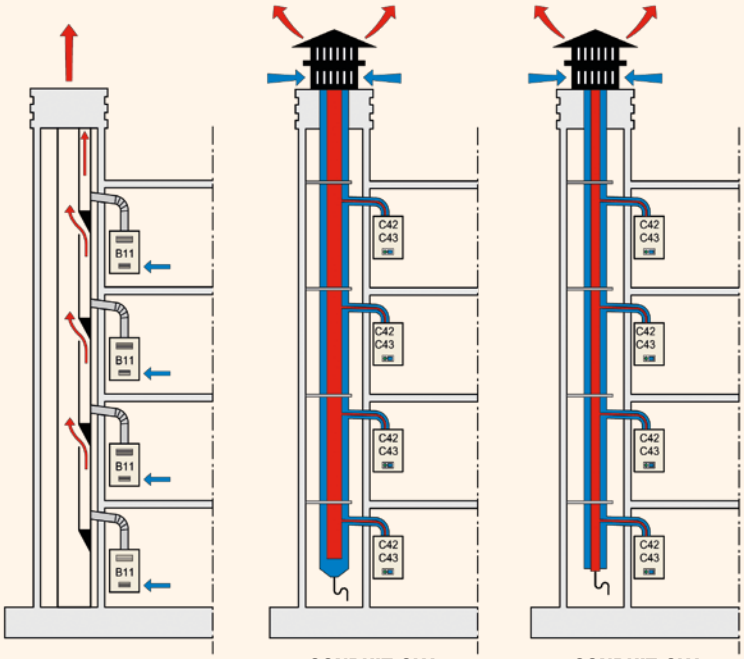
Pour le déterminer, il convient :
- de **procéder à une inspection préalable du conduit** (à l'aide d'une caméra endoscopique, par exemple), afin de vérifier son état général (corrosion, perforations, défauts d'étanchéité, obstructions partielles, ...) et d'identifier la nature des matériaux mis en œuvre
- d'**effectuer un calcul selon la norme NBN EN 13384-2** pour garantir que le remplacement – éventuellement progressif – de l'ensemble des chaudières ne soit, à aucun stade du processus, incompatible avec les caractéristiques du conduit (tirage, refoulement, condensation, gel).

Si le conduit n'est pas adapté au raccordement de chaudières à condensation, il faudra choisir l'une des possibilités suivantes :
- le remplacement d'une chaudière n'étant pas à condensation par un appareil identique
- la rénovation ou le remplacement du conduit de fumée collectif
- la mise en œuvre d'autres solutions telles que la production centralisée à l'aide d'une chaudière à condensation, d'une unité de cogénération ou d'une pompe à chaleur.

Exemples de conduits collectifs

Un conduit collectif permet de raccorder plusieurs appareils à combustion tels que des chaudières de chauffage central avec ou sans production d'eau chaude sanitaire.

Les figures ci-dessous illustrent les conduits collectifs suivants :
- un **conduit *shunt*** est un conduit maçonné sur lequel sont raccordées des chaudières atmosphériques à tirage naturel équipées d'un coupe-tirage (appareils de type B_{11} ou B_{11BS}). De nos jours, ce type de conduit est techniquement dépassé, car il n'est ni conçu pour des conditions de condensation fréquente ni pour l'évacuation de la fumée en surpression (cas des chaudières à condensation)
- un **conduit CLV** ou similaire (LAS, 3CE) permet simultanément l'amenée d'air comburant et l'évacuation de la fumée via deux conduits concentriques ou via deux conduits parallèles. Les plus anciens conduits CLV fonctionnent en tirage naturel (en dépression) et ne sont pas nécessairement adaptés à la condensation. Les conduits CLV modernes fonctionnent en surpression, pour réduire leur diamètre et leur encombrement, et sont adaptés à la condensation. Les appareils raccordés sur un conduit CLV sont de type C_{42} ou C_{43} (appareils étanches) (3).



CONDUIT *SHUNT* | **CONDUIT CLV EN DÉPRESSION** | **CONDUIT CLV EN SURPRESSION**

V. Jadinon, ing., conseiller principal senior, division Avis techniques, CSTC
X. Kuborn, ir., chef de projet, laboratoire Chauffage et ventilation, CSTC

(2) Voir définition dans l'encadré ci-dessus.
(3) Les différents types de chaudières (B, C) et des indices utilisés (11BS, 42, ...) sont définis dans la norme CEN/TR 1749 (dont certains extraits sont repris dans la norme belge NBN D 51-003).

Les sources d'énergie renouvelable telles que l'énergie solaire ou éolienne génèrent des pics de production et sont soumises à des pics de demande que l'on tente de contourner en surdimensionnant le réseau de distribution (électricité, chauffage urbain, gaz). Une solution à ce problème serait de concevoir et d'exploiter les bâtiments selon le principe de la flexibilité énergétique, de sorte que l'énergie soit davantage consommée au moment où elle est produite. Les incitants qui favoriseraient l'application de ce principe font cependant défaut.

