



**cstc.be**  
Recherche • Développe • Informe

# Contact

UNE ÉDITION DU CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION

2014/4



**Béton  
de fibres**  
p4



**Fenêtres  
de toiture**  
p10

**Pose de  
bardages**  
p12

**Cintrage  
des vitrages**  
p16



# Sommaire 2014/4

	Le CSTC et vous au cinéma.....	3
	Béton de fibres : la maturité à 50 ans ? .....	4
	Rempiètement ou reprise en sous-œuvre des fondations existantes.....	5
	Prescriptions des éléments de maçonnerie .....	6
	ETICS sur ossature en bois.....	8
	Comportement au feu des toitures plates.....	9
	Fenêtres de toiture ? Pas sans pourtour isolant !.....	10
	Pose de bardages réalisés dans des matériaux autres que le bois .....	12
	Les laitons mis en cause dans la corrosion des conduites en acier galvanisé .....	14
	Mesures de couleur sur matériaux de parachèvement .....	15
	Cintrage des vitrages isolants .....	16
	Facteurs visibles et non visibles influençant la qualité d'un carrelage.....	17
	Pose des revêtements de sol textiles par collage .....	18
	Chauffage central à eau chaude : évolution de la normalisation .....	19
	Mesurer la valeur U <i>in situ</i> : est-ce fiable ?.....	20
	Récupérer les frais généraux.....	21
	Classification Y pour les nouvelles technologiques durables.....	22

# Le **CSTC** et vous au **cinéma...**

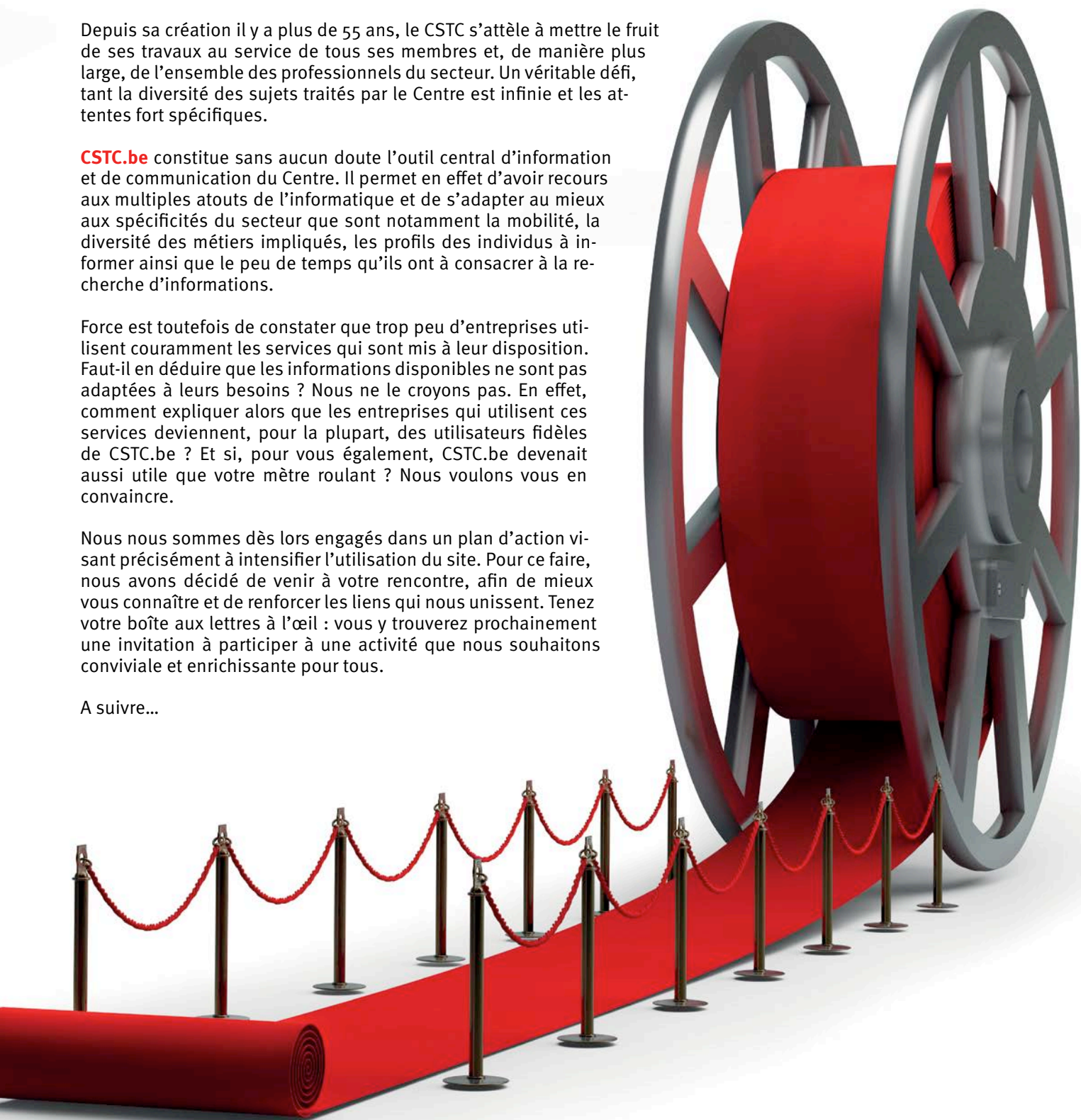
Depuis sa création il y a plus de 55 ans, le CSTC s'attèle à mettre le fruit de ses travaux au service de tous ses membres et, de manière plus large, de l'ensemble des professionnels du secteur. Un véritable défi, tant la diversité des sujets traités par le Centre est infinie et les attentes fort spécifiques.

**CSTC.be** constitue sans aucun doute l'outil central d'information et de communication du Centre. Il permet en effet d'avoir recours aux multiples atouts de l'informatique et de s'adapter au mieux aux spécificités du secteur que sont notamment la mobilité, la diversité des métiers impliqués, les profils des individus à informer ainsi que le peu de temps qu'ils ont à consacrer à la recherche d'informations.

Force est toutefois de constater que trop peu d'entreprises utilisent couramment les services qui sont mis à leur disposition. Faut-il en déduire que les informations disponibles ne sont pas adaptées à leurs besoins ? Nous ne le croyons pas. En effet, comment expliquer alors que les entreprises qui utilisent ces services deviennent, pour la plupart, des utilisateurs fidèles de CSTC.be ? Et si, pour vous également, CSTC.be devenait aussi utile que votre mètre roulant ? Nous voulons vous en convaincre.

Nous nous sommes dès lors engagés dans un plan d'action visant précisément à intensifier l'utilisation du site. Pour ce faire, nous avons décidé de venir à votre rencontre, afin de mieux vous connaître et de renforcer les liens qui nous unissent. Tenez votre boîte aux lettres à l'œil : vous y trouverez prochainement une invitation à participer à une activité que nous souhaitons conviviale et enrichissante pour tous.

A suivre...





Le béton armé traditionnel (BA) reste un matériau de référence pour bon nombre d'applications en construction. Son rapport qualité-prix et ses propriétés intrinsèques (résistance, durabilité, ...) sont indéniablement un avantage. Néanmoins, les armatures en acier utilisées pour pallier son manque de résistance en traction génèrent depuis longtemps une quantité de travail importante : plans de ferrailage complexes à produire, manutention/stockage sur chantier, temps de mise en place, ...

Nul ne conteste donc l'intérêt pratique des fibres métalliques pour remplacer les armatures traditionnelles dans certaines applications puisqu'il 'suffit' de les ajouter dans le camion-malaxeur. Cinquante ans après son application industrielle, force est de constater que le succès du béton renforcé de fibres métalliques (BRFM) est à nuancer. Avec une part de marché global actuelle d'environ 3 % en Belgique, on ne peut pas dire que le matériau s'est imposé comme un matériau de référence. On sait néanmoins depuis longtemps que, vu l'orientation aléatoire des fibres et leur dispersion dans le volume de béton, ce type de renforcement n'est pas toujours économique par rapport à des armatures traditionnelles positionnées judicieusement.

Ces dernières années, un second souffle semble cependant animer les producteurs et les chercheurs. Ceux-ci travaillent sur différents aspects, à savoir :

- l'augmentation de la limite supérieure du dosage de (longues) fibres dans la matrice cimentaire
- la définition de méthodes d'essai permettant de caractériser au mieux le matériau
- l'élaboration de méthodes de calcul apportant une fiabilité équivalant au BA
- le développement de nouveaux types de fibres.

Fibres intégrées dans la toupie du béton via une bande transporteuse



# Béton de fibres : la maturité à 50 ans ?

## Les avancées récentes

En accroissant la quantité maximale de fibres pouvant être intégrées dans le béton sans réduire son ouvrabilité, on augmente la gamme d'utilisations potentielles du matériau dans les applications structurales. Sans que cela fût directement développé dans ce but explicite, le développement des bétons à caractère autoplaçant (c'est-à-dire sans vibration du béton) a permis, depuis la fin des années 1990, d'augmenter les dosages 'praticables' pour les applications structurales et de générer un matériau dont le comportement mécanique se rapproche dès lors fortement d'un BA. Une quantité importante de fines ( $> 450 \text{ kg/m}^3$  pour un  $D_{\text{max}}$  de 16 mm, par exemple) conjuguée à l'utilisation de superplastifiants permet d'intégrer et de pomper désormais des bétons incorporant des dosages en (longues) fibres jusqu'à  $100 \text{ kg/m}^3$  sans aucun problème pour les centrales à béton.

Ensuite, plusieurs recherches internationales et nationales, dans lesquelles le CSTC fut fortement impliqué, ont également mis en évidence l'intérêt de certaines méthodes d'essai pour caractériser le béton de fibres, quel que soit le type de fibres utilisé. En flexion, la norme de référence est actuellement basée sur un essai de flexion trois points sur prismes entaillés (NBN EN 14651). Nos recherches ont cependant démontré l'intérêt d'effectuer d'autres essais sur dalles rondes, plus grandes. Ces essais sont caractérisés par une variation plus faible des résultats de l'ordre de 10 % au lieu d'environ 25 % pour les essais sur prismes. Ceux-ci devraient permettre de définir des valeurs de résistance plus réalistes (d'un point de vue statistique et économique) du matériau.

Parallèlement, du point de vue du calcul du BRFM, la publication récente du Model Code 2010 (MC'10) marque une étape majeure pour les bureaux d'étude. Alors que l'expertise du calcul réside encore bien souvent chez les producteurs et les chercheurs, un consensus sur l'approche théorique du calcul structural

s'est matérialisé à travers la publication de règles de calcul dédiées tant aux états limites ultimes qu'aux états limites de service. Même si la plupart des développements théoriques présentés sont basés sur une combinaison entre armatures traditionnelles et fibres, il est désormais possible de calculer la résistance d'un élément renforcé uniquement à l'aide de fibres. L'approche est tout à fait similaire aux concepts de l'Eurocode 2, la norme dédiée au calcul du BA. Les nouveautés apportées par le MC'10 concernent l'introduction de classes de BRFM (telles que les classes de résistance en compression), l'application de facteurs de sécurité, l'effet d'orientation préférentielle des fibres dans les structures minces, la prise en compte de l'hyperstaticité de la structure, sans oublier la robustesse.

Enfin, alors que certains producteurs de fibres métalliques proposent désormais de nouvelles fibres plus performantes grâce au développement conjoint d'un nouveau système d'ancrage dans la matrice, d'une meilleure résistance de fil et d'un acier présentant une ductilité améliorée, d'autres fabricants investissent dans le développement d'autres types de fibres, à base de verre ou en matière synthétique, par exemple.

## Conclusion

On dispose désormais d'un certain nombre d'outils permettant de concevoir des éléments préfabriqués ou coulés *in situ* au moyen du BRFM principalement en combinaison avec des armatures traditionnelles ou avec des fibres uniquement. Qu'il s'agisse de remplacer une quantité d'armatures secondaires ou de remplacer totalement ou partiellement les armatures principales dans des voiles, semelles, radiers, etc., l'utilisation du BRFM est certainement mature (et judicieuse) pour un certain nombre d'applications. |

B. Parmentier, ir., chef de la division Structures, CSTC





Le groupe de travail Soutènements du CSTC a récemment terminé la rédaction de deux nouvelles fiches d'exécution consacrées aux maçonneries et aux reprises en sous-œuvre des fondations existantes. Ce groupe de travail coordonne également un projet de recherche prénormatif, subsidié par le NBN et le SPF Economie, sur les techniques de soutènement et de reprise en sous-œuvre. Ces deux nouvelles fiches s'inscrivent dans la série de fiches d'exécution relatives aux fondations que le CSTC a réalisée en collaboration avec le secteur.

# Rempiètement ou reprise en sous-œuvre des fondations existantes

## Domaine d'application et exécution

Les deux techniques envisageables pour l'approfondissement des semelles continues ou des radiers de fondations consistent à rempiéter ou à reprendre en sous-œuvre ceux-ci à l'aide de fouilles blindées.

L'approfondissement des fondations existantes peut s'avérer nécessaire, par exemple, dans les situations suivantes :

- si le bâtiment existant est agrandi et la capacité portante ou la profondeur des fondations existantes doit être augmentée
- si une construction enterrée est réalisée à côté des fondations existantes. L'approfondissement des fondations doit pouvoir garantir de manière temporaire et/ou permanente la stabilité des fondations existantes. Les fondations ainsi approfondies font par ailleurs office de soutènement temporaire durant la réalisation des constructions souterraines avoisinantes.
- si la capacité portante des fondations existantes n'est pas garantie selon la marge de sécurité exigée normalement (dans le cas de bâtiments historiques, par exemple). Pour ce type de travaux, il convient de veiller particulièrement à la stabilité du bâtiment existant durant toute la durée des travaux.

