



Granulats de béton recyclés

p4-5

Connectivité sans fil

p14-17

La réalité étendue dans la construction

p18-19



Sommaire

2019/5

| | | |
|---|--|----|
| | Des rendez-vous à la pelle en novembre | 3 |
|  | Le béton dans l'économie circulaire : l'utilisation de granulats recyclés..... | 4 |
|  | Importance des amortisseurs de vibrations dans les installations techniques.... | 6 |
|  | Mesurer la performance thermique de l'enveloppe ? C'est pour bientôt ! | 8 |
|  | Systèmes d'isolation capillaires actifs : une solution innovante pour isoler par l'intérieur ?..... | 10 |
|  | Connectivité sans fil dans et autour des bâtiments : pas que le wifi ! | 14 |
|  | La réalité étendue dans le secteur de la construction : un autre regard sur les projets de construction | 18 |
|  | <i>Lean construction</i> : de la valeur ajoutée pour le client, sans gaspillages..... | 20 |
| | Pleins feux..... | 22 |



Des rendez-vous à la pelle en novembre

La dernière semaine de novembre sera riche en événements. Nous nous préparons activement aux trois salons sectoriels majeurs que sont **Install Day**, la **Journée du Parachèvement** et **Belgian Roof Day**. Comme de coutume, ces salons sont organisés par la Confédération Construction dans le cadre spacieux de Brussels Kart Expo à Grand-Bigard. Vous pourrez y découvrir les nouveaux produits sur plus de 9.300 m².

Ces salons constituent pour nous une occasion unique de rencontrer un grand nombre d'entreprises issues de trois secteurs majeurs : **les installations techniques, le parachèvement et les toitures**. L'année dernière, pas moins de 10.000 visiteurs ont participé aux salons.

Notre personnel sera présent en nombre, afin de répondre à vos questions et de vous présenter nos services ainsi que les dernières publications relatives à ces domaines. Vous y découvrirez entre autres les nouvelles **NIT 269** et **270** relatives aux parquets et aux évacuations d'eaux pluviales, mais aussi la **NIT 266** consacrée aux couvertures et bardages métalliques à joints debout ou encore la **NIT 265** sur les évacuations d'eaux usées.

Les journées sont prévues les 22 (Install Day), 26 (Journée du Parachèvement) et 29 novembre (Belgian Roof Day) prochains. La participation ainsi que les stands de restauration sont entièrement gratuits, mais il convient de vous inscrire préalablement en ligne. Toutes les informations sont disponibles sur www.cstc.be dans la rubrique Agenda.

Nous vous y attendons nombreux.



Le béton dans l'économie circulaire : l'utilisation de granulats recyclés

L'économie circulaire permet aux produits et aux matériaux de conserver leur valeur le plus longtemps possible. Elle offre également de nouvelles opportunités pour le béton. Les granulats issus des débris de construction et de démolition peuvent ainsi être recyclés et réutilisés dans du béton. Diverses études prénormatives et projets de recherche y ont été consacrés au cours des dernières années.

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

J. Vrijders, ir., chef du laboratoire 'Solutions durables et circulaires', CSTC

L. Kupers, ir., chef de projet, laboratoire 'Technologie du béton', CSTC



1 | Granulats de béton recyclés.

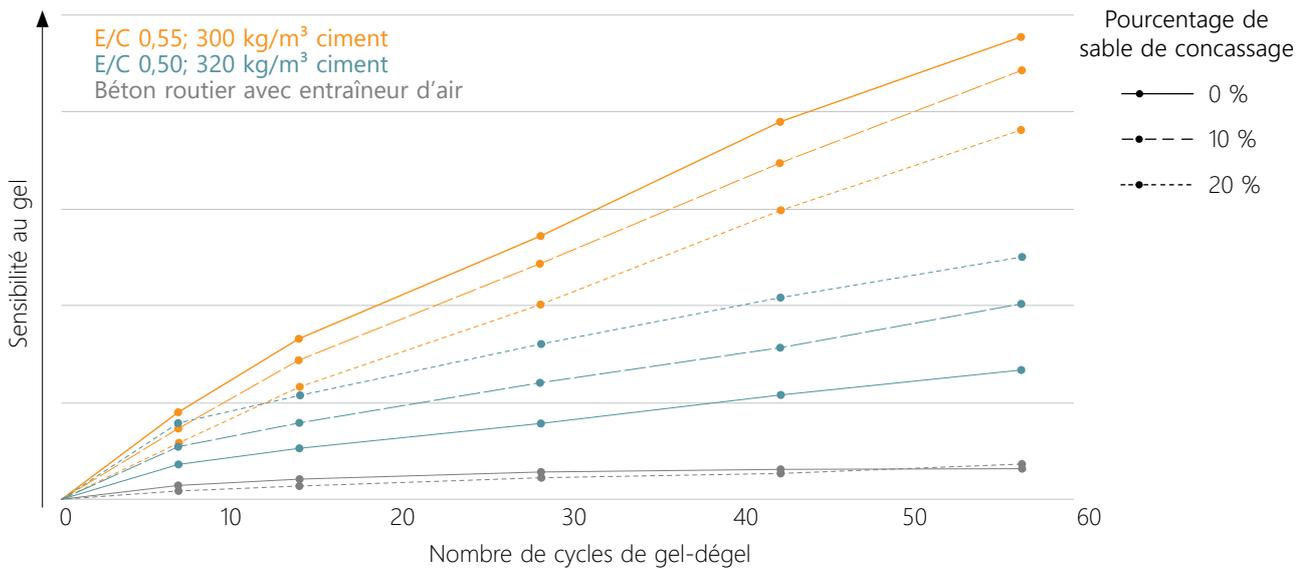
Granulats de béton recyclés

Les granulats de béton recyclés sont constitués de granulats naturels et d'une pâte de ciment adhérente (voir figure 1). Cette pâte entraîne une absorption d'eau beaucoup plus importante que dans le cas de granulats naturels. Pour compenser ce phénomène, il convient d'ajouter de l'eau au mélange de béton. Cependant, si on sous-estime (ou surestime) l'absorption d'eau effective, la quantité d'eau 'libre' dans le béton sera insuffisante (ou excessive). Or, celle-ci influence directement le rapport eau-ciment, qui détermine lui-même fortement la consistance, la résistance mécanique et la durabilité du matériau. Il est donc primordial de maîtriser la quantité d'eau le mieux possible.

Le CSTC, le CRIC-OCCN et le CRR ont réalisé une étude prénormative sur l'utilisation des granulats recyclés. Cette étude intitulée RecyBeton a permis de caractériser différents types de granulats et d'étudier la variabilité de leurs propriétés. Il en est ressorti que les granulats issus des filières de recyclage belges étaient généralement de bonne qualité et qu'ils répondaient dans la plupart des cas aux exigences de la norme NBN B 15-001.

Il a également été possible de déterminer dans quelle mesure la **consistance du béton frais** varie si l'on remplace 30 % des granulats calcaires naturels par des granulats de béton recyclés. Nous avons pu constater que l'utilisation de granulats recyclés et le taux d'humidité de ces derniers n'avaient pas d'impact significatif sur le maintien de la consistance, contrairement au type de superplastifiant.

Bien que la présence des granulats recyclés réduise habituellement la résistance à la compression du béton, cette dernière répond encore amplement aux exigences. L'étude



2 | Effet du remplacement du sable naturel par du sable de concassage sur la résistance au gel en présence de sels de déverglaçage pour divers types de bétons.

révèle également que l'usage de granulats recyclés n'a pas d'impact sur le retrait et le fluage du béton.

Concernant la **durabilité** du béton, on a pu observer que celle-ci était davantage influencée par le type de ciment que par les granulats de béton recyclés.

Les résultats de cette étude prénormative ont permis d'étendre le champs d'application des granulats recyclés dans le béton et d'adapter ainsi la norme belge NBN B 15-001 de 2018 (voir [Les Dossiers du CSTC 2017/3.15](#)). Une monographie du CSTC vient d'ailleurs de paraître sur le sujet (voir [Monographie n° 32](#)).

Granulats mixtes recyclés

Les granulats mixtes recyclés contiennent non seulement des débris de béton, mais aussi des débris de maçonnerie. Ils peuvent donc renfermer davantage d'impuretés telles que des résidus de bois, de plastique ou de plâtre que des granulats de béton seuls. Leur utilisation a également été examinée dans le cadre de l'étude prénormative RecyBeton.

Il est apparu qu'un taux de substitution jusqu'à 50 % n'avait pas d'impact significatif sur le **maintien de la consistance** du béton frais. Selon le taux de substitution, l'utilisation de granulats mixtes entraîne habituellement une diminution de la **résistance à la compression et à la flexion**. Sur le plan de la **résistance à la carbonatation**, le recours aux granulats mixtes n'a qu'un impact limité.

Granulats fins recyclés

Bien que l'utilisation de granulats fins recyclés ou de sable de concassage dans le béton ne soit pas encore admise par les

documents de référence en Belgique, les chercheurs se sont déjà penchés sur le sujet dans le cadre du projet Sand2Sand. Il convient de signaler que les mélanges de béton utilisés à cet effet ont été réalisés par les fabricants eux-mêmes à partir de leurs propres matières premières. De plus, le taux de substitution était limité à 30 % et seul un petit nombre d'essais ont été effectués.