La **flexibilité énergétique** des bâtiments

Qu'est-ce que la flexibilité énergétique des bâtiments ?
C'est la capacité d'un bâtiment à adapter ses besoins en énergie et sa production d'énergie selon les conditions climatiques locales, les besoins des utilisateurs et les exigences du réseau de distribution.

Depuis de nombreuses années, des systèmes de régulation permettent aux bâtiments de s'adapter automatiquement aux conditions climatiques locales pour assurer le confort des occupants, notamment pour le chauffage ou l'activation des protections solaires. Actuellement, il est de plus en plus question de l'interaction entre le bâtiment et le réseau de distribution d'énergie grâce au développement des réseaux intelligents (*smart grids*) et des bâtiments intelligents (*smart buildings*).

Pour que cette interaction soit possible, le réseau de distribution (électricité, chauffage urbain, gaz) doit transmettre (via Internet, par exemple) un signal que le bâtiment doit être capable d'interpréter et qu'il peut éventuellement accompagner d'une action. Ce signal correspond bien souvent au prix de l'énergie.

Dans ce cas, **le bâtiment pourra réagir en consommant l'énergie au moment où celle-ci est moins chère**. Le principe de la flexibilité énergétique appliqué au chauffage d'un bâtiment est illustré dans le tableau ci-contre.

Quelle est l'utilité de la flexibilité énergétique ?
La flexibilité énergétique vise à maximiser l'utilisation des sources d'énergie renouvelable en minimisant l'impact sur le réseau de distribution.

Ainsi, pour fournir un exemple concret, lorsque, par une journée ensoleillée, la production d'électricité des installations photovoltaïques est élevée et que la consommation électrique pour le chauffage est faible, il arrive que le réseau électrique soit surchargé. Lors d'un pic de production, certaines installations photovoltaïques risquent dès lors de se déconnecter du réseau et de pénaliser la production globale d'énergie renouvelable. Il est possible de réduire ces pics en consommant l'énergie lorsqu'elle est abondante. Ceci peut se faire en décalant les périodes habituelles de consommation vers les pics de production, par exemple.

> La flexibilité énergétique permettrait de réduire la consommation de combustibles fossiles à l'échelle d'une région ou d'un pays.

De même, il est envisageable de décaler le fonctionnement de certains appareils de chauffage lorsque la demande en chaleur est élevée (le matin et le soir, par exemple). Grâce à la flexibilité énergétique, ces appareils peuvent être mis en action lorsque l'énergie est produite par des sources renouvelables.

La flexibilité énergétique est-elle compatible avec l'efficacité énergétique ?
L'activation de la flexibilité dans un bâtiment entraîne la plupart du temps une diminution de l'efficacité énergétique. En effet, le stockage de l'énergie dans la masse thermique du bâtiment (murs, planchers, ...), dans un ballon d'eau chaude ou dans un autre dispositif s'accompagne inévitablement de pertes et donc d'une consommation d'énergie plus importante pour un confort identique. Lorsqu'elles sont d'origine thermique, ces pertes peuvent néanmoins être réduites par une meilleure isolation.

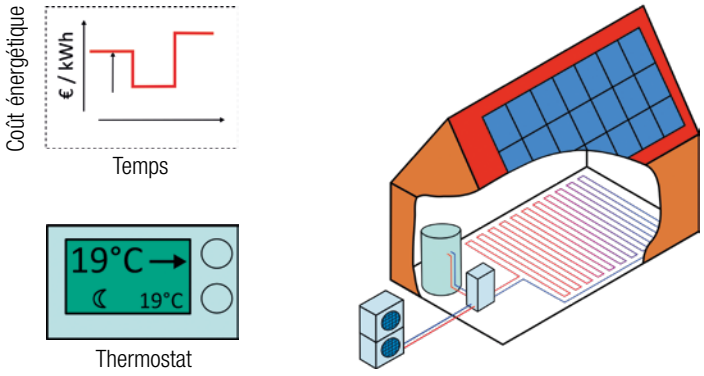
Bien que l'efficacité énergétique au niveau du bâtiment concerné puisse parfois diminuer, **la flexibilité énergétique permet de réduire la consommation de combustibles fossiles à un niveau plus large (région ou pays) en favorisant l'utilisation des énergies renouvelables**.

Existe-t-il actuellement des incitants pour la flexibilité énergétique ?
Comme la flexibilité énergétique entraîne une réduction de l'efficacité énergétique, elle ne sera mise en place par les consommateurs et les produc-

Principe de la flexibilité énergétique appliqué au chauffage d'un bâtiment par une pompe à chaleur.