Dans les deux techniques, la terre est extraite par bandes relativement étroites (de 1 m de largeur en général, mais parfois jusqu'à 1,5 m) en dessous des fondations existantes. Etant donné que la charge qui se trouve au-dessus d'une zone excavée doit être transmise aux zones adjacentes par effet de voûte, l'approfondissement des fondations doit être réalisé en différentes phases.

Puisque, pour les deux techniques, des interventions manuelles doivent être effectuées dans les excavations, la technique n'est praticable que si le niveau de la nappe phréatique se trouve à au moins 0,5 m en dessous du niveau d'excavation maximal – éventuellement après rabattement de la nappe – et si le sol présente une cohésion temporaire minimale.

Dans le cas d'un rempiètement, la profondeur d'excavation, et donc des fondations, est limitée à 1,20 m sous le niveau des fondations existantes. Une fois la zone suffisamment excavée, un nouvel élément de fondation en maçonnerie est réalisé contre les fondations existantes.

Dans le cas d'une reprise en sous-œuvre, l'excavation est effectuée couche par couche (de 40 cm) et un soutènement et un étaie-

ment sont systématiquement prévus sur tout le pourtour de la fouille blindée (voir figure). Les fondations peuvent ainsi être plus profondes. Des profondeurs de 3 à 6 m sont dès lors courantes, mais il est possible d'atteindre 15 m et plus. Lorsque la zone a été excavée jusqu'à la profondeur souhaitée, un nouvel élément de fondation en béton armé ou en béton renforcé de fibres d'acier est coulé contre les fondations existantes.

## Points à prendre en considération

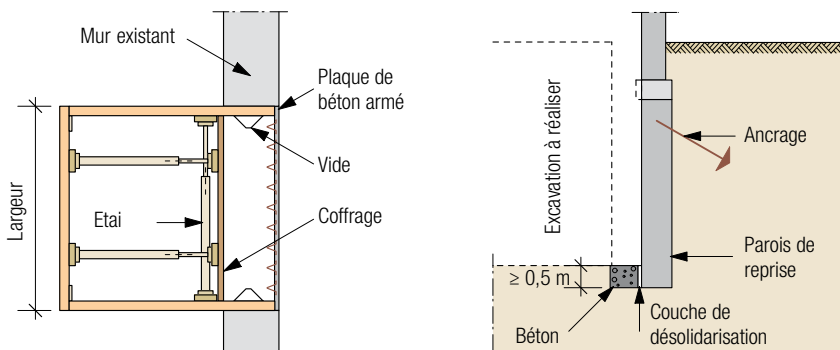
Ces reprises de fondations doivent être parfaitement en contact avec les fondations existantes et la terre environnante afin d'éviter les tassements.

Si une excavation est effectuée le long d'une construction existante et donc des fondations profondes, la stabilité horizontale et verticale des fondations approfondies (et donc du bâtiment existant) doit être assurée. Il convient de toujours prévoir une fiche d'au moins 0,5 m (voir figure). Dans certains cas, un support horizontal supplémentaire s'avère nécessaire.

Même si l'on applique rigoureusement ces techniques, des tassements de 10 à 15 mm dans le cas d'un rempiètement et de 10 mm dans le cas d'une reprise sont fréquents.

Durant la mise en œuvre de la reprise en sous-œuvre, la stabilité de l'excavation et la sécurité des travailleurs doivent toujours être garanties. Les travaux doivent être réalisés en accord avec les consignes de sécurité (RGPT) et, en particulier, avec les consignes figurant dans le dossier 96 du CNAC 'Travaux à proximité et dans les tranchées'.

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



Vue en plan et de profil d'une fouille blindée (reprise en sous-œuvre)





Les Spécifications techniques, ou STS, constituent en Belgique des documents de référence en complément des normes, des prescriptions techniques (PTV) et des Notes d'information technique (NIT) du CSTC. La révision des STS 22 'Maçonnerie pour constructions basses', à paraître, décrira notamment les prescriptions (spécifications) techniques relatives aux éléments de maçonnerie. Tant l'entrepreneur que l'auteur de projet doivent maîtriser ces notions importantes auxquelles se réfèrent les cahiers des charges. Les notions principales sont synthétisées dans la version longue de cet article. Le présent article se focalise sur la prescription des briques de façade après la présentation générale des STS 22.

# Prescriptions des éléments de maçonnerie

## STS 22 : domaine d'application

Les STS 22 sont relatives aux maçonneries exécutées avec :

- des éléments (briques, blocs) de maçonnerie couverts par les normes harmonisées NBN EN 771-1 à 6
- du mortier couvert par la norme harmonisée NBN EN 998-2 ainsi que du mortier préparé *in situ*
- des composants accessoires visés par les normes harmonisées NBN EN 845-1 à 3.

Les recommandations qui y figurent sont entièrement conformes aux normes harmonisées européennes et aux règles pour le marquage CE. Ces STS reprennent également les principales prescriptions relatives à la conception et à l'exécution des maçonneries mentionnées dans les documents de référence (Eurocodes, normes, ...), complétées par des recommandations, des règles locales d'usage et les règles de l'art.

Les STS 22 définissent les prescriptions techniques pour les éléments de maçon-

nerie couramment utilisés dans les cahiers des charges publics et privés et pouvant faire l'objet d'une certification de produit (BENOR, ATG, ...).

Le marquage CE oblige le fabricant uniquement à garantir que les caractéristiques essentielles du produit répondent aux performances déclarées. La plus-value évidente de la certification volontaire (BENOR, ATG, ...) réside dans une déclaration de conformité à une prescription avec, entre autres, comme objectif d'améliorer la protection des consommateurs, les attentes du marché et l'intérêt (économique) commun. Ces objectifs se traduisent par un nombre d'objectifs de qualité, qui sont exprimés par des prescriptions et des processus de contrôle internes et externes.

Notons également que les tâches d'un organisme de certification vont plus loin que celles d'un organisme notifié dans le cadre du marquage CE.

Un autre avantage important à utiliser des

produits certifiés (BENOR, ATG, ...) réside dans le fait que ces derniers ne sont pas soumis obligatoirement à un contrôle de réception sur chantier.

## Briques de parement

Les briques de parement en terre cuite peuvent bénéficier d'un marquage BENOR sur la base des prescriptions reprises dans le document normatif PTV 23-002.

Le tableau ci-contre indique la façon dont une brique de parement peut être prescrite dans un cahier des charges et livre quelques commentaires nécessaires à sa bonne compréhension. Pour plus d'informations, veuillez consulter la version longue de cet article. |

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

*D. Van Rossem, ing., coordinateur principal, Produits et systèmes de gros œuvre, SECO – BCCA*

*Cet article a été rédigé avec le soutien :*

- de l'IWT, dans le cadre de *Metselwerk IV 'Innovaties in de metselwerksector: implementering door innovatievolgers'*
- de la DG06, dans le cadre de la *Guidance technologique COM-MAT 'Matériaux et techniques de construction durables'*
- du SPF Economie, dans le cadre des *Antennes Normes 'Eurocodes' et 'Mortier-Béton-Granulat'*.





## Prescription d'une brique de parement extérieur en terre cuite

Caractéristiques		Prescriptions et description
Conformité RPC – Marquage CE		<input checked="" type="checkbox"/> NBN EN 771-1
Conformité aux spécifications techniques		<input checked="" type="checkbox"/> STS 22 (à paraître)
Certification volontaire du produit [1]		<input checked="" type="checkbox"/> OUI
Destination		<input checked="" type="checkbox"/> Maçonnerie décorative non protégée ('U'), HD [2]
Aspect	Couleur	Par ex. : rouge
	Structure	<input type="checkbox"/> Lisse <input type="checkbox"/> Grenue <input type="checkbox"/> Autre à préciser : ...
	Type	<input type="checkbox"/> Etirée <input type="checkbox"/> Moulée <input type="checkbox"/> Pressée
	Format [3]	Par ex. : module 190/50/90 Par ex. : 188/48/88 (dimensions de fabrication)
	Epaisseur nominale du joint de mortier [4]	<input type="checkbox"/> 8 à 12 mm (mortier d'usage courant adapté) <input type="checkbox"/> 6 à 8 mm (mortier d'usage courant adapté) <input type="checkbox"/> 3 à 6 mm (maçonnerie 'collée')
	Aspect spécifique de la maçonnerie	<input checked="" type="checkbox"/> Normal (d'application si rien n'est spécifié) <input type="checkbox"/> Apparence rectiligne (classe Ri [5] stricte requise) <input type="checkbox"/> Apparence 'rustique' (classes de tolérance Ti et de dispersion Ri moins strictes [5]) <input type="checkbox"/> Appareillage sauvage [6] <input type="checkbox"/> Autre à préciser : ...
Performances	Catégorie [7]	<input checked="" type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II
	Résistance à la compression moyenne [8]	Par ex. : $\geq 5$ N/mm <sup>2</sup>
	Groupe [9]	<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4
	Résistance au gel [10]	<input checked="" type="checkbox"/> Elevée <input type="checkbox"/> Normale
	Teneur en sels solubles [11]	S2
	Propriétés thermiques [12]	<input checked="" type="checkbox"/> Conductivité thermique $\lambda_{10, sec, élément}$ Par ex. : $\leq 0,60$ W/mK (valeur 90/90) OU <input type="checkbox"/> Densité 90/90 et configuration Par ex. : $\leq 1800$ kg/m <sup>3</sup> – élément 'plein'
	Réaction au feu	<input checked="" type="checkbox"/> Classe A1

[1] Brique certifiée = brique BENOR.

[2] HD = haute densité. Les classifications 'HD' et 'LD' (basse densité) seront abandonnées dans la norme NBN EN 771-1 révisée au profit des classifications 'U' (maçonnerie non protégée de l'humidité) et 'P' (maçonnerie protégée).

[3] Préciser s'il s'agit des dimensions modulaires ou des dimensions de fabrication. Dans le cadre du marquage CE, le producteur doit déclarer les dimensions de fabrication. Il doit également respecter les tolérances déclarées sous forme de classes [5].

[4] Ce choix a des répercussions sur l'aspect de la maçonnerie, mais aussi sur l'applicabilité de la brique souhaitée (classes de tolérances et de dispersion des dimensions, planéité de la face de pose et parallélisme des faces). Un accord entre le fabricant et le client peut être fait au moyen d'un muret représentatif ou d'un panneau représentatif. Veuillez également consulter [Les Dossiers du CSTC 2011/2.3](#) et [2010/1.5](#).

[5] Le producteur doit déclarer la classe de tolérances de la valeur moyenne (classes Ti : T1, T1+, T2, T2+, Tm) et la classe de dispersion (plages Ri : R1, R1+, R2, R2+, Rm. R pour *range*) des briques. Plus l'indice 'i' est élevé, plus la classe est stricte. L'indice '+' complémentaire est relatif à une exigence plus stricte sur la hauteur de l'élément. Les classes et plages avec l'indice 'm' correspondent à une déclaration libre du fabricant qui peut être plus stricte ou moins stricte que les autres classes.

[6] La mention de Tm et Rm [5] suffit. La mention 'usage spécifique pour la maçonnerie en appareillage sauvage' est alors posée sur l'emballage.

[7] Conformément au marquage CE, en fonction du niveau de fiabilité de la résistance à la compression déclarée, la catégorie I est plus 'fiable' (voir [Les Dossiers du CSTC 2009/4.3](#)).

[8] Résistance et groupe moins pertinents dans le cas d'une maçonnerie non portante. Cette valeur de la résistance ne peut pas être utilisée directement pour les calculs de stabilité (voir [Les Dossiers du CSTC 2009/4.3](#) et [2010/3.2](#)).

[9] Fonction de la morphologie des perforations (voir les STS 22, à paraître, ainsi que l'Eurocode 6).

[10] La résistance au gel est déterminée selon la méthodologie 'belge' (critère Gc selon la norme NBN B 27-010 et essai de gel 'direct' selon la norme NBN B 27-009). La déclaration des performances Fo, F1 et F2 (selon la norme NBN EN 771-1) sur la base de la spécification technique CEN TS 772-22 ne sont pas acceptées en Belgique, car la méthode est jugée insuffisamment sévère. En fonction de l'exposition de la maçonnerie, l'une ou l'autre classe peut être prescrite (voir [Les Dossiers du CSTC 2009/3.2](#)). Dans la pratique, la prescription d'une classe de 'résistance élevée au gel' est généralement d'application pour les briques de parement extérieur.

[11] Cette caractéristique (issue de la norme NBN EN 772-5) n'est pas liée au risque d'apparition d'efflorescences.

[12] Lorsque l'élément est utilisé dans un ouvrage où des exigences thermiques sont posées. En Belgique, les valeurs de calcul ( $\lambda_{Uj}$  ou  $\lambda_{Ue}$ ) doivent impérativement se baser sur les valeurs  $\lambda_{10, sec, élément}$  obtenues avec un niveau de confiance de 90 % sur le fractile 90 % (valeur  $\lambda_{90/90}$ ) et non les valeurs moyennes généralement déclarées dans le cadre du marquage CE.



En Belgique, les ETICS (enduits sur isolation extérieure) entrent depuis quelques années parmi les techniques de parachèvement des constructions à ossature en bois (voir CSTC-Contact 2014/1). Ils permettent en effet d'accroître la résistance thermique de la paroi et d'offrir une esthétique recherchée. Or, cette application n'est pas couverte par les documents de référence actuels et il n'existe à ce jour aucun agrément technique (ATG) au niveau belge. L'application d'ETICS sur des constructions en bois est cependant concevable et réalisable à condition de respecter certaines recommandations.

## ETICS sur ossature en bois

### Limitation des risques

Par rapport aux supports en maçonnerie ou en béton, l'application des ETICS sur des constructions en bois présente des risques accrus, à savoir : d'une part, un phénomène de fissuration du système d'enduit à la suite de mouvements potentiels plus importants du support et, d'autre part, des conséquences plus dommageables dues à la présence d'humidité dans le complexe façade (éventuelles infiltrations et/ou condensations internes). Une limitation de l'usage et le choix de matériaux adaptés permettent toutefois de limiter les risques.