L'étude montre que l'usage de sable de concassage n'a pas d'impact significatif sur la **résistance à la compression et à la carbonatation du béton** et que la résistance au gel peut tantôt augmenter, tantôt diminuer (voir figure 2). De manière générale, on constate que la composition même du béton (rapport eau-ciment, teneur en ciment, présence d'un entraîneur d'air) a plus d'influence que l'utilisation de sable de concassage.

Perspectives d'avenir

Les résultats des différents projets menés incitent d'ores et déjà à élargir le domaine d'application des granulats recyclés. D'autres technologies permettent par ailleurs de réduire l'impact environnemental du béton et/ou d'optimiser le cycle du matériau. Citons notamment les liants alternatifs (géopolymères, par exemple), le béton 'autorégénérant' et le réemploi des éléments en béton. Le CSTC suit toutes ces innovations dans le cadre du projet Circular.Concrete et aide les parties intéressées à les mettre en œuvre. Pour de plus amples informations concernant ce projet, il existe un site Internet (uniquement disponible en néerlandais) : www.circular-concrete.be. 

Cet article a été rédigé dans le cadre des projets Circular.Concrete et Sand2Sand subsidiés par VLAIO et de l'Antenne Normes 'Béton-mortier-granulats' subsidiée par le SPF Economie.



Importance des amortisseurs de vibrations dans les installations techniques

En faisant vibrer la structure du bâtiment, les installations techniques peuvent être à l'origine de nuisances sonores. Il est possible de résoudre le problème par la pose d'amortisseurs de vibrations efficaces. Cet article vous en apprend davantage sur le sujet.

L. De Geetere, dr. ir., chef de la division 'Acoustique, façades et menuiserie', CSTC

Bruit des installations techniques

Les installations techniques des bâtiments engendrent des nuisances sonores dans le local dans lequel elles sont situées. Il est possible de réduire ces nuisances en **isolant suffisamment le local technique** et, éventuellement, en **intégrant l'installation dans un caisson**.

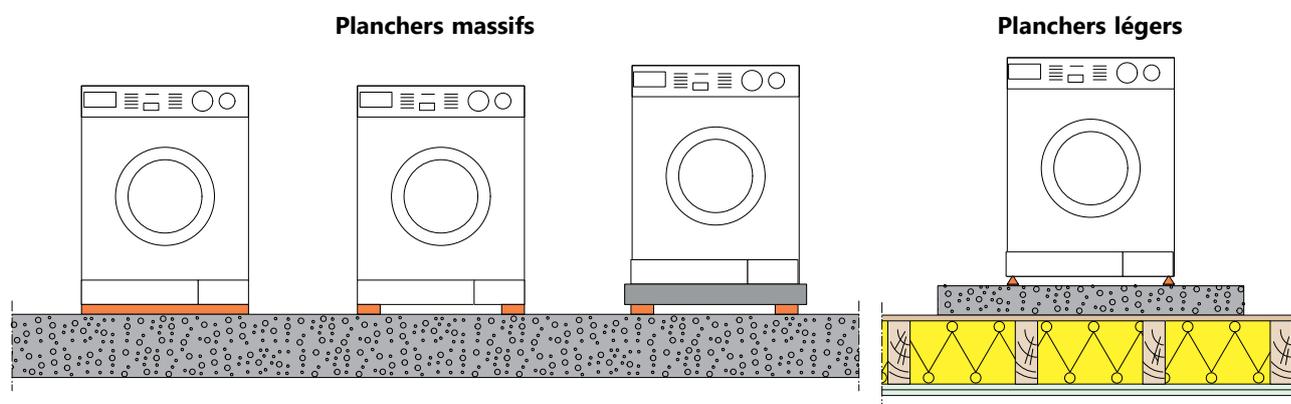
Les installations transmettent également des vibrations aux éléments de construction via leurs points de fixation ou d'appui. Ces vibrations se propagent à leur tour dans la structure du bâtiment et peuvent atteindre des locaux plus éloignés, où elles sont susceptibles de gêner les occupants.

Dispositifs antivibratoires sur les sols

Les installations relativement lourdes (pompes à chaleur, installations de chauffage central et de réfrigération, groupes

de ventilation, machines à laver et sèche-linge, par exemple) sont souvent placées dans des locaux techniques ou dans des espaces de rangement. Elles doivent être posées sur une structure de plancher aussi lourde que possible (de préférence, au moins 400 kg/m² pour les installations individuelles et proportionnellement plus pour les installations collectives plus lourdes).

Pour limiter la transmission des vibrations à la structure du plancher, il convient d'utiliser des amortisseurs de vibrations. Il s'agit bien souvent de **tapis** ou de **dalles réalisés à partir de matériaux élastiques** tels que le caoutchouc (synthétique). Le liège ou les matériaux à base de fibres sont généralement moins appropriés parce qu'ils sont trop rigides. Il est également possible de recourir à des **amortisseurs sous forme de cloches** d'acier intégrant une bande de caoutchouc. Pour les installations plus lourdes, on utilise fréquemment des **ressorts en acier**, voire des **soufflets pneumatiques**.



1 | Différentes méthodes d'isolation antivibratoire pour les planchers massifs (par ordre croissant d'efficacité) et pour les planchers légers.



2 | Dispositif antivibratoire élastique placé entre un tuyau d'évacuation sanitaire et un mur à ossature bois doté d'un lestage local en béton.

Une autre solution consiste à poser l'installation sur un **socle lourd** (dont la masse est de préférence trois fois supérieure à celle de l'installation). Cette technique est même nécessaire en présence d'un plancher léger (voir figure 1 à la page précédente).

La **fréquence de fonctionnement** d'une installation munie d'un élément rotatif (moteur, pompe, compresseur ou tambour, par exemple) équivaut à $1/60^{\text{e}}$ de la vitesse de rotation (en tr/min). Cette fréquence (et ses multiples) correspond généralement aux vibrations transmises à la structure d'un plancher et susceptibles d'engendrer une nuisance sonore.

Plus la **fréquence de résonance** de l'ensemble 'installation-amortisseur-plancher' diminue par rapport à la fréquence de fonctionnement de l'installation, moins les vibrations se transmettent. Cette diminution de la fréquence de résonance peut être obtenue :

- en utilisant des amortisseurs plus souples
- en augmentant l'épaisseur des amortisseurs
- en réduisant la surface de contact entre l'amortisseur et la structure de plancher
- en augmentant la masse de la structure de plancher, du socle et/ou de l'installation.

En règle générale, la fréquence de résonance doit être au moins trois fois inférieure à la fréquence de fonctionnement (voir exemple de calcul ci-dessous).

Il faut également éviter que le bruit ne soit amplifié par l'interaction entre l'ensemble 'installation-amortisseur-plancher' et la structure du plancher. Pour ce faire, cette dernière doit être suffisamment rigide. C'est le cas lorsque ses **fréquences propres** sont au moins trois fois supérieures à la fréquence de résonance du système.

Le choix de l'amortisseur de vibrations est particulièrement important en présence d'éléments de construction légers (planchers en bois, par exemple) et/ou de vitesses de rotation peu élevées. Dans ces cas-là, un calcul précis doit être effectué par un bureau d'études spécialisé.

Dispositifs antivibratoires par suspension

Les installations plus légères (conduites d'arrivée et d'évacuation d'eau, installations sanitaires, portes de garage automatiques et guides d'ascenseur) sont souvent suspendues à la structure du bâtiment. Cette fois encore, il est préférable de les suspendre de la manière la plus 'souple' possible à un mur porteur le plus lourd possible (au moins 200 kg/m^2). En cas de constructions légères, il est nécessaire d'alourdir localement la paroi (voir figure 2). ●

Cet article a été rédigé dans le cadre de C-Tech, subsidié par Innoviris.

Exemple de calcul

Prenons l'exemple d'une machine à laver d'une masse (m) de 70 kg, tournant à 1.500 tr/min (fréquence de fonctionnement = $1.500/60 = 25 \text{ Hz}$). Cette machine se trouve sur un plancher en béton couvert d'un tapis élastique d'une surface (S) de $60 \times 60 \text{ cm}^2$, d'une épaisseur (d) de 4 cm et d'un module d'élasticité (dynamique) (E) de 2 MN/m^2 . La fréquence de résonance est dès lors de **81 Hz** ($f_{\text{res}} = 1/2 \pi \sqrt{ES/dm}$). Si l'on opte pour quatre dalles d'une surface de $5 \times 5 \text{ cm}^2$, cette fréquence diminue à **13 Hz** et à **8 Hz** lorsqu'on y ajoute un socle de 120 kg ($< 1/3$ de la fréquence de fonctionnement). En cas de plancher en bois, la même fréquence de résonance peut être obtenue avec un socle de 120 kg et quatre amortisseurs en forme de cloche d'une rigidité (k) de 30 kN/m ($f_{\text{res}} = 1/2 \pi \sqrt{4k(1/m + 1/m_{\text{socle}})}$).



Mesurer la performance thermique de l'enveloppe ? C'est pour bientôt !

Mesurer la performance thermique de l'enveloppe d'un bâtiment pourrait permettre de mieux évaluer l'impact réel de certains choix liés à la conception ou à la mise en œuvre et de déterminer les points d'attention susceptibles d'améliorer les performances thermiques réelles des bâtiments. Vu l'ampleur des applications envisageables, des recherches sont actuellement menées pour développer une méthode de mesure fiable et applicable à grande échelle.

J. Deltour, ir., chef de projet, laboratoire 'Caractéristiques énergétiques', CSTC

Pourquoi cette mesure ?