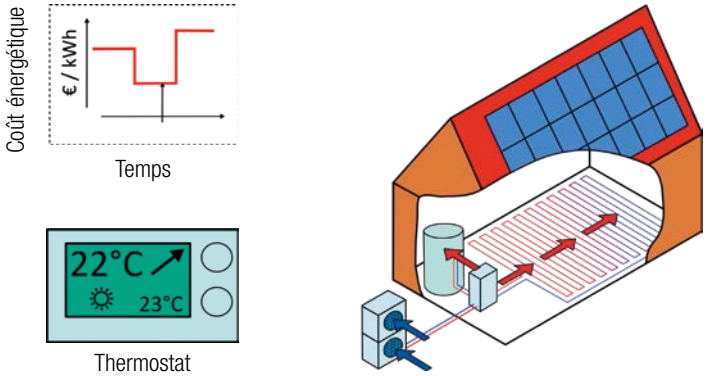
Le bâtiment est inoccupé :

- la température de consigne est fixée à 19 °C. Tant que la température intérieure ne passe pas en-dessous de cette valeur, l'installation de chauffage est à l'arrêt
- l'eau dans le ballon de stockage n'a pas encore été chauffée durant la journée.



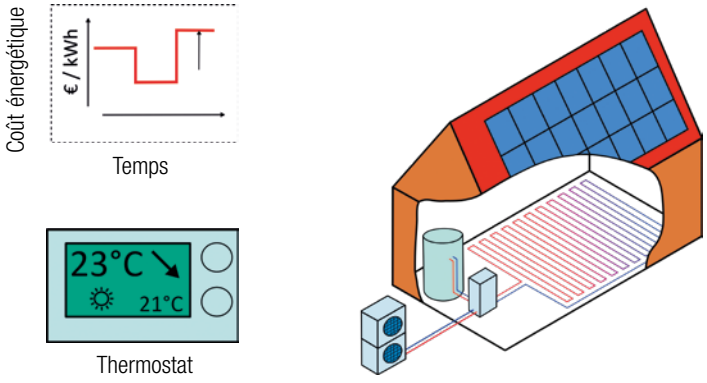
Un peu plus tard, le réseau de distribution transmet le signal que le prix de l'électricité diminue :

- bien que le bâtiment soit inoccupé et que la température ne soit plus inférieure à 19 °C, le dispositif de chauffage se met en marche, profitant du tarif avantageux pour chauffer le bâtiment avant l'arrivée des occupants. Si un dispositif de stockage d'eau chaude est présent, celui-ci peut aussi être chargé
- le chauffage se coupe lorsque la valeur de consigne (23 °C, par exemple) est atteinte pour ne pas créer une situation d'inconfort.



Plus tard encore dans la journée, le prix de l'électricité augmente :

- l'installation de chauffage se coupe et l'énergie accumulée dans la masse thermique du bâtiment (murs, planchers, ...) et dans le ballon de stockage d'eau chaude permet de fournir un confort suffisant aux occupants.



teurs que si des incitants existent pour compenser le coût de cette surconsommation, ce qui n'est pas le cas actuellement dans notre pays.

En effet, le concept de flexibilité ne repose pas uniquement sur des convictions environnementales (réduction des émissions de CO_2), mais également sur l'introduction d'incitants financiers comme c'est déjà le cas dans certains pays voisins. On songe notamment à l'adoption de prix variables, tant pour l'achat que pour la vente au réseau d'électricité.

Un compteur intelligent capable de contrôler et d'enregistrer la consommation et la production d'énergie dans le temps est toutefois nécessaire pour fonctionner de la sorte. Par ailleurs, la structure actuelle des prix et le cadre juridique des gestionnaires de réseau de distribution en Belgique devront également être adaptés si l'on souhaite encourager le recours à ce principe.

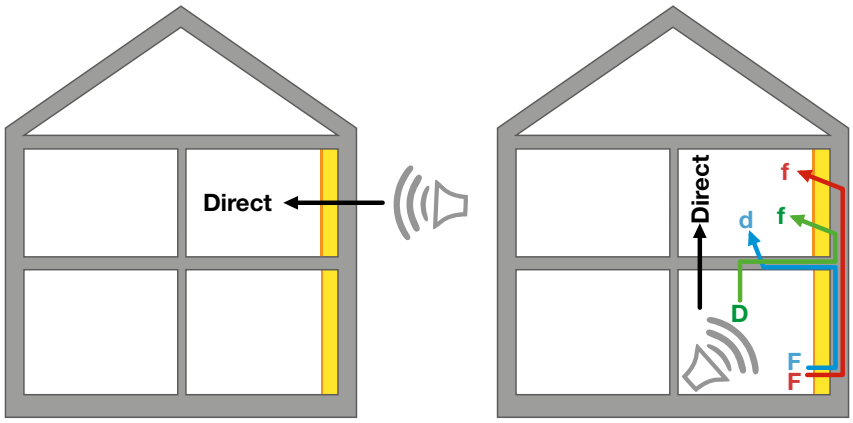
X. Kuborn, ir., et J. Van der Veken, ir.,
chefs de projet, laboratoire
Chauffage et ventilation, CSTC