Afin de réduire le risque de dégradation de l'ETICS (en particulier la fissuration de l'enduit) en raison des variations dimensionnelles du bois, nous déconseillons fortement d'appliquer l'ETICS sur des constructions en madriers (bois massif empilé). Dans le cas d'une construction à ossature en bois de rigidité suffisante (moins sensible à cet égard) ou d'une construction en panneaux préfabriqués en bois massif contrecollé et/ou cloué, l'application est possible, à condition que la teneur en humidité des bois de structure et des panneaux supports soit  $\leq 18\%$  en masse au moment de la mise en œuvre. Cette teneur exclut notamment une exposition à une humidification excessive et/ou de longue durée du fait, par exemple, des intempéries.

Les ETICS constituent une protection à barrière unique d'étanchéité. A moins de pouvoir disposer de données pertinentes sur la résistance aux pluies battantes de l'ETICS et de ses raccords au droit des détails (ce qui est rarement le cas actuellement), l'exposition aux pluies battantes devrait être limitée. En première approche, il est possible de se baser sur les limitations figurant dans la NIT 246 (dont l'application est exclue pour les façades exposées des bâtiments relevant des catégories de rugosité de terrain 0 et I).

Une étude hygrothermique de la paroi (voir figure) est requise dans tous les cas pour li-

miter le risque de condensation interne par diffusion. Ce dernier est avéré au niveau du panneau support lorsque la résistance thermique de l'isolant de l'ETICS est inférieure à 1,5 fois la résistance thermique de l'ossature. Ce risque est présent également à l'interface entre l'isolant et l'enduit. Afin de ramener les quantités de condensat à des valeurs raisonnables, il y a lieu d'assurer, d'une part, l'étanchéité à l'air de la paroi et, d'autre part, d'adapter les performances du pare-vapeur à la situation réelle (composition, propriétés des matériaux et sensibilité à l'humidité de ces derniers). Un pare-vapeur présentant un  $\mu_a > 5$  m est bien souvent suffisant si le climat intérieur est de classe 1 ou 2.

### Choix des matériaux

Les conséquences d'une humidification excessive et/ou de trop longue durée peuvent être réduites en optant pour des matériaux plus résistants à l'humidité. Ainsi, les bois de structure seront traités contre les insectes et les champignons (voir les STS 23 à paraître ainsi que le CSTC-Contact 2014/1). Les panneaux supports seront résistants à l'humidité. Ceux à base de bois seront au moins de classe de service 2, voire 3 (conseillé).

Les ETICS sont des systèmes 'fermés', dans le sens où seuls les composants décrits par le fournisseur dans sa documentation technique ou dans son ATG peuvent être utilisés. Il est déconseillé de mélanger des matériaux de différents systèmes. Pour les propriétés des matériaux, veuillez consulter Les Dossiers du CSTC 2009/4.11 et 2011/2.10.

L'usage de joints souples adaptés (mastic d'étanchéité, voir les STS 56-1) est requis au droit des raccords. Ils seront de classe minimale 20 LM, selon la norme NBN EN 15651-1.

### Mise en œuvre et entretien

La mise en œuvre d'un ETICS complet doit être confiée à des entreprises spécialisées et compétentes dans ce type de travaux. Comme dans le cas des supports en maçonnerie et des voiles en béton, une attention particulière doit être accordée à la conception et à la réalisation des détails afin que ceux-ci soient étanches (notamment les raccords aux menuiseries).

Les recommandations liées à l'entretien des ETICS décrites dans Les Dossiers du CSTC 2009/3.10 restent d'application. Le contrôle régulier et l'entretien des joints souples sont cruciaux. En outre, lors d'une mise en peinture, le choix de cette dernière est déterminant pour la pérennité de la paroi. Elle devra notamment être caractérisée par une grande perméabilité à la vapeur d'eau (au moins de classe V1 selon Les Dossiers du CSTC 2013/2.9).

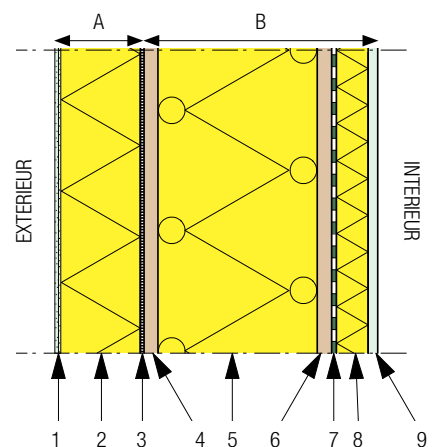
*Y. Grégoire, ir., arch., chef de division, et S. Mertens, ir., chercheur, division Matériaux, CSTC  
B. Michaux, ir., chef adjoint de la division Enveloppe du bâtiment et menuiserie, CSTC*

#### A. ETICS

1. Système d'enduit
2. Panneau d'isolation (ETICS)
3. Couche de collage

#### B. OSSATURE EN BOIS + FINITION

4. Panneau support de l'ETICS
5. Structure en bois isolée
6. Panneau intérieur
7. Pare-vapeur + étanchéité à l'air
8. Gaine technique isolée
9. Plaque de finition



Paroi constituée d'un ETICS sur ossature en bois



Nous épinglons ci-dessous quelques questions qui nous sont fréquemment soumises à propos du comportement au feu des toitures plates. Les réponses fournies sont basées sur l'état actuel de la normalisation européenne en la matière et sur les récentes modifications de nos prescriptions nationales applicables aux bâtiments nouveaux, modifications rassemblées principalement dans l'Arrêté royal 'Normes de prévention de base'.

## Comportement au feu des toitures plates

**Pour la construction d'une toiture plate d'un bâtiment neuf, le service d'incendie demande une classe  $B_{\text{roof}}(t_1)$  pour le revêtement de toiture. Qu'est-ce que c'est et comment y répondre ?**

La classe  $B_{\text{roof}}(t_1)$  désigne la performance d'une toiture exposée à un feu extérieur (NBN EN 13501-5). Elle vise à prévenir la création de foyers secondaires sur la toiture en évitant sa perforation et la propagation de l'incendie à sa surface. Depuis le 1<sup>er</sup> décembre 2012, la classe  $B_{\text{roof}}(t_1)$  est exigée pour les revêtements de toiture des bâtiments soumis à l'Arrêté royal 'Normes de prévention de base' (tous les bâtiments à construire, à l'exception des maisons unifamiliales). Elle s'obtient après un essai (NBN CEN TS 1187) et s'applique à la toiture complète telle que mise en œuvre (membrane, isolation, support, fixation, ...) et non à la membrane seule.

**Quelles sont les différences entre les classes  $B_{\text{roof}}(t_1)$ ,  $B_{\text{roof}}(t_2)$ ,  $B_{\text{roof}}(t_3)$  et  $B_{\text{roof}}(t_4)$  ?**

Ces classes font référence à différents essais visant à évaluer le comportement d'une toiture à un feu extérieur. Par exemple, l'indice  $t_1$  correspond à l'essai 1 avec des brandons enflammés, alors que l'indice  $t_2$  correspond à l'essai 2 avec des brandons enflammés et du vent. Les essais et critères de classification étant différents, il n'y a pas lieu de comparer et de hiérarchiser ces classes. En Belgique, seule la classe  $B_{\text{roof}}(t_1)$  est demandée.

**Le service d'incendie exige un revêtement de toiture répondant à la classe de réaction au feu  $A_1$ . La membrane d'étanchéité prévue**

**répond aux classes  $B_{s1-do}$  (Europe),  $B_1$  (Allemagne) et  $M_2$  (France). Cela convient-il ?**

Non. Les membranes d'étanchéité de toiture ne doivent pas, ou plus, répondre à des classes de réaction au feu, mais bien, selon l'Arrêté royal, à la classe  $B_{\text{roof}}(t_1)$ . L'ancienne exigence (classe belge de réaction au feu  $A_1$ ) n'est plus d'application et ne devrait donc plus être demandée par le service d'incendie ni prescrite dans les cahiers des charges. Les classes de réaction au feu (européennes ou nationales) ne conviennent pas pour satisfaire à l'exigence  $B_{\text{roof}}(t_1)$ .

**D'après les informations du fabricant, ma membrane d'étanchéité est classée  $B_{\text{roof}}(t_1)$  sur un isolant en laine minérale. Répond-elle également à la classe  $B_{\text{roof}}(t_1)$  si l'isolant est un EPS ?**

Non. La classe  $B_{\text{roof}}(t_1)$  concerne la toiture complète, y compris les couches sous l'étanchéité. L'isolation thermique joue un rôle important dans les résultats d'essai. L'UBATc a défini des tests en matière d'incendie pour l'obtention de l'agrément technique (ATG) des toitures. Ainsi, l'ATG délivré indique le domaine d'application de la membrane d'étanchéité conformément à l'Arrêté royal 'Normes de prévention de base', et ce, en fonction des couches présentes sous la membrane.

**Les membranes d'étanchéité des acrotères doivent-elles présenter la classe  $B_{\text{roof}}(t_1)$  ?**

Même si la réglementation ne le précise pas clairement, les membranes d'étanchéité des acrotères devraient présenter la classe  $B_{\text{roof}}(t_1)$  au même titre que les parties cou-

rantes. Notons néanmoins que les essais sont généralement réalisés en laboratoire sur une toiture d'une pente de 15°. Selon la norme, les résultats d'essai se limitent aux toitures de pente  $\leq 20^\circ$ . En pratique, toutefois, il est généralement fait usage de la même membrane d'étanchéité pour les acrotères que pour la partie courante, même si cette dernière ne répond pas à la classe  $B_{\text{roof}}(t_1)$  applicable aux éléments verticaux. Les acrotères présentant une hauteur limitée, le risque d'une propagation de l'incendie est négligeable.

**Le marquage CE de la membrane d'étanchéité indique la classe  $F_{\text{roof}}(t_1)$ . A quoi correspond cette classe ? Cette membrane répond-elle à l'exigence réglementaire ?**

La classe  $F_{\text{roof}}(t_1)$  est attribuée à une toiture ou un revêtement de toiture dont le comportement à un feu extérieur n'a pas été testé ('aucune performance déterminée'). Le marquage CE de la majorité des membranes d'étanchéité étant rendu obligatoire par une série de normes 'produits', la performance  $B_{\text{roof}}(t_1)$  requise doit être déclarée via le marquage CE. Or, selon ces normes, seule la classe  $F_{\text{roof}}(t_1)$  peut être déclarée dans le cadre du marquage CE des membranes d'étanchéité, ce qui rend impossible le respect de l'Arrêté royal 'Normes de prévention de base' ! En l'attente d'une solution à cette impasse réglementaire et normative, nous recommandons de suivre les informations reprises dans les rapports d'essai et les déclarations d'aptitude à l'emploi (ATG) des membranes d'étanchéité.

Vous trouverez dans la rubrique 'Toitures plates et étanchéité' sur le site du CSTC ([www.cstc.be](http://www.cstc.be)) d'autres réponses à des questions courantes, notamment concernant des ouvrages particuliers (toitures vertes, revêtues d'un lestage, d'une terrasse en bois, ...).

*Y. Martin, ir., chef de la division Enveloppe du bâtiment et menuiserie, CSTC*

*S. Eeckhout, ing., senior conseiller principal, division Avis techniques, CSTC*



Lorsque l'on pense 'isolation thermique des fenêtres de toiture', on songe le plus souvent aux performances du profilé, de l'intercalaire et du vitrage. Or, la continuité entre l'isolation thermique du pan de toiture et l'élément de fenêtre en lui-même constitue également un détail crucial à gérer.

Les exigences actuelles en matière de performance énergétique ont amené les producteurs, entrepreneurs et prescripteurs à réviser leur conception du détail des pourtours des fenêtres de toiture, tant en construction neuve qu'en rénovation.

Pour limiter le pont thermique existant entre la fenêtre et la structure portante, les fabricants proposent aujourd'hui des pourtours isolants préfabriqués – le plus souvent en polystyrène – spécifiques à leurs produits. Ces cadres se montent sur chantier, juste avant l'insertion de la fenêtre dans les chevêtres. Il s'agit de solutions 'prêtes-à-placer' offrant un intérêt indéniable du point de vue de la performance énergétique de l'ensemble ainsi qu'une certaine facilité de pose. Elles sont proposées tant pour les fenêtres à pose 'classique' (voir schéma 2) que pour les fenêtres à pose encastrée (voir schéma 3).

D'un point de vue purement énergétique, la profondeur d'insertion du châssis dans le plan de toiture peut avoir une influence sur le nœud constructif (voir tableau). La pose dite encastrée garantit, en effet, une plus grande continuité de l'isolation entre le cadre de fenêtre et le pan de toiture. Les auteurs de projets sont en outre souvent friands de cette configuration, car elle assure une planéité du pan de toiture tout en limitant les saillies au droit des fenêtres.

Toutefois, le procédé a ses limites. Lorsque la profondeur d'encastrement de la fenêtre est plus importante, l'écoulement des eaux de ruissellement ainsi que le blocage de la pénétration de neige poudreuse, de la poussière et du vent, sont à gérer au moyen de mesures spécifiques :

- la pente de toiture doit être de 20° au minimum (pour 15° dans des configurations non encastrées)
- les gouttières et rejets d'eau en partie haute de l'encadrement de fenêtre ainsi que les bavettes en pied doivent être profilées de manière à éviter toute stagnation d'eau
- il est nécessaire d'utiliser les collerettes

# Fenêtres de toiture ?

## Pas sans pourtour isolant !



ou bavettes fournies par les fabricants permettant de réaliser un raccord intime avec la sous-toiture

- les profilés en mousse prévus pour bloquer les insertions de neige et de poussière doivent être adaptés à dimension.

