



cstc.be
Recherche • Développe • Informe

Contact

UNE ÉDITION DU CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION

2014/1

Nouvelles exigences... nouveaux risques !



**Un moment
charnière pour
la pathologie
du bâtiment ?**

p3

**Utilisation
de l'eau de
pluie dans les
bâtiments**

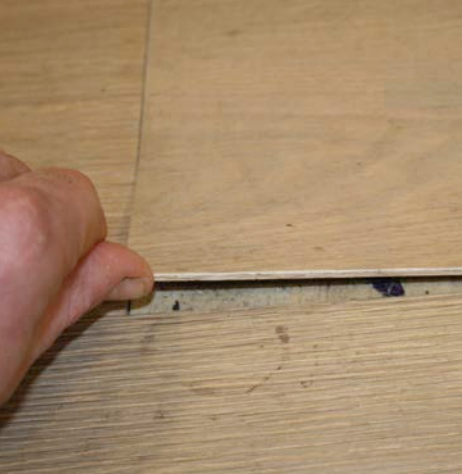
p9

**Pieds de mur
étanches
à l'eau**

p18

**Nouveaux
points d'attention
concernant les
ETICS**

p21



Sommaire 2014/1

Un moment charnière pour la pathologie du bâtiment ?..... 3

Plus grands, plus minces, plus sains : quelles conséquences pour l'entrepreneur ? 6

Utilisation de l'eau de pluie 9

Du gros œuvre à la finition : évolution des matériaux et de leurs caractéristiques 12

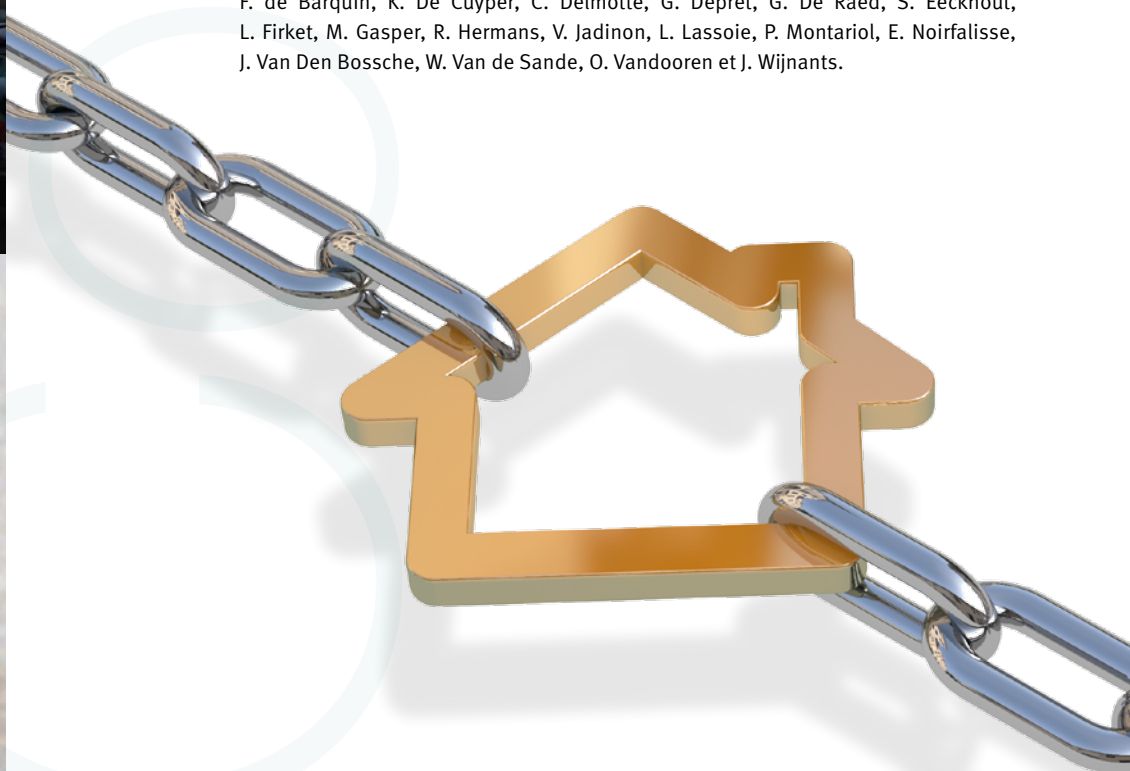
Problèmes d'humidité à l'interface entre la menuiserie et le gros œuvre 15

Les pieds de mur étanches à l'eau et bien isolés, mais aussi accessibles pour tous 18

Enduits extérieurs sur isolant : nouveaux points d'attention ! 21

Des chaudières modernes qui consomment moins et qui prennent moins de place engendrent-elles moins de problèmes ? 24

Ont participé à la réalisation de cette édition spéciale : A. Acke, C. Arts, F. Caluwaerts, F. de Barquin, K. De Cuyper, C. Delmotte, G. Depret, G. De Raed, S. Eeckhout, L. Firket, M. Gasper, R. Hermans, V. Jadinon, L. Lassoie, P. Montariol, E. Noirfalisie, J. Van Den Bossche, W. Van de Sande, O. Vandooren et J. Wijnants.



Un moment charnière pour la pathologie du bâtiment ?

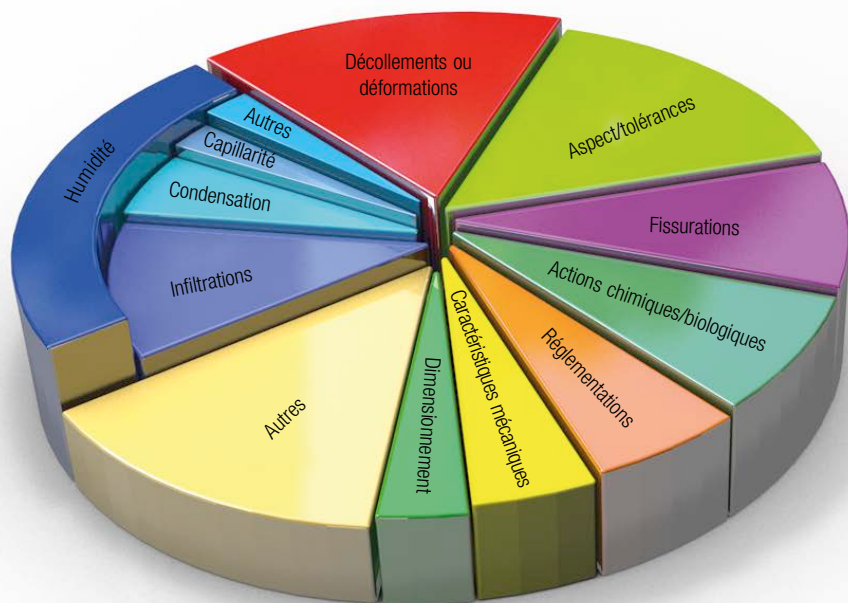
La pathologie du bâtiment au service de l'innovation

Nous avons la chance de pouvoir aujourd'hui encore contempler nombre de bâtiments historiques qui ont résisté à l'épreuve du temps. C'est à juste titre que des peuples tels que les Romains sont admirés pour leurs connaissances des techniques constructives et pour leur sens de l'organisation. Après la lecture de ce CSTC-Contact, vous comprendrez qu'à l'heure actuelle, ces compétences sont plus sollicitées que jamais et restent essentielles à la qualité des ouvrages modernes.

Pas plus qu'à l'époque, les ouvrages de construction ne sont exempts de défauts qui, parfois, peuvent occasionner des dégâts au bâtiment. Ces dégâts doivent toujours faire l'objet d'un diagnostic fouillé, afin de pouvoir entreprendre des réparations efficaces et tirer les enseignements qui s'imposent. On peut donc affirmer que l'étude des pathologies du bâtiment est particulièrement enrichissante. Elle constitue, en outre, un terrain propice au développement de produits et de systèmes innovants, capables non seulement d'enrayer certains désordres, mais aussi, de par leur mode de conception, de répondre directement aux préoccupations des professionnels.

Véritable forum d'information pour le professionnel de la construction, le département Avis techniques et consultance (TAC) du CSTC suit de près l'évolution du secteur; ses collaborateurs sont donc parfaitement au fait des difficultés rencontrées au quotidien par les divers corps de métier. Le diagramme ci-dessus, établi sur la base des avis écrits délivrés aux professionnels de la construction, illustre la nature des questions soumises au département en 2011 et 2012.

Il ressort très clairement que l'humidité est toujours l'ennemi public numéro un du secteur. Notre pays n'étant pas à l'abri des caprices du climat, il y a tout lieu de croire que la lutte contre l'humidité demeurera un



Nature des questions auxquelles le département TAC a répondu par écrit en 2011 et 2012

enjeu de taille au cours de la décennie à venir, d'autant plus que les mesures visant à améliorer l'accessibilité de nos bâtiments se multiplient (abaissement considérable des seuils et des rebords) et que l'on envisage désormais de bâtir également en zone humide.

Le deuxième type de questions récurrent porte sur le décollement des matériaux et éléments de construction, et ce, malgré le recours à des adhésifs de haute qualité. Le problème peut s'expliquer en partie par la réduction constante des délais de construction, qui diminue encore le laps de temps entre la fin des travaux de gros œuvre et la pose des finitions. Ainsi, les nouveaux adhésifs aux performances améliorées doivent aussi pouvoir résister immédiatement à des contraintes résiduelles plus importantes (dus au retrait résiduel du support, par exemple) pour lesquelles ils n'ont pas forcément été conçus. Dans ce cas précis, le progrès accompli sur le plan des propriétés des

matériaux ne s'est malheureusement pas traduit par une diminution du nombre des désordres liés au décollement. La tendance à accélérer les travaux de construction n'étant probablement pas prête de s'inverser, il sera nécessaire de développer, outre des adhésifs à hautes performances, des solutions innovantes permettant de réduire au maximum les contraintes résiduelles.

Les évolutions synonymes de nouvelles pathologies

Les défis sociétaux de ces dernières années ont induit de profondes mutations du processus de construction dans son ensemble. Diverses réglementations ont d'ores et déjà été adaptées. Cette évolution s'accroîtra sans aucun doute encore au cours de la prochaine décennie. On peut dès lors s'attendre à ce que la conception et l'exécution des ouvrages subissent de nouvelles modifications significatives et à ce que de nouveaux

désordres apparaissent en raison de la complexification du processus de construction.

Les ingénieurs du département TAC ont pris conscience depuis longtemps déjà que les pathologies du bâtiment étaient en pleine évolution. Nous avons en effet constaté que l'éventail de mots-clés utilisés pour élaborer nos statistiques ne suffisait plus à classer l'ensemble des questions posées. Cette situation était notamment due au caractère assez récent des thèmes abordés, tels que la réutilisation de l'eau de pluie à des fins domestiques ou l'emploi de sources d'énergie renouvelables, qui n'étaient pas ou peu traités il y a quelques années. Nous avons donc décidé en 2013 d'élargir notre liste de mots-clés, afin de mieux répertorier les dossiers entrants. Des changements thématiques aussi radicaux semblent présager un moment charnière pour la pathologie du bâtiment.

Ces constatations nous ont incités à consacrer ce CSTC-Contact thématique non pas aux pathologies du bâtiment les plus récurrentes ou 'classiques', mais plutôt aux évolutions récentes. Dans ce numéro, nous portons une attention particulière aux pathologies qui se présentent à l'heure actuelle ou – mieux encore – aux risques que les professionnels devront considérer à l'avenir. Même si elle relève désormais du cliché, notre devise est et reste : 'Mieux vaut prévenir que guérir !'.

Il va de soi que ces évolutions impliquent également d'importantes modifications de fond pour les sept exigences essentielles imposées par le règlement européen sur les produits de construction, à savoir :

- résistance mécanique et stabilité
- sécurité en cas d'incendie
- hygiène, santé et environnement
- sécurité d'utilisation et accessibilité
- protection contre le bruit
- économie d'énergie et isolation thermique
- utilisation durable des ressources naturelles.

Les adaptations de ces exigences influenceront inévitablement nos modes de construction et impliqueront par conséquent de nouveaux risques.

Pathologies récentes et défis à venir

Il ne fait plus aucun doute que notre climat est en plein bouleversement. Le rapport

d'évaluation du 'Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat' (GIEC) du 27 septembre 2013 a confirmé une fois de plus le changement climatique global. Nous prenons non seulement conscience de ces évolutions climatiques par les médias, mais nous en subissons aussi régulièrement les conséquences. Songeons, par exemple, aux hivers rigoureux des années récentes, au cours desquels les accumulations de neige prolongées ont entraîné effondrements de toitures et arrachages de gouttières.

De nos jours, les toitures sont devenues de vraies petites centrales d'énergie verte. Puisque les tempêtes seront de plus en plus fréquentes à l'avenir, nous devons veiller dès aujourd'hui à ce que les installations comportant des panneaux solaires soient correctement fixées et/ou lestées. Pour l'instant, les normes en vigueur n'offrent pas de réponse optimale à cette question. Pourtant, une sous-estimation de la charge du vent peut provoquer d'importants dégâts matériels ou, pire encore, la perte de vies humaines. De nouvelles règles de calcul seront donc nécessaires, afin de pallier ce problème.

L'augmentation des épaisseurs d'isolant dans les façades et les autres éléments de l'enveloppe du bâtiment nécessite de revoir la position des menuiseries afin d'éviter les pertes de chaleur et le développement de moisissures à la jonction avec le gros œuvre. Il faut bien être conscient du fait que la pose des menuiseries en porte-à-faux par rapport à la façade aura un impact non négligeable sur le dimensionnement des ancrages destinés à transmettre les contraintes (charges dues au poids propre et au vent) à la structure portante (voir p. 15-17).

L'aspect physique du bâtiment n'est pas le seul à avoir de l'importance pour les pieds de mur : ceux-ci doivent également être étudiés en termes de résistance mécanique et de stabilité. Ainsi, par exemple, en l'absence d'élément isolant suffisamment incompressible pour assurer la continuité entre l'isolation du plancher et celle de la façade, il n'est pas rare que l'on prolonge l'isolation de cette dernière dans le sous-sol, afin que la longueur du 'chemin de moindre résistance thermique' soit au moins égale à 1 m. Dans ce cas, il convient de prendre aussi en compte la charge horizontale exercée par le sol adjacent (éventuellement renforcée par la circulation environnante). Afin d'opposer une résistance à cette charge, on remplit

complètement la partie inférieure de la coulisse de panneaux isolants incompressibles résistant à l'humidité qui empêchent que le bas de la maçonnerie de parement soit repoussé vers l'intérieur (voir p. 18-20).

Dans les bâtiments où une étanchéité à l'air très élevée est exigée, on opte parfois pour des hottes de cuisine à recirculation. Toutefois, lorsque l'aération des locaux est inadéquate, l'humidité relative de l'air peut rester élevée pendant de longues périodes, ce qui cause un développement massif de moisissures, et ce, même si aucune condensation superficielle n'apparaît. Autrement dit, une évacuation rapide des vapeurs produites reste indispensable.