En cas de rénovation énergétique, l'application d'une isolation thermique du côté intérieur d'un mur extérieur peut avoir un impact positif ou négatif sur l'insonorisation aux bruits environnants. Un autre problème dont on n'a pas toujours conscience peut toutefois se poser dans la pratique et réserver des surprises désagréables. En effet, cette isolation intérieure peut également influencer l'isolation acoustique entre deux pièces adjacentes situées en façade. Il y a donc lieu de choisir judicieusement la paroi de doublage.

Impact acoustique des **systèmes d'isolation par l'intérieur**

Impact sur l'isolation acoustique de la façade

La pose d'une isolation – thermique – du côté intérieur d'un mur de façade peut parfois réduire les performances acoustiques vis-à-vis des bruits extérieurs, mais cette diminution est généralement négligeable, puisque le bruit se transmet principalement par les éléments les plus faibles (fenêtres, volets roulants et grilles de ventilation). En présence d'une façade aveugle (façade sans ouverture) dans un environnement très bruyant, il conviendra néanmoins d'accorder une attention particulière à l'impact que peut avoir ce type de système.

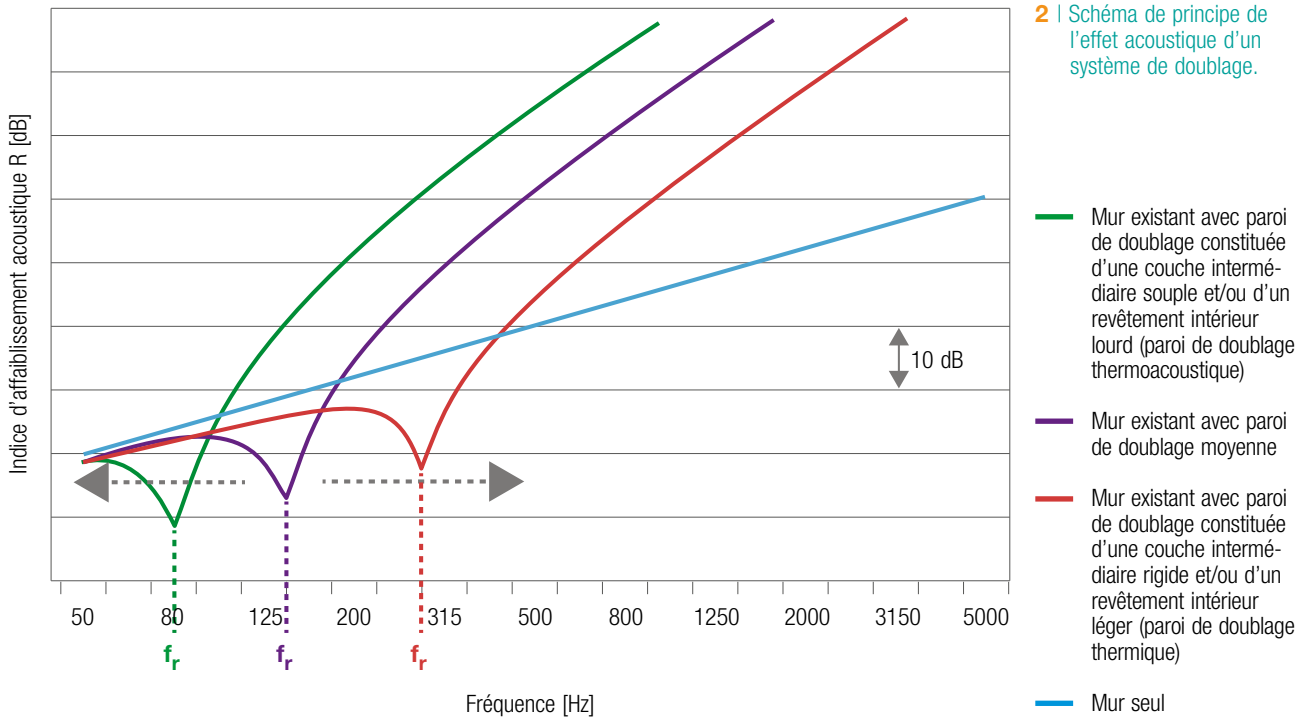


1 | Impact éventuel de l'isolation appliquée par l'intérieur sur l'isolation acoustique de la façade (à gauche) et entre les pièces (à droite).