Certains entrepreneurs confectionnent eux-mêmes le pourtour isolant des fenêtres (le plus souvent en atelier et non sur chantier). Ils y voient l'avantage :

- d'opérer une continuité de matériaux entre la sous-toiture (ou le sarking) et le cadre isolant
- d'aligner l'isolant avec la face inférieure du chevron bordant le chevêtre et de faciliter par la suite la pose du pare-vapeur et de la finition intérieure (voir schéma 4).

L'inconvénient de ce système peut cependant résider dans le choix du matériau isolant (le plus souvent de la fibre de bois) : il est à la fois plus rigide et moins bon isolant que le polystyrène. Il est dès lors parfois plus difficile d'insérer et d'ajuster la fenêtre de toiture (notamment lorsque le chevêtre n'est pas d'équerre).

Les différentes formules ont donc leurs avantages et inconvénients. Du point de vue purement thermique, un calcul détaillé du facteur de température  $f$  et du coefficient linéique de transmission thermique  $\psi_e$  permet de comparer les différentes solutions constructives. Selon les compositions, le nœud constructif sera plus ou moins performant.

A la lecture des résultats, on peut voir à quel point il est important de prévoir un pourtour isolant lors de la pose des fenêtres de toiture : dans le cas du premier schéma, les calculs nous montrent que le facteur de température est largement inférieur à 0,7. Des risques importants de condensation et de développement de moisissures sont donc à prévoir au droit de ce type de raccord (voir [Les Dossiers du CSTC 2011/4.17](#)).

Les trois autres solutions sont clairement plus performantes et répondent toutes à la valeur limite  $\psi_{e,lim} = 0,10$  W/mK imposée par la réglementation pour que le nœud soit considéré comme 'PEB conforme'.

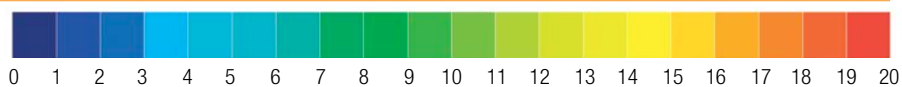
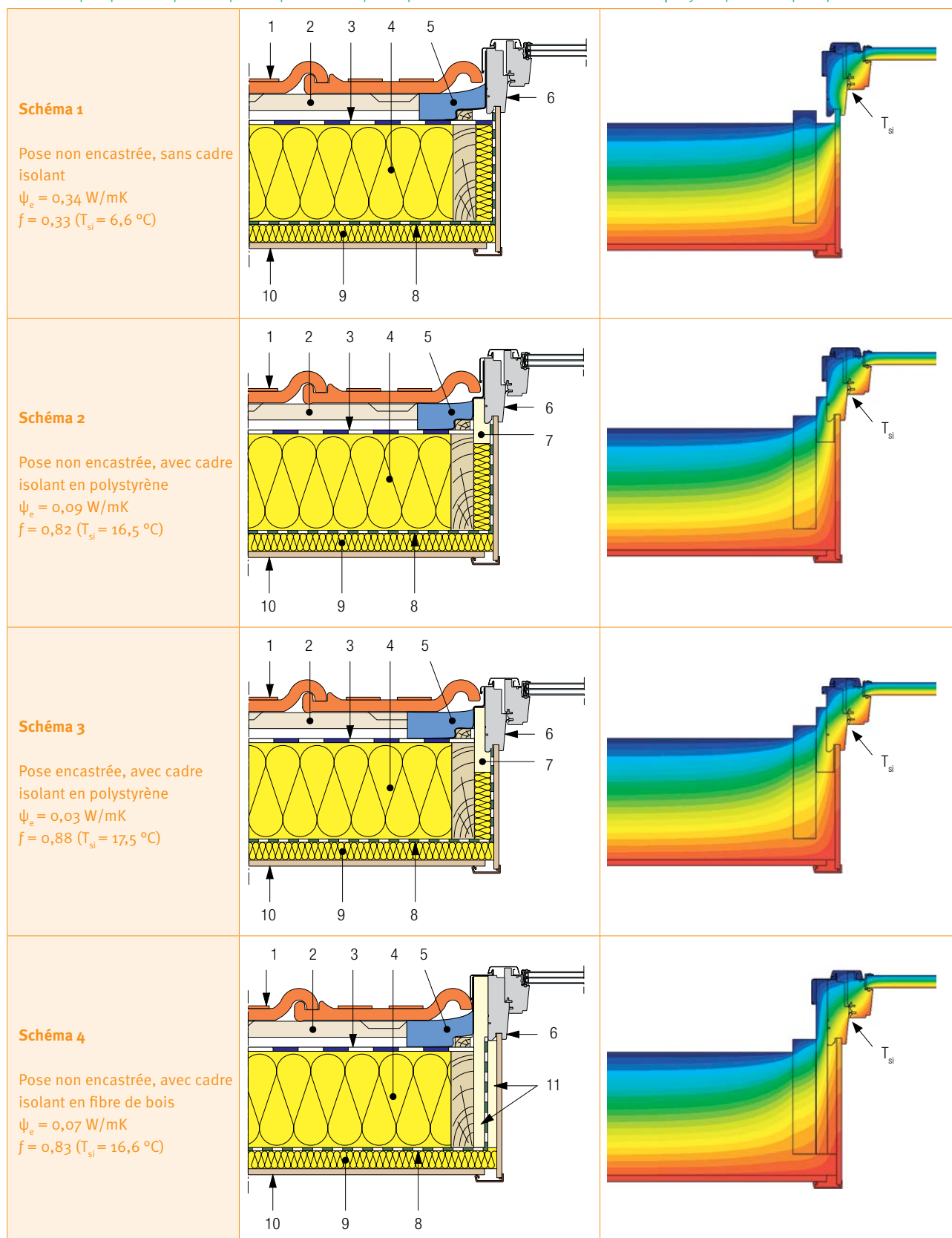
*D. Langendries, ir., chef de projet senior,  
et A. Tilmans, ir., chef de projet,  
division Energie et bâtiment, CSTC*

### Légende du tableau

1. Couverture
2. Latte
3. Sous-toiture
4. Isolant en laine minérale
5. Collerette
6. Châssis de fenêtre
7. Cadre isolant en polystyrène
8. Pare-vapeur
9. Complément d'isolation / Espace technique
10. Finition ultérieure
11. Fibre de bois
- $T_{si}$  La température superficielle minimale du côté intérieur



Schémas de principe et champs de température pour des exemples de pose avec ou sans cadre isolant. Les valeurs  $\psi$  et  $f$  indiquées sont spécifiques à ces détails.



La mise en place d'un système de bardage permet bien sûr d'embellir le mur extérieur, mais peut aussi représenter l'occasion idéale d'améliorer les performances thermiques de la façade. Tandis que la NIT 243 aborde la conception et l'exécution correctes des revêtements de façade en bois, il n'existe pas encore de directives similaires pour d'autres matériaux de façade (comme les panneaux en fibres-ciment, les panneaux à base de basalte et les panneaux en PVC). A la demande du Comité technique Menuiserie, le CSTC a donc commencé à rédiger une note à ce sujet.

# Pose de **bardages** réalisés dans des matériaux autres que le bois

La nécessité d'une telle Note ressort entre autres de l'augmentation du nombre d'avis que dispense la division Avis techniques concernant ces variantes de façade. La division est ainsi confrontée notamment aux formes suivantes de dommages :

- désolidarisation d'éléments de bardage
- déformation des éléments de bardage (cintrage)
- dégradation du panneau ou de sa finition
- pourrissement de la structure secondaire en bois sur laquelle sont fixés les éléments
- développement de moisissures (voir figure 1)
- perte des propriétés isolantes des matériaux
- pénétration d'eau vers la façade sous-jacente.

Les problèmes énumérés ci-dessus sont souvent dus à des déficiences de concep-



1 | Pathologie imputable à une conception défectueuse et/ou à une exécution incorrecte

tion et/ou d'exécution du bardage, telles que l'utilisation de fixations insuffisantes ou incorrectes, l'utilisation d'un lattis non traité pour la structure portante secondaire, l'entredistance de cette dernière, l'absence de vide ventilé ou l'utilisation d'un vide insuffisamment ventilé, ...

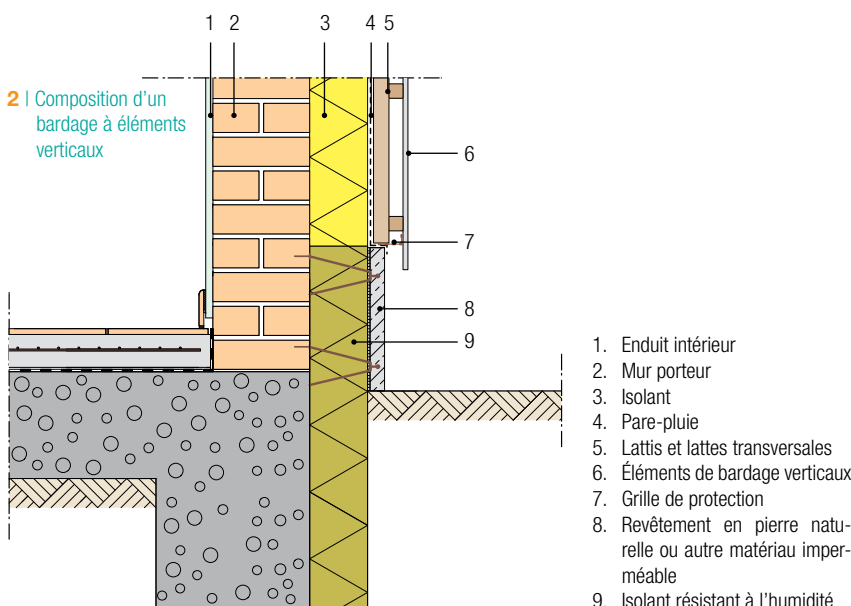
Cet article montrera qu'il est indispensable

de prévoir un vide ventilé lors de la conception et du placement du bardage si l'on souhaite éviter les risques de détérioration. Il importe cependant de préciser que la présence de ce vide ventilé ne constitue pas à elle seule une garantie de fonctionnement.

En effet, outre les formes de pathologies citées plus haut, qui peuvent être attribuées à des défauts de conception et/ou d'exécution, on est aussi confronté dans la pratique à des problèmes (partiellement) imputables aux propriétés du matériau utilisé. Nous pensons ici, par exemple, à l'effritement de la couche de peinture, à la délamination et à la décoloration des panneaux, à la formation de taches, ...

## Composition d'un système de bardage

La structure d'un système de bardage repose sur la réalisation d'un joint à double barrière, ce qui suppose la création d'une séparation physique entre le bardage (qui assure une relative étanchéité à l'eau) et l'enduit intérieur (qui assure l'étanchéité à l'air, voir figure 2). Cette étanchéité à l'air fait en sorte que l'eau qui pénètre à travers le bardage et parvient dans le vide situé derrière celui-ci ne soit pas chassée vers l'intérieur, mais bien drainée vers l'extérieur. Pour



## Spécifications techniques 'Isolation extérieure'

Le Service public fédéral Economie est chargé de la gestion des STS (Spécifications techniques unifiées). Celui-ci prépare en ce moment des STS relatives à l'isolation extérieure des façades (STS 71-2). Il peut s'agir de revêtements de façade classiques sur des montants entre lesquels un isolant a été placé (partie 2 : les bardages), de systèmes d'isolation extérieure avec enduit ou d'une isolation pourvue d'un parement extérieur maçonné. L'objectif des STS est en effet également d'établir des prescriptions pour tous les autres systèmes d'isolation extérieure des façades – y compris les systèmes innovants.

que ce principe puisse fonctionner, il doit se produire un équilibre de pression entre le vide situé derrière le bardage et l'environnement extérieur. Cet équilibre s'obtient par la ventilation du vide. Par conséquent, il y a lieu de tenir compte d'un écoulement d'eau provenant du vide non seulement dans le bas du bardage, mais aussi au droit des éléments de raccord.

La ventilation permet également d'équilibrer le taux d'humidité relative de la lame d'air par rapport à celle de l'environnement extérieur, tout en assurant un séchage partiel des matériaux. Deux propriétés précieuses qui peuvent (contribuer à) éviter la déformation excessive des matériaux souvent hygroscopiques du bardage.

Sauf stipulation contraire du fabricant, la lame d'air doit avoir une largeur d'au moins 15 mm (mesurée à partir de la face dorsale du bardage jusqu'à la face avant du pare-pluie). Dans la pratique, cette largeur dépendra des épaisseurs de lattes disponibles dans le commerce (pour les lattes en bois, cette épaisseur est généralement comprise entre 22 et 38 mm).

La présence de joints entre les éléments du bardage n'est généralement pas suffisante pour ventiler l'ensemble du bardage de façon uniforme. La vitesse de l'air et le débit d'air doivent par conséquent être augmentés au moyen d'ouvertures supplémentaires en bas et en haut du système de bardage, ainsi qu'en dessous et au-dessus de chaque orifice mural (voir figure 3). Les dimensions des orifices de ventilation seront de préférence adaptées à la hauteur du bardage. En l'absence d'autres prescriptions spécifiques des fabricants, on se reportera aux prescriptions de la [NIT 243](#).

En plus de prévoir des ouvertures dans le bas et dans le haut du bardage, il convient aussi d'assurer une bonne circulation de l'air entre celui-ci et le pare-pluie (ou l'iso-

lant). Si le bardage est constitué d'éléments verticaux, il est recommandé d'utiliser à la fois un lattage et un contre-lattage pour assurer la continuité de la ventilation à l'arrière du bardage (voir figure 2).

Pour empêcher que les insectes, oiseaux ou petits rongeurs pénètrent dans la lame d'air, il est recommandé de fermer celle-ci au moyen d'une grille de protection en acier inoxydable ou galvanisé. A cet égard, il faut toutefois veiller à ce que ce dispositif ne compromette pas le bon fonctionnement de la ventilation (en prévoyant une cornière perforée, par exemple, voir figure 2).