Sur la base de la performance énergétique évaluée durant la conception, il est possible de calculer une consommation dite théorique. Une fois le bâtiment achevé et occupé, cette **consommation théorique** est souvent comparée à la **consommation mesurée**. Cette comparaison peut toutefois être faussée par divers facteurs, à savoir :

- l'utilisation effective du bâtiment et le climat (lorsqu'ils s'écartent des hypothèses adoptées pour le calcul)
- la qualité de la mise en œuvre
- le réglage et l'entretien des systèmes.

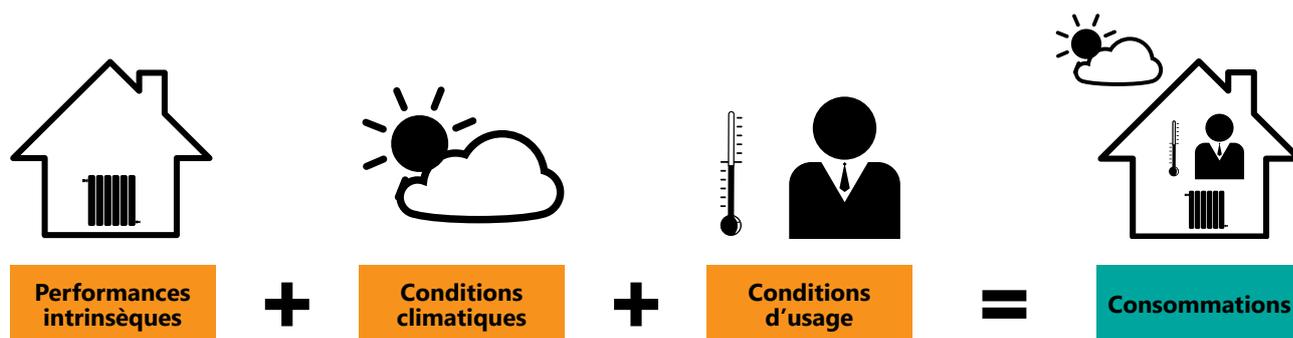
L'objectif étant de réduire les consommations énergétiques effectives, et non uniquement théoriques, il peut s'avérer utile de mesurer les performances intrinsèques d'un bâtiment (enveloppe ou enveloppe et systèmes), c'est-à-dire

de mesurer ses performances indépendamment du climat et de son occupation.

Le **coefficient de perte de chaleur** est l'indicateur qui résulte de la mesure de la performance thermique de l'enveloppe. Ce coefficient tient compte des pertes thermiques par transmission (par les parois) et par infiltration (par les fuites d'air).

Les avantages liés à la réalisation de cette mesure sont nombreux, puisqu'elle pourrait :

- aider les professionnels à mieux évaluer l'impact de certains choix (conception et mise en œuvre)
- fournir un indicateur de qualité du travail réalisé, ce qui pourrait accroître la confiance entre les maîtres d'ouvrage et les entreprises
- à plus long terme, garantir la performance, indépendamment du comportement des occupants.





En images



En scannant ce code QR à l'aide de l'appareil photo de votre smartphone ou d'une application dédiée, vous découvrirez une courte vidéo de présentation du test de *co-heating*. Cette vidéo a été réalisée dans le cadre du projet CoDyNi subsidié par le SPF Economie et le NBN.

Quel protocole de test faut-il respecter ?

Un protocole de test intitulé **co-heating classique** permet aujourd'hui d'obtenir le coefficient de perte de chaleur. Ce test consiste à maintenir le bâtiment à une température intérieure d'environ 25 °C à l'aide d'un système de chauffage électrique propre au test et d'assurer une différence d'au moins 10 °C par rapport à la température extérieure.

Pour garantir un résultat fiable et reproductible, le test doit être effectué dans un bâtiment inoccupé, durant une quinzaine de jours pendant la saison de chauffe, autrement dit lorsqu'il y a peu de rayonnement solaire. Les principes de base du test sont expliqués dans une courte vidéo que vous pouvez découvrir en scannant le code QR dans l'encadré ci-dessus.

Un projet de norme est en cours d'élaboration en vue de normaliser cette méthode de mesure à terme. Si l'ensemble du protocole est respecté, une première étude révèle que l'incertitude liée au résultat est d'environ 15 %.

Quelles améliorations peut-on y apporter ?

Afin d'étendre le plus possible l'application de cette mesure, différentes améliorations sont étudiées :

- la réduction de la durée du test (*co-heating* dynamique)
- l'utilisation du système de chauffage propre au bâtiment (*co-heating* intégré; voir la vidéo susmentionnée)
- l'utilisation d'appareils de mesure connectés et sans fil
- la réalisation des mesures quelle que soit la saison.

Quelles recherches sont actuellement menées ?

Le travail de recherche permettant de répondre à ces enjeux est conséquent. Ainsi, dans le cadre du projet CoDyNi, le CSTC et la KU Leuven étudient les possibilités de réduire la durée du test (*co-heating* dynamique). Deux pistes sont actuellement envisagées :

- faire varier les conditions de mesure grâce à des cycles d'allumage et d'extinction du système de chauffage (plutôt que de fixer une température intérieure à 25 °C)
- recourir à des méthodes d'analyse de données avancées.

La combinaison de ces deux pistes se révèle particulièrement intéressante, puisqu'elle pourrait **réduire la durée du test à 4 jours** (contre 15 pour un *co-heating* classique).

Bien que les premiers résultats s'avèrent prometteurs, les tests de *co-heating* dynamique ne sont pas encore normalisés. De plus, la reproductibilité des résultats dépend encore fortement de l'analyse des données. Or, celle-ci demande un niveau d'expertise élevé de la part des 'opérateurs'.

Quelles que soient les améliorations étudiées, nos travaux de recherche ont pour objectif :

- d'une part, de fixer les différents protocoles de mesure pour tous les types de *co-heating* (classique, dynamique, intégré, ...)
- d'autre part, d'alléger au maximum l'expertise requise des futurs opérateurs, tout en assurant un résultat fiable.

Conclusion

Pour rendre les tests de *co-heating* applicables à grande échelle, il convient de trouver le **juste équilibre entre le coût du test, sa durée et la fiabilité du résultat**.

A ce stade, ce type de mesure n'est pas encore mature et il n'est pas souhaitable qu'il soit généralisé en l'état. En revanche, la réalisation de mesures sur un grand nombre de bâtiments permettra de bénéficier d'un retour d'expérience.

Il sera certainement possible d'en tirer des enseignements quant à l'applicabilité de la mesure, mais surtout quant à l'utilisation des résultats en vue d'améliorer les méthodes de calcul ou d'identifier les points d'attention essentiels lors de la mise en œuvre.

Une telle mesure vous intéresse et vous souhaitez contribuer à faire avancer la recherche sur le sujet ? N'hésitez pas à nous contacter pour éventuellement tester l'une de ces méthodes. 

Cet article a été rédigé dans le cadre du projet CoDyNi subsidié par le SPF Economie et le NBN.



Systemes d'isolation capillaires actifs : une solution innovante pour isoler par l'intérieur ?

Ces derniers temps, on recourt de plus en plus souvent aux systèmes d'isolation capillaires actifs pour isoler les murs du côté intérieur. Mais quel en est exactement le principe de fonctionnement ? Et quels en sont les avantages par rapport aux systèmes d'isolation intérieure traditionnels ?

*T. De Mets, ir., chef de projet, laboratoire 'Hygrothermie', CSTC
A. Tilmans, ir., chef du laboratoire 'Hygrothermie', CSTC
E. Vereecken, division 'Physique du bâtiment', KU Leuven
S. Roels, division 'Physique du bâtiment', KU Leuven*

Avant d'isoler un mur existant par l'intérieur, il convient d'effectuer un diagnostic approfondi (voir [Les Dossiers du CSTC 2012/4.16](#)) et de sélectionner et dimensionner un système d'isolation approprié (voir [Les Dossiers du CSTC 2013/2.4](#)). A cet égard, une attention particulière devrait être accordée à la mise en œuvre et, plus particulièrement, aux détails, afin d'éviter ou de limiter les ponts thermiques (voir [Les Dossiers du CSTC 2017/3.12](#)). Alors que les articles précités traitaient exclusivement des systèmes d'isolation traditionnels étanches à la vapeur, les pages qui suivent abordent les systèmes d'isolation dits capillaires actifs.

Qu'est-ce qu'un système d'isolation capillaire actif ?

Pour éviter la condensation interne, les systèmes d'isolation intérieure traditionnels sont rendus **étanches à la vapeur** (voir figure 1 à la page suivante). Cette fonction est assurée

soit par l'isolant lui-même, soit par un pare-vapeur placé du côté chaud de l'isolant. Bien que l'étanchéité à la vapeur soit ainsi assurée, cela ralentit le séchage des murs humidifiés par les pluies, par exemple.

Les systèmes d'isolation capillaires actifs sont, quant à eux, **perméables à la vapeur** et n'empêchent pas la condensation : ils stockent temporairement l'humidité et la redistribuent du côté chaud de l'isolant grâce à l'activité capillaire du matériau (voir figure 1 à la page suivante). La pose d'un pare-vapeur continu n'est donc pas nécessaire (bien qu'il faille toujours assurer l'étanchéité à l'air). Ces systèmes ont pour avantage de faciliter le séchage des parois humides en laissant migrer la vapeur vers l'intérieur des locaux. En revanche, leur valeur d'isolation est généralement moins favorable (coefficient de conductivité thermique λ entre 0,043 et 0,065 W/mK) que celle des systèmes traditionnels (coefficient λ habituellement inférieur à 0,04 W/mK). Par conséquent, un isolant plus épais doit être mis en œuvre pour obtenir une même résistance thermique.