Un système d'isolation par l'intérieur (voir également Les Dossiers du CSTC 2013/4.14) est composé d'un **revêtement intérieur** constitué d'un panneau ou d'un enduit appliqué sur une **couche** thermiquement isolante (généralement munie d'un pare-vapeur et interrompue par l'ossature servant à fixer les panneaux). Si l'on met en œuvre un système d'isolation de ce type sur des murs massifs, on crée alors un système masse-ressort. En cas de nuisances sonores de très basse fréquence, le revêtement intérieur et le mur existant vibrent comme s'ils ne faisaient qu'un. Cependant, si la fréquence augmente, le revêtement intérieur commencera à vibrer de plus en plus fort. A une certaine **fréquence dite de résonance f_r** [Hz], la paroi de doublage entrera en résonance et le bruit se transmettra très fort à travers l'ensemble du mur.

La figure 2 montre toutefois que l'isolation acoustique de la paroi tout entière augmente de manière considérable dans la gamme de fréquences située au-dessus de la fréquence de résonance. Lors de la conception du système d'isolation intérieure, il faut donc veiller à ce que cette fréquence de résonance soit la plus basse possible, de façon à ce que l'augmentation de l'isolation acoustique puisse s'opérer dans une large gamme de fréquences. **Il convient pour cela de choisir la couche d'isolation la plus souple possible et le revêtement intérieur le plus lourd possible.** Les meilleurs résultats sont néanmoins obtenus lorsque le revêtement intérieur est complètement désolidarisé du mur existant et qu'il est fixé à une structure portante indépendante du mur.

Pour améliorer le confort acoustique par rapport aux bruits environnants, on peut mettre en œuvre une **paroi de doublage dite thermoacoustique**.



2 | Schéma de principe de l'effet acoustique d'un système de doublage.

Cette paroi peut être constituée (par ordre croissant de performances acoustiques) :

- d'un système collé à base de couches intermédiaires souples et poreuses d'une épaisseur minimale de 50 mm (laine minérale, EPS élastifié (*), flocons de cellulose ou de fibre de bois, aggloméré de mousse PU, …). Les performances acoustiques s'améliorent à mesure que l'épaisseur et la souplesse de l'isolant augmentent
- d'un revêtement intérieur fixé à une structure portante indépendante de la façade et dont l'espace entre les montants est rempli d'un matériau fibreux ou à cellules ouvertes. Plus cet espace est grand (minimum 70 mm) et l'isolant épais, plus le confort acoustique augmente. Si l'on opte pour un isolant rigide, celui-ci ne peut pas former de contact structurel entre le mur existant et le revêtement intérieur. Si le revêtement doit être fixé mécaniquement au mur, il convient d'utiliser des fixations 'acoustiques'.

On peut se contenter d'une simple **paroi de doublage thermique** lorsqu'une certaine diminution de l'isolation acoustique du mur existant est autorisée (environnement peu bruyant, exigence normative moins stricte ou façades constituées de nombreux affaiblissements tels que fenêtres, volets roulants ou grilles de ventilation).

Cette paroi peut être constituée (par ordre croissant de performances acoustiques) :

- d'un système collé à base de mousse rigide (PU, EPS, XPS) ou d'un isolant rigide (copeaux de bois liés au ciment, verre cellulaire, panneaux d'isolant minéral, …)
- d'un système collé composé de couches intermédiaires souples d'une épaisseur inférieure à 50 mm.

Impact sur l'isolation acoustique entre les pièces

Les solutions proposées dans cet article sont pour la plupart également applicables aux systèmes d'isolation par l'intérieur visant à améliorer le confort acoustique entre deux pièces adjacentes (verticalement ou horizontalement) situées en façade, pour autant qu'il s'agisse de constructions massives.

Si l'on opte pour une paroi de doublage thermique (à base de matériaux isolants rigides), l'isolation acoustique globale risque de diminuer sensiblement, car les bruits se transmettront avant tout de manière latérale via la façade (**F-f**, flèche rouge à la figure 1). Il est dans ce cas essentiel de bien évaluer la contribution de chaque voie de transmission directe et latérale, et d'en tenir compte lors du choix final du système d'isolation par l'intérieur.

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

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

(*) L'EPS élastifié est un EPS standard qui a été soumis à une haute pression durant une courte période afin d'en réduire la rigidité. Utilisé dans un système de paroi de doublage, ce matériau offre une meilleure isolation acoustique qu'un EPS standard.

Les caractéristiques générales, les avantages et les possibilités du BIM ont déjà été abordés en détail dans les précédents numéros du magazine CSTC-Contact ainsi que sur le site Internet bimportal.be. Cet article se concentre sur le déroulement d'un processus BIM dans la pratique. Qui fournit quelles informations et à quels moments précis ? Quelles tâches diffèrent par rapport à une approche classique ? Apprenez-en davantage dans les lignes qui suivent.