De plus, il convient de rappeler que le pare-pluie remplit les deux fonctions suivantes :

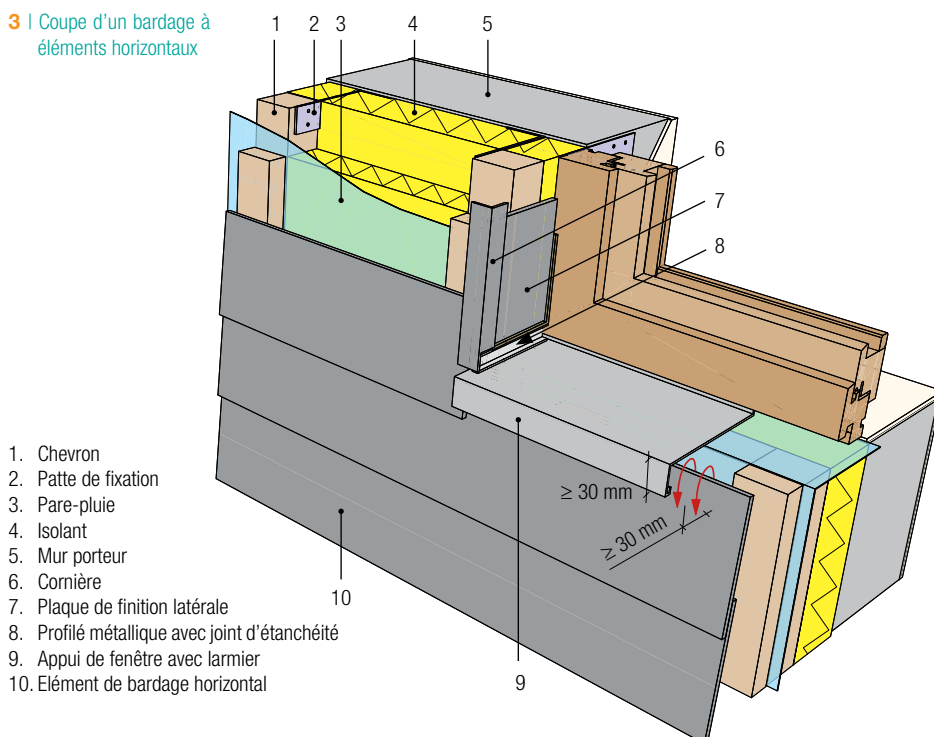
- contribuer à assurer l'étanchéité du mur porteur à la pluie et évacuer l'humidité éventuelle vers l'extérieur
- réduire la convection éventuelle à l'inté-

rieur et autour de l'isolant et protéger ce dernier.

Le pare-pluie doit être placé de façon ininterrompue (c'est-à-dire avec un recouvrement de 10 à 15 cm ou avec un raccord étanche à l'eau, voir [Les Dossiers du CSTC 2013/1.4](#)) contre l'isolant le long du côté de la lame d'air. Cette barrière ne doit pas seulement être étanche à l'eau et au vent, mais celle-ci doit également être perméable à la vapeur (valeur  $\mu_d$  ou  $s_d$  de moins de 0,5 m) afin de ne pas empêcher d'éventuels transferts de vapeur de l'intérieur vers l'extérieur. Il est recommandé de toujours placer un pare-pluie.

*I. Knoops, arch. ing., chercheur,  
laboratoire Eléments de toiture et de façade, CSTC  
F. Caluwaerts, ing., conseiller principal,  
division Avis techniques, CSTC*

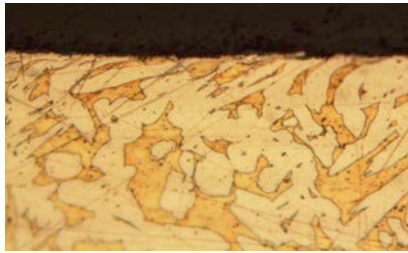
### 3 | Coupe d'un bardage à éléments horizontaux



1. Chevron
2. Patte de fixation
3. Pare-pluie
4. Isolant
5. Mur porteur
6. Cornière
7. Plaque de finition latérale
8. Profilé métallique avec joint d'étanchéité
9. Appui de fenêtre avec larmier
10. Élément de bardage horizontal

S'il est admis depuis longtemps que, dans les installations sanitaires, les conduites en cuivre situées en amont de conduites en acier galvanisé peuvent contribuer à la corrosion de ces dernières, il en va de même pour les éléments de plomberie en laiton.

# Les laitons mis en cause dans la corrosion des conduites en acier galvanisé



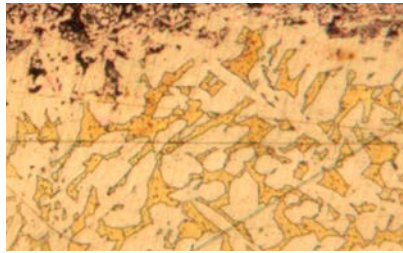
1 | Laiton intact

Le laiton est un matériau communément utilisé pour la fabrication d'éléments de plomberie (compteurs, vannes, clapets antiretour). Il s'agit d'un alliage de cuivre et de zinc contenant entre 5 et 45 % de zinc. Le zinc offre au laiton dureté et résistance mécanique, tandis que le cuivre lui confère une certaine résistance à la corrosion. En fonction de sa composition, le laiton subira, au contact de l'eau, un phénomène de corrosion de type uniforme ou de type sélectif (corrosion par dézincification; figure 1). Dans les deux cas, la corrosion pose problème, car elle est à l'origine de la libération d'ions cuivre dans l'installation, qui se déposent ensuite sur la paroi interne des conduites situées en aval. Si ces conduites sont en acier galvanisé (acier recouvert d'une couche de zinc, également appelé acier zingué), un phénomène de corrosion galvanique ou bimétallique peut faire son apparition, le cuivre étant plus noble que le zinc et le fer.

## Facteurs influençant la corrosion de l'acier galvanisé par le laiton

La formation de ce type de corrosion dépend de plusieurs facteurs, dont :

- **la nature des laitons** : bien que les alliages servant à la fabrication d'éléments de plomberie puissent tous subir une corrosion uniforme et libérer une quantité de cuivre plus ou moins importante en fonction de leur composition, on recommande d'avoir recours à des alliages qui résistent à la dézincification et qui portent le marquage DZR (*Dezincification Resistant*) ou CR (*Corrosion Resistant*)



2 | Laiton ayant subi une dézincification

- **le nombre de pièces en laiton dans le circuit** : dans les habitations unifamiliales, le risque d'être confronté à ce type de corrosion est faible, puisque l'installation n'y comprend qu'un compteur et un ou deux autres éléments en laiton. En revanche, les immeubles (appartements, bureaux, commerces) comportent généralement un nombre important d'éléments en laiton. Dans ce cas, la quantité de cuivre libérée en cas de corrosion des éléments en laiton peut être suffisante pour amorcer une corrosion de l'acier galvanisé situé en aval
- **les conditions de fonctionnement de l'installation** et, en particulier, les conditions initiales. Toutes choses étant égales, une eau stagnante ou un faible renouvellement de l'eau favorisent non seulement la corrosion des éléments en laiton, mais aussi la corrosion des conduites en acier galvanisé en empêchant la formation d'une couche protectrice suffisamment performante sur la paroi interne de ces conduites. Cette couche formée par les dépôts calcaires et les produits d'oxydation empêche les échanges ioniques entre le métal et l'eau (voir [Les Dossiers du CSTC 2007/2.8](#))
- **les caractéristiques de l'eau distribuée** : la distribution d'une eau pauvre en minéraux et peu entartrante augmente le risque de corrosion du laiton et de l'acier galvanisé. On recommande de ne pas adoucir l'eau de façon excessive (dureté > 5 °F) et de respecter un délai d'attente de six mois avant de procéder au premier adoucissement. Dans le cas où l'eau de ville est très peu minéralisée, l'emploi de matériaux métalliques est déconseillé.

## Manifestation de la corrosion

La corrosion de l'acier galvanisé par le laiton se manifeste par la distribution au robinet d'une eau plus riche en cuivre, parfois accompagnée d'autres désagréments (coloration rouille de l'eau, réduction du débit, percement des conduites corrodées, ...). Ces symptômes peuvent apparaître à peine un à deux ans après la mise en service de l'installation.

Notons en outre que le laiton contient souvent un faible pourcentage de plomb (1 à 3 %) et que la couche de galvanisation de l'acier peut en contenir jusqu'à 1 %. Par conséquent, la corrosion de ces deux matériaux entraîne la libération de plomb dans l'installation, lequel peut se concentrer dans une eau stagnante. Par précaution, on déconseille donc d'utiliser l'eau du premier tirage à des fins alimentaires et de donner l'eau du robinet à consommer aux enfants en bas âge.

## Conclusion

Dans certaines conditions, les éléments de plomberie en laiton peuvent subir un phénomène de corrosion qui conduira à la libération de particules de cuivre dans l'installation. Celles-ci auront pour effet d'accroître le risque de corrosion des conduites en acier galvanisé situées en aval de ces éléments. Dans la mesure où ces deux matériaux sont placés dans une même installation, il y a lieu de choisir de préférence un laiton résistant à la dézincification et de veiller à ce que l'installation soit utilisée dans de bonnes conditions telles que celles recommandées dans la [NIT 145](#) et la norme NBN EN 12502-3 (renouvellement fréquent de l'eau dès la mise en service et distribution d'une eau d'une dureté de plus de 5 °F). Si ces recommandations s'avèrent difficilement applicables, il conviendra d'opter pour d'autres matériaux.

*Pascale Steenhoudt, ir., chef de laboratoire, laboratoire Chimie du bâtiment, CSTC*



Un avis sur cinq auquel a été confrontée la division Avis technique l'année dernière concernait l'aspect des matériaux de parachèvement. L'utilisation d'un colorimètre peut être envisagée afin d'évaluer la couleur, élément essentiel de l'aspect, et de mettre fin aux discussions. Les mesures obtenues par cet appareil ne correspondent toutefois pas toujours à la perception visuelle sur place. Cet article en explique les raisons et traite de certains aspects importants relatifs à la mesure des couleurs.

# Mesures de couleur

## sur matériaux de parachèvement

### Quelle est la différence entre $L^*a^*b^*$ et $L^*C^*h^*$ et que signifient ces astérisques ?

Un espace couleur en 3D a été développé en 1958 afin de pouvoir caractériser mathématiquement les couleurs et de les représenter graphiquement : le système Hunter Lab était né. Ce système permet de décrire chaque couleur au moyen de coordonnées (voir le point A sur la figure). Il existe deux types de coordonnées : Lab et LCh. Il est possible à l'aide de formules de conversion de transformer les valeurs Lab en valeurs LCh, et inversement. Les lettres de ces coordonnées ont la signification suivante :

- L : la clarté
- C : la saturation
- h : la teinte
- a : la part de rouge vert
- b : la part de jaune bleu.

En 1976, une version améliorée du système Hunter Lab a été créée, à savoir le système CIELAB, qui est toujours d'application de nos jours. Afin de pouvoir distinguer les deux systèmes, les paramètres de la nouvelle version ont été retranscrits avec des astérisques ( $L^*a^*b^*$  et  $L^*C^*h^*$ ). Celles-ci sont donc très importantes, puisque le calcul des coordonnées des couleurs peut fournir des valeurs très différentes.

### Comment fonctionne un colorimètre ?

Le colorimètre a besoin, tout comme la vision humaine, de trois éléments de base pour pouvoir effectuer une mesure : une source (de lumière), un objet et un observateur (l'œil).

La source de lumière utilisée par le colorimètre est une lampe standardisée et mathématiquement convertie en un illuminant spécifique. Un illuminant n'est donc pas une lampe physique, mais un tableau constitué de nombres. Les illuminants les plus utilisés sont la lumière du jour telle qu'elle apparaît en Europe du Nord et de l'Ouest (D65) et la lumière du jour moyenne dans l'hémisphère nord (C).

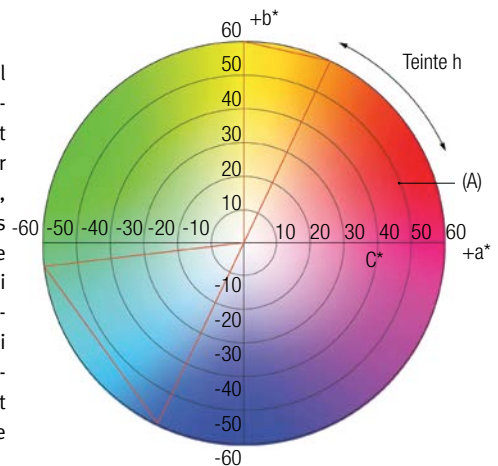
En ce qui concerne l'œil du colorimètre, il s'agit d'un spectromètre ou d'un autre détecteur. Les signaux de cet appareil sont convertis selon une fonction d'observateur de référence spécifique. Au fil des années, deux fonctions ont été développées : celles d'observateur de référence  $2^\circ$  et  $10^\circ$ . Ce dernier angle d'observation étant celui qui se rapproche le plus de celui d'une observation humaine, c'est généralement celui-ci qui sera privilégié. Pour comparer les résultats de mesures, il est donc très important de connaître l'illuminant et l'observateur de référence utilisés.

### Pourquoi observe-t-on clairement une différence de couleur entre deux carreaux alors que les mesures indiquent des valeurs identiques ?

Ceci est dû, d'une part, au type de colorimètre utilisé et, d'autre part, à des textures de carreaux différentes. Il existe deux types de colorimètres, à savoir celui à géométrie directionnelle et celui à géométrie diffuse. Le premier ( $45^\circ/0^\circ$  ou  $0^\circ/45^\circ$ ) mesure les différences d'aspect (couleur et texture) tandis que le second ( $d/8^\circ$ ) ne mesure que les différences de couleur. Les cas de différence de couleur visible, mais non mesurable, sont donc dus à l'utilisation d'un colorimètre  $d/8^\circ$  sur des carreaux ayant une texture différente (une pierre bleue de Belgique sciée et une autre polie, par exemple. La première a une teinte gris bleu tandis que la seconde est presque noire).