Dans un autre contexte, il est primordial de trouver un compromis entre l'étanchéité à l'air des bâtiments et l'émission de composés organiques volatils (COV) susceptibles de nuire à la santé des occupants. Cet équilibre peut notamment être atteint grâce à une ventilation appropriée et contrôlée.

La réglementation européenne sur la réduction des émissions de COV a incité les fabricants à développer des peintures et des colles essentiellement composées d'eau, qui présentent de ce fait des propriétés différentes. Ces nouvelles compositions ont notamment une incidence sur la préparation



du support, sur les conditions d'application et de séchage des produits ainsi que sur les performances obtenues. Dans un premier temps, ce changement d'habitudes ne manquera pas de susciter des discussions sur chantier (voir p. 6-8). 

La nécessité d'une gestion optimale de l'eau de pluie se ressent de plus en plus dans l'utilisation que l'on en fait à l'intérieur des habitations. Cette évolution requiert non seulement une séparation permanente et complète par rapport au réseau de distribution d'eau potable, mais également une bonne conception du système de stockage et de distribution (voir p. 9-11). 

La qualité de l'air extérieur est, elle aussi, au cœur des préoccupations. Ainsi, de nombreuses grandes villes prennent des mesures visant à limiter la pollution de l'air. Londres et Paris, par exemple, ont interdit l'utilisation des feux ouverts à cause de leurs émissions de particules fines.

Avec l'accroissement du niveau d'exposition au bruit extérieur (intensification du trafic, forte densité de population, ...), nous sommes nombreux à apprécier les quelques moments de calme. Il est d'ailleurs prouvé qu'un bon confort acoustique a un impact très positif sur notre santé et notre productivité. Il n'est dès lors pas étonnant que le

nombre de mesures visant à améliorer le confort acoustique soit en hausse, *a fortiori* à l'heure où les logements à deux ou trois façades sont très en vogue de par leur compacité énergétique, mais aussi en raison de la pénurie de terrains à prix abordable. Afin d'améliorer le confort acoustique, on intègre de plus en plus des couches résilientes dans les éléments et les nœuds constructifs, ce qui a pour effet de limiter la transmission du bruit. L'avènement du 'mur flottant', après celui de la chape flottante, impose à présent de repenser la stabilité de la structure.

Même si la chape flottante est d'un usage courant aujourd'hui, nous constatons qu'elle donne encore régulièrement lieu à des discussions sur chantier. C'est pourquoi nous conseillons non seulement de choisir et de poser le matériau isolant avec minutie, mais aussi de veiller au bon compactage du mortier pour accroître sa résistance mécanique (voir p. 12-14). 

Les installations de chauffage actuelles comportent des chaudières compactes à très haut rendement. Afin de leur assurer un bon fonctionnement, un rendement élevé et une longue durée de vie, il y a lieu d'éviter qu'elles ne soient le siège de la formation de dépôts; la qualité de l'eau de remplissage est par conséquent primordiale (voir p. 24-26). 

A l'avenir, nos besoins en énergies renouvelables seront croissants. Il ne faut pas perdre de vue le fait que les installations liées à la production de ces énergies gagneront en complexité et que leur réglage et leur entretien détermineront ainsi encore davantage l'efficacité de leur fonctionnement.

Les risques auxquels seront exposés les bâtiments ne découleront pas seulement de l'évolution des exigences essentielles imposées aux bâtiments, mais aussi d'une série de paramètres qui influencent le processus de construction tels que (voir p. 6-8) :

- les goûts et les tendances du marché (carrelage de très grand format incitant le carreleur à appliquer des techniques de mise en œuvre proches de celles d'un entrepreneur de vitrerie, par exemple)
- les aspects économiques (délais d'exécution toujours plus serrés, complexification du processus de construction nécessitant une gestion et une organisation appropriées, recherche de matériaux de qualité à prix abordable, ...)

- l'utilisation de plus en plus fréquente de matériaux, de systèmes et de techniques innovants qui requièrent parfois un certain investissement en temps et en argent avant de pouvoir tirer pleinement profit de leurs atouts et de leurs avantages.

Il ressort clairement du diagramme de la page 3 que les maîtres d'ouvrage sont sensibles à l'aspect esthétique des finitions. Il est donc essentiel de bien les informer au préalable sur les performances et les caractéristiques des matériaux choisis, de manière à ce qu'ils formulent des desiderata réalistes. Si un maître d'ouvrage accepte, à juste titre, que la formation temporaire de condensation par surrefroidissement à la surface extérieure de son double ou triple vitrage performant résulte du haut degré d'isolation de ce dernier, il tolère en général moins facilement le marquage des rosaces de fixation dans le revêtement de façade d'un système d'isolation par l'extérieur. L'article publié en pages 21 à 23  propose quelques mesures de prévention permettant de maîtriser ce phénomène.

Vers un avenir sans dégâts au bâtiment ?

Tous les partenaires à l'acte de bâtir doivent unir leurs efforts pour réaliser des ouvrages durables et abordables grâce à une conception mûrement réfléchie, des matériaux de qualité supérieure, une exécution soignée des travaux ainsi qu'une utilisation et un entretien appropriés du bâtiment.

Chacun s'efforcera en outre de limiter les risques de désordres et de litiges, afin d'éviter non seulement le préjudice d'image, mais également les pertes financières qui en découlent.

Ce CSTC-Contact thématique entièrement dédié aux nouvelles formes de pathologies du bâtiment a pour but principal, en suscitant votre curiosité professionnelle, de vous mettre en garde contre les risques inhérents à votre activité. Dans les articles qui suivent, nous nous concentrerons avant tout sur la manifestation des désordres les plus récents, les principaux défis à venir et les mesures de prévention qui peuvent être prises.

Nous espérons tous secrètement que nos lointains descendants pourront être fiers des ouvrages que nous réaliserons aujourd'hui et demain. 



Les tendances et modes actuelles ont amené le secteur à mettre sur le marché des produits de revêtements de sol durs aux dimensions de plus en plus grandes et de plus faible épaisseur. Toutefois, si des exigences particulières en matière de tolérances, d'encollage et de délais d'exécution ne sont pas suivies, des risques de décollement et/ou de son creux peuvent se présenter au sein des revêtements mis en œuvre. Ces choix de produits nécessitent dès lors de faire appel à une main-d'œuvre qualifiée et d'assurer une bonne gestion du planning et une bonne coordination des travaux pour garantir des délais de séchage suffisants. L'évolution des réglementations peut également modifier les habitudes. Il est ainsi fait de plus en plus usage de peintures dites 'à faible teneur en COV', dont l'application peut néanmoins s'accompagner de difficultés.

Plus grands, plus minces, plus sains : quelles conséquences pour l'entrepreneur ?

1 'Son creux' et décollement des sols carrelés

Il importe tout d'abord de faire une distinction entre, d'une part, un phénomène de décollement concernant généralement un ensemble de plusieurs carreaux au droit desquels un son creux peut être perçu – le plus souvent accompagné d'un crissement sous le pas et d'une dégradation des joints avoisinants – et, d'autre part, un phénomène de son creux localisé ne concernant que certains carreaux ou parties de carreaux. Celui-ci, qui peut être dû à la présence de zones sans contact avec le mortier ou le mortier-colle et n'a généralement aucune incidence sur la pérennité de l'ouvrage pour des sollicitations normales et des produits d'épaisseur suffisante.

1.1 'Son creux' au sein des revêtements de sol carrelés

Si le revêtement rend un son creux lors de la percussion de la surface au moyen d'un objet dur et que ce son creux concerne la totalité de plusieurs carreaux juxtaposés, il y a de fortes présomptions pour que ceux-ci soient entièrement décollés et qu'ils se détériorent à plus ou moins brève échéance (voir § 1.2). Par contre, si le son creux ne concerne qu'une partie de certains carreaux et ne s'accompagne pas d'une dégradation des joints, le son rendu résulte plutôt d'une discontinuité locale entre le carrelage et le produit de collage (occlusion d'air lors de la pose, par exemple). Il suffit, en effet, qu'une petite zone d'un carreau ne soit pas parfaitement en contact avec le mortier-colle utilisé pour que le son rendu soit différent, alors que la partie adhérente peut être largement suffisante pour assurer la tenue du carreau dans le temps. Ce phénomène peut

Classe de planéité à prescrire pour les chapes selon le format des carreaux

Tolérance de planéité sous une règle de 2 m	
Carreaux de petit format	Carreaux de grand et de très grand format (*)
Classe 2 (exécution normale) : 4 mm	Classe 1 (exécution sévère) : 3 mm
(*) Les définitions suivantes sont d'application pour les carreaux de grand et de très grand format (L : longueur, l : largeur) :	
- grand format : $30\text{ cm} \leq L \leq 60\text{ cm}$ ou $30\text{ cm} \leq l \leq 60\text{ cm}$ - très grand format : $60\text{ cm} \leq L \leq 100\text{ cm}$ ou $60\text{ cm} \leq l \leq 100\text{ cm}$.	

être lié au manque de planéité du support et/ou du carreau, donnant lieu dès lors à un contact imparfait entre le revêtement et le support. Dans ce contexte, signalons que plus le format des carreaux est grand, plus le risque est élevé de percevoir un son creux local lors de la percussion de la surface.

Le choix du mortier-colle ou de la colle peut également avoir son importance dans la mesure où les carreaux céramiques actuels sont souvent très peu poreux et que le produit de collage appliqué au milieu du carreau ne sèche pas toujours correctement lorsque ce dernier est de grandes dimensions. Dans ce cas, l'humidité présente dans le mortier-colle ou la colle a un long trajet à

parcourir avant d'atteindre les joints et peut ainsi compromettre l'adhérence optimale sur toute la surface du carreau en raison de performances mécaniques moindres du produit d'adhérence en partie centrale.

Pour la pose de carreaux de grand format, voire de très grand format, il est donc important de veiller à ce que le donneur d'ordre prescrive pour le support une classe de planéité réservée aux exécutions sévères (voir tableau ci-dessus). Dans ce cas, la technique du double encollage ainsi que le choix d'un produit de collage à durcissement rapide devraient également être privilégiés.

Notons enfin qu'un son creux ne doit pas être



1 et 2 | Fissuration et dégradation par poinçonnement d'un carreau de très grand format et de très faible épaisseur (à gauche) en raison d'un encollage insuffisant (à droite)



3 | Soulèvement de carrelage sur chape durcie

considéré comme une raison suffisante pour refuser un carrelage, sauf s'il est accompagné d'autres défauts, tels que le décollement de carreaux ou la dégradation des joints.

L'utilisation de carreaux dont la superficie peut atteindre, voire dépasser, le mètre carré et l'épaisseur être réduite à 3 mm, peut engendrer des problèmes de fissuration et de dégradation par poinçonnement si la surface d'encollage n'est pas totale (notamment au droit des bords des carreaux) (voir figures 1 et 2). Il est en effet difficile de garantir une adhérence sur toute la surface des carreaux, même si on a recours à un double encollage. C'est vraisemblablement pour cette raison que les fabricants indiquent que certains de leurs produits ne sont pas adaptés si de lourdes charges très concentrées sont prévues (supermarchés, magasins, aéroports, halls d'hôtel, ...).

L'examen de plusieurs phénomènes de ce type nous pousse néanmoins à signaler que ces problèmes peuvent néanmoins se manifester dans des locaux présentant des niveaux de sollicitations moindres, notamment les pièces de séjour d'une maison d'habitation.

1.2 Décollement des revêtements de sol carrelés

Comme signalé précédemment, lorsque le son creux est généralisé à un ensemble de plusieurs carreaux voisins, on peut alors considérer qu'il s'agit d'un décollement du revêtement carrelé. Celui-ci résulte le plus souvent de la présence de tensions entre le revêtement et son support, ces tensions dépassant l'adhérence du carrelage au mortier-colle ou du mortier-colle au substrat si

le plan de décollement se situe à ce niveau.

Les problèmes de décollement de revêtements carrelés parfois accompagnés d'un soulèvement (voir figure 3) peuvent être attribués à une sollicitation par cisaillement à l'interface entre le carrelage et son support. L'origine de ces tensions de cisaillement résulte bien souvent d'une combinaison de facteurs tels que :

- le retrait hydraulique du support à base de ciment
- les variations dimensionnelles différentielles d'origine thermique au sein du complexe carrelé
- une éventuelle diminution de l'adhérence des carreaux au support.

Si les problèmes de décollement et de soulèvement des carrelages de sol ont déjà fait l'objet de diverses publications explicitant davantage les causes de ces pathologies, certaines tendances actuelles peuvent favoriser ce type de désordres, notamment :

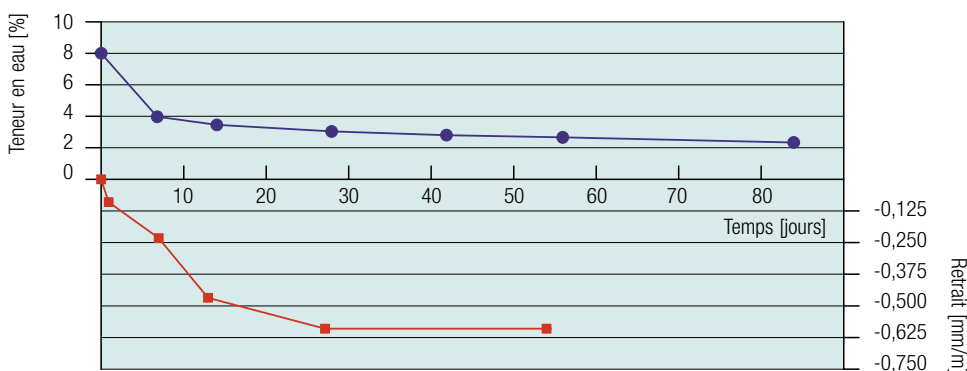
- la quasi généralisation de la technique des chapes flottantes
- des délais d'exécution bien souvent de

plus en plus rapides

- le choix de mettre en œuvre des carreaux de grand et très grand format.

Concernant les délais d'exécution, signaux qu'en cas de pose sur chape durcie (flottante et/ou adhérente), des recherches menées au CSTC ont confirmé qu'il est nécessaire, pour limiter les contraintes dues au retrait de la chape, de respecter scrupuleusement les temps d'attente nécessaires pour la pose du revêtement. Pour des chapes de composition traditionnelle séchant dans des conditions normales, il est conseillé d'attendre autant de semaines que la chape compte de centimètres d'épaisseur, avec un minimum de 28 jours (voir figure 4).