Les systèmes d'isolation capillaires actifs stockent temporairement l'humidité et la redistribuent du côté chaud de l'isolant grâce au pouvoir capillaire du matériau.

Quels systèmes existe-t-il ?

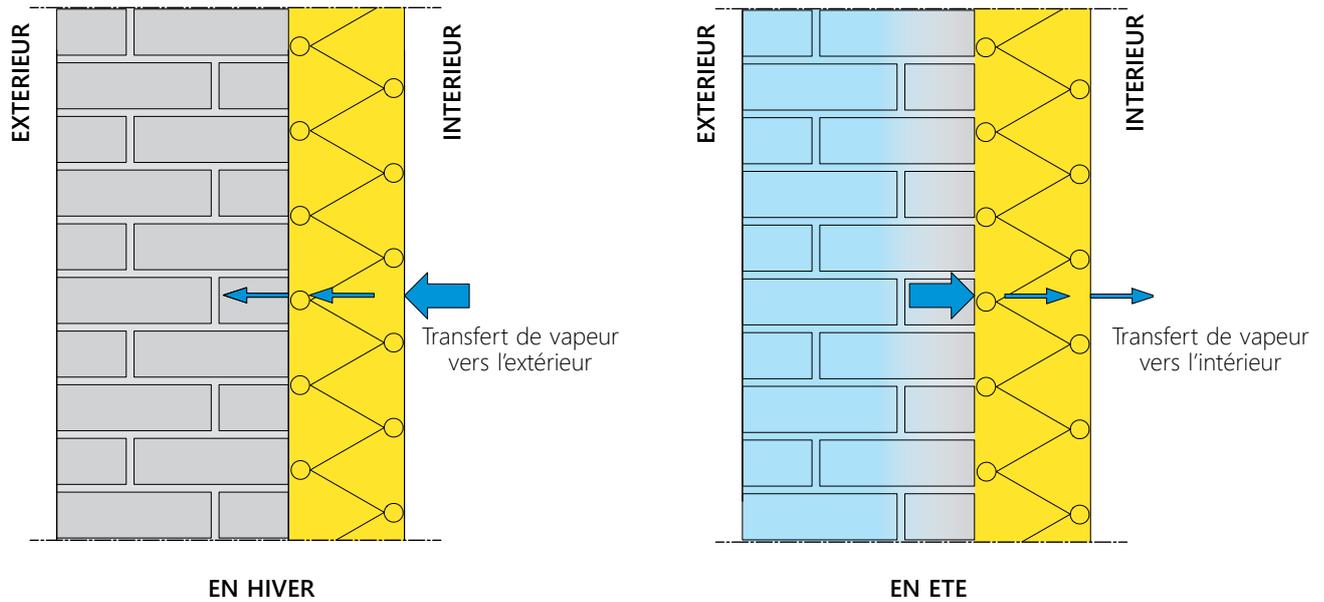
De nombreux types de matériaux capillaires actifs sont disponibles sur le marché, notamment :

- les panneaux minéraux à base de béton cellulaire (voir figure 2 à la page suivante) ou de perlite
- le silicate de calcium
- la fibre de bois.

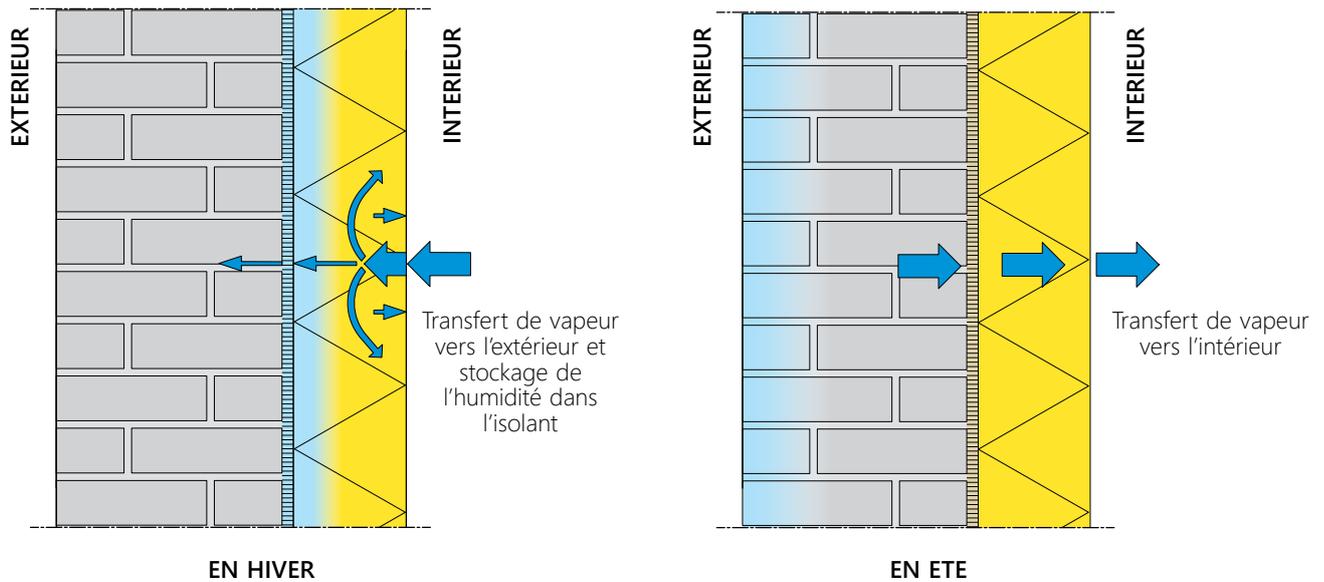
Il existe toutefois des matériaux présentés par le fabricant comme étant capillaires actifs, mais qui ne le sont pas. Ainsi, certains sont davantage étanches que perméables à la vapeur et d'autres ont une capillarité très limitée.

Il faut dès lors toujours vérifier, sur la fiche accompagnant le produit, si le matériau envisagé permet bel et bien le séchage et empêche l'accumulation d'humidité.

Système d'isolation intérieure traditionnel étanche à la vapeur



Système d'isolation intérieure capillaire actif



1 | Comparaison entre un système d'isolation intérieure traditionnel étanche à la vapeur et un système d'isolation capillaire actif (à gauche : situation hivernale, avec diffusion de vapeur de l'intérieur vers l'extérieur ; à droite : situation estivale, avec diffusion de la vapeur de l'extérieur vers l'intérieur).



La mise en œuvre est-elle soumise à des exigences particulières ?

Les systèmes d'isolation capillaires actifs doivent toujours être posés sur les murs à l'aide d'un mortier approprié (généralement disponible auprès du même fabricant), et ce sur toute leur surface. Ils ne peuvent donc être mis en œuvre que si le support présente une résistance mécanique suffisante et une surface suffisamment plane.

Etant donné qu'il s'agit de matériaux perméables à la vapeur, le nouveau revêtement intérieur doit l'être également (classe d'étanchéité à la vapeur maximale V1 pour les peintures). En effet, une finition étanche à la vapeur est susceptible

d'augmenter fortement le taux d'humidité dans la maçonnerie et dans l'isolation.

Comment se comporte un système d'isolation capillaire actif ?

Un mur isolé par l'intérieur renferme plus d'humidité qu'un mur non isolé. Cet effet est cependant plus limité dans le cas d'un système capillaire actif. Ainsi, en cas de parois fortement exposées aux pluies, un mur doté d'une isolation intérieure capillaire active contiendra en moyenne 18 % d'humidité en plus qu'un mur non isolé, contre 62 % pour un isolant traditionnel (voir figure 3). Il existe dès lors un risque de

2 | Système d'isolation capillaire actif à base de béton cellulaire.



Les systèmes d'isolation capillaires actifs ont pour avantage de permettre le séchage des murs humides vers l'intérieur.



dégradation par le gel et de détérioration des solives en bois encastrées dans les murs. Cependant, ces différences seront considérablement réduites si le mur absorbe moins d'eau de pluie.

Comme les systèmes d'isolation capillaires actifs stockent temporairement l'humidité, leurs performances thermiques sont réduites. On peut estimer, dans des conditions standard (50 % d'humidité relative), une diminution de l'ordre de 10 % de la valeur d'isolation thermique. Par contre, les performances thermiques des systèmes traditionnels ne sont (presque) pas impactées par la présence d'humidité.

En cas d'infiltration d'humidité à travers la paroi (eau de pluie, par exemple), il est généralement déconseillé de mettre en œuvre un isolant intérieur, au risque d'accroître encore le taux d'humidité du mur, voire, pour les systèmes d'isolation capillaires actifs, d'entraîner l'humidité vers l'intérieur.

Une bonne solution ?