### Pourquoi une légère différence de couleur $\Delta E^*$ équivaut parfois à une différence visuellement importante ?

L'amplitude de la différence de couleur mesurée dépend de la position des couleurs dans l'espace couleur en 3D (celle-ci n'est pas uniforme pour toutes les couleurs). Ainsi, de faibles différences entre des couleurs pastel, par exemple, seront plus vite observées qu'une différence de même valeur entre deux couleurs vives. De plus, la surface occupée est différente d'une cou-



Coupe dans l'espace couleur au droit d'une valeur  $L^*$  donnée

leur à l'autre. Ainsi, le bleu occupe une surface plus importante que le jaune (voir les triangles rouges sur la figure); les petites différences de couleur sont dès lors plus vite repérables avec le jaune qu'avec le bleu.

Pour plus d'informations concernant les différences de couleur et l'évaluation des matériaux de parachèvement, veuillez consulter *CSTC-Magazine 1994/3* ainsi que l'*Infofiche 25*.

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

### Etude réalisée au CSTC

Le CSTC mène en ce moment une étude consacrée à l'aspect des matériaux de parachèvement. Son objectif est l'application d'une nouvelle formule ( $\Delta E_{00}$ ) tenant compte du caractère non uniforme de l'espace couleur et de la perception humaine des différences de couleur. Le nombre de mesures effectuées en fonction de l'hétérogénéité du matériau et d'autres facteurs est également étudié.





Qu'ils soient doubles ou triples, on dit souvent des vitrages isolants qu'ils sont 'vivants', étant donné qu'ils tendent à se déformer (dans le sens concave ou convexe) sous l'influence des variations de la température et de la pression atmosphérique. Ces déformations entraînent une distorsion des images réfléchies, mais aussi une sollicitation des joints de scellement des espaceurs. Cet article décrit brièvement les causes de ces phénomènes et fait le point sur leur acceptabilité.

## Cintrage des vitrages isolants

### Causes des déformations

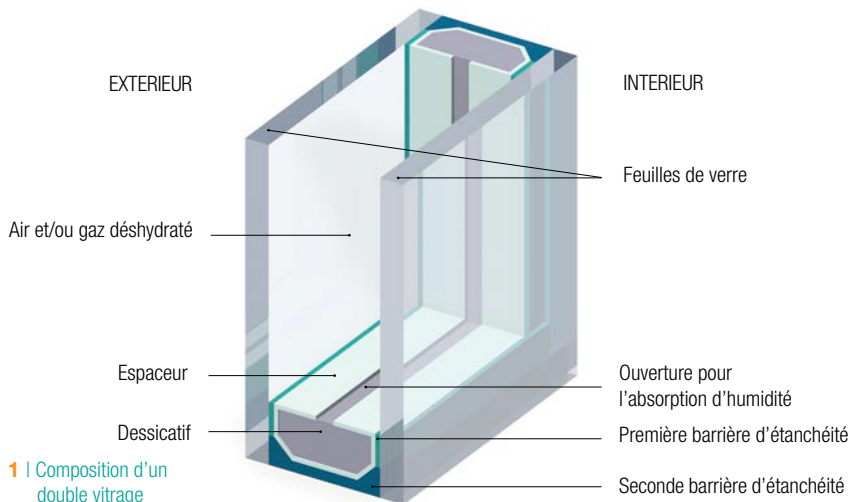
Les vitrages isolants sont constitués de feuilles de verre séparées par des couches d'air sec ou de gaz et fermées hermétiquement à leur périphérie. Ce scellement permet de limiter le risque de condensation au sein des vitrages (voir figure 1).

Une fois les vitrages isolants mis en œuvre, des modifications de pression par rapport à la pression régnant sur le site de fabrication peuvent se produire à l'intérieur de leurs cavités. Cette variation de pression est due :

- à des variations de la température du vitrage
- à des variations de la pression atmosphérique
- au volume des cavités (largeur des espaceurs).

Ces modifications de pression entraînent des déformations dont l'ampleur dépend non seulement de la différence de pression, mais aussi de la raideur des feuilles de verre.

### 2 | Déformation de l'image réfléchie par le vitrage



Ce dernier paramètre est lié aux dimensions des vitrages ainsi qu'à l'épaisseur des différentes couches.

### Conséquences des déformations

Les cintrages concaves ou convexes subis par les feuilles de verre (selon que la cavité du volume est en dépression ou en surpression) entraînent une déformation des images réfléchies. Comme le montre la figure 2, ces distorsions d'image peuvent être inesthétiques, en particulier dans le cas de certains vitrages à couches.

Par ailleurs, les différences entre la pression régnant dans la cavité des volumes et celle de l'ambiance extérieure provoquent une sollicitation du scellement des espaceurs ainsi qu'une certaine fatigue de celui-ci qui peut compromettre l'étanchéité à la vapeur du vitrage isolant et donc favoriser la condensation interne au volume. Dans certains cas relativement rares, la dépression à l'intérieur du volume est susceptible d'entraîner un ripage de l'espaceur. Ce type de phénomène est plus particulièrement à craindre dans des vitrages de petites dimensions et/ou dans ceux dont les feuilles de verre présentent une raideur importante.

### Remèdes

Les déformations des vitrages isolants sous l'effet de modifications des conditions météorologiques, même relativement faibles, sont inévitables. La déformation totale ne peut néanmoins dépasser les limites fixées par la nouvelle norme NBN S 23-002-2 (voir [Les Dossiers du CSTC 2014/3.6](#)), à savoir 1/200° de la portée.

Lorsque les déformations ont des conséquences esthétiques jugées importantes, la lame d'air du vitrage est parfois mise en équilibre avec les conditions du site de pose en perçant des barrières d'étanchéité (voir figure 1). Cette opération n'est pas sans risque, puisque le déshydratant présent dans l'espaceur doit être apte à réasécher l'air introduit dans la cavité. Elle peut également influencer les performances thermiques du vitrage et est dès lors fortement déconseillée. Enfin, il est évident que des modifications de la pression atmosphérique et de la température se produiront encore et que des déformations ultérieures sont toujours à craindre.

*E. Dupont, ing., chef adjoint  
du service Spécifications, CSTC  
M. Wagneur, ing., ancien directeur  
de l'Information, CSTC*



D'après l'expérience des ingénieurs de la division Avis techniques, lors de la réception d'un carrelage, les maîtres d'ouvrage s'intéressent principalement aux caractéristiques techniques visibles tels que la planéité, les désaffleurements entre carreaux, l'aspect et la propreté. L'entrepreneur-carreleur a donc intérêt à respecter les principes de mise en œuvre décrits dans la NIT 237. Cet article examine plus en détail les aspects non visibles qui contribuent également à l'obtention d'un ouvrage de qualité.

## Facteurs visibles et non visibles influençant la qualité d'un carrelage

Un entrepreneur-carreleur est un spécialiste des finitions. Les carreaux qu'il pose servent non seulement à revêtir les planchers et les murs des habitations et des espaces commerciaux, mais aussi les terrasses, les piscines et les façades. Il doit veiller à faire concorder son travail avec celui de ses prédécesseurs (maçon, chapiste, entrepreneur de plafonnage) et avec celui des corps de métier qui interviennent après lui (plombier, électricien, peintre). Si une bonne coordination de l'ensemble des travaux s'avère indispensable, d'autres facteurs moins directement perceptibles contribuent également à la réalisation d'un carrelage de qualité.

Tout d'abord, l'entrepreneur-carreleur doit prendre en considération plusieurs aspects techniques importants. Nombre d'entre eux ont été traités de façon détaillée dans des publications antérieures. Nous reprenons ci-après cinq points principaux auxquels il convient de s'attacher :

- examen du support. Si la planéité du support et sa cohésion superficielle s'avèrent insuffisantes, il y a lieu de réaliser des traitements complémentaires avant le début des travaux de carrelage (égalisation ou imprégnation, par exemple). Une attention particulière doit également être accordée à l'âge des chapes à base de ciment afin que leur retrait soit en grande partie terminé. Les supports à base d'anhydrite ne peuvent, quant à eux, être carrelés que lorsque leur taux d'humidité résiduelle est inférieur à un certain seuil. Une pose prématurée du carrelage peut en effet conduire à des fissures et à des décollements ultérieurs (voir [Les Dossiers du CSTC 2008/4.2](#))
- choix d'une colle adaptée au type de revêtement, au support et aux sollicitations prévues. Il existe de nombreux types de colles à carrelage : colles à durcissement rapide pour les carreaux de grand format, colles déformables pour les dallages soumis à de fortes variations de température, colles à temps ouvert élargi pour les carrelages

posés à une température ambiante élevée ou colles adaptées aux supports à base d'anhydrite

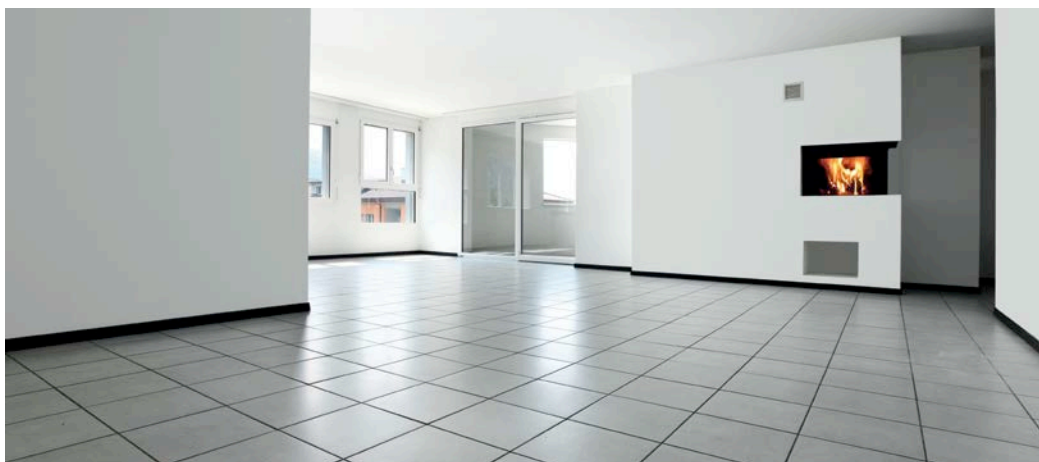
- respect des recommandations du fabricant concernant la préparation de la colle. Il est primordial d'utiliser la bonne quantité de liquide de gâchage (généralement de l'eau) et de respecter le temps de maturation ainsi que le temps ouvert (voir [Les Dossiers du CSTC 2007/2.3](#), pour le marquage CE des colles à carrelage, et [Les Dossiers du CSTC 2011/2.12](#), relatif au décollement des revêtements carrelés)
- obtention d'une bonne surface de contact entre la colle et le support. Pour ce faire, il convient d'utiliser une colle et des peignes adaptés et d'envisager, si nécessaire, un double encollage. Les inclusions d'air doivent être limitées, car elles peuvent produire un son creux à l'auscultation ou donner lieu à des décollements. La perception d'un son creux ne constitue toutefois pas une raison suffisante pour refuser un carrelage, sauf s'il s'accompagne de décollements de carreaux ou de dégradations des joints
- utilisation de matériaux de qualité qui sont conformes aux exigences des normes européennes et qui disposent – dans la mesure du possible – d'un agrément technique. Les matériaux de moindre qualité se dégradent plus vite et rendent impossible l'obtention d'un résultat durable. Les propriétés de base des matériaux à mettre en œuvre sont reprises dans leurs fiches techniques. Si l'aspect environnemental doit être pris en considération lors du choix des matériaux, on optera pour des produits dotés de la-

bels de type I tels que l'Ecolabel européen ([www.ecolabel.be](http://www.ecolabel.be)) ou on se basera sur les déclarations environnementales des fabricants.

La qualité d'un revêtement carrelé dépend par ailleurs de facteurs qui ne sont pas directement liés au travail de l'entrepreneur-carreleur sur chantier. Elle concerne, en effet, l'ensemble des activités de l'entreprise : organisation, contact avec la clientèle, établissement d'offres détaillées prenant en compte les caractéristiques du chantier (importance d'une visite sur place préalable), mais aussi traitement des plaintes éventuelles. C'est pourquoi le contrôle et la politique de l'entreprise dans des domaines tels que la gestion du personnel et du matériel, de l'infrastructure, des matériaux et des documents revêtent une importance capitale.

Les entreprises de construction peuvent faire attester leurs compétences techniques et managériales grâce à différents labels de qualité. Ainsi, les carreleurs peuvent obtenir le label 'Construction Quality Maître-carreleur' après avoir démontré, lors d'un audit administratif et technique, que leur entreprise dispose des compétences nécessaires pour assurer, en toute sécurité, un travail de qualité, respectueux de l'environnement et durable. Pour de plus amples informations à ce sujet, rendez-vous sur [www.constructionquality.be](http://www.constructionquality.be).

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



La mise en œuvre des revêtements de sol textiles fera prochainement l'objet d'une nouvelle Note d'information technique. Depuis 2013, nous vous livrons en primeur quelques éléments de celle-ci. Ainsi, un article a été consacré l'année dernière aux colles pour revêtements de sol textiles. Le présent article complète celui-ci en fournissant quelques informations relatives à la technique de pose par collage.

## Pose des revêtements de sol textiles par collage

Le choix de la colle ainsi que du type de revêtement de sol (lés ou dalles) détermine la technique de mise en œuvre à utiliser. Il convient de souligner que la technique de pose par collage, bien que courante, n'est pas exclusive parmi les différentes techniques de pose de revêtements de sol textiles qui seront détaillées dans la future NIT. Signalons également que la réception et l'acceptation du support par le donneur d'ordre avant tout travail de pose sont des aspects importants qui sont explicités dans la NIT 241.