Le **processus BIM** à la loupe

Il est rare d'obtenir une réponse claire et précise aux questions d'ordre organisationnel et pratique concernant le processus BIM. En effet, **chaque processus diffère** selon le type de projet, les objectifs BIM du maître d'ouvrage et des partenaires de projet, les possibilités de ces derniers d'appliquer le BIM, leurs connaissances en la matière, le type de contrat, l'ampleur du projet, les étapes imposées, … Les conventions BIM établies entre toutes les parties impliquées sont donc toujours spécifiques à un projet. **Le processus BIM d'un projet doit par conséquent toujours être défini et détaillé bien à l'avance.**

Déroulement du processus BIM

Il est à signaler que l'application du BIM dans un projet de construction ne modifie aucunement les responsabilités traditionnelles de chacun. **Ainsi, les différents membres de l'équipe en charge de la conception** (architectes, bureaux d'ingénierie et de conseil, …) **restent responsables de leur part de travail**. En revanche, les divers concepteurs élaborent désormais leurs plans **à l'aide de modèles numériques** (modèles 'architecture', 'stabilité', 'HVAC', …) et les autres partenaires de projet y apportent des informations supplémentaires.

Ces différents modèles partiels peuvent être assemblés virtuellement au moyen de logiciels spécifiques, afin de mieux pouvoir les coordonner et de détecter rapidement les erreurs (conduit de ventilation qui traverserait une solive, par exemple) et de les éviter. **Ces modèles peuvent ensuite être transmis à l'équipe d'exécution qui pourra s'en servir pour mettre le projet en œuvre** (préparation et exécution des travaux). En d'autres termes, les partenaires de projet participent d'abord tous ensemble à la conception d'une version virtuelle de l'ouvrage, laquelle est ensuite utilisée comme base de données pour la réalisation concrète du projet.

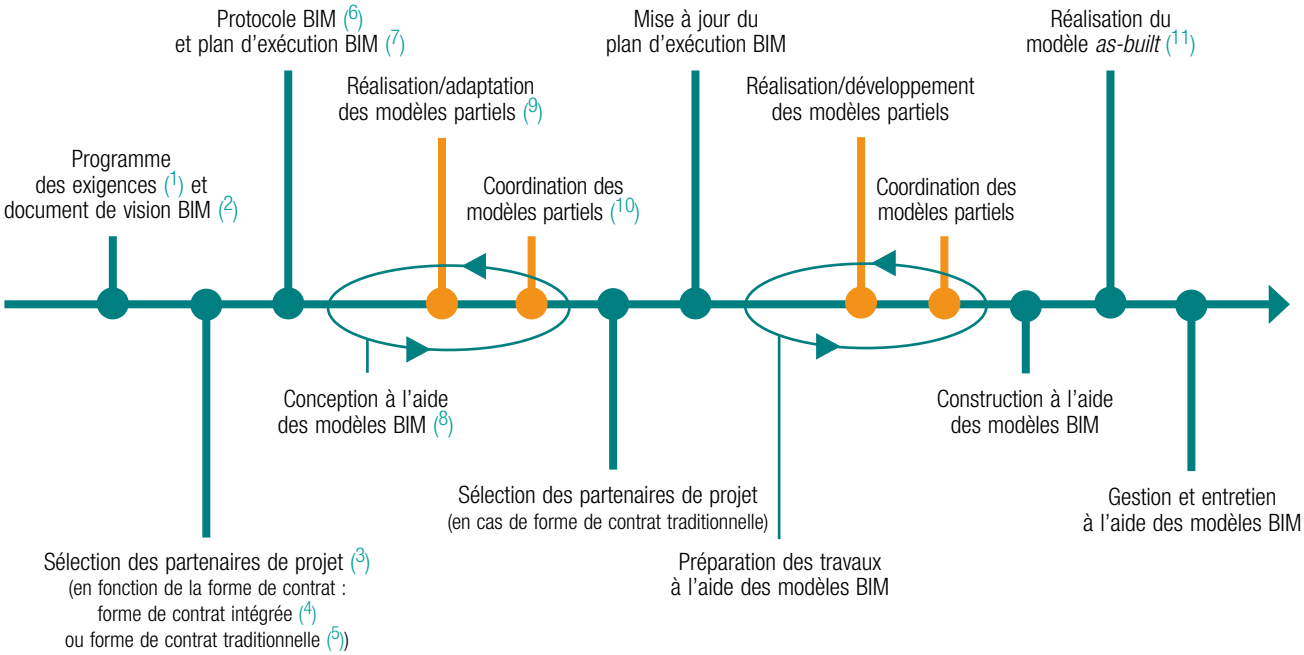
Ces processus BIM (réalisation, partage, coordination et utilisation des modèles BIM, …) **doivent être définis et précisés pour chaque projet** (par exemple : qui se charge de quel processus ? Quand doit-il être effectué et de quelle manière ?). Une représentation schématique du déroulement complet du processus BIM, comprenant les différents processus partiels, peut s'avérer bien utile à cet égard (voir la figure à la page suivante).