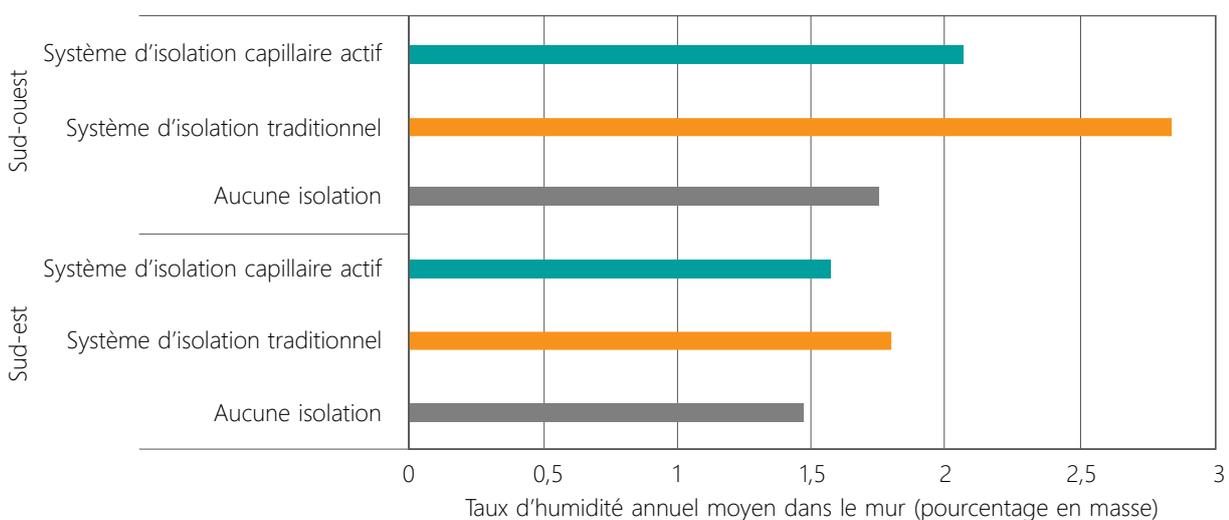
Les systèmes d'isolation capillaires actifs présentent l'avantage de pouvoir être installés sans pare-vapeur et de permettre le séchage des murs humides vers l'intérieur. En revanche, leurs performances thermiques sont légèrement inférieures à celles des systèmes traditionnels. De plus, il est déconseillé de les munir d'un revêtement intérieur résistant à la diffusion de vapeur et de les mettre en œuvre s'il existe un risque d'infiltration d'humidité. ◆

Cet article a été rédigé dans le cadre de C-Tech, subsidié par Innoviris, et du projet IN2EuroBuild, subsidié par le Service public de Wallonie.

Comparaison du taux d'humidité

Pour étudier le comportement hygrothermique des systèmes d'isolation, nous avons comparé le taux d'humidité de trois murs différents. Il s'agissait de trois murs maçonneries de 40 cm d'épaisseur dont le premier n'était pas isolé, le deuxième était isolé par l'intérieur à l'aide d'un système traditionnel en XPS et le troisième était isolé par l'intérieur au moyen d'un système capillaire actif en silicate de calcium. Les deux systèmes d'isolation affichaient une résistance thermique de 2 m²K/W.

L'influence de la pluie a également été étudiée en tenant compte de l'orientation du mur exposé (sud-est et sud-ouest). Comme le vent dans nos régions souffle principalement du sud-ouest, les murs présentant cette orientation sont davantage sollicités par la pluie. Un mur orienté au sud-est recueille environ deux fois moins de pluie.



3 | Comparaison du taux d'humidité de trois murs différents.



Connectivité sans fil dans et autour des bâtiments : pas que le wifi !

La connectivité sans fil des objets joue un rôle important dans la transformation numérique des bâtiments. Certaines applications sans fil peuvent ainsi s'avérer utiles non seulement durant la phase d'utilisation d'un ouvrage, mais également dès sa phase de construction. Cet article a pour objectif de faire connaître davantage le monde de la connectivité sans fil et tout ce qu'il peut apporter au bâtiment et à l'entrepreneur.

R. Delvaeye, ing., chef de projet, laboratoire 'Solutions durables et circulaires', CSTC

1 Le sans-fil : une solution intéressante ?

Bien que l'on observe encore souvent une certaine réticence concernant l'utilisation de technologies sans fil dans la construction, celles-ci offrent des avantages considérables par rapport aux systèmes filaires. Ainsi, les solutions sans fil sont **beaucoup plus mobiles** : l'objet connecté peut être aisément placé et déplacé (dans les limites de la portée du signal). En outre, un réseau sans fil est généralement **plus facile à étendre**. Pour ce faire, nul besoin de déplacer des câbles ou d'en tirer de nouveaux. Cela évite également de devoir réaliser des saignées. Bien qu'une certaine affinité avec les systèmes informatiques tels que les ordinateurs et les smartphones soit requise, une maîtrise limitée des principes de base s'avère souvent suffisante pour effectuer les adaptations nécessaires. Un autre avantage considérable des technologies sans fil est que l'utilisateur a la possibilité de **surveiller directement ses installations** et/ou de les gérer à l'aide d'un appareil mobile (smartphone, par exemple).

2 Diversité des protocoles de communication sans fil

Le **wifi** est un protocole de communication sans fil bien connu. Grâce à lui, les dispositifs utilisés quotidiennement dans un bâtiment (smartphones, ordinateurs portables, imprimantes, ...) sont connectés les uns aux autres au sein d'un réseau local sans fil (WLAN pour *Wireless Local Area Network*). Quelques applications domestiques intelligentes

connues, telles que les sonnettes connectées munies d'une caméra et les caméras de surveillance, fonctionnent, elles aussi, bien souvent grâce au wifi.

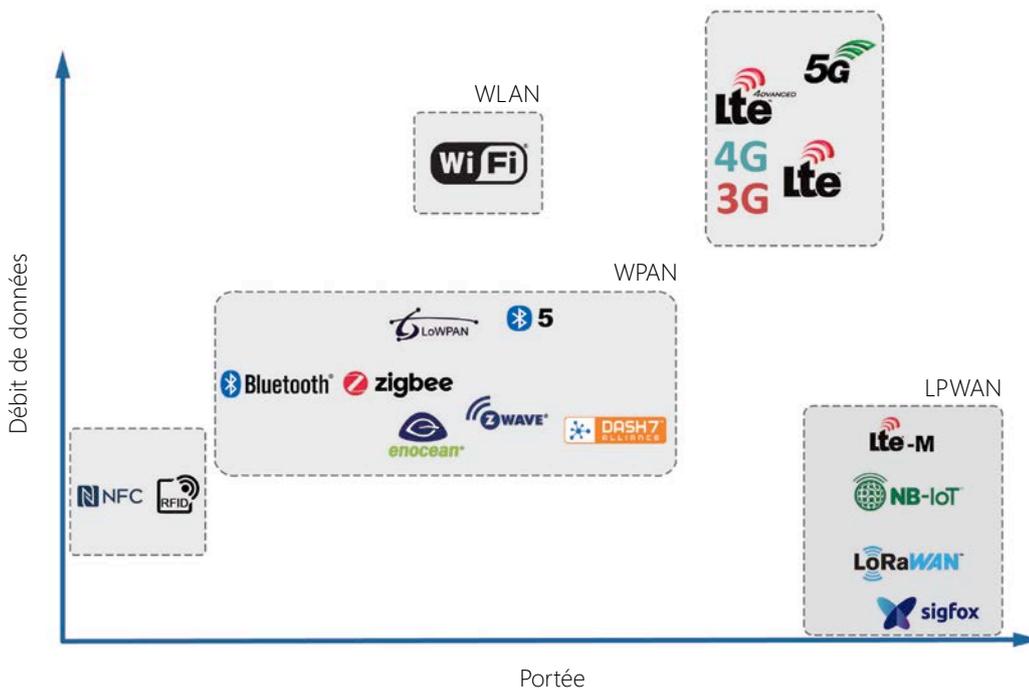
Parallèlement au wifi, il existe des dizaines, voire des centaines d'autres protocoles de communication sans fil, dont le **Bluetooth, LoRaWAN, Zigbee, Sigfox, EnOcean** et la **4G**.

La multitude de protocoles de communication sans fil peut s'expliquer par le fait que chacun dispose de ses propres caractéristiques et des avantages et inconvénients associés. Néanmoins, ils peuvent être répartis en plusieurs catégories. Le graphique de la figure 1 à la page suivante regroupe les protocoles similaires existants et les positionne les uns par rapport aux autres en fonction de leur portée (axe horizontal) et du débit de données (axe vertical). Toutefois, la position des différents protocoles dans ce graphique n'est qu'approximative. Ainsi, certains protocoles d'un même groupe peuvent se superposer et les différents groupes peuvent s'écarter les uns des autres.

3 Choix du protocole de communication approprié

3.1 Volumes de données importants

La transmission sans fil d'une quantité importante de données peut se faire via le réseau wifi local d'un bâtiment (portée limitée) ou via les réseaux mobiles payants des



1 | Représentation de la façon dont les différents protocoles de communication sans fil sont positionnés les uns par rapport aux autres en termes de débit de transfert des données et de portée.

opérateurs, qui fonctionnent sur de plus longues distances (plusieurs kilomètres), tels que les réseaux **3G** et **4G**. Ce type de transmission peut s'avérer nécessaire, par exemple, pour diffuser les images captées par une caméra, regarder des vidéos en ligne ou utiliser des applications Internet.

Le déploiement d'un réseau mobile de 5^e génération, à savoir la **5G**, est tout proche. Bien que les applications faisant appel à ce protocole ne soient pas encore très répandues à l'heure actuelle en Belgique, la 5G permettra de connecter un plus grand nombre d'appareils sans fil capables d'échanger instantanément d'importantes quantités de données.