S'il arrive que l'on choisisse de mettre en œuvre des chapes à durcissement rapide ou à base d'anhydrite pour raccourcir les délais d'exécution ou pour obtenir de meilleures caractéristiques mécaniques, il n'est pas rare d'observer également des problèmes de décollement des carreaux. Ceux-ci surviennent plus particulièrement lorsque le carrelage est posé sur une chape à base d'anhydrite qui n'a pas eu le temps de sécher complètement (voir figures 5 et 6, p. 8). Les chapes à base d'anhydrite étant sensibles à l'humidité, elles doivent par conséquent faire l'objet d'un séchage normal (ambiance sèche) et il y a lieu d'éviter toute humidification répétée ou prolongée après leur séchage. Si tel n'est pas le cas, les caractéristiques mécaniques prévues ne seront pas atteintes. Une dégradation du mortier-colle est également possible si ce dernier est à base de ciment. Sous l'influence de l'humidité, il y a en effet lieu de craindre la formation d'ettringite secondaire (sulfoaluminate de calcium hydraté) par réaction entre le sulfate de calcium (de la chape) et les aluminates tricalciques



4 | Evolution du retrait et de la teneur en eau (mesurée par séchage en étuve à 105 °C) dans une chape à base de ciment séchant dans une ambiance à 20 °C et avec 60 % d'humidité relative



5 et 6 | Décollement d'un carrelage sur chape anhydrite

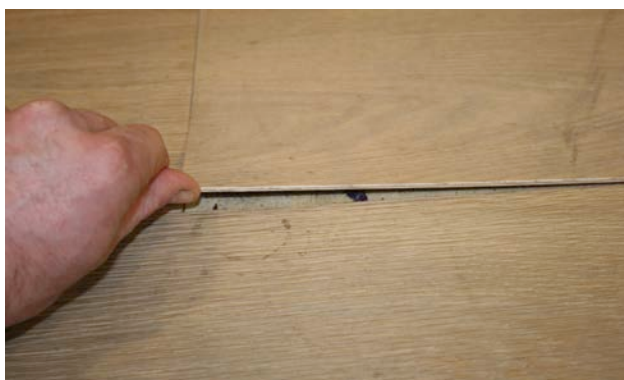
1. Carreau décollé depuis quelque jours
2. Carreau venant d'être dégagé

(provenant du ciment contenu dans les mortiers-colle traditionnels).

Pour éviter pareille situation, il est recommandé, pour la pose de carreaux céramiques sur une chape à base d'anhydrite, de veiller à ce que cette dernière ait un taux d'humidité en masse de 0,5 % maximum (mesure effectuée au moyen d'une bombe à carbure). Toutefois, cette condition ne permet généralement pas de gagner beaucoup de temps au niveau des délais d'exécution.

2 Décollement de la couche de bois noble des parquets contrecollés

Bien que le parquet contrecollé (qui représente actuellement près de 75 % de part du marché au niveau européen) soit souvent préféré au parquet massif en raison de sa plus grande stabilité dimensionnelle, de nombreux professionnels du secteur sont confrontés à des problèmes de décollement de la couche de bois noble (voir figure 7). Ce phénomène est généralement impossible à prédire avant la pose des lames du parquet.



7 | Décollement de la couche de bois noble d'un parquet contrecollé

L'origine du phénomène doit bien souvent être recherchée au niveau de la qualité du collage et/ou de la colle utilisée. La pression et les temps d'attente lors du pressage des éléments, la quantité et la répartition de la colle appliquée, le taux d'humidité des éléments lors de la fabrication des lames ainsi que le maintien d'un climat intérieur fort sec en période hivernale après la pose du parquet, sont différents paramètres pouvant intervenir dans l'explication de ce type de pathologie.

Pour éviter ces problèmes de décollement, il est impératif d'effectuer un collage suffisant et performant, et ce, tant entre la couche de bois noble et l'âme sous-jacente qu'au sein du panneau multicouche. Malheureusement, au niveau européen, il n'existe actuellement pas de critères de qualité d'encollage permettant aux fabricants d'attester les performances de leur produit.

3 Aspect des peintures dites 'à faible teneur en COV'

Depuis 2010, une directive européenne sur la teneur en COV (composés organiques volatils) des peintures incite les fabricants à réduire de manière très importante la teneur en solvant de leurs produits. Depuis peu, des obligations en France et différents labels environnementaux présents sur le marché en Europe accroissent encore cette pression en limitant davantage

les émissions de COV. Si cette évolution constitue, sans aucun doute, une plus-value pour la qualité de l'air intérieur de nos bâtiments et donc pour la santé des occupants et des applicateurs de ces peintures, l'application des peintures s'accompagne néanmoins de difficultés.

Plusieurs entreprises nous ont, en effet, signalé que, dans certaines conditions de séchage, il était parfois très difficile d'éviter les défauts de reprise. Ceux-ci se manifestent essentiellement par temps relativement sec et chaud avec pour seules solutions l'attente de conditions de mise en œuvre plus favorables ou l'utilisation de diluants ou de certains adjuvants ayant pour conséquence... d'augmenter la teneur en COV des peintures.

Dans le cadre du développement de nouvelles peintures à faibles émissions, le CSTC s'attèle à vérifier si la mise en œuvre peut également être effectuée dans des conditions de chantier non idéales pour l'écoulement et le séchage des peintures.

Il faut également signaler que de nouvelles technologies de peinture (type alkyde en émulsion, par exemple) ont récemment été développées et tentent aujourd'hui de remédier à ce problème d'applicabilité tout en maintenant un haut niveau de qualité pour l'air intérieur. Il s'agit toutefois de technologies encore peu développées et qui ne sont pas présentes chez tous les fabricants. En outre, nous ne disposons pas encore d'une expérience suffisante nous permettant de juger de l'efficacité globale de ces systèmes.

4 Conclusion

Dans un monde où tout doit aller de plus en plus vite et où l'on considère bien souvent, à tort ou à raison, que 'le temps, c'est de l'argent', une bonne gestion du planning et une bonne coordination des travaux ainsi que des prescriptions adaptées aux produits à mettre en œuvre sont nécessaires à l'obtention d'un travail de qualité et durable dans le temps. Ceci est d'autant plus vrai depuis la mise sur le marché, ces dernières années, d'éléments de parachèvement de sol dont les dimensions ne font qu'augmenter alors que, en parallèle, la tendance consiste à en réduire l'épaisseur. Manipuler et poser des produits de très grand format n'est certainement pas chose aisée et mérite une prise de conscience de la part des différents intervenants.

Nous avons pris conscience que l'eau de pluie doit être gérée de façon optimale, et ce, tant sur le domaine public que privé. Cela résulte en une utilisation de plus en plus fréquente dans les habitations. Il est dès lors nécessaire que cette eau soit de qualité, ce qui requiert une bonne conception du système de stockage et de distribution. La présence de filtres et d'une aspiration flottante ainsi qu'un entretien régulier ne sont pas à négliger si l'on souhaite éviter que l'eau soit colorée et/ou malodorante.

Utilisation de l'eau de pluie

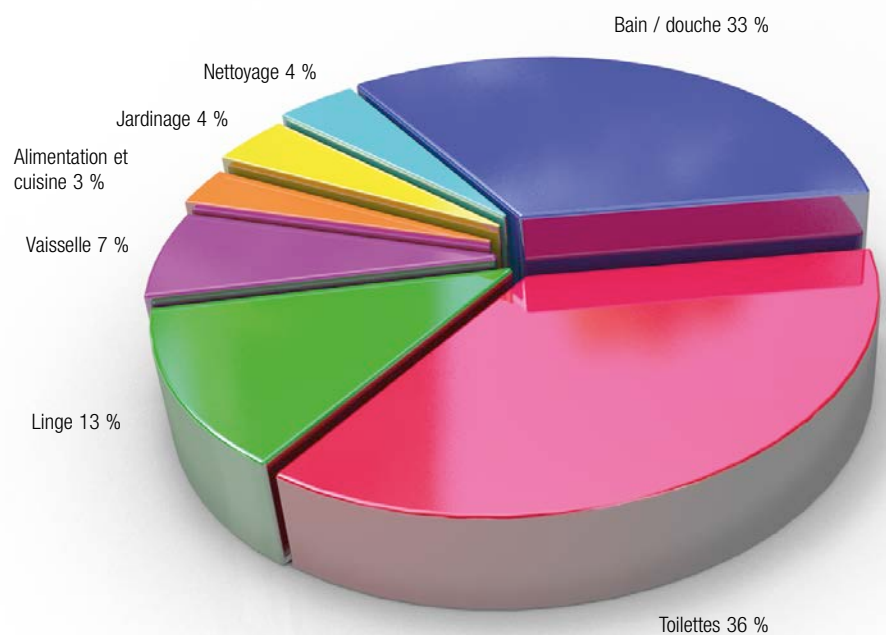
Bien que parfois un peu colorée ou un peu malodorante, elle permet toujours d'économiser l'eau potable

Durant les années 1990, nous avons pris conscience qu'il n'était pas idéal de déverser les eaux pluviales ainsi que les eaux usées domestiques dans un même égout, et ce, pour les raisons suivantes :

- la dilution des eaux usées entraîne un fonctionnement non optimal des installations d'épuration
- l'évacuation rapide de cette quantité croissante d'eau de pluie via les égouts contribue à aggraver les problèmes d'inondation (en raison des surfaces dures de plus en plus grandes raccordées aux égouts).

Afin de résoudre ces problèmes, on préconise depuis lors, dans la mesure du possible, de séparer les eaux pluviales de l'égout unitaire et on tente de récupérer et d'utiliser celles-ci dans les bâtiments (voir [Les Dossiers du CSTC 2007/1.10](#)). Ainsi, les 50 à 75 m³ d'eau potable qu'une famille de deux à trois personnes consommait en l'an 2000 pour des applications non sanitaires telles que la lessive, le nettoyage, le jardinage et le rinçage des toilettes (voir figure 1) peuvent être couverts par les 80 m³ d'eau de pluie propre disponibles chaque année sur une toiture de 100 m².

Afin de stimuler leurs citoyens à utiliser l'eau de pluie, certaines communes ont décidé d'octroyer des primes tandis que certaines Régions introduisaient des réglementations. Grâce à ces actions, nous avons constaté durant la dernière décennie une utilisation croissante de l'eau de pluie dans les bâtiments et, dès lors, une diminution de l'utilisation d'eau potable domestique. Nous sommes ainsi passés de 120 L d'eau par jour par personne dans les années 1990 à moins de 110 L aujourd'hui. Dans un même temps, le CSTC a été confronté à une série de problèmes nouveaux que nous traiterons un à un dans cet article (voir § 2). Toutefois, nous



1 | Consommation domestique d'eau potable en 2000, sur une base de 120 L d'eau par jour par personne (source : 'Waterwegwijzer voor architecten', VMM, 2000).

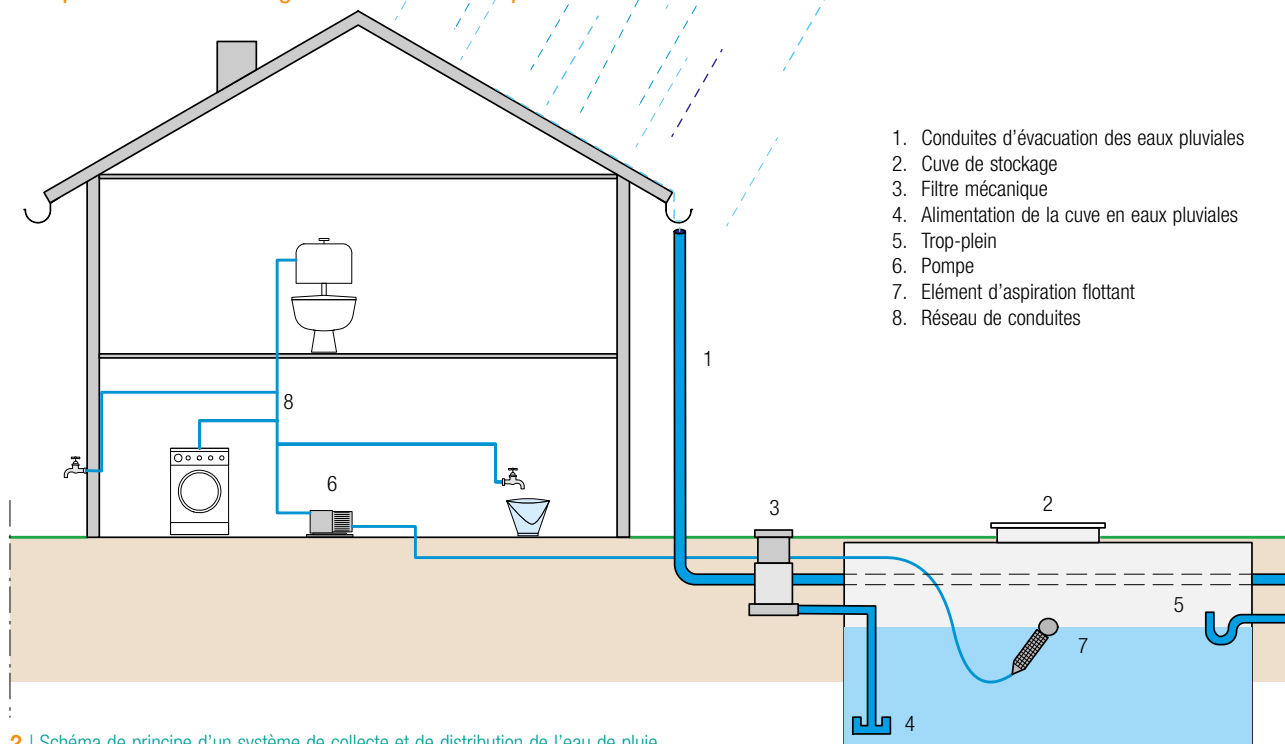
tenons avant tout à remémorer le principe de conception d'un système moderne de collecte et de distribution de l'eau de pluie.

1 Le système de collecte et de distribution de l'eau de pluie : bien plus qu'un réservoir et une pompe

La figure 2 (p. 10) schématise le principe d'un système de collecte et de distribution de l'eau de pluie. Les conduites d'évacuation des eaux pluviales (1) en provenance du toit aboutissent dans la cuve de stockage (2) en passant par un filtre mécanique (3) dont les mailles ont une largeur de 200 à 500 µm. Ce filtre permet, par exemple, d'éviter que des feuilles n'entrent dans le réservoir.

L'eau pénètre ensuite dans la citerne par un dispositif permettant d'éviter le remous des couches du fond (4). Ce réservoir doit toujours être muni d'un trop-plein (5) afin d'évacuer l'eau excédentaire. L'aspiration est assurée par une pompe (6) via un élément d'aspiration flottant (7) situé à une dizaine de centimètres sous la surface. Ceci permet d'éviter l'aspiration du dépôt qui se trouve au fond de la cuve.

En aval de la pompe, l'eau de pluie passe souvent par un filtre supplémentaire (aux mailles d'une largeur de 50 à 150 µm) avant d'être distribuée dans le bâtiment par un réseau de conduites (8) tout à fait distinct du circuit d'eau potable (aucune liaison temporaire, au moyen de tubes souples, par exemple, n'est autorisée). Nous signa-



2 | Schéma de principe d'un système de collecte et de distribution de l'eau de pluie

lons que ces conduites ne peuvent pas être conçues à partir d'aciers galvanisés, car ceux-ci ne conviennent pas pour cette qualité d'eau. Par ailleurs, il doit être mentionné sur tous les robinets raccordés à l'eau de pluie qu'il s'agit d'eau non potable.

Enfin, ce système est généralement encore équipé d'un dispositif (non représenté sur le schéma) permettant de passer en toute sécurité à une alimentation d'eau potable au cas où l'on manquerait d'eau de pluie. Cette transition est généralement commandée par une sonde de niveau située dans le réservoir.