Les fichiers associés aux divers processus BIM partiels (documents, modèles BIM, remarques, …) et échangés entre les diverses parties impliquées doivent être gérés avec efficacité. Une plateforme d'échange centrale (*Common Data Environnement*) permet de rassembler, de mettre à jour, de gérer les informations et de les diffuser aux autres parties. Cet aspect doit également faire l'objet de conventions (par exemple : qui gère la plateforme ? Qui a accès à quoi ? Que peut-on y partager ?).

Le protocole BIM belge

Pour obtenir un résultat de qualité optimale avec le BIM, il est donc essentiel d'établir des conventions claires. Celles-ci doivent figurer dans le **protocole BIM** et dans le **plan d'exécution BIM** correspondant.

Le CSTC a mis au point le protocole BIM belge de référence afin d'aider les professionnels de la construction à rédiger ces documents. Le modèle de document (*template*) général et le guide qui l'accompagne peuvent servir de base commune à tous les projets – même si des adaptations seront réa-



(1) Programme des exigences (PDE) : document élaboré par le maître d'ouvrage, qui décrit les exigences techniques et fonctionnelles applicables à l'ouvrage.

(2) Document de vision BIM : document spécifique à un projet qui reprend les attentes (mise en place d'un contrôle du budget à l'aide du BIM, par exemple) et les exigences (informations requises dans le modèle *as-built* pour la gestion ultérieure du bâtiment) du maître d'ouvrage en matière de BIM.

(3) Partenaire de projet : organisation (ou personne individuelle) qui est chargée, par le maître d'ouvrage, d'une mission contractuelle et se trouve donc impliquée dans le projet (auteur de projet, bureau-conseil et bureau d'études, conseiller, entrepreneur, bureau de contrôle technique, …).

(4) Forme de contrat intégrée : forme de contrat dans laquelle la conception et l'exécution sont toutes deux confiées au même moment, en tout ou en partie, à l'équipe de projet.

(5) Forme de contrat traditionnelle : forme de contrat dans laquelle la conception et l'exécution sont confiées à des acteurs distincts à des moments différents.

(6) Protocole BIM : document contractuel reprenant les conventions et les attentes en matière de BIM. Celui-ci est idéalement signé dès le lancement du projet par les partenaires de projet déjà connus. Au sein d'un projet, ce document indique, entre autres, quel acteur est responsable de quelles informations (modèles et analyses, par exemple) et à quel moment celles-ci doivent être livrées.

(7) Plan d'exécution BIM : document contractuel complétant le protocole BIM et décrivant la manière dont les dispositions de ce dernier doivent être exécutées dans la pratique. Le plan d'exécution BIM régit la collaboration entre les partenaires de projet et constitue un document 'vivant' que l'on peut évaluer et, si nécessaire, adapter régulièrement (au moins à chaque grande étape du projet). Ainsi, on y détaille davantage l'aperçu des modèles BIM et des analyses souhaités et on y décrit les divers modèles partiels, les dénominations, le logiciel utilisé, la fréquence des échanges, …

(8) Modèle BIM : maquette numérique ou version virtuelle d'un ouvrage. Le modèle se compose à la fois d'informations graphiques et non graphiques.

(9) Modèle partiel : modèle BIM d'une fraction déterminée du projet (modèle architecture, modèle stabilité, …).

(10) Coordination des modèles partiels : regroupement et mise en adéquation des différents modèles partiels. Elle comprend notamment la détection des conflits (*clash detection*), mais aussi la concordance des niveaux, le contrôle du point zéro, …

(11) Modèle *as-built* : modèle BIM qui reflète l'état de l'ouvrage tel que construit et qui offre dès lors une représentation complète et précise de la situation réelle à la réception des travaux.

Représentation schématique d'un processus BIM général simplifié.

lisées en fonction des spécificités de chacun – et permettent de garantir une certaine uniformité dans le déroulement du processus BIM.

Le protocole BIM belge s'applique aux bâtiments et est le fruit de la collaboration de nombreux professionnels de la construction expérimentés issus de divers domaines ainsi que des fédérations et organisations professionnelles. Un premier consensus a ainsi déjà pu être trouvé concernant le processus de collaboration BIM.

La première version du protocole BIM belge peut être téléchargée sur le site bimportal.be.

C. Euben, ir.-arch., conseillère principale, division Construction 4.0, CSTC

Si la gestion du matériel, des matériaux et des déchets de chantier est une nécessité, elle peut toutefois générer de nombreux gaspillages (temps, matériel, matériaux, ...) et des situations d'insécurité lorsqu'elle est mal assurée. La méthode des 5S, issue du *lean construction* (voir Les Dossiers du CSTC 2016/3.16) et des méthodes *lean* initialement utilisées dans le secteur automobile japonais, vise à offrir une structure de travail aux entreprises afin de mettre en place un environnement de travail organisé qui leur permettra de gérer efficacement les chantiers.