3.2 Faibles volumes de données pour les smart buildings

Toutefois, dans les bâtiments, de nombreuses applications sans fil ne nécessitent pas d'importants flux de données, si bien qu'il est possible de consommer beaucoup moins d'énergie. Les protocoles de communication utilisés pour la transmission de grandes quantités de données, tels que le wifi et la 4G, sont très énergivores, ce qui est surtout problématique pour les systèmes alimentés par batterie. A titre d'exemple, les smartphones, qui utilisent ces protocoles, doivent être rechargés tous les jours.

On observe également une certaine réticence à connecter toutes les applications de *smart homes* et de *smart buildings* au réseau Internet existant. Ceci est particulièrement vrai

pour l'administrateur informatique (par exemple, à quel point le thermostat connecté est-il sécurisé ? En tant que gestionnaire de l'infrastructure réseau, suis-je responsable du fait que la lumière reste allumée lorsque le réseau informatique doit être entretenu et mis à jour ?).

De plus, de nombreuses applications intelligentes ne doivent être disponibles qu'au sein d'un réseau établi localement.

Pour toutes ces raisons, l'intégration des **technologies dites WPAN** (*Wireless Personal Area Network*) se révèle intéressante pour les applications intelligentes dans les bâtiments. De plus, bon nombre d'entre elles (Bluetooth 5 et Zigbee, par exemple) permettent de travailler dans un réseau maillé (également appelé topologie *mesh*) (voir figure 2 à la page suivante). Chaque point de ce réseau, dénommé 'nœud', fait office d'intermédiaire indépendant entre deux autres nœuds. Bien que la portée d'un nœud ne soit que d'une dizaine de mètres, la portée totale d'un réseau peut atteindre plus d'une centaine de mètres, car les nœuds qui le constituent sont interconnectés et peuvent communiquer entre eux. Un autre grand avantage du réseau maillé est qu'un nœud défaillant n'entraîne jamais la défaillance de l'ensemble du réseau, à l'inverse d'un réseau en étoile, pour lequel la défaillance du nœud central touche l'ensemble du réseau.

Il existe énormément d'applications dans le domaine de la construction qui font appel aux technologies WPAN. Pensons ainsi aux luminaires pouvant être commandés sans fil (via un interrupteur sans fil ou un smartphone, par exemple)



et pouvant également communiquer entre eux. Un autre exemple est celui des pompes utilisées dans les installations d'eau chaude et de chauffage, qu'une connexion sans fil permet de régler, de commander ou d'en relever les données. Il est également possible de connecter entre eux des capteurs (de température ou de CO₂, par exemple), afin de transmettre, sans fil, les données mesurées.

Les technologies WPAN sont aussi de plus en plus fréquentes dans les équipements de chantier. A titre d'exemple, un télémètre laser disposant de la technologie Bluetooth peut être connecté à un smartphone ou à une tablette pour intégrer directement des valeurs mesurées détaillées à des photos ou pour relier ces données à un plan sur l'appareil mobile.

3.3 Faibles volumes de données, très faible portée

La **RFID** (*Radio Frequency Identification* ou identification par radiofréquence) et le **NFC** (*Near Field Communication* ou communication en champ proche) sont des technologies sans fil permettant de transmettre des faibles volumes de données sur une très faible portée. Le NFC peut être utilisé, par exemple, pour le contrôle d'accès des bâtiments, pour l'activation et la désactivation des alarmes et pour l'octroi d'un accès au réseau wifi local aux personnes externes.

3.4 Très faibles volumes de données, longue portée

Enfin, il existe diverses technologies conçues pour transférer de très faibles volumes de données quelques fois par jour seulement (afin de réduire la consommation d'énergie) et qui ont une portée de plusieurs kilomètres (LoRaWAN et Sigfox, par exemple). Ces technologies sont appelées **LPWAN** (*Low Power Wide Area Network*).

Du fait de leur longue portée, ces solutions sont très mobiles et peuvent continuer à établir une connexion aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du bâtiment. Tout comme pour les réseaux mobiles 3G ou 4G, il est donc utile de déterminer, au moyen d'une carte du réseau, dans quelle mesure elles

sont disponibles ou non dans une zone donnée. Par ailleurs, la consommation d'énergie particulièrement faible de ces protocoles octroie à la batterie intégrée plusieurs années de durée de vie.

4 Voir au-delà des données et de la portée

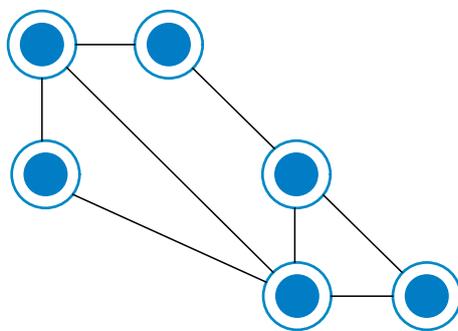
Outre le débit des données, la portée et la consommation énergétique, plusieurs autres paramètres influent sur le choix d'un protocole pour une application déterminée. Ainsi, il est crucial pour certaines applications de maintenir le **temps de latence** (c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre une action et la réaction qui s'ensuit) très court (lors de la lecture d'un badge pour un contrôle d'accès, par exemple). Un autre paramètre à prendre absolument en compte est le **risque d'interférences** avec d'autres réseaux sans fil à proximité. Le choix de certains protocoles est aussi déterminé par le fait que l'on décide de rendre le système totalement **indépendant du réseau électrique** ou non (pour des raisons de sécurité en service ou de mobilité, par exemple).

Pour choisir la solution la plus appropriée, il est préférable de partir de l'application concernée. En effet, il n'y a pas un seul et unique protocole approprié. C'est en comparant les avantages et les inconvénients des divers protocoles que l'on peut effectuer le meilleur choix. En outre, si l'on souhaite combiner plusieurs applications (utilisant ou non le même protocole), il faut tout particulièrement veiller à l'interopérabilité.

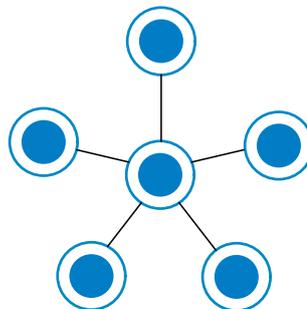
5 Le jeu en vaut la chandelle

Se familiariser avec le monde de la connectivité sans fil demande évidemment un certain effort, mais se lancer en vaut quand même la peine. De nombreuses applications sans fil peuvent en effet apporter une valeur ajoutée au projet tant pendant la phase de construction que pendant la phase d'utilisation d'un bâtiment. ◆

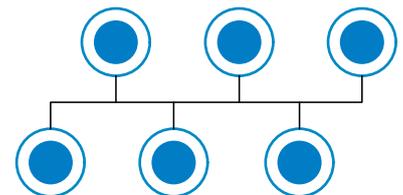
Cet article a été rédigé en collaboration avec le groupe de recherche DraMCo de la KU Leuven.



Réseau maillé (*mesh*)



Réseau en étoile



Réseau en bus

2 | Exemples de topologies de réseaux.

Tableau récapitulatif des caractéristiques de certains protocoles de communication sans fil. Les cellules grisées indiquent que le paramètre n'est pas un facteur déterminant dans le choix du protocole (ou que son influence est marginale).

| Protocole | Fréquence (Belgique) | Volume de données et fréquence du transfert | Débit de données | Portée caractéristique | Consommation énergétique | Exemples d'applications en construction |
|-------------------------------|--|--|---|---|--------------------------|--|
| Wifi | 2,4 GHz / 5 GHz (le plus courant) | Volume quasi illimité (faible volume de données jusqu'au multimédia) et débit continu | En général de plusieurs Mb/s jusqu'à plus de 1 Gb/s | 15 à 30 m, mais très variable (extensible avec répéteurs wifi) | Plutôt élevée | <ul style="list-style-type: none"> • Connexion sans fil d'ordinateurs sur un réseau • Sonnettes avec caméra et caméras de surveillance connectées • Contrôle d'applications intelligentes via un smartphone |
| 3G | 900 MHz / 2.100 MHz | Volume quasi illimité (faible volume de données jusqu'au multimédia) et débit continu | En général 5 à 10 Mb/s | Plusieurs kilomètres | Plutôt élevée | Connexion Internet sur chantier pour les ordinateurs portables, les smartphones, la vidéosurveillance, ... |
| 4G | 800 MHz / 1800 MHz / 2600 MHz (/ 2100 MHz) | | En général 30 Mb/s et plus | | Elevée | |
| NFC | 13,56 MHz | Très faible à faible volume de données (code d'accès, p. ex.) | 106 kb/s – 424 kb/s | Moins de 10 cm | Faible | <ul style="list-style-type: none"> • Contrôle d'accès dans les bâtiments • Octroi d'un accès au réseau wifi local |
| Blue-tooth 5 | 2,4 GHz | Faible volume de données (commandes pour les appareils et communication entre les appareils, p. ex.) jusqu'au multimédia limité (transmission du son). | En général 1 à 2 Mb/s | 20 à 40 m de nœud à nœud, extensible à plus de 100 m via un réseau maillé | Faible | Très large éventail d'applications sans fil pour les <i>smart homes</i> et les <i>smart buildings</i> , comme l'éclairage, la climatisation et les haut-parleurs intelligents. |
| IEEE 802.15.4 - Zigbee | 2,4 GHz (/ 868 MHz) | Faible volume de données (commandes pour les appareils et communication entre les appareils, p. ex.) | <ul style="list-style-type: none"> • 250 kb/s pour 2,4 GHz • 20 kb/s pour 868 MHz | 15 à 25 m de nœud à nœud, extensible à plus de 100 m via un réseau maillé | Faible | |
| Z-Wave | 868,4 MHz | Faible volume de données (commandes pour les appareils et communication entre les appareils, p. ex.) | Jusqu'à 100 kb/s | 20 à 40 m de nœud à nœud, extensible à plus de 100 m via un réseau maillé | Faible | |
| Sigfox | 868 MHz | Très faible volume de données et nombre limité de messages par jour | 100 b/s – 600 b/s | Plusieurs kilomètres | Très faible | Transfert de données sans fil, p. ex. : <ul style="list-style-type: none"> • surveillance du processus de séchage du béton sur chantier • relevé des compteurs de gaz et d'eau • suivi à distance du matériel de chantier |
| LoRaWAN | 868 MHz | | 0,25 – 5,5 – 50 kb/s | | Très faible | |
| NB-IOT | 900 MHz | | 20 kb/s – 250 kb/s | | Faible à très faible | |

La réalité étendue dans le secteur de la construction : un autre regard sur les projets de construction

Le secteur de la construction connaît depuis quelques années une véritable révolution numérique. Les nombreuses applications qui voient le jour actuellement ouvrent un monde de possibilités aux professionnels de la construction. Il en va de même pour la réalité étendue...