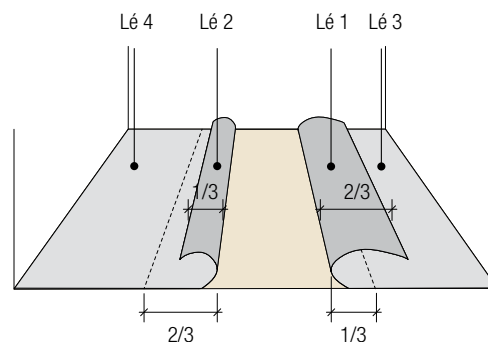
### Pose d'un revêtement de sol en lés

Avant d'appliquer un revêtement de sol en lés, certaines opérations préliminaires doivent être réalisées, à savoir :

- l'implantation : le plan de pose tient compte de l'orientation des lés, de l'orientation du couchant du velours (vers l'entrée principale de la pièce, mais opposée à la source principale de lumière incidente) et de la position des joints entre les lés (éviter les zones de trafic intense ainsi que les joints transversaux)
- le débitage des lés à des dimensions légèrement supérieures à celles du local à revêtir (prévoir au minimum 5 cm de matière en plus à la périphérie du local, et ce, selon la longueur et la largeur des lés)
- la coupe correcte des bandes : les joints des lés doivent être découpés sur place pour les abouter directement les uns contre les autres. Ceci est valable pour tous les types de revêtements de sol textiles, excepté pour le revêtement de sol tissé (ce dernier est pourvu de lisières qui sont découpées au préalable de manière à abouter les bords du revêtement).

Le collage est réalisé au moyen d'une colle en dispersion. La procédure de pose des revêtements en lés la plus courante consiste à rabattre deux lés sur les côtés longitudinaux, en commençant par les lés situés au milieu de la pièce (voir figure). Le lés à partir duquel on travaille (lé 1) est relevé sur environ 2/3

de sa largeur et le lés vers lequel on se dirige (lé 2) sur 1/3. La mise en œuvre (encollage et marouflage) est réalisée en se plaçant sur le lé 1 de manière à ce qu'il ne puisse pas glisser. Si nécessaire, la jointure entre les lés devra être rectifiée après marouflage. Une fois le premier raccord réalisé, la même procédure est appliquée pour les autres lés. La pose se poursuit en arasant le revêtement le long des murs et des plinthes.



Encollage des lés

Dans le cas de tapis non résistants aux coupures, les joints entre les lés peuvent constituer des discontinuités où un phénomène d'effilochage peut se manifester en cas de sollicitations importantes (poinçonnement, passage fréquent, ...). Il est possible de réduire ce risque en injectant dans le joint, après sa confection, une colle spéciale incolore permettant de solidariser les fibres à la lisière du joint. Le velours est ensuite redressé afin d'éviter tout défaut visuel.

### Pose d'un revêtement de sol en dalles

Afin de déterminer le calepinage, il faut tenir compte du sens de production des dalles. Celui-ci est généralement indiqué par des flèches imprimées ou en relief sur le dossier des dalles. Le fabricant mentionne sur ou dans son emballage les motifs de pose qui peuvent être utilisés avec son produit. Le poseur convient avec l'architecte ou le maître d'ouvrage du motif à appliquer.

Préalablement à la pose, il est nécessaire de tracer les axes de départ, le plus souvent situés au voisinage du milieu de la pièce. De plus, il faut veiller à ce que les morceaux de dalles longeant les murs ne soient pas trop petits (au minimum 10 cm). Si l'axe de départ est positionné à une distance équivalente à un multiple de la taille de la dalle, cette distance est diminuée de quelques centimètres afin de compenser d'éventuelles irrégularités du mur.

Les dalles sont maintenues en place à l'aide d'une colle *pick-up* qui permet de retirer et de replacer les dalles aisément. Cette technique est dès lors souvent utilisée pour la finition des planchers surélevés. La colle *pick-up* est essentielle pour s'opposer au déplacement latéral des dalles : d'une part, lors de la mise en œuvre (en constituant un calage provisoire après serrage contre les dalles déjà en place) et, d'autre part, sous l'effet du trafic ultérieur (notamment le roulage de sièges ou de petits chariots).

La colle *pick-up* doit être appliquée sur un support plan, sec et stable. Il est important, lors de la pose de dalles de tapis, d'attendre le séchage complet de la colle. Dans le cas contraire, l'adhérence des dalles serait permanente, rendant ainsi la dépose et la reposition ultérieures très difficiles.

Afin d'obtenir un résultat satisfaisant (en tenant compte des tolérances de fabrication et de mise en œuvre), il est absolument nécessaire que les dalles de tapis soient bien serrées.

Pour des dalles de tapis spécifiques comportant une finition particulière de la face inférieure, des prescriptions de pose différentes peuvent être établies par le fabricant.



Les installateurs de chauffage central, les architectes ou encore les bureaux d'étude ont fréquemment recours aux normes belges relatives au chauffage central. La publication régulière de normes européennes et la révision de certaines normes belges par le Bureau de normalisation (NBN) nécessitent toutefois de faire le point, de temps à autre, sur le sujet.

# Chauffage central à eau chaude : évolution de la normalisation

## Calcul des déperditions calorifiques des bâtiments

La norme NBN B 62-003 relative au calcul des déperditions calorifiques est assurément l'une des normes les plus connues des professionnels du chauffage central en Belgique. Elle est toutefois sur le point d'être remplacée par la norme européenne NBN EN 12831 dès que l'annexe nationale belge aura été publiée par le Bureau de normalisation. Cette annexe fait l'objet d'une enquête publique jusqu'au 22 octobre 2014; sa publication est donc attendue pour le début de l'année 2015.

Voici quelques-unes des principales modifications apportées par la norme NBN EN 12831 :

- le calcul plus détaillé des déperditions par transmission à travers le sol
- le calcul plus détaillé des déperditions par ventilation et la prise en compte de l'étanchéité à l'air des bâtiments
- le calcul systématique de la surpuissance de relance nécessaire pour atteindre la température intérieure nominale après une période durant laquelle le système de chauffage a moins fonctionné.

L'annexe nationale détermine quant à elle des données spécifiques à un pays et à son climat et qui n'ont donc pas pu être fixées au niveau européen. Il s'agit, par exemple :

- de la température extérieure de base
- des températures intérieures de base
- des températures des espaces ou bâtiments voisins
- des taux de renouvellement d'air des bâtiments.

Afin de faciliter la compréhension et l'application de la norme NBN EN 12831, le CSTC, l'ATIC et SECO ont rédigé un [guide pratique pour le calcul des déperditions calorifiques des bâtiments](#). Le CSTC a en outre procédé à

la traduction en néerlandais de la norme.

## Chaudières et conduits de fumée

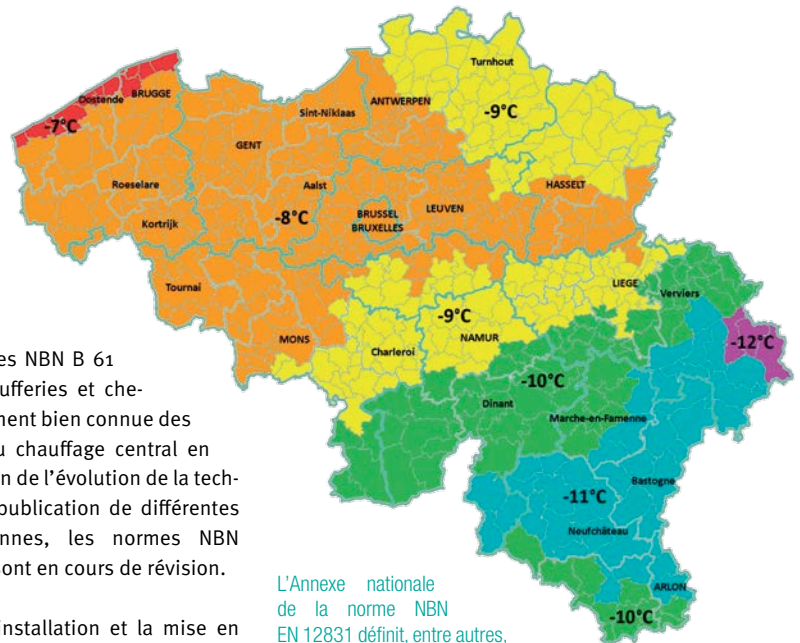
La série de normes NBN B 61 relatives aux chaudières et cheminées est également bien connue des professionnels du chauffage central en Belgique. En raison de l'évolution de la technologie et de la publication de différentes normes européennes, les normes NBN B 61-001 et -002 sont en cours de révision.

La conception, l'installation et la mise en œuvre des conduits de fumée sont désormais régies par la série de normes européennes NBN EN 15287. Les normes NBN B 61-001 et -002 ne traiteront donc normalement plus de ce sujet dans le futur. La ventilation des chaudières et la prise en compte des chaudières étanches devraient en outre être plus développées dans la version révisée de ces normes.

## Conception des systèmes de chauffage à eau

La norme NBN EN 12828 récemment révisée traite de la conception des systèmes de chauffage à eau. Il s'agit d'une norme moins connue qui mérite toutefois une attention particulière, car elle aborde des sujets très importants tels que :

- le dimensionnement des générateurs de chaleur
- la régulation et les dispositifs de sécurité
- le dimensionnement des vases d'expansion
- l'isolation thermique des tuyauteries



L'Annexe nationale de la norme NBN EN 12831 définit, entre autres, la température extérieure de base pour les différentes zones climatiques en Belgique (source : carte IGN 2001, légende CSTC)

- le dimensionnement des soupapes de sécurité.

Un aperçu plus détaillé des normes relatives au chauffage central est disponible sur notre site internet (rubrique 'Antenne Normes' > 'AN L'énergie et le climat intérieur').

Le [Guide pratique pour le calcul des déperditions calorifiques](#) et les normes citées dans cet article sont disponibles gratuitement sur notre site internet pour les membres du CSTC.

C. Delmotte, ir., chef du laboratoire  
Qualité de l'air et ventilation, CSTC

Article rédigé dans le cadre des activités de l'Antenne Normes 'Energie et climat intérieur' et avec le soutien financier du SPF Economie



La 'méthode du fluxmètre' permet de mesurer *in situ* le coefficient de transmission thermique (valeur U) des parois du bâtiment. Son utilisation requiert cependant le respect de conditions telles que définies dans la norme ISO 9869-1 récemment mise à jour.

Effectuer une telle mesure peut s'avérer utile lorsque l'on souhaite estimer les performances énergétiques réelles d'une paroi et/ou d'une technique particulière de mise en œuvre. Recourir à cette méthode peut également être intéressant lorsque la composition des parois est incertaine, en tenant compte toutefois de ses limitations.

Elle n'est cependant pas applicable en tant que technique de contrôle ou pour obtenir des données utilisables dans le contexte des réglementations PEB ou de la certification énergétique des bâtiments.

Précisons que cette méthode n'est, en aucun cas, destinée à se substituer au contrôle régulier et à la surveillance du chantier en matière de qualité de réalisation des travaux (en particulier en ce qui concerne la pose des isolants).

### Principe de base de la mesure

Le coefficient de transmission thermique (valeur U) d'une paroi ou d'un élément de construction caractérise le flux de chaleur que celle-ci/celui-ci laisse passer par mètre carré de surface (noté 'q' et exprimé en W/m<sup>2</sup>) pour une différence de température de 1 °K entre l'air intérieur (T<sub>i</sub>) et l'air extérieur (T<sub>e</sub>). Il est obtenu par la relation suivante :

$$U = q / (T_i - T_e) \quad [W/m^2K]$$

La valeur U est généralement déterminée par calcul sur la base de la composition de la paroi et des caractéristiques des matériaux (épaisseur et conductivité thermique). Cette approche par calcul est notamment adoptée dans le contexte des réglementations PEB. Il est également possible de me-

## Mesurer la valeur U *in situ* : est-ce fiable ?

sureur directement cette valeur U sur place : un capteur appelé 'fluxmètre' est placé sur la face intérieure de la paroi et mesure la densité de flux de chaleur (q) tandis que des capteurs de température mesurent les températures de surface intérieure et extérieure (voir figure). L'utilisation d'un fluxmètre est indispensable, les capteurs de température ne permettant pas à eux seuls la déduction d'une valeur U fiable.

### La mesure en pratique

La mesure de la valeur U *in situ* est encadrée par la norme ISO 9869-1 (2014) qui précise ses conditions d'application. Elle nécessite notamment que la paroi testée soit composée de couches (quasi) homogènes. La technique est délicate, voire parfois inapplicable pour des parois comportant une lame d'air ventilée (murs à coulisse, par exemple). Il est nécessaire de garantir que le flux thermique mesuré est bien unidimensionnel (perpendiculaire à la paroi). Dès lors, la mesure ne peut pas être effectuée au droit d'un pont thermique ou au voisinage de la jonction de deux éléments distincts de la paroi. Le fluxmètre et les capteurs de température ne doivent pas se trouver sous l'influence directe du système de chauffage, de refroidissement ou de ventilation. Ils doivent également être protégés du rayonnement solaire. Dès lors, on privilégiera, si possible, la mesure sur une paroi verticale d'orientation nord. L'utilisation d'un écran protecteur peut s'avérer nécessaire. Enfin, la mesure sera réalisée durant les périodes froides de l'année afin de bénéficier d'une différence de température la plus élevée possible au droit de la paroi.

La valeur U n'est pas obtenue instantanément : le flux thermique et les températures doivent être mesurés et enregistrés en continu pendant plusieurs jours, la valeur U étant alors déterminée sur la base de l'ensemble des données mesurées. La durée minimale de l'essai dépend de la nature de la paroi (lourde, légère, isolée ou non), des températures intérieure et extérieure et de la méthode utilisée pour l'analyse des données.