Gérer son chantier avec la méthode des 5S

Problématique

On constate parfois sur chantier certains gaspillages dus à :

- des **déplacements inutiles** (recherche de plans, matériaux ou matériel, ...). Des mesures ont permis de constater que les ouvriers marchaient parfois de 10 à 15 km par jour sur chantier
- de la **débrouillardise** (fabrication d'un établi improvisé pour découper des panneaux)
- une **gestion inefficace des stocks** (matériel et matériaux stockés inutilement).

Ces gaspillages diminuent évidemment la rentabilité du chantier. Il faut également savoir que l'accumulation de déplacements intempestifs ou la manutention inutile dans un stock pour rechercher le bon matériel, par exemple, influenceront la qualité de vie des travailleurs et donc leur rendement, mais aussi leur sécurité.

L'objectif de la méthode des 5S est donc double :

- **améliorer la rentabilité des chantiers**
- **améliorer l'environnement de travail**.

La méthode des 5S propose de donner une structure de travail aux entreprises, afin de les aider à mettre systématiquement en place un environnement de travail de qualité sur tous leurs chantiers. Celui-ci doit être fonctionnel, propre, facile à entretenir, sécurisant et pourra ensuite être amélioré continuellement par les ouvriers eux-mêmes ainsi que par les personnes chargées de leur encadrement. Par ailleurs, l'entreprise renverra ainsi vers l'extérieur l'image positive d'un service de qualité.

Méthodologie de travail

Il est important de préciser que cette méthode peut être appliquée tant sur chantier que dans un entrepôt, une camionnette ou encore les bureaux de l'entreprise, quelle que soit sa taille. De plus, Elle est facile à mettre en œuvre et demande peu d'investissement financier.

Plus concrètement, les 5S désignent les termes japonais correspondant aux cinq étapes suivantes :

- ***Seiri* (trier/conserver le nécessaire)** : tout objet cassé, abîmé ou inutile doit être éliminé, car il encombre l'espace commun. Il convient de définir les méthodes (de tri, par exemple) et les outils à utiliser (conteneur, ...)
- ***Seiton* (mettre en ordre)** : une place pour chaque chose, chaque chose à sa place. Le but est d'organiser un rangement utile, notamment en définissant les emplacements de chaque objet et en créant un 'rangement visuel' du même type que celui d'un mécanicien (contour des outils dessiné sur le tableau de rangement)
- ***Seiso* (nettoyer)** : rendre la zone de travail plus propre améliorera la qualité des prestations et la sécurité du personnel. Cet entretien est plus aisé encore si les deux étapes précédentes ont été bien gérées. La périodicité du nettoyage et les outils à utiliser restent à définir
- ***Seiketsu* (standardiser)** : cette étape consiste à faciliter la mise en pratique des 3S précédents en standardisant les méthodes et les outils établis (panneaux de signalisation, bâches, supports visuels, ...) et en les mettant en pratique de manière systématique sur l'ensemble des chantiers. La systématisation des bonnes pratiques est essentielle
- ***Shitsuke* (suivre)** : la dernière étape consiste, par exemple, à confier le suivi régulier du chantier à une personne étrangère à la zone de travail (conducteur, par exemple), mais qui connaît les spécificités du chantier concerné. L'objectif est de maintenir le système en place et d'y apporter des améliorations, toujours dans l'esprit d'augmenter les performances et d'améliorer l'environnement de travail. L'essentiel est d'apporter de la rigueur et d'éviter que les vieilles habitudes ne reviennent.

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

Publications du **CSTC**

Notes d'information technique

NIT 263 Montage des capteurs solaires sur les toitures à versants

NIT 264 Détails de référence pour les murs creux

Les Dossiers du CSTC

2017/2.9 Douches à l'italienne : étanchéité à l'eau et choix du revêtement

2017/2.15 Le scan 3D au service de l'entrepreneur : les opportunités de la numérisation haute définition

2017/3.2 Maçonneries de parement en briques : choisir l'épaisseur des joints en fonction des tolérances sur les matériaux

2017/4.3 Traitement de l'humidité ascensionnelle : étude comparative

2017/4.12 Les traitements antitartre : évaluation de leurs performances

2017/4.17 Valoriser les terres excavées des chantiers de construction en Wallonie. Exigences environnementales et évolutions attendues

Monographies

N° 25 Normes et règlements, des leviers pour l'innovation : quelques études de cas réalisées par le CSTC

N° 26 Guide de la propriété intellectuelle

Rapport d'activités 2017

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

cstc.be
Recherche • Développe • Informe

Centre scientifique et technique de la construction

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 agréation
A la demande des acteurs publics ou privés, le CSTC réalise divers développements sous contrat. Collaborant activement aux travaux des instituts de normalisation, tant sur le plan national (NBN) qu'européen (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