*H. Leen, ing., conseiller principal, division 'Construction digitale', CSTC
F. Denis, ir.-arch., conseiller, division 'Construction digitale', CSTC*

Qu'est-ce que la réalité étendue ?

La **réalité étendue** désigne à la fois la réalité virtuelle, la réalité augmentée et la réalité mixte (voir figure 1).

Grâce à la **réalité virtuelle** et à un casque VR, l'utilisateur a la possibilité de visualiser la modélisation numérique 3D d'un bâtiment en grandeur réelle depuis toutes les directions possibles et de s'y déplacer librement. L'immersion est totale, puisque, muni de ce casque, l'utilisateur ne voit plus le monde physique qui l'entoure et qu'il est complètement immergé dans le modèle numérique. Les partenaires d'un projet bénéficient dès lors d'une meilleure vue d'ensemble du bâtiment et peuvent détecter d'éventuels problèmes avant même le début des travaux, ce qui représente évidemment un gain de temps considérable.

Contrairement à la réalité virtuelle, la **réalité augmentée** permet toujours de voir le monde réel, mais celui-ci comporte des informations supplémentaires visibles au travers d'un casque ou sur une tablette ou un smartphone. Ces informations peuvent être liées ou non aux endroits correspondants

dans le monde physique. Il s'agit généralement d'informations relativement simples telles que des chiffres, des textes, des symboles, des dessins 2D, des schémas ou des photos. En revanche, il n'y a pas d'interaction tridimensionnelle avec le monde physique. Les informations apparaissent comme si l'on avait appliqué une couche sur le monde réel.

Dans la **réalité mixte**, le monde physique est complété par des modèles 3D virtuels visibles à l'aide d'un casque ou d'un smartphone. Ces modèles occupent leur emplacement exact et à la bonne échelle, et ils interagissent avec le monde réel (il est possible de dissimuler des éléments du modèle virtuel derrière des objets physiques, par exemple).

Dans quels domaines pourrait-on recourir à la réalité étendue ?

La réalité virtuelle apporte une valeur ajoutée principalement lors de la **phase de conception**. Les décisions concernant la finition souhaitée peuvent être prises à un stade précoce et les éventuelles situations conflictuelles peuvent être résolues

1 | Comparaison entre réalité augmentée, réalité mixte et réalité virtuelle (du plus réel au plus virtuel).

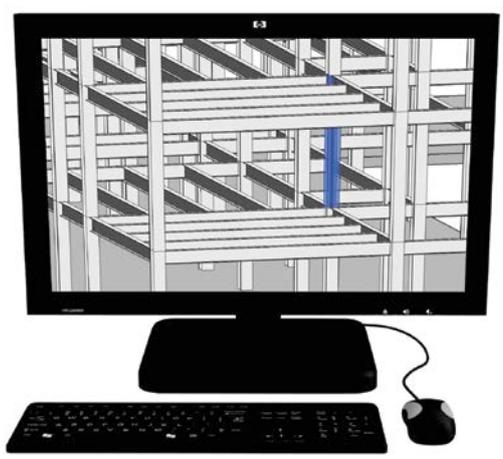
Réalité augmentée



Réalité mixte



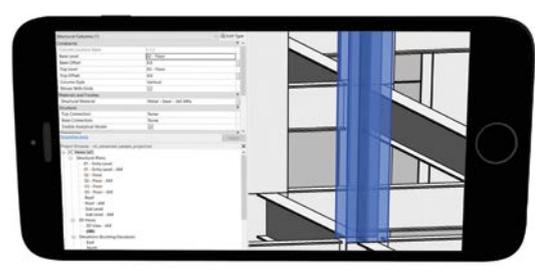
1 Créer un code QR



2 Placer ce code QR sur le chantier



3 Scanner le code QR



2 | Accès rapide aux modèles 3D sur le chantier via un code QR.

à l'avance. Les simulations en réalité virtuelle permettent, par exemple, de savoir en un rien de temps si le sens de rotation d'une porte doit être ajusté.

La réalité virtuelle peut également être utilisée pour **les formations et les entraînements** (procédures de sécurité et de montage, par exemple).

Sur le chantier même, la réalité mixte permet d'accéder rapidement aux modèles 3D du bâtiment en scannant, au moyen d'un smartphone ou d'un casque, un code QR présent sur la structure (voir figure 2). Les détails de construction délicats (connexion poutre-colonne, par exemple) peuvent ainsi être visualisés en grandeur réelle et en 3D.

Quels sont les matériels et les logiciels disponibles ?

La réalité augmentée et la réalité mixte peuvent être visualisées à l'aide de deux catégories de dispositifs :

- **les dispositifs see-through** (Hololens et Magic Leap

One, par exemple) : l'utilisateur voit le monde physique directement au travers d'écrans transparents

- **les dispositifs basés sur l'utilisation de la caméra** (d'une tablette ou d'un smartphone, par exemple) : l'utilisateur voit le monde physique indirectement via la caméra. Les informations supplémentaires se superposent alors aux images de la caméra.

Bien que les dispositifs *see-through* soient plus onéreux, ils offrent plus de possibilités, notamment celle de consulter des informations les mains libres.

Les logiciels de réalité étendue sont compatibles avec les outils informatiques utilisés dans le secteur de la construction et peuvent être intégrés assez facilement dans un processus BIM.

La réalité étendue n'est toutefois pas implémentée à grande échelle, car elle nécessite encore des améliorations techniques (coût, localisation précise, ...). Des développements sont en cours pour adapter ces technologies à leur utilisation sur chantier (5G, miniaturisation, ...). 

Réalité virtuelle



Shutterstock

Démonstrations

Dans le cadre du projet VLAIO ConstructionSiteVision, le CSTC, en collaboration avec Howest et Sirris, organisera début 2020 de nombreuses démonstrations et ateliers visant à illustrer les possibilités offertes par la réalité étendue dans le secteur du bâtiment.



Lean construction : de la valeur ajoutée pour le client, sans gaspillages

Dans un premier article, publié dans [CSTC-Contact 2019/3](#), nous vous présentions les principes du *lean* dans la construction. Ce deuxième article va plus loin en attirant l'attention sur l'aspect humain de cette philosophie de gestion et en approfondissant les deux premiers principes du *lean* : l'identification de la valeur ajoutée pour le client et l'élimination des gaspillages.

T. Vissers, ing., chef adjoint de la division 'Gestion et qualité', CSTC

1 Construire avec le *lean* en respectant l'aspect humain

Parce que la philosophie *lean* permet de construire plus rationnellement et souvent plus rapidement, un même travail peut être effectué avec moins de main-d'œuvre et/ou dans un laps de temps plus court. Moins de main-d'œuvre ne signifie évidemment pas qu'il soit nécessaire de se séparer de ses collaborateurs (voir figure 1). En effet, le temps libéré grâce au *lean* peut être mis à profit pour réaliser d'autres projets avec la même équipe, pour consacrer plus de temps à d'autres améliorations ou pour développer de nouvelles activités.

La philosophie *lean* ne peut toutefois être adoptée avec succès que si les talents de tous les collaborateurs sont pleinement exploités. Elle repose donc sur le principe selon lequel plus les collaborateurs sont heureux et passionnés, plus ils sont productifs.

1 | Adopter la philosophie *lean* avec succès ne passe jamais par le licenciement, mais bien par la mise à profit du temps gagné pour améliorer l'entreprise avec la même équipe.

2 Premier principe du *lean* : identifier la valeur ajoutée pour le client

Ce premier principe consiste à rechercher ce à quoi le client accorde de la valeur. Pour cela, il convient de se poser les questions suivantes :

- qu'est-ce qui est important pour le client ? En d'autres termes, quelles sont ses **attentes** ?
- dans quelle mesure répond-on à ses attentes ? Est-il **satisfait** ?