2 Aperçu des problèmes potentiels

Jusqu'à présent, le CSTC a été confronté à des problèmes de qualité relatifs à l'utilisation de l'eau de pluie au sein des bâtiments. Ceux-ci concernent :

- une odeur désagréable
- une coloration brun-jaune
- des dépôts dans les appareils sanitaires.

Cette liste n'exclut évidemment pas les autres problèmes liés à l'utilisation de l'eau de pluie.

2.1 L'odeur désagréable

2.1.1 Description

Après quelques années de bon fonctionnement, l'eau de pluie peut commencer à sen-

tir mauvais, ce qui constitue un problème très délicat, surtout si l'on utilise cette eau pour la lessive.

Ce phénomène se manifeste généralement après une période chaude durant laquelle la consommation d'eau de pluie a été très faible, voire nulle (durant les vacances, par exemple). L'origine de cette odeur est due à certaines bactéries : les bactéries produisant de l'acide engendrent une odeur âcre, alors que les bactéries réduisant les sulfates provoquent une odeur d'œufs pourris. Bien que ces bactéries soient présentes naturellement dans l'environnement (et donc également dans le système d'eau de pluie), les odeurs désagréables ne surviennent que si celles-ci se multiplient de manière importante, ce qui arrive si les conditions dans le réservoir et les conduites sont favorables à ce développement (eau stagnante, températures élevées, pollution organique, entretien insuffisant, ...).

Ce problème n'est pas facile à résoudre, car un traitement efficace requiert en effet que l'on nettoie, rince et désinfecte la cuve de stockage ainsi que toutes les conduites et les dispositifs qui ont été alimentés avec cette eau (chasse d'eau, machine à laver, ...). Il faudra parfois même effectuer divers traitements pour obtenir un résultat satisfaisant.

2.1.2 Remarques

Ce problème attire l'attention sur le fait, no-

tamment, que la qualité bactériologique de l'eau de pluie peut parfois être très mauvaise et ne peut, en aucun cas, être comparée à celle de l'eau potable. C'est pour cette raison que l'eau de pluie ne peut être utilisée que pour des applications non sanitaires et jamais en cuisine ou dans la salle de bain, et ce, même après un éventuel traitement. En effet, il est impossible d'être sûr et certain que la qualité obtenue après-celui satisfera dans tous les cas aux exigences fixées pour l'eau destinée à la consommation humaine.

Dans certains cas, ces problèmes olfactifs peuvent être expliqués par d'autres phénomènes, tels qu'un excès de pollen dans le réservoir ou une quantité importante d'excréments dus à la présence d'un pigeon-nier voisin. Il va de soi que, dans ce dernier cas, un nettoyage et une désinfection s'imposent. De toute façon, il est important de limiter la quantité de dépôts dans la cuve de stockage. La présence d'un filtre adapté et bien entretenu sur le réseau qui achemine l'eau de pluie à la cuve est primordiale à cet égard.

2.2 La coloration brun-jaune

2.2.1 Description

Un autre problème parfois constaté est une coloration brun-jaune de l'eau. On observe ce phénomène notamment dans l'eau en provenance de toitures vertes. La coloration

est alors due à la dissolution de certaines matières présentes dans la couche de substrat (voir [Les Dossiers du CSTC 2006/3.2](#)) dans laquelle poussent les plantes. Nous tenons, par ailleurs, à signaler que la collecte des eaux pluviales provenant d'une toiture verte est très peu courante, car la quantité d'eau de pluie récoltable y est en principe limitée.

Ce problème survient également dans le cas de toitures dont les matériaux se dégradent sous l'action des rayons UV. Des produits peuvent alors être relargués et être emportés par l'eau de pluie. Le phénomène se manifeste généralement après de longues périodes ensoleillées sans pluie. L'eau de pluie n'est donc pas toujours colorée (voir figure 3).

Ce phénomène est connu depuis un certain temps déjà. Les fabricants recommandent dès lors de protéger certains de leurs produits, tels que les membranes nues en bitume polymère APP, contre les effets du soleil si l'on envisage une récupération des eaux pluviales (voir [NIT 215](#)).

Ce problème de coloration est néanmoins relativement facile à résoudre grâce à la mise en place d'un filtre à charbon actif dans la conduite de distribution. La figure 4 illustre le résultat obtenu avec un tel traitement.

2.2.2 Remarque

Il nous a parfois été signalé que l'eau de pluie contenait des particules noires en suspension. Il s'agit en fait de boue provenant du fond de la cuve et aspirée par la pompe. Cette quantité de particules peut être ré-

duite en s'assurant que l'aspiration de l'eau s'effectue à une certaine distance sous la surface grâce à une aspiration flottante et en évitant, au moyen d'un filtre, que des matières organiques ne pénètrent dans le réservoir (voir § 1).

2.3 Les dépôts dans les appareils sanitaires

Un dernier problème concerne l'apparition de dépôts boueux blanc-brun dans les chasses d'eau alimentées en eau de pluie ainsi que dans les conduites de distribution. Des analyses ont révélé qu'il s'agit de carbonate de calcium (calcite). Ces dépôts peuvent notamment engendrer un mauvais fonctionnement des chasses d'eau. Ils sont, en outre, inesthétiques.

Ces résidus apparaissent lorsque l'eau provient d'une toiture plate munie d'une couche de lestage. De fines, voire de très fines particules de ces graviers peuvent être entraînées par les pluies et ainsi parvenir dans la cuve. Si ces éléments en suspensions ne peuvent pas entièrement être décantés (en raison d'un flux trop important, du remous du fond par l'arrivée d'eau, de l'aspiration au fond du réservoir, ...), ils peuvent pénétrer dans le système de distribution et s'y déposer en raison de la stagnation de l'eau (comme dans la chasse d'eau).

Même la pose d'un filtre ayant des mailles d'une largeur de 50 µm ne suffira pas à retenir ces particules fines. La meilleure solution consiste à remplacer le lestage par du gravier bien rincé. De plus, il conviendrait d'utiliser du gravier ne comportant pas de pierres calcaires, car celles-ci risquent de s'éroder en contact avec l'acidité de la pluie

et, au fil du temps, des particules fines s'en détacheraient.

3 Conclusion

En raison de l'utilisation croissante de l'eau de pluie dans nos bâtiments, nous avons constaté un certain nombre de nouveaux problèmes relatifs à la qualité de l'eau. Contrairement à l'eau potable, la qualité de l'eau de pluie est fortement fonction des matières avec lesquelles elle entre en contact (matériaux, pollutions environnementales, ...), mais également de la façon dont celle-ci est puisée et utilisée ou de la manière dont le système est entretenu.

Certains problèmes peuvent être résolus grâce à une bonne conception du système de stockage et de distribution, à savoir : en prévoyant un filtre, une aspiration flottante, un second filtre adapté et en choisissant les bons matériaux (pompes et conduites résistant à la corrosion). Un entretien complet et régulier permet également d'éviter les problèmes (voir le [Guide de l'entretien pour des bâtiments durables](#), CSTC, 2011).

Enfin, nous tenons à souligner que les problèmes constatés nous confortent dans l'idée que l'eau de pluie ne peut être utilisée que pour les applications non sanitaires et jamais en cuisine et dans la salle de bain. Celles-ci doivent être alimentées uniquement en eau potable, car, même en cas de recours à des traitements spéciaux, il n'est jamais sûr et certain que l'eau de pluie répond aux exigences fixées par les différentes Régions en matière d'eau destinée à la consommation humaine. **I**



3 | Coloration de l'eau en provenance d'une toiture plate munie d'une membrane d'étanchéité



4 | Effet d'un filtre à charbon actif sur une eau de pluie brune avant (à gauche) et après (à droite) le traitement



Une fois les travaux de gros œuvre et d'isolation terminés, vient le tour de la finition des espaces intérieurs. En règle générale, il est toutefois impossible d'appliquer une finition directement sur les éléments de gros œuvre – et ce, pour différentes raisons (étanchéité à l'air, isolation thermique et acoustique, tolérances, ...) – et il convient de prévoir des couches intermédiaires appropriées (chape ou enduit, par exemple). En outre, les changements apportés au processus de construction en réponse aux nouveaux défis de notre société et aux réglementations toujours plus strictes ont influencé les caractéristiques ainsi que la mise en œuvre de ces couches intermédiaires, entraînant parfois dans la foulée de nouvelles formes de pathologies.

Du gros œuvre à la finition : évolution des matériaux et de leurs caractéristiques

L'irrésistible ascension de la chape flottante

Avant l'entrée en vigueur de la réglementation PEB, les planchers n'étaient presque pas isolés thermiquement et les chapes étaient coulées directement sur le plancher portant (éventuellement avec interposition d'une membrane synthétique). Rares étaient les cas dans lesquels une chape flottante était posée sur une mince couche d'isolation thermique ou acoustique. A l'époque, les cas de pathologies auxquels le CSTC était le plus souvent confronté dans ce domaine concernaient l'apparition de fissures dans la chape et une faible cohésion de sa surface.

La fissuration des chapes résulte souvent du retrait inévitable du matériau lors du séchage. Une faible cohésion de la chape (voir figure 1) est, quant à elle, principalement due à une composition inadaptée et à une compaction insuffisante du mortier ainsi qu'à un séchage trop rapide de la surface de la chape. Ce dernier phénomène peut être observé lorsque la chape est mise en œuvre dans un bâtiment qui n'est pas encore étanche à l'air, par exemple. L'utilisation de plus en plus fréquente des canons à chaleur ou des déshumidificateurs pour réduire au maximum les délais de séchage et accélérer la cadence de construction augmente également le risque de séchage trop rapide de la chape.

De nos jours, les réglementations énergétiques et la normalisation acoustique imposent en principe d'intégrer une isolation thermique et/ou acoustique dans la com-

position des planchers. En règle générale, cette isolation est posée directement sur le plancher portant ou sur une couche de remplissage appliquée sur le plancher portant (et dans laquelle les conduites sont noyées). La chape est ensuite coulée sur cette couche d'isolation; on parle alors de 'chape flottante'.

Dans la [NIT 193](#) et [Les Dossiers du CSTC 2009/3.15](#), le CSTC signalait déjà que la réalisation d'une chape flottante s'avère plus délicate. C'est pourquoi un certain nombre de recommandations complémentaires en matière de pose ont également été formulées pour ce type d'ouvrages. Ainsi, les chapes flottantes doivent être dotées d'une armature placée entre le tiers inférieur et la moitié de l'épaisseur de la couche. Cette armature est destinée à répartir les contraintes engendrées dans la chape, mais aussi à compenser les déformations de cette dernière (telles que le

retrait et la dilatation) et à les transmettre aux joints de fractionnement. De plus, la chape doit être subdivisée en panneaux présentant une surface maximale de 50 m² (40 m² pour les planchers chauffés), une longueur maximale de 8 m ainsi qu'un rapport longueur/largeur de 2/1 maximum. Par ailleurs, la compression de l'isolation (thermique) sous la chape est souvent limitée à un certain pourcentage de l'épaisseur initiale d'isolant (voir [Les Dossiers du CSTC 2010/4.12](#)). Enfin, des exigences sont également imposées en matière de déformation absolue de l'isolation (en mm).

Les performances mécaniques constituant la caractéristique la plus importante d'une chape (flottante), une bonne composition de cette dernière est essentielle. Pour la réalisation d'une chape flottante, on utilise d'ordinaire au moins 250 kg de ciment par mètre cube de sable. Le sable utilisé



1 | Chape comportant des zones locales moins cohérentes



2 et 3 | Fissure dans un dallage à proximité d'une fenêtre posée sur des blocs isolants (voir figure 4). La fissure se manifeste dans le prolongement de la face intérieure des blocs.

ne peut pas être trop fin (voir NIT 189, figure 7), sans quoi il favoriserait le retrait de la chape. Nous conseillons d'employer un sable présentant une granulométrie d'au moins 2/5.

Un des autres éléments auxquels il convient d'accorder une attention particulière lorsque l'on souhaite réaliser une chape flottante aux performances mécaniques satisfaisantes tient au serrage ou au compactage du mortier. Cette opération est en effet plus difficile à exécuter sur une sous-couche relativement compressible et susceptible de présenter des irrégularités plus marquées (sous-couche en mousse de polyuréthane projetée non poncée, par exemple). Il n'est dès lors pas étonnant que la division Avis techniques soit plus régulièrement confrontée à des situations où la chape flottante présente une résistance mécanique trop faible pour supporter la pose adhérente d'un carrelage, d'un parquet ou d'un revêtement de sol souple, par exemple. Ce manque de cohésion peut être contrôlé par un essai de poinçonnement pour chapes.

Selon nous, ces désordres résultent souvent d'un compactage insuffisant de la chape. Lorsque les chapes flottantes sont posées en une seule couche, il n'est pas rare que la partie inférieure soit moins bien compactée. Cela pose problème puisque, dans ce cas, l'armature se trouve précisément dans la partie inférieure de la chape. Or, pour fonctionner de manière optimale, elle devrait être enrobée, ce qui ne sera pas le cas. Comme précisé dans les NIT 189 et 193, une chape armée doit en principe

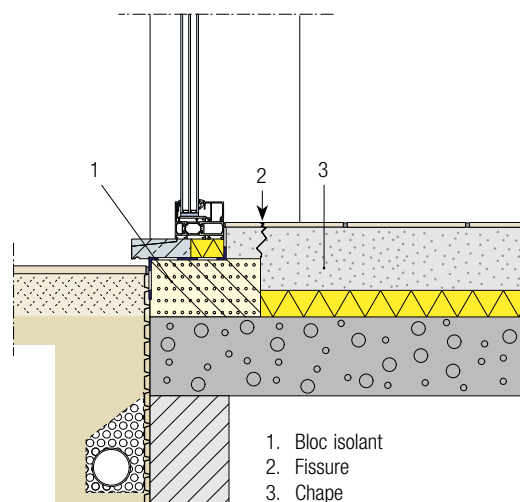
être posée en deux couches suffisamment compactées, coulées selon la technique dite 'frais dans frais', entre lesquelles l'armature est noyée.

Dans la perspective des bâtiments à consommation énergétique quasi nulle, qui seront les seuls à pouvoir être construits dès la fin 2020, et vu la sévérité croissante des exigences acoustiques, on peut certainement s'attendre à une nouvelle augmentation de l'épaisseur d'isolation sous les chapes flottantes; augmentation qui rendra la réalisation de ces ouvrages encore plus délicate si l'on souhaite obtenir une résistance mécanique suffisamment élevée. Il est dès lors conseillé de respecter scrupuleusement les recommandations susmentionnées, sans perdre de vue le fait qu'elles seront peut-être renforcées ou complétées ultérieurement.

D'autres modifications du processus de construction peuvent également entraîner de nouvelles formes de pathologies. Ainsi, pour assurer la continuité entre l'isolation du sol et celle du mur, certains projets de construction prévoient, d'une part, la pose de blocs isolants sous les murs de façade et, d'autre part, l'intégration de fenêtres au niveau du sol et au ras des façades. Les chapes doivent, par conséquent, être prolongées par-dessus les blocs isolants afin de pouvoir poser le carrelage contre les châssis. Or, les déformations différentielles entre la partie de la chape située sur l'isolation et la partie située sur les blocs isolants provoquent une fissuration dont le tracé coïncide avec la face intérieure des blocs (voir figure 4). Le phénomène se répercute ensuite dans le re-

vêtement carrelé parallèlement aux fenêtres (voir figures 2 et 3).