La mesure est plus complexe (imprécision de mesure) et plus longue pour une paroi lourde et fortement isolée thermiquement que pour une paroi légère et/ou peu isolée. Ainsi, la valeur U d'un vitrage, élément à faible inertie thermique, peut être obtenue en effectuant des mesures durant quelques nuits seulement. Dans ce cas, la mesure est simple, du fait de l'absence de déphasage entre le flux thermique et la différence de température. A l'inverse, des parois massives présentant une grande inertie thermique ont pour effet de retarder le flux de chaleur mesuré du côté intérieur. Il est alors possible que le flux augmente pendant que le gradient de température diminue et inversement. On peut traiter cette difficulté soit en allongeant la durée de la mesure jusqu'à deux semaines et plus, soit en utilisant des méthodes d'analyse dynamique des données. Un haut niveau d'isolation thermique de la paroi ou un faible gradient de température a pour effet de diminuer le flux thermique mesuré, ce qui contribue à augmenter l'incertitude de mesure.

### Conclusion

La technique du fluxmètre permet d'estimer *in situ* la valeur U de certaines parois à condition que les exigences évoquées dans cet article et dans la norme soient bien respectées. Les méthodes basées exclusivement sur des mesures de températures sans utilisation d'un fluxmètre ne sont pas appropriées pour déterminer une valeur U. Le même constat peut être fait pour les méthodes basées sur des mesures instantanées.

La précision de la mesure dépendra du type de paroi analysée, du choix des capteurs, de leur étalonnage, des conditions climatiques, des méthodes d'analyse des données, ... On peut estimer l'incertitude de mesure à ± 20 % (ordre de grandeur). Elle peut être plus réduite dans les cas favorables. |

G. Lethé, ir., chercheur, et G. Flamant, ir.,  
division Energie, CSTC





Si les entrepreneurs ont bien conscience de l'importance des frais généraux, ils ne savent pas toujours comment les calculer correctement, comment effectuer leur suivi ni comment les répartir. A cet égard, ils peuvent compter sur les collaborateurs de la division Gestion, qui se tiennent à leur disposition pour trouver des réponses adéquates à toutes leurs questions. L'article ci-dessous leur apportera déjà quelques éléments de réponse.

## Récupérer les frais généraux

On peut définir sommairement les frais généraux (ou frais indirects) comme des coûts inhérents à l'existence et à la structure de l'entreprise, peu importe le travail à effectuer. Ils ne sont pas directement liés aux projets, mais sont nécessaires au bon fonctionnement de l'entreprise. Ces frais couvrent notamment l'achat de fournitures de bureau, la rémunération du personnel administratif, la location des bureaux, les coûts du mobilier de bureau, les frais publicitaires, la facture du comptable, ...



### Identification

Le compte de résultats détaillé (issu de la comptabilité) donne un aperçu de l'ensemble des frais encourus par l'entreprise. Ceux-ci sont ensuite répartis entre les frais directs (frais de main-d'œuvre, de matériel, de sous-traitance et des machines) et les frais généraux ou frais indirects. En fonction de la manière dont l'entrepreneur gère son entreprise et, compte tenu des spécificités de celle-ci (calcul plus précis en fonction du temps alloué à chaque tâche), il est tout à fait possible qu'un certain coût comptable soit un coût direct pour l'entreprise A, alors qu'il est à considérer dans les frais indirects pour l'entreprise B. C'est par exemple le cas pour les camionnettes et les frais qui en découlent, pour les coûts liés aux entrepôts, aux magasins, aux chefs de projet ou aux auteurs de projet. En d'autres termes, la structure et l'approche 'projet' de l'entreprise constituent le point de départ le plus indiqué pour procéder à l'identification des frais généraux.

### Classification

Certains chefs d'entreprise ne voient pas l'utilité d'une classification et regroupent l'ensemble des frais généraux dans la même catégorie. D'autres préfèrent en revanche distinguer les frais généraux de l'entreprise de ceux de l'atelier et du chantier. D'autres encore répartissent les frais généraux en fonction de l'activité concernée. Si l'on opte pour cette solution, il est primordial de bien

étudier les clés de répartition (niveau du chiffre d'affaires, superficie de l'entrepôt en mètres carrés, nombre d'heures de travail facturées, par exemple).

### Budgétisation

Les frais généraux doivent être estimés pour l'exercice comptable suivant. Une surestimation gonflerait le prix de revient de manière excessive, tandis qu'une sous-estimation pourrait mettre l'entreprise dans l'incapacité de couvrir les frais généraux réels et diminuerait le bénéfice réalisé. L'entrepreneur se basera sur les frais généraux réels des années précédentes pour établir les budgets. Il peut, pour ce faire, recourir aux outils de budgétisation et de suivi issus de la comptabilité. Par ailleurs, la conjoncture et les perspectives économiques du secteur auront également un impact sur l'évaluation. L'évolution de l'entreprise joue également un rôle dans ce processus. Les plans d'extension, les investissements, les nouvelles embauches et autres seront donc à intégrer dans le budget.

### Récupération

Pour récupérer ces frais, on recommande d'utiliser des pourcentages sur frais directs. Comme expliqué précédemment, les frais directs d'une entreprise de construction

comprennent les coûts de main-d'œuvre, de matériel, de sous-traitance et des machines. Les pourcentages à utiliser diffèrent fortement d'une entreprise à l'autre, selon le type de coût direct, et peuvent même varier d'un projet à l'autre.

### Suivi

Afin de pouvoir réaliser un suivi correct des frais généraux prévus et de les ajuster si nécessaire, les frais réels devront être enregistrés régulièrement. Grâce à ce suivi, on disposera des informations indispensables à l'établissement du budget suivant. Il est, en outre, essentiel d'évaluer dans quelle mesure les frais généraux seront récupérés grâce à la facturation des projets. |

*Les collaborateurs de la division Gestion, qualité et techniques de l'information, CSTC*

### Contact

Si vous souhaitez mettre en pratique les principes généraux évoqués dans cet article, contactez nos collaborateurs de la division Gestion qui vous proposeront des conseils et des outils. Vous pouvez les joindre à l'adresse [gebe@bbri.be](mailto:gebe@bbri.be) ou au numéro 02/716.42.11.

La prise de conscience des dangers inhérents au changement climatique pousse de plus en plus d'entreprises et d'institutions de recherche à développer des technologies visant à réduire nos émissions de CO<sub>2</sub>. Afin de faciliter l'identification de ces technologies durables dans le nouveau système de classification des brevets, ou Classification coopérative des brevets (CPC), une section Y a été créée spécialement en vue de les regrouper.

# Classification Y pour les nouvelles technologies durables

Les multiples rapports alarmants publiés par le Groupe d'experts intergouvernemental des Nations Unies sur l'évolution du climat (GIEC) nous ont fait prendre conscience de l'importance de réduire les émissions de gaz à effet de serre générées par les activités humaines. L'adoption du protocole de Kyoto, en 1997, a envoyé un signal fort : le nombre de nouvelles demandes de brevets pour des technologies durables a grimpé en flèche, jusqu'à atteindre une moyenne de 40.000 demandes par an.

Ces brevets sont repris dans différents systèmes de classification (ancienne classification ECLA au niveau européen ou CIB au niveau international). Ces systèmes comprenant des milliers de catégories, il s'avère difficile de retrouver dans les bases de données les brevets portant sur les technologies durables. La nouvelle section Y du classement permet de remédier à ce problème.

Le 1<sup>er</sup> janvier 2013, un nouveau système de classification a vu le jour : la Classification coo-

pérative des brevets (CPC). En plus des huit sections existantes (A à H), il comporte une section Y qui rassemble les nouveaux développements technologiques. Celle-ci comprend la sous-catégorie Y02B dédiée aux technologies du bâtiment durables (systèmes d'éclairage, de chauffage ou de ventilation économes en énergie, gestion de l'énergie, applications TIC permettant de réduire la consommation énergétique des bâtiments et systèmes intégrés d'énergies renouvelables, ...).

La sous-catégorie Y02B est, elle aussi, subdivisée en différentes classes et sous-classes. Le tableau A ci-dessous en donne un exemple et indique le nombre de brevets répertoriés dans chaque classe.

Cette structure a été développée de façon détaillée, dans le but de permettre une recherche ciblée. Le tableau B reprend, à titre d'exemple, une partie de la structure utilisée pour les systèmes de chauffage économes en énergie.

On peut ainsi effectuer des recherches très

précises et obtenir des résultats pertinents. Dans la classe Y02B 30/00 reprenant les installations HVAC économes en énergie, on trouve plus de 31.000 brevets (nombreux d'entre eux ne correspondent pas à l'objet de la recherche). Si l'on affine la requête jusqu'à la sous-classe Y02B 30/102, on réduit les résultats à 1.500 brevets relatifs à des chaudières à condensation.

Outre ces catégories, on peut utiliser des mots-clés ou d'autres critères de recherche (date de publication, inventeur ou titulaire du brevet) afin de restreindre encore davantage le champ d'investigation. Pour de plus amples informations sur le sujet, le lecteur pourra consulter la version intégrale de cet article, qui propose un guide pratique pour la recherche électronique de technologies du bâtiment durables sur la base de la classification Y, ou contacter la Cellule Brevets du CSTC à l'adresse [brevet@bbri.be](mailto:brevet@bbri.be).

R. Decuyper, ir., chercheur, laboratoire Développement durable, CSTC

Article élaboré en collaboration avec la Cellule Brevets

## A | Exemple de structure de la catégorie Y02B (traduction libre)

Y02B	Description	Informations	# brevets
Y02B 10/00	Intégration des énergies renouvelables dans les bâtiments	Énergies solaire et éolienne, géothermie, applications destinées aux utilisateurs finaux des bâtiments et des habitations	29.595
Y02B 20/00	Technologies d'éclairage économes en énergie	Mesures d'économie d'énergie pour les technologies conventionnelles (lampes à incandescence, par exemple), mais aussi développements technologiques efficaces (lampes LED, par exemple) pour l'éclairage d'ambiance	28.994
Y02B 30/00	Systèmes de chauffage, de ventilation ou de climatisation (HVAC) économes en énergie	Technologies HVAC et stratégies de contrôle et de commande permettant d'accroître l'efficacité (pompes à chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire, ballons de stockage à hautes performances, régulateurs efficaces, systèmes de récupération de chaleur, par exemple)	31.256

## B | Exemple de structure de la sous-catégorie Y02B 30/00 : systèmes de chauffage économes en énergie (traduction libre)

Y02B 30/00	Systèmes de chauffage, de ventilation ou de climatisation économes en énergie (HVAC)
Y02B 30/08	• Chauffage des bâtiments, des locaux ou de l'eau chaude sanitaire ou systèmes de distribution
Y02B 30/10	• Utilisant un ballon de stockage
Y02B 30/102	• Chaudières à condensation
Y02 B 30/104	– Air comburant humidifié à l'aide du condensat des produits de combustion
Y02B 30/106	– Condensat extrait de l'appareil à combustion

Disponible sur [www.cstc.be](http://www.cstc.be)

### Les Dossiers du CSTC

- 2013/04.12** Conduits de fumée collectifs à tirage naturel. Sécurisation par extraction mécanique.
- 2013/04.13** Construire passif et durable : le projet pilote Ecooffice.
- 2014/02.08** Contexte normatif pour les enduits intérieurs.
- 2014/02.09** Nouvelle réglementation relative aux émissions des revêtements de sol et de leurs colles.
- 2014/02.11** Entretien des systèmes de ventilation.
- 2014/02.12** En attente d'eau chaude.
- 2014/02.15** Des bétons prêts à l'emploi innovants. Partie 1 : le béton à base de granulats recyclés.
- 2014/02.16** Des bétons prêts à l'emploi innovants. Partie 2 : le béton renforcé de fibres.
- 2014/02.17** Des bétons prêts à l'emploi innovants. Partie 3 : le béton autocompactant.
- 2014/03.02** Comment augmenter la capacité de stockage thermique des bâtiments ?
- 2014/03.04** Tolérances relatives aux parois finies constituées de blocs de plâtre.
- 2014/03.14** Protections solaires textiles : voir sans être vu.

## Bientôt disponible



La **NIT 252** 'L'humidité dans les constructions – Particularités de l'humidité ascensionnelle' remplace la NIT 210 et vise à offrir aux professionnels une aide encore plus complète pour l'élaboration d'un diagnostic de l'humidité dans un bâtiment ainsi que pour le choix et la mise en œuvre d'une technique d'intervention. Ce document accorde une attention particulière à la technique de blocage de l'humidité ascensionnelle par injection de produit hydrophobe.



Offrant une réponse aux besoins croissants en aires de stationnement, les toitures-parkings ne font cependant l'objet d'aucune directive récente. La **NIT 253**, scindée en deux tomes, décrit les systèmes de toitures-parkings destinés aux véhicules légers. Ce premier tome traite plus particulièrement des charges sollicitantes, des principes de conception et de la composition des toitures-parkings. Il formule également des recommandations quant aux couches constitutives et à leur mise en œuvre.

### 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](http://www.cstc.be))
- sous forme imprimée et sur clé USB.

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

### Formations

- Pour plus d'informations au sujet des formations, contactez J.-P. Ginsberg par téléphone (02/625.77.11), par fax (02/655.79.74) ou par e-mail ([info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)).
- Lien utile : [www.cstc.be](http://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](http://www.cstc.be)

## Recherche • Développe • Informe

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

### Recherche et innovation

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

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

### Développement, normalisation, certification et agréation

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

### Diffusion du savoir et soutien aux entreprises

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

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

### SIÈGE SOCIAL

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

### BUREAUX

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

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

### STATION EXPÉRIMENTALE

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

- recherche et innovation
- formation
- bibliothèque

### CENTRE DE DÉMONSTRATION ET D'INFORMATION

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

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

### BRUSSELS MEETING CENTRE

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