En comparant les services de son entreprise aux attentes et à la satisfaction du client, l'entrepreneur peut recueillir des informations précieuses. Trois types de critères sont à distinguer :

- les **critères de base**, que le client considère comme allant de soi : même s'ils sont parfaitement exécutés, il ne sera pas plus satisfait pour autant. Il trouve par exemple normal que son habitation soit réalisée sans problèmes d'humidité et que les portes ne frottent pas au sol
- les **critères 'wow'**, qui font toute la différence en matière de satisfaction du client. Ils correspondent aux services que l'on met à sa disposition, alors qu'il ne pensait peut-être même pas en avoir besoin (nettoyage des vitres par le fournisseur six mois après la pose, par exemple)
- les **critères de performance**, dont la qualité de réalisation détermine fortement la satisfaction du client : un livraison dans les temps, un budget respecté, un chantier propre, ...

Cependant, les services et les produits qui présentent aujourd'hui un potentiel 'wow' peuvent rapidement devenir demain des services ou des produits basiques. Ainsi, il y a quelques années, la disponibilité du wifi faisait encore partie des critères 'wow' (attentes faibles, satisfaction élevée), alors qu'aujourd'hui, on est déçu quand il n'y en a pas (attentes fortes, satisfaction faible).

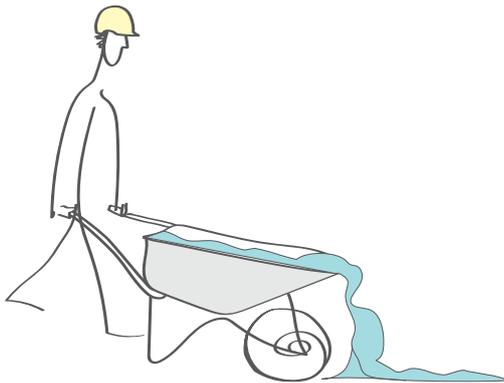


3 Deuxième principe *lean* : ne conserver que ce qui a de la valeur

Dans son **modèle 3M**, le constructeur automobile Toyota distingue trois facteurs responsables du dépassement des délais nécessaire pour réaliser un travail : le *muda*, le *mura* et le *muri*.

3.1 *Muda* : gaspillage

Le terme *muda* rassemble tous les types de gaspillages auxquels nos organisations sont confrontées (voir [Les Dossiers du CSTC 2019/3.7](#)). Les entreprises qui appliquent la philosophie *lean* forment leur personnel à les reconnaître et à en identifier les causes. Le personnel est à son tour autorisé à concevoir et à développer des solutions pour les éliminer. De cette façon, tout gaspillage représente une occasion de continuer à s'améliorer.



2 | *Muda* : gaspillages.

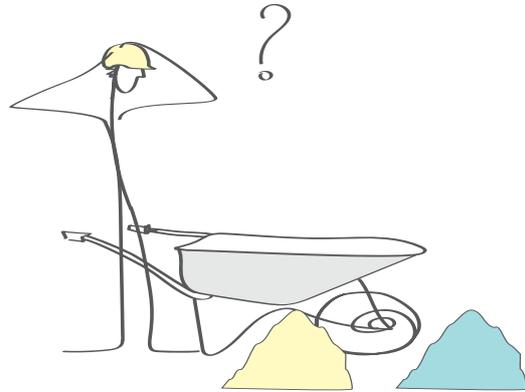
3.2 *Mura* : variation et déséquilibre

Le terme *mura* désigne la variation et le déséquilibre. Autrement dit, tout ce qui s'écarte du cours normal et prévisible des choses et qui, dès lors, interrompt le flux. Voici quelques exemples de dérèglements ou de variations :

- les changements de partenaires de construction (concepteurs, entrepreneurs, clients, ...)
- les variations dans les conditions (accessibilité du site, conditions météorologiques, ...)
- les variations dans les connaissances ou les compétences du personnel
- les variations dans la communication et la diffusion de l'information.

Pour éliminer ces irrégularités, il est nécessaire de rendre le cours quotidien des choses plus prévisibles en adoptant des processus stables et fiables. Pour ce faire, il faut se mettre d'accord sur la meilleure façon de travailler. Cette méthode de travail doit ensuite être appliquée par tout un

chacun. Elle peut néanmoins être remise en question dans le but d'une amélioration continue.



3 | *Mura* : variation et déséquilibre.

3.3 *Muri* : surcharge et complexité

Le terme *muri* désigne avant tout la surcharge des personnes et des machines. Les personnes surchargées de travail ressentent beaucoup de stress et éprouvent de plus en plus de difficulté à accomplir leurs tâches. Dans le pire des cas, cette surcharge peut entraîner un *burn-out* (ou une panne dans le cas d'une machine).

Muri est également synonyme de complexité, de tâche trop compliquée à réaliser. Les techniques *lean* ont pour objectif de rendre les méthodes de travail plus simples et transparentes. Grâce à la gestion visuelle, il est possible de montrer clairement à tout le monde, par des moyens visuels, quelle est la méthode de travail à suivre et quelles sont les attentes. ◆



4 | *Muri* : surcharge et complexité.

Vous souhaitez en savoir plus sur le lean appliqué à la construction ? La division 'Gestion et qualité' se fera un plaisir de répondre aux questions que vous adresserez à l'adresse suivante : gebe@bbri.be.

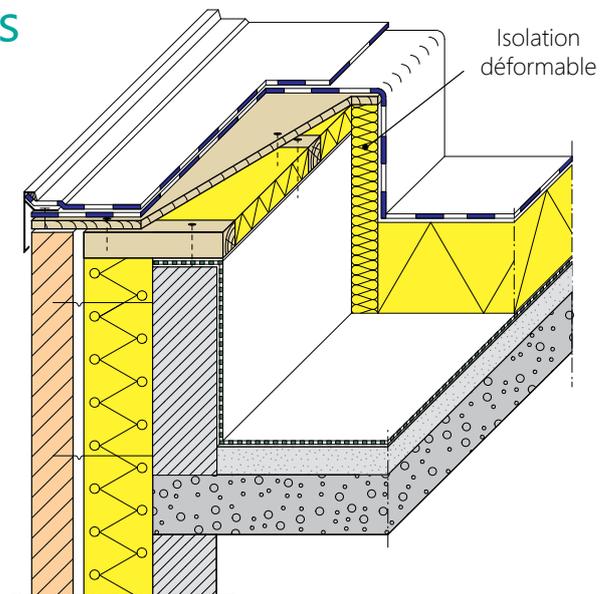
Pleins feux

Dégradations au droit des rives des toitures plates

Depuis quelque temps, certaines entreprises sont confrontées à des dégradations au voisinage des rives des toitures plates. L'examen de plusieurs cas nous a permis d'établir les constatations suivantes :

- les dégâts se manifestent par des déplacements de l'acrotère entraînant des fissurations de la maçonnerie de parement ou du système d'enduit sur isolant
- l'isolation thermique de la toiture plate est, dans tous les cas, constituée de panneaux en polyuréthane (PU)
- aucun espace n'est visible entre les panneaux en PU de la toiture et les maçonneries de l'acrotère qui se sont déplacées
- le phénomène n'est pas réservé à une marque ou à un type de panneaux en PU ni à une configuration de toiture.

Un projet de recherche a été initié, afin de connaître les causes exactes du phénomène. Dans l'attente des résultats, nous conseillons, en cas d'utilisation de panneaux en PU, de prévoir un détail tel que celui schématisé ci-contre. Une isolation déformable de quelques



centimètres d'épaisseur est alors insérée entre l'acrotère et les panneaux en PU. Une autre solution consiste à ancrer la maçonnerie du relevé dans la structure portante de la toiture.

Nouvelle norme pour le vitrage isolant



L'Antenne Normes 'Tolérances et aspect' a récemment publié une annonce relative à la nouvelle norme NBN EN 1279-1. Cette dernière permet d'évaluer la qualité visuelle d'un vitrage isolant. Elle indique clairement les conditions d'évaluation à appliquer :

- les vitrages doivent être examinés en transmission et non en réflexion
- les anomalies ne doivent pas être marquées (au moyen d'autocollants, par exemple) sur la vitre
- les vitrages doivent être observés à partir d'une distance de 3 m et sous un angle d'observation aussi perpendiculaire que possible
- la durée d'observation est de maximum 1 min/m²
- l'évaluation doit être effectuée dans des conditions de lumière diffuse du jour et sans la lumière directe du soleil ou un éclairage artificiel.

Pour plus de renseignements ou pour télécharger la norme, rendez-vous sur www.cstc.be.

Publications du CSTC



Les Dossiers du CSTC

2018/3.11 Conductivité thermique et marquage des isolants

2019/4.12 Exigences de sécurité incendie relatives aux conduits de fumée placés dans une gaine technique

Monographies

N° 32 Utilisation de granulats de béton recyclés dans le béton

N° 33 Les drones au service de la construction. Technologies, enjeux et perspectives

N° 34 Des façades-manteaux préfabriquées multifonctionnelles. Une technique innovante pour la rénovation

CSTC-Digest

N° 16 Comment évacuer les eaux usées ?

Notes d'information technique

NIT 270 Installations d'évacuation gravitaire des eaux pluviales des bâtiments. Conception et dimensionnement



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 T. Vangheel 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 : Olivier Vandooren, CSTC, rue du Lombard 42, B-1000 Bruxelles

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

La reproduction ou la traduction, même partielles, des textes et des illustrations de la présente revue n'est autorisée qu'avec le consentement écrit de l'éditeur responsable.

www.cstc.be



Recherche • Développe • Informe

Principalement financé par les redevances de quelque 95.000 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'europpéen (CEN) ou international (ISO), ainsi qu'à ceux d'instances telles que l'Union belge pour l'agrément technique dans la construction (UBAAtc), 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 750 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

Brussels Greenbizz

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