Afin d'exclure les risques d'infiltration d'eau, nous conseillons de placer les menuiseries extérieures non pas au ras des façades, mais en retrait par rapport à celles-ci. Par ailleurs, pour éviter la fissuration du carrelage, il est préférable de faire correspondre la face intérieure des menuiseries avec celle des blocs isolants. Si cela s'avère impossible, il y a lieu de prévoir un joint de mouvement dans la chape et dans le carrelage au niveau de la face intérieure des blocs. En phase de conception, on peut alors prévoir de placer ce joint dans le prolongement de la face intérieure des murs et adapter en conséquence le schéma de pose du carrelage.



4 | Coupe du raccord entre une dalle de sol, un mur et une menuiserie



Les enduits intérieurs écologiques dans l'air du temps

L'environnement est au cœur des préoccupations de notre société. C'est pourquoi nous sommes nombreux à opter pour des matériaux de construction plus écologiques dont l'empreinte environnementale est la plus restreinte possible. Ainsi, certains abandonnent parfois les enduits au plâtre classiques au profit des enduits à l'argile. La couche de fond de ces enduits se compose en général de sable, d'argile et de paille, auxquels on peut ajouter des charges telles que des fibres de chanvre ou des pigments naturels; la couche finale, plus fine, est à base d'argile, de sable, de poudre de marbre, de cellulose et de pigments naturels (cette composition s'applique aussi sur d'autres types de supports). Si les fabricants attribuent parfois à ces enduits la capacité de maintenir la chaleur et de réguler l'humidité, leur utilisation dans le bâtiment ne dispensera certainement pas de la nécessité de veiller au climat intérieur et au taux d'humidité du support et de l'enduit au moment de son application.

La figure 5 montre un enduit à l'argile appliqué sur des blocs perforés : un retrait excessif a d'abord provoqué sa fissuration, puis son décollement. La cause peut être imputée à la trop forte absorption de la couche de fond, combinée au taux d'humidité initial élevé de l'enduit et/ou à son séchage rapide lors de son application et immédiatement après. La sensibilité de ce type d'enduit à la sécheresse de l'environnement joue également un rôle. Dans le cas envisagé ici, l'enduit a été appliqué dans une ambiance intérieure relativement sèche (présence prolongée de déshumidificateurs dans le local avant le début des travaux de plafonnage). Cette situation a probablement entraîné un séchage plus rapide de l'enduit, provoquant ainsi l'apparition de fissures de retrait.

Ce type de matériau étant sensible aux ambiances intérieures sèches dont le taux d'humidité relative de l'air se situe aux alentours de 30 %, son utilisation est parfois déconseillée dans des logements bien ventilés, généralement caractérisés par un climat plus sec et une humidité relative de l'air plus faible en période de froid.

Aspect des enduits minces peints appliqués sur des murs en blocs de plâtre

Les murs intérieurs sont de plus en plus souvent réalisés à l'aide de blocs de plâtre collés, et ce, afin d'augmenter la cadence de construction (éléments de plus grandes dimensions, collage rapide). Etant donné que ces murs présentent moins d'irrégularités qu'une maçonnerie traditionnelle, ils sont souvent recouverts d'un enduit pelliculaire (épaisseur maximale de 2 à 3 mm) sur lequel on applique ensuite une peinture.

Après la réalisation de ces travaux, nous recevons parfois des plaintes concernant l'aspect des murs (ondulations, irrégularités), en particulier lorsqu'une peinture brillante a été appliquée et/ou lorsque les murs sont fortement exposés à la lumière du jour (ce qui est souvent le cas dans les logements actuels pourvus de très larges baies vitrées).

5 | Fissures de retrait dans un enduit à l'argile



6 | Les irrégularités de l'enduit apparaissent sous un éclairage rasant.

Notons que de légers défauts de planéité à la surface des murs intérieurs en blocs de plâtre sont inévitables et ne peuvent pas toujours être corrigés totalement dans les enduits pelliculaires ou lors des travaux préparatoires effectués par le peintre. Dès lors, ce type de mur présente souvent de petites ondulations répétitives, principalement dues à de minuscules imperfections (contrairement aux enduits traditionnels dans lesquels les ondulations s'étalent généralement sur de plus grandes longueurs et les défauts de planéité sont d'ordinaire un peu plus importants). De simples irrégularités de quelques dixièmes de millimètres sont rendues plus visibles lorsque le mur est exposé à un éclairage rasant (en particulier dans le cas des peintures à haut degré de brillant) (voir figure 6). Nous pensons donc que le contrôle de l'aspect d'une surface ne peut avoir lieu sous un tel éclairage et que de légères irrégularités doivent être tolérées. Lorsqu'un éclairage mural est utilisé et/ou que les murs sont régulièrement exposés à un éclairage rasant, on recommande par conséquent de choisir des peintures mates – qui rendront les petites irrégularités inévitables moins flagrantes – ou d'opter pour un autre type de finition.

En conclusion, les nouvelles méthodes de construction et les désordres qui peuvent en découler influencent également le choix, les caractéristiques et la mise en œuvre des couches intermédiaires. Selon toute vraisemblance, les exigences concernant ces couches intermédiaires évolueront encore et seront renforcées dans un avenir plus ou moins proche.

Pour le menuisier et le vitrier également, les évolutions du processus de construction apportent leur lot de nouvelles pathologies. Cet article traite en détail des risques liés à l'humidité ainsi que des problèmes de transmission des efforts pouvant survenir à l'interface entre la menuiserie et le gros œuvre. L'expérience sur chantier nous apprend en effet que ces problèmes peuvent être évités si un certain nombre de principes sont respectés.

Problèmes d'humidité à l'interface entre la menuiserie et le gros œuvre

En matière de pose de menuiseries dans un bâtiment récent, il convient de veiller à ce que les performances essentielles de l'enveloppe ne soient pas compromises au droit de l'interface entre la menuiserie et le gros œuvre.

En effet, il est primordial d'assurer la continuité de l'enveloppe du volume protégé afin de répondre aux exigences de la réglementation énergétique. Cette continuité doit, par ailleurs, garantir que les températures intérieures de surface ne soient pas trop basses, car celles-ci pourraient engendrer la formation de condensation superficielle ainsi que le développement de moisissures.

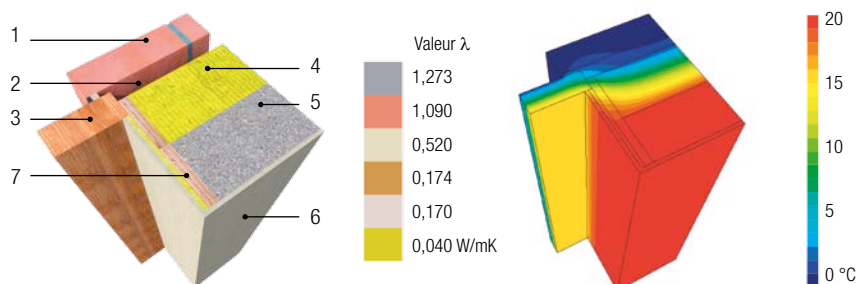
Il importe également, lors de la conception de la connexion de la menuiserie au gros œuvre, de tenir compte de l'étanchéité à l'eau de la façade et de veiller à ce que celle-ci soit garantie au niveau des baies.

Enfin, la position des menuiseries dans les bâtiments récents influence également la transmission des efforts vers le gros œuvre et nécessite dès lors un mode de fixation adapté.

Dans Les Dossiers du CSTC 2012/4.8, les trois règles de base pour la réalisation de nœuds constructifs conformes à la PEB ont été appliquées au resserrage entre les menuiseries extérieures et le gros œuvre. Toutefois, il est également possible de recourir au coefficient de transmission thermique linéique ψ_e pour caractériser les déperditions au droit de cette jonction. Ce coefficient, obtenu par un calcul validé, doit être inférieur ou égal à la valeur limite établie, par la réglementation en matière de performance énergétique, pour l'application envisagée. En ce qui concerne les fenêtres et les portes, cette valeur limite $\psi_{e,lim}$ est fixée à 0,10 W/mK.

Pose des menuiseries extérieures

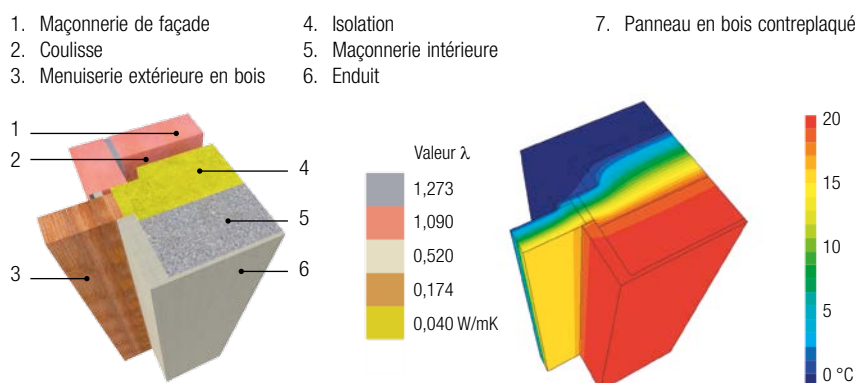
Le CSTC mène en ce moment une étude prénormative visant à déterminer les performances obtenues par diverses techniques de pose des menuiseries extérieures. Après concertation avec le Comité technique 'Menuiserie', cette étude servira de base pour la réalisation des détails techniques dans le cadre de la révision de la NIT 188 'La pose des menuiseries extérieures'.



1 | La menuiserie en bois est placée contre la maçonnerie de façade ($\psi_e = 0,27$ W/mK)

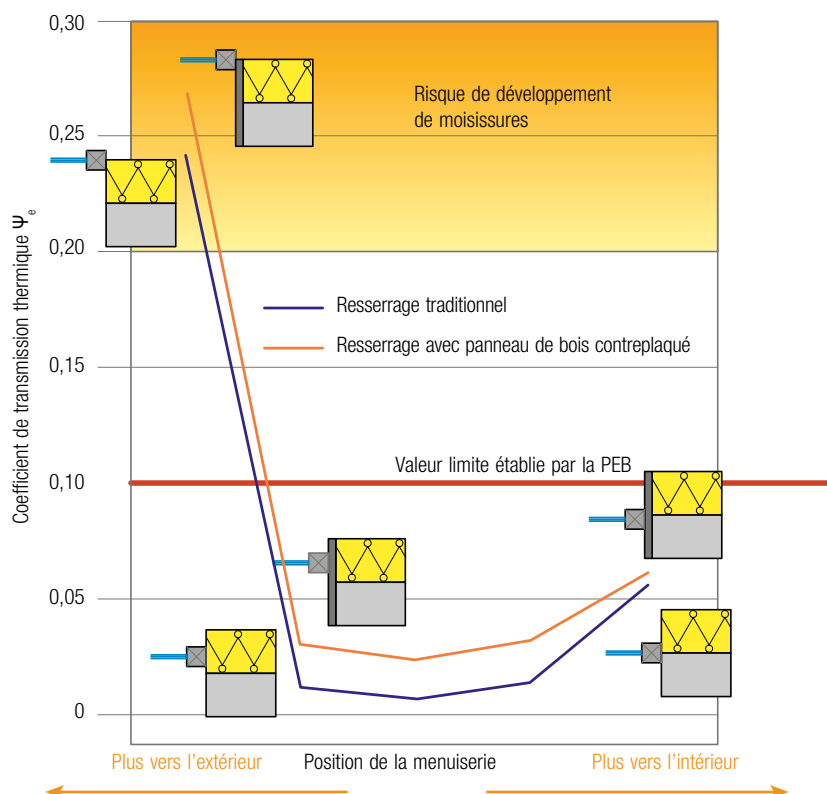
1 Condensation superficielle au droit de la baie de fenêtre

L'emplacement de la menuiserie par rapport à la position de l'isolant doit être choisi judicieusement afin de réduire les risques de développement de moisissures dus à l'hygroscopicité des matériaux et à la condensation. Etant donné que nos diverses réglementations régionales en matière de performances énergétiques imposent des niveaux d'isolation élevés, les coulisses des murs sont en effet devenues très larges.



2 | La menuiserie en bois est placée plus en retrait ($\psi_e = 0,077$ W/mK)

3 | Variation du coefficient de transmission thermique ψ_e selon le positionnement des menuiseries extérieures (pour des situations conformes à la PEB)



Nous abordons ci-après le resserrage d'une menuiserie extérieure en bois et d'un mur creux traditionnel en maçonnerie pourvu d'une épaisse couche d'isolant (la valeur U du mur extérieur est de $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$). Pour ce faire, nous pouvons soit placer la menuiserie contre la maçonnerie de façade (voir figure 1, p. 15), soit la placer plus à l'intérieur grâce à la fermeture de la coulisse réalisée par le retour de la maçonnerie de façade (voir figure 2, p. 15) ou par un panneau décoratif.

Il est évident que le coefficient de transmission thermique ψ_e dans ces deux exemples est influencé par différents paramètres et que la valeur obtenue dépend grandement des choix de conception. Nous constatons néanmoins que la valeur limite $\psi_{e,lim}$ ($\psi_e = 0,27 \text{ W/mK} > 0,10 \text{ W/mK} = \psi_{e,lim}$) n'est pas respectée à la figure 1 (bien que nous ayons tenu compte des règles de base imposées par la PEB).

Dans la figure 3, nous avons modifié, à titre d'exemple, la position de la menuiserie extérieure par rapport à l'isolant, dans les limites fixées par les règles de base de conformité à la PEB. Nous pouvons en déduire que

poser la menuiserie vers l'extérieur peut entraîner une hausse considérable du coefficient de transmission thermique ψ_e (et donc une perte de chaleur), à tel point qu'il peut même dépasser la valeur limite établie par la PEB.

Ce graphique nous révèle également qu'il existe, pour certains cas conformes à la PEB, un réel risque de développement de moisissures, et ce, même dans le cas d'un climat intérieur normal.

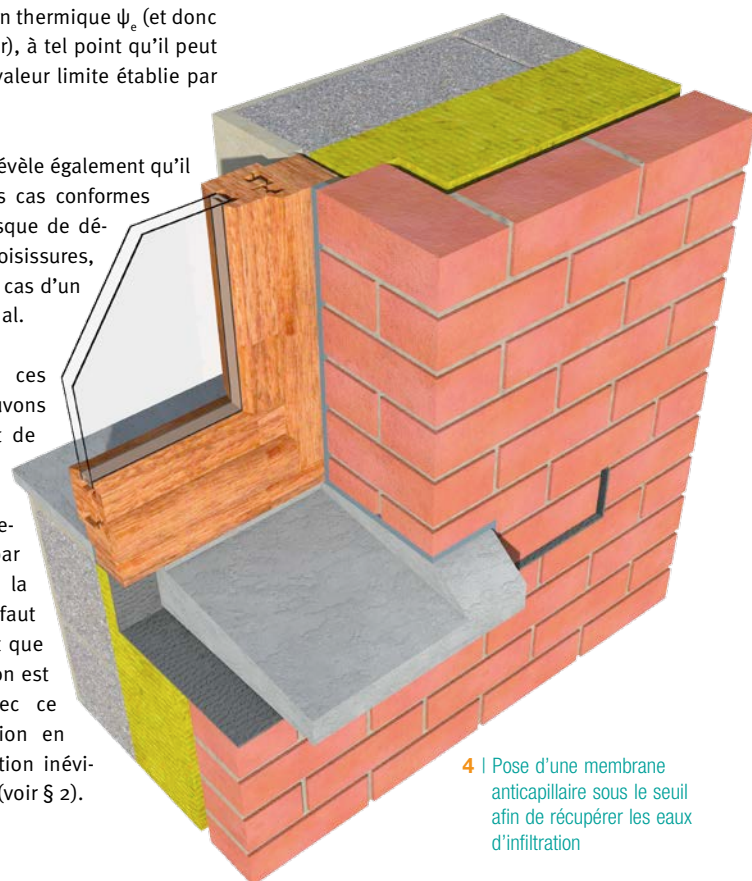
Sur la base de ces exemples, nous pouvons déduire, d'un point de vue thermique, qu'il est préférable de placer la menuiserie plus en retrait par rapport au plan de la façade. Toutefois, il faut tenir compte du fait que le risque d'infiltration est plus important avec ce type de configuration en raison de l'interruption inévitable de la coulisse (voir § 2).

2 | Infiltration d'eau au droit de la baie de fenêtre

La position de la menuiserie peut avoir de lourdes conséquences sur la régulation hygrothermique du mur creux au droit de l'interface avec la menuiserie.

Après un certain temps, le parement d'un mur creux exposé aux pluies battantes (principalement les murs orientés au sud ou à l'ouest) sera saturé d'humidité dans sa masse. L'eau excédentaire s'écoulera ensuite le long des parois de la coulisse. Le parement extérieur constitue en fait une protection toute relative contre l'humidité qui s'introduit dans cette double barrière censée assurer l'étanchéité à l'eau de l'enveloppe du bâtiment.

Si la menuiserie est posée en retrait par rapport au plan de la façade et que la fermeture de la coulisse est réalisée par le retour de la maçonnerie (voir figure 2), il convient également de veiller à ce que l'eau qui s'infiltré dans le mur creux et s'écoule à présent à l'arrière du retour puisse être évacuée. Si rien n'est prévu à cet effet, l'eau pourra atteindre le mur intérieur via l'isolation et engendrer des problèmes d'humidité dans le revêtement intérieur. Pour y parer, on prévoira sous l'appui de fenêtre une membrane



4 | Pose d'une membrane anticapillaire sous le seuil afin de récupérer les eaux d'infiltration

5 | Dans le cas envisagé ici, l'eau peut atteindre le mur intérieur via l'isolation dans la coulisse.



anticapillaire afin de récupérer l'eau au niveau du retour (voir figure 4).

Les menuiseries extérieures traditionnelles sont généralement placées dans une batteée formée par une demi-brique. A l'heure actuelle, de nombreux architectes préfèrent poser les menuiseries vers l'avant (au niveau du plan de la façade ou même en saillie par rapport à celle-ci). Par contre, cette pratique entraîne un risque sur le plan hygrothermique (voir § 1) et les joints entre le gros œuvre et la menuiserie sont exposés de manière plus importante aux intempéries. Il n'est dès lors pas superflu de prendre un certain nombre de mesures supplémentaires dans le but de protéger les revêtements intérieurs, généralement sensibles à l'humidité.

3 Transmission des efforts

Les efforts exercés sur la menuiserie extérieure doivent toujours être transmis à la structure portante du bâtiment. La sollicitation horizontale du vent sur la menuiserie est généralement supportée par des ancrages ou des vis latérales, tandis que la sollicitation verticale est reprise par une fixation placée sous la menuiserie et ancrée au gros œuvre. Selon la [NIT 188](#), ce calage doit être suffisamment rigide que pour éviter que le seuil sous-jacent ne subisse une pression. Dans la pratique, on privilégiera parfois des menuiseries de plus petites dimensions. Dans les bâtiments récents, lorsque les coulisses sont très larges et que la fixation n'est pas assez rigide, cette

méthode peut toutefois provoquer le basculement du seuil et/ou l'affaissement de la menuiserie extérieure.

Si la menuiserie est posée plus en retrait, le seuil va se trouver en porte-à-faux vers l'intérieur, ce qui augmentera le risque de basculement du seuil et entraînera l'affaissement de la menuiserie extérieure.

Si la menuiserie est posée plus en avant, la fixation sera plus sollicitée, car on augmentera le bras de levier. Dès lors, nous conseillons dans ce cas d'utiliser des ancrages spécifiquement dimensionnés pour cet usage.

4 Pose du vitrage

La tendance à construire des bâtiments aux surfaces vitrées de plus en plus grandes, mais également les exigences issues de la norme NBN S 23-002 et de l'application des triples vitrages, ont eu pour effet d'augmenter considérablement le poids des vitrages. C'est pour cette raison que la pose de ces derniers n'a souvent lieu qu'une fois les menuiseries bien ancrées au gros œuvre.

Sans étanchéité temporaire dans les baies de fenêtres, certains matériaux intérieurs seront alors exposés plus longtemps aux intempéries. Ainsi, si un panneau en bois contreplaqué est utilisé pour la pose de la menuiserie extérieure (voir figure 1, p. 15), celui-ci pourrait se délaminer ou voir apparaître le développement de moisissures. Les dégradations toucheront plus rapidement les bords des panneaux en raison de la présence de bois de bout (voir figure 6).

Afin d'éviter ce type de dégâts, nous conseillons d'utiliser des panneaux en bois contreplaqué destinés aux applications extérieures. En effet, ceux-ci sont réalisés à partir d'une colle résistante à l'eau (de la classe 2 ou 3 selon la norme NBN EN 314 ou un WBP selon les STS 52.04; voir [Les Dosiers du CSTC 2009/3.8](#)) et sont constitués de plis plus résistants (si la durabilité de l'essence de bois est de classe IV ou V, il est préférable que les plis soient pourvus d'un traitement de préservation adapté). ■

6 | Développement de moisissures sur le cadre en contreplaqué à la suite d'une exposition prolongée à l'humidité



Les exigences relatives aux performances thermiques des bâtiments étant de plus en plus strictes, les couches d'isolation placées dans les planchers et les murs creux sont de plus en plus épaisses. Ceci entraîne notamment des écarts de niveaux pouvant entraver l'accessibilité. Afin d'éviter tout désagrément, on tentera généralement de faire en sorte que l'écart entre le revêtement intérieur et le revêtement extérieur soit le plus faible possible. En revanche, des problèmes d'humidité peuvent alors survenir ! Cet article explique comment éviter les infiltrations, sans compromettre l'accessibilité.

Les pieds de mur étanches à l'eau et bien isolés, mais aussi **accessibles** pour tous

En raison du nombre croissant d'exigences imposées aux bâtiments, il est de plus en plus difficile de garantir la continuité des performances (stabilité, isolation thermique, étanchéité à l'eau et à l'air, isolation acoustique, accessibilité, ...), et ce, surtout au droit des pieds de mur creux traditionnel.

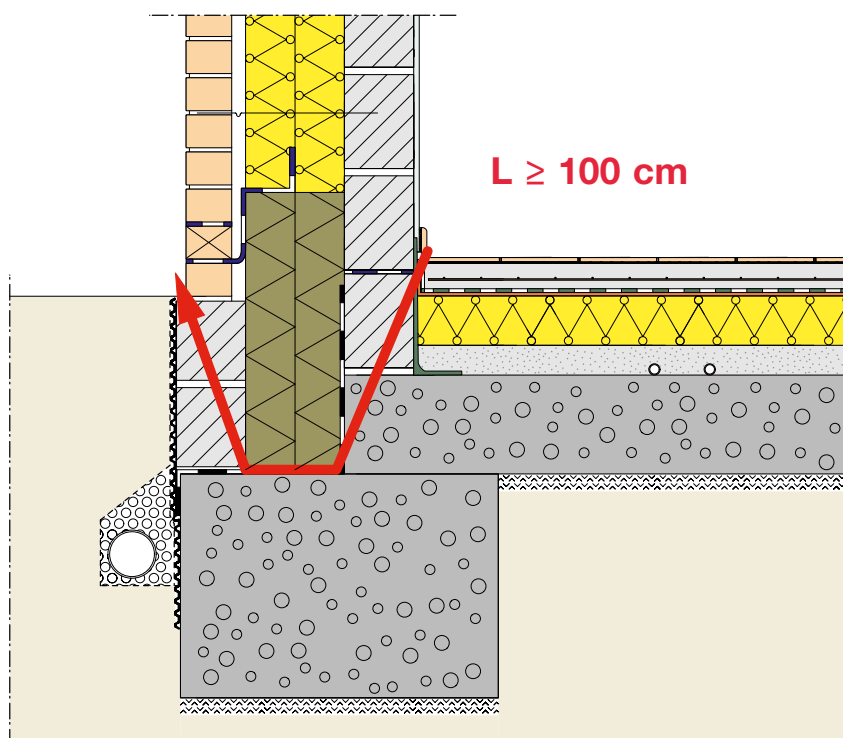
De plus, ce n'est pas uniquement le nombre des exigences qui augmente, mais également le niveau de ces dernières. Il ne faut pas non plus oublier qu'il convient de tenir compte de réglementations de plus en plus stricte en matière d'incendie, d'isolation thermique, ... L'accessibilité et l'adaptabilité des bâtiments font également l'objet d'une nouvelle réglementation également (voir www.construire-adaptable.be et www.toegankelijk.be).

Dans la pratique, on constate que les dégâts aux bâtiments sont dus bien plus souvent à des anomalies survenues au droit des nœuds constructifs que dans les parties courantes. Il n'est pas rare que ce soit précisément au droit des pieds de mur que les exigences liées aux performances soient difficiles à concilier lorsque l'on souhaite obtenir le niveau le plus élevé de chaque exigence.

La conception et l'exécution de ce nœud constructif constituent dès lors un nouveau défi non seulement pour l'entrepreneur de gros œuvre, mais également pour l'entrepreneur général qui veille à la coordination entre les divers professionnels impliqués.

Avec ou sans bloc isolant ?

Afin de réduire les déperditions thermiques



1 | La longueur du chemin de moindre résistance (ligne rouge) doit être supérieure ou égale à 1 m.

via le pied de mur et d'éviter de créer un pont thermique, un bloc isolant est bien souvent placé sous le mur porteur (i). Cette méthode est néanmoins limitée par la résistance en compression de ce bloc. Lors du calcul de la résistance de la maçonnerie, il convient notamment de tenir compte de l'influence exercée par le bloc isolant, les briques et le mortier (voir [Les Dossiers du CSTC 2011/4.5](#)).

Son utilisation se limite dès lors en général à des bâtiments de maximum trois étages (ou quatre niveaux), en fonction des propriétés

des briques et du mortier ou de la colle.

Si les bâtiments sont plus élevés ou si leurs parois intérieures comportent des colonnes en béton ou des prémurs d'une hauteur d'étage, il faut que la longueur 'du chemin de moindre résistance thermique' soit au moins égale à 1 m (voir figure 1), car il n'existe pas, dans ce cas, de continuité entre les couches d'isolation de la façade et du complexe plancher. Si ce principe n'est pas respecté, le pied de mur va subir un refroidissement important durant les saisons les plus froides. Combiné à un climat inté-

(i) Afin de satisfaire aux exigences PEB concernant les nœuds constructifs, les propriétés du bloc isolant doivent répondre aux trois exigences suivantes :

- la conductivité thermique λ du bloc isolant doit être inférieure ou égale à 0,2 W/mK
- la résistance thermique R de l'élément isolant doit être supérieure à la moitié de la plus faible résistance thermique des couches d'isolation du sol et de la façade (avec une limite supérieure de 2 m²K/W)
- la longueur de contact doit toujours être supérieure à la moitié de la plus faible épaisseur de l'élément isolant ou de la couche d'isolant adjacente.

rieur moins favorable, ceci peut engendrer un phénomène de condensation superficielle et d'hygroscopicité et, au final, un développement de moisissures.

Assurer l'étanchéité à l'eau et à l'air

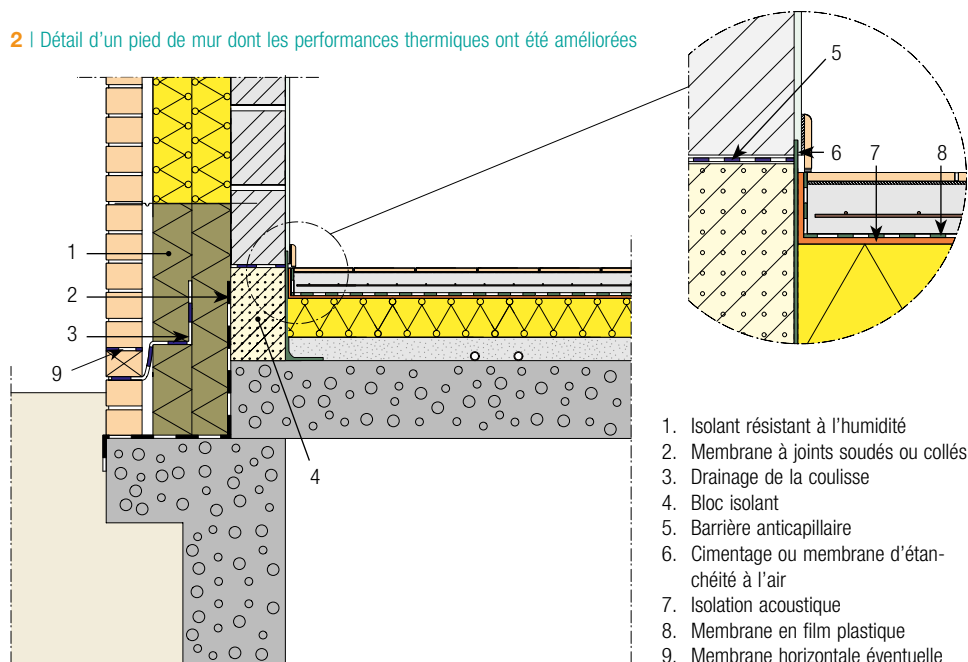
Des déficiences dans le drainage de la coulisserie sont souvent à l'origine d'infiltrations dans les façades fortement exposées aux pluies battantes. Le mur de soubassement peut également faire l'objet d'un transfert d'humidité provenant du sol et/ou d'infiltrations latérales d'eaux de surface (via le revêtement extérieur et/ou le terrain environnant).

Afin d'assurer l'étanchéité à l'eau au droit du pied de mur, il convient de prévoir diverses membranes (voir figure 2). La partie supérieure du plancher porteur en béton doit également être plus élevée que le niveau du sol ou du revêtement autour du bâtiment. La membrane de drainage de la coulisserie (3) doit, par ailleurs, présenter un relevé suffisant, de manière à ne pas être contournée (par des débris de mortier dans la coulisserie, par exemple).

La partie du mur située en dessous du sol est protégée par une membrane (2) qui se prolonge jusqu'à la face extérieure du bloc isolant, de sorte que ce bloc se trouve également protégé. Les joints de cette membrane doivent toujours être collés ou soudés et nécessitent, par ailleurs, une mise en œuvre spécifique. Il est important que la continuité des diverses parties de cette membrane soit garantie à l'interface entre les baies de portes et de fenêtres et le reste de la façade (voir figure 3 et [Infocarte 20](#)).

Plus haut dans le mur, un drainage de la coulisserie est prévu (3) afin d'évacuer au-dessus du niveau du sol l'eau qui s'y serait infiltrée. Celle-ci peut être fixée entre deux couches d'isolant ou collée et ne doit pas nécessairement atteindre le mur porteur. Pour ce faire, les panneaux d'isolation peuvent être découpés de façon perpendiculaire ou oblique. Les raccords dans cette membrane peuvent être effectués par recouvrement ou par collage. Ces travaux sont effectués par l'entrepreneur en charge de la maçonnerie de parement. Il convient de prévoir dans cette dernière des joints verticaux ouverts au-dessus de la membrane de la coulisserie (un joint sur trois). Le joint horizontal doit être interrompu. Ceux-ci ne peuvent en aucun

2 | Détail d'un pied de mur dont les performances thermiques ont été améliorées



cas être obturés par le revêtement extérieur ou colmatés. Parfois, on munit la maçonnerie d'une membrane horizontale supplémentaire (9) que l'on place au-dessus des joints verticaux ouverts afin d'éviter que les briques (généralement claires) ne restent sombres plus longtemps que le reste de la maçonnerie.

Du côté intérieur, l'étanchéité à l'air est assurée par un enduit à base de plâtre et par le plancher porteur en béton. Si une barrière anticapillaire est prévue au droit de la plinthe (5), la continuité de l'étan-

chéité à l'air peut être garantie soit par une membrane ou un produit liquide appliqué en couche mince, soit par un enduit de pied de mur résistant à l'humidité (cimentage étanche à l'air, par exemple (6)) sur une épaisseur suffisante (voir [Les Dossiers du CSTC 2013/3.9](#)).

Réaliser un écart de niveau minimal

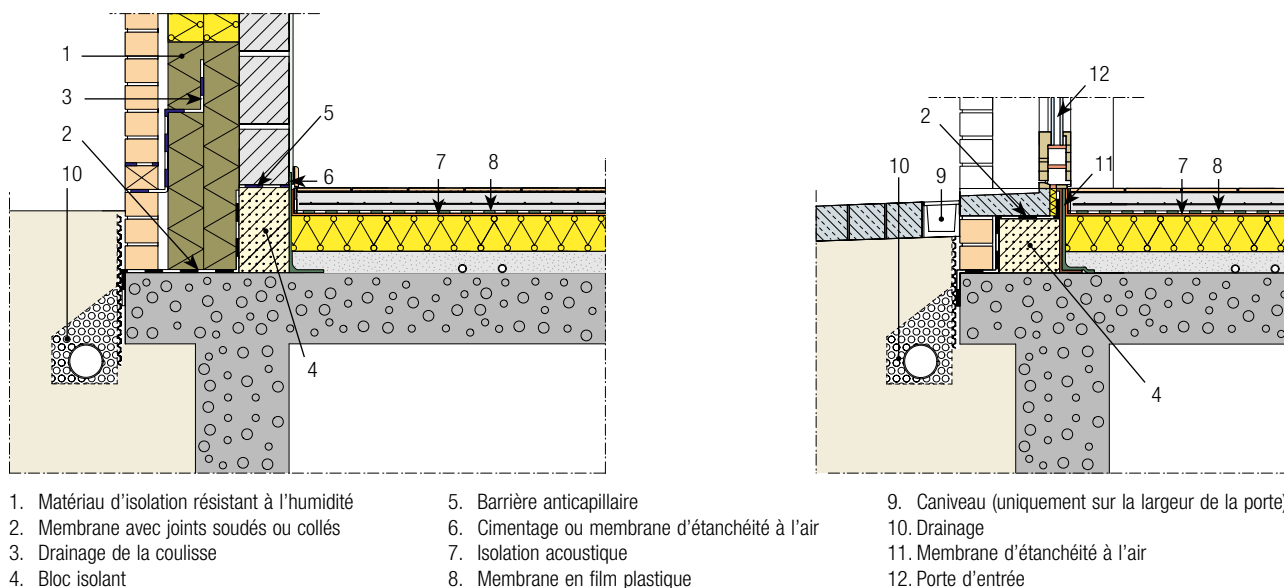
Comme mentionné auparavant, pour assurer l'étanchéité à l'eau ^(*), il est préférable que le revêtement extérieur ou le terrain



3 | Protection du pied de mur grâce à une membrane à joints soudés

(*) Nous considérons ici l'étanchéité à la pluie au niveau du rez-de-chaussée. En fonction de la classe d'étanchéité à l'eau exigée pour la cave, des directives supplémentaires peuvent être fixées, notamment un drainage ou un panneau horizontal au droit de l'interface entre le mur de la cave et le plancher porteur en béton.

4 | Détail d'un pied de mur dont l'accessibilité a été améliorée. Coupe verticale au droit de la façade (à gauche) et au droit de la porte d'entrée (à droite).



environnant se situe à un niveau inférieur à celui de la face supérieure du plancher porteur en béton. Ainsi, si un écart de niveau de 20 à 30 cm est prévu entre le sol intérieur et le revêtement autour du bâtiment, c'est l'accessibilité qui en pâtit.

Afin de garantir l'accessibilité via les menuiseries extérieures, il importe de satisfaire à trois conditions :

- l'entrée doit être bien accessible
- les menuiseries extérieures doivent être empruntables et la quincaillerie facile à manier
- les différences de niveau ne peuvent pas être supérieure à 20 mm.

Si l'écart de niveau entre les environnements intérieur et extérieur est peu élevé pour des raisons d'accessibilité, le risque d'infiltration augmente (aussi bien via le gros œuvre que via la menuiserie). Il convient alors de prêter une attention particulière aux détails. Afin de réduire le risque d'infiltration, il faudrait relever le niveau du revêtement ou du terrain environnant uniquement au droit des accès au bâtiment (voir [Les Dossiers du CSTC 2006/4.4](#) et [2007/1.12](#)). Dans la pratique, on préfère toutefois bien souvent réduire l'écart de niveau sur toute la périphérie du bâtiment.

Dans un tel cas, il ne faut pas compter uniquement sur la membrane située le plus bas (avec joints collés ou soudés; voir figure 4, membrane 2) pour assurer l'étanchéité à l'eau, étant donné que l'adhérence de cette

membrane au support (plancher porteur en béton) ne résiste généralement pas à la pression de l'eau. C'est pourquoi on prévoit un drainage au pied de la façade (10) afin d'éviter que, en cas de pluie, l'eau n'exerce une pression temporaire et ne contourne alors la membrane.

Ce drainage est constitué de trois éléments, à savoir : un tuyau collecteur, un matériau drainant et un filtre. Ces éléments sont tous adaptés aux propriétés du sol. Le tuyau collecteur doit toujours être suffisamment incliné (de 0,5 à 1 % et jamais en contre-pente), de sorte que la vitesse d'écoulement soit suffisamment élevée. Au droit de la porte (12), l'évacuation d'eau peut encore être améliorée en prévoyant un caniveau ou une gouttière (9). Par ailleurs, il convient de veiller à ce que le revêtement autour du bâtiment présente une déclivité d'au moins 1,5 % (en s'éloignant de la façade).

Au bas de la façade, on utilisera des panneaux d'isolation résistant à l'humidité (le risque d'humidification étant difficilement évitable). Si l'on s'attend à ce que d'importantes sollicitations s'exercent à proximité de la façade (en raison du trafic, par exemple), il faut veiller à ce que la coulisse située sous la membrane de drainage (3) soit entièrement remplie de panneaux d'isolation résistant à la pression, ceci dans le but d'empêcher que le pied de la maçonnerie ne subisse une pression vers l'intérieur à la suite d'une sollicitation du sol. Une autre possibilité consiste à remplacer la partie de

la maçonnerie située sous le niveau du sol par des blocs (de béton) plus larges.

Même lorsque les détails sont conçus de sorte que le bâtiment soit accessible, il convient de veiller à la continuité de l'étanchéité à l'air, surtout au droit des baies de portes. Les éléments de menuiserie dotés d'un cadre dormant donnent de meilleurs résultats à cet égard, et en matière d'étanchéité à l'eau également d'ailleurs. Ce cadre constitue toutefois une entrave pour les utilisateurs de fauteuils roulants. Nous tenons à signaler qu'il existe sur le marché des systèmes qui, même avec une faible hauteur de seuil (≤ 20 mm), prévoient une battée pour assurer l'étanchéité à l'air. En outre, ces cadres sont souvent munis de coupures thermiques.

Conclusion

Répondre aux diverses exigences de performance relative au droit du pied de la façade et des baies de portes dans les bâtiments actuels requiert une attention particulière. Etant donné que pratiquement chaque pied de façade est unique, cet article livre quelques principes et pistes pouvant être utilisés lors de la conception afin de satisfaire à ces exigences. Ce type de détail requiert une bonne coordination des divers corps de métier impliqués dans la réalisation du nœud constructif. S'il demande une grande attention lorsqu'il s'agit de nouveaux bâtiments, le défi est évidemment plus important encore lorsqu'il est question de rénover des bâtiments existants. ■

Que ce soit en construction neuve ou en rénovation, les concepteurs s'orientent vers des compositions de parois thermiquement plus performantes, intégrant de ce fait des épaisseurs d'isolation de plus en plus importantes. C'est l'une des raisons pour lesquelles nous constatons que, parallèlement aux solutions classiques constituées d'un mur creux avec isolation dans la coulisse ou de parois en ossature en bois, les compositions de parois revêtues d'un enduit sur isolant de forte épaisseur (ETICS) se développent de manière spectaculaire.

Enduits extérieurs sur isolant :

nouveaux points d'attention !

Parmi les différents griefs parfois formulés au sujet des finitions extérieures de ce type de parois, deux d'entre eux sont relativement récents et concernent :

- la perception, dans l'enduit, de la présence des rosaces de fixation des panneaux d'isolation thermique
- l'apparition, à la surfaces des enduits, de coulures brunâtres en provenance des couvre-murs.

1 Marquage, dans l'enduit, des rosaces de fixation des panneaux d'isolation thermique

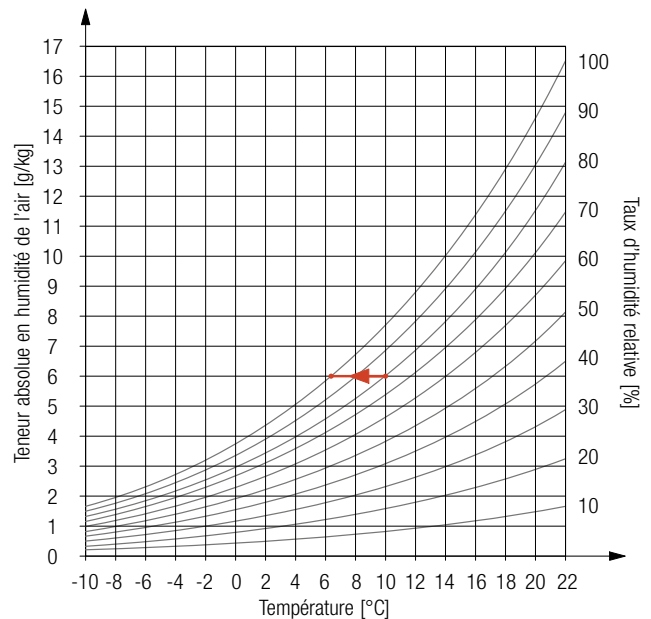
Cette pathologie est régulièrement soumise à la division Avis techniques depuis quelques années. Dès l'achèvement des travaux d'enduisage, la trame des pastilles de fixation des panneaux d'isolation thermique peut être observée par temps de ciel dégagé et, plus particulièrement, en fin de nuit. Ce phénomène se manifeste par l'apparition des taches légèrement plus claires et plus mates que l'enduit lui-même (voir figure 1).

Durant la nuit, et par ciel dégagé, la tempé-

rature d'une surface exposée à la voûte céleste peut être 6 à 8 °C inférieure à la température de l'air extérieur. C'est d'ailleurs ce phénomène, appelé surrefroidissement, qui est à la base de la formation de rosée (ou de givre lorsque la température superficielle de la paroi est inférieure à 0 °C) que l'on peut observer le matin, par ciel serein, sur les carrosseries ou les parebrises des voitures ou sur toute surface non capillaire localisée en site dégagé. Si l'on considère, à titre d'exemple, des conditions climatiques extérieures caractérisées par une température avoisinant 10 °C et un taux d'humidité relative de 80 %, on peut voir sur le diagramme représenté à la figure 2 que toute surface dont la température est inférieure à 6,5 °C sera le siège d'une condensation superficielle.

Au droit des parois faiblement isolées thermiquement, les déperditions par transmission thermique ont pour effet que la température de surface extérieure de ces parois reste voisine ou supérieure à la température de l'air extérieur.

En revanche, au droit des façades fortement isolées, les déperditions par transmission thermique sont à ce point faibles qu'elles ne suffisent pas à contrecarrer l'effet du surrefroidissement. La condensation peut dès lors se former. Dans le cas d'une finition capillaire isolée de manière homogène, ce phénomène n'est généralement pas perceptible, si ce n'est par un léger assombrissement de sa teinte. Par contre, s'il s'agit d'un matériau non capillaire (un bardage métallique, un panneau d'allège vitré ou un revêtement de



2 | Représentation graphique indiquant le taux d'humidité relative en fonction de la température

façade en pierre naturelle de faible porosité, par exemple), ce phénomène devient apparent du fait de la présence visible de buée ou de gouttelettes de condensation. Les figures 3 et 4 à la page suivante illustrent la formation de condensation superficielle en partie centrale des panneaux d'allège vitrés ou des éléments de bardage métallique avec isolation thermique intégrée. Au droit des bords de panneaux, les déperditions thermiques sont telles que le phénomène de surrefroidissement n'est pas suffisant pour abaisser la température de surface en dessous du point de rosée de l'air extérieur.

Ce même phénomène est également fréquemment rencontré à la surface extérieure des triples vitrages ou des doubles vitrages à haut rendement et a d'ailleurs déjà fait l'objet d'un article (*).

Dans le cas illustré par la figure 1, la tempé-

(*) Voir 'Condensation sur les vitrages : pas seulement à l'intérieur des locaux. (Bon à savoir)' dans CSTC-Magazine 1992/4.

1 | Apparition de cercles clairs correspondant aux rosaces de fixation





3 et 4 | Formation de condensation superficielle en partie centrale de panneaux d'allège vitrés (à gauche) ou d'éléments de bardage métallique avec isolation thermique intégrée (à droite)

La formation de l'enduit extérieur sur isolant est inférieure à la température correspondant au point de rosée de l'air extérieur, ce qui occasionne une formation de condensation superficielle et un assombrissement de la teinte de l'enduit lorsque les conditions climatiques et l'exposition de la façade sont propices au phénomène de surrefroidissement, à l'exception toutefois des rosaces de fixation des panneaux d'isolation thermique du fait des déperditions thermiques légèrement plus importantes en ces endroits.

Prévention et remèdes

Puisque différents facteurs interviennent dans l'apparition de ce phénomène, les moyens préventifs suivants doivent être étudiés :

- limiter la présence de fixations mécaniques aux endroits où ces dernières sont nécessaires
- utiliser des fixations mécaniques au coefficient de transmission thermique ponctuel (désigné par la lettre x) le plus faible possible, principalement lorsque la résistance thermique de la paroi sur laquelle le système d'enduit sur isolant est appliqué est faible (maçonnerie de blocs de béton lourd ou de silicocalcaire, par exemple). Ce coefficient de transmission thermique ponctuel est déterminé suivant le rapport technique n° 25 (TR 025) de l'EOTA (juin 2007) et est mentionné dans l'Agrément technique européen (ETA) de la fixation auquel renvoie l'Agrément technique du système d'enduit sur isolant. Lorsque cette valeur est supérieure à 0,002 W/K, l'auteur de projet peut alors opter pour un système d'ETICS avec rosaces intégrées dans l'épaisseur de l'isolation thermique et recouvertes au moyen d'un bouchon d'isolant, ce qui nécessite une épaisseur d'isolation supérieure ou égale à 80 mm. Ce paramètre n'est d'ailleurs pas à négliger, étant donné qu'il intervient dans le calcul du coefficient de transmission thermique modifié de l'ETICS, tel qu'expliqué dans le TR 025 précité
- réduire autant que possible l'absorption

capillaire de l'enduit de finition. L'ETAG 004 limite l'absorption de l'enduit de base et de la finition à 1 kg/m² (ou à 500 g/m² en l'absence d'essai de gel) après immersion de la face extérieure de l'enduit durant une heure. Cette valeur a pour but d'estimer le comportement dans le temps de l'enduit, principalement en ce qui concerne sa tenue au gel, mais elle reste cependant trop élevée pour éviter une modification de la teinte de ce dernier lorsqu'il est humidifié. Un essai d'absorption à la pipe en verre (voir § 9.1 de l'annexe 1 de la NIT 224) permettrait de mieux quantifier l'absorption de surface de l'enduit et d'estimer plus précisément les risques d'assombrissement différentiel de ce dernier, mais aucune valeur limite n'est définie actuellement. Notons qu'une peinture de finition *ad hoc* peut être envisagée afin de réduire l'absorption d'eau en surface de l'enduit. Cette pratique est d'ailleurs conseillée dans le but d'uniformiser la teinte de celui-ci et d'en améliorer la résistance aux salissures et aux développements biologiques. La présence d'une peinture à la surface d'un ETICS ne dispense cependant pas de la nécessité d'un entretien régulier de cette dernière (nettoyage et/ou renouvellement) (voir Les Dossiers du CSTC 2013/2.9).

2 Apparition de coulures à la surface des enduits sur isolant situés au voisinage des couvre-murs

Afin de pouvoir fixer efficacement les couvre-murs métalliques protégeant la face

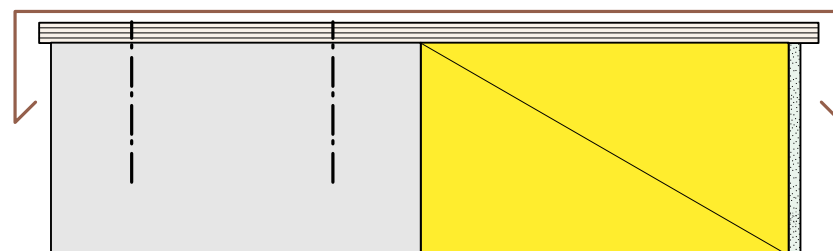
supérieure des murs acrotères, il est généralement nécessaire de placer un panneau fixé mécaniquement sur la face supérieure de la maçonnerie portante et de le prolonger en porte-à-faux au-dessus de l'isolant sur lequel l'enduit est appliqué (voir figure 5).

Récemment, la division Avis techniques a été contactée à différentes reprises en raison de la présence de coulures brunâtres à la surface de l'enduit semblant provenir de la face inférieure de couvre-murs métalliques fixés sur des panneaux en bois contreplaqué.

Dans un certain nombre de cas, on a pu constater que des infiltrations provenant de la jonction entre les éléments des couvre-murs ou de la fixation de garde-corps surplombant ces derniers étaient à l'origine du phénomène constaté. Dans cette situation, la pose de couvre-murs sans pente constitue un facteur aggravant, compte tenu de la présence de stagnations d'eau. En effet, la quantité d'eau pouvant s'infiltrer au droit des jonctions défectueuses peut alors être sensiblement plus importante.

Dans d'autres cas, en revanche, un examen minutieux des couvre-murs a permis de conclure que ceux-ci étaient étanches et ne donnaient lieu à aucune infiltration. Une examen plus approfondi a révélé que l'origine du phénomène était due à une formation de condensation superficielle sur la face inférieure des couvre-murs à la suite du surrefroidissement de ces derniers.

Comme expliqué ci-avant, le rayonnement de toute surface exposée à la voûte céleste occasionne un abaissement de la température de cette surface de plusieurs degrés par rapport à celle de l'air extérieur. Dans le cas d'un élément de faible épaisseur (et donc de faible inertie thermique) et particulièrement conducteur de la chaleur (de faible résistance thermique) tel qu'une tôle métallique,



5 | Couvre-mur métallique fixé à la face supérieure d'un mur acrotère par l'intermédiaire d'un panneau en bois contreplaqué



6 et 7 | Apparition de coulures brunâtres dues à la production de condensation au droit des couvre-murs

la température de la face inférieure de cet élément est quasi identique à la température de sa face supérieure. Si l'air extérieur peut entrer en contact avec la face inférieure de ces couvre-murs, il est alors possible qu'une condensation superficielle apparaisse non seulement sur les couvre-murs, mais également sur leur face inférieure, ce qui peut avoir comme conséquence d'humidifier les panneaux qui les supportent. Si la quantité de condensat est importante, un écoulement peut alors se produire et entraîner, lorsque ces panneaux sont à base de bois, des matières colorées en provenance de ceux-ci, occasionnant ainsi des coulures brunâtres à la surface de l'enduit (voir figures 6 et 7).

Il est évident que ce phénomène peut se manifester de manière accrue si de l'air provenant de l'intérieur de l'immeuble ou de l'humidité de construction s'échappant du béton de structure ou du béton de pente de la toiture entre en contact avec la face inférieure des couvre-murs ou des panneaux qui les supportent.

Prévention et remèdes

Afin d'éviter ce type de désagrément, il est tout d'abord conseillé d'étudier attentivement le principe d'étanchéité des raccords entre les éléments de couvre-murs (systèmes complets proposés par le fabricant, goutte de récupération placée sous les joints, ...) ainsi que les raccords entre les montants des garde-corps et les couvre-murs (embase soudée ou collée de manière durablement étanche autour de laquelle viennent s'emboîter les montants des garde-corps, ...).

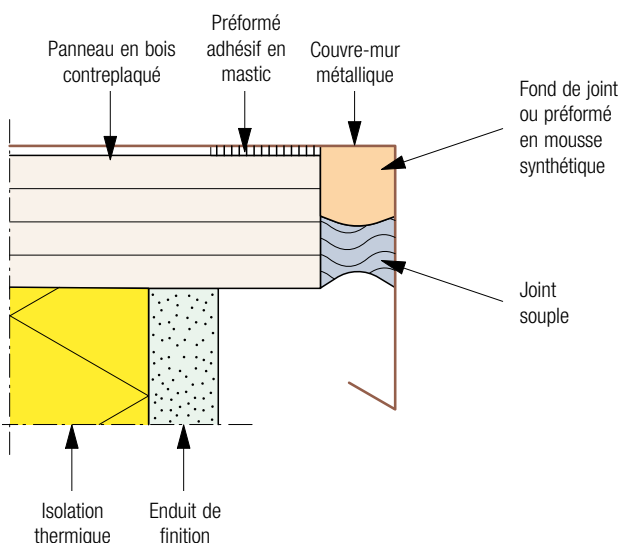
Par ailleurs, il importe également d'éviter tout apport d'air extérieur entre les couvre-murs et les panneaux sur lesquels ils sont fixés. Ceci peut se faire en plaçant un préformé adhésif en mousse synthétique ou en réalisant

un joint souple longitudinal sous les couvre-murs, de part et d'autre de ceux-ci.

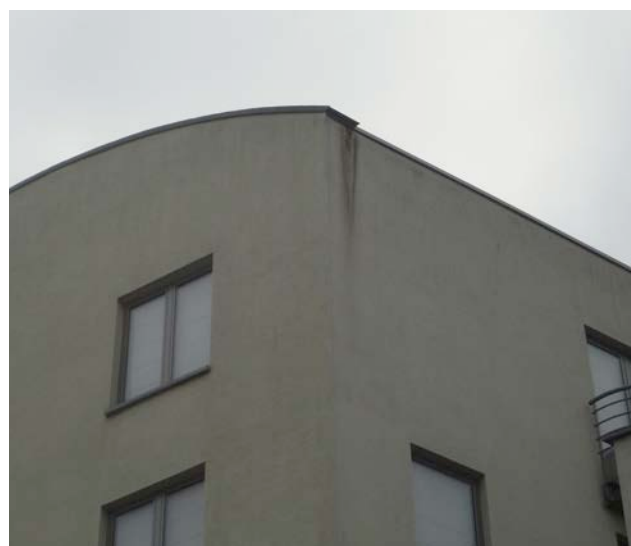
Dans ce contexte, il peut également s'avérer nécessaire de protéger la tranche du panneau à base de bois et d'augmenter l'inertie thermique des couvre-murs au droit de leur dépassant, ce qui peut se faire en appliquant un mastic de collage ou un préformé adhésif en mousse synthétique dans l'espace situé entre le larmier du couvre-mur et la tranche du panneau en bois contreplaqué, en veillant toutefois à ne pas compromettre le bon fonctionnement du larmier (voir figure 8).

Enfin, l'utilisation de panneaux moins susceptibles de relarguer des matières colorantes peut également être envisagée (panneaux backéllisés, composites, ...) en mettant en relation les risques de tache (situation dégagée ou non) et le caractère inesthétique des taches (teinte de l'enduit, situation peu ou fortement visible, ...) avec le surcoût éventuel lié à l'utilisation de ces panneaux.

Rappelons également que la conception des détails constructifs constitue un facteur déterminant par rapport à la vitesse avec laquelle les salissures et micro-organismes vont se développer à la surface de l'enduit. Il est certain que des dépassants de toiture importants constituent le meilleur moyen de protéger l'enduit de l'encrassement lié aux eaux de pluie. Il convient, en tout cas, d'éviter des situations qui concentrent les écoulements sur des zones limitées des façades (voir figure 9).



8 | Protection de la tranche du panneau à base de bois au moyen d'un mastic de collage ou d'un préformé adhésif en mousse synthétique



9 | Surface de l'enduit encrassée par l'écoulement des eaux de pluie

Ces dernières années, les chaudières de nouvelle génération ont vu leur rendement et leur compacité augmenter. Cette évolution s'est toutefois accompagnée d'une augmentation de certains cas de pathologies moins fréquemment (ou jamais) observés par le passé. Cet article présente deux cas de pathologies examinés à la suite d'interventions de remplacement d'une ancienne chaudière atmosphérique par une nouvelle chaudière à condensation à chambre de combustion fermée.

Des chaudières modernes qui consomment moins et qui prennent moins de place engendrent-elles moins de problèmes ?

Problèmes d'humidité le long des conduits de fumée existants et manque de tirage

Le remplacement d'une ancienne chaudière par une chaudière moderne induit notamment une température de fumée plus faible dans le conduit d'évacuation des produits de combustion. La température des fumées à la sortie de la chaudière passe ainsi de 200 °C, ou plus, à 120 °C, voire moins encore dans le cas de chaudières à condensation où la fumée peut atteindre 40 à 50 °C.

Si la nouvelle chaudière est raccordée à un conduit de fumée existant (non isolé), le risque de condensation dans ce conduit est important. Lorsque la cheminée n'est pas tubée, cette condensation peut entraîner l'apparition de taches d'humidité dans les parachèvements intérieurs, et ce, le long du conduit de fumée et, préférentiellement, dans la partie supérieure de ce dernier (là où la température des fumées est plus faible) (voir figures 1 et 2).

Les quantités de condensats potentiellement produits dans un conduit de fumée

dépendent notamment du débit de fumée, de la température de celle-ci à la sortie de la chaudière, ainsi que du refroidissement dans le conduit. Ce dernier paramètre est fonction, entre autres, de la section et de l'isolation thermique du conduit (un surdimensionnement de la section et une absence d'isolation thermique induisent une diminution accrue de la température des fumées), de la température des espaces jouxtant le conduit (ambiance extérieure, local chauffé ou non, ...), du tracé et de la longueur du conduit ainsi que de la quantité de vapeur d'eau produite par la combustion (dépend du combustible).

On notera, par ailleurs, que le fait de raccorder une nouvelle chaudière à tirage naturel sur un conduit de fumée existant peut également induire des problèmes de tirage susceptibles de provoquer des mises en sécurité successives de la chaudière.

Pour éviter les problèmes précités (condensation interne et manque de tirage), il convient au préalable de vérifier si le conduit existant (type, section, hauteur) peut être réutilisé (voir § 9.2 de la NIT 235). Dans le cas contraire, il y a lieu de modifier le conduit

conformément aux normes en vigueur (NBN B 61-001 ou NBN B 61-002) ou d'installer un nouveau conduit répondant aux normes précitées. Dans ce dernier cas, il y a lieu d'étudier la possibilité d'installer une chaudière à ventouse.

On notera que le remplacement d'une chaudière raccordée à un conduit d'évacuation collectif (dans un immeuble à appartements, par exemple) nécessite des investigations et/ou interventions complémentaires. Le raccordement d'un appareil à condensation sur de tels conduits est exclu (voir [Les Dossiers du CSTC 2012/4.15](#) et [2013/4.12](#)).

Fuites dans le circuit d'eau de la chaudière

Nos services ont déjà été amenés à examiner de tels problèmes de fuites se manifestant quelques années après l'installation d'une nouvelle chaudière raccordée à un circuit de chauffage existant. Dans certains cas, il semble que ces dégâts soient liés à la qualité de l'eau de l'installation (présence de dépôts), à l'absence de rinçage préalable de cette dernière et/ou à l'absence de filtres ou de pots de décantation (ou encore à l'absence d'entretien des filtres).

Comme dit précédemment, les chaudières de l'ancienne génération ont évolué vers des chaudières plus compactes avec un meilleur rendement de combustion. La compacité accrue est principalement obtenue grâce à des échangeurs de chaleur moins volumineux. Cette évolution s'est traduite par des surfaces d'échange de chaleur plus réduites, une contenance en eau plus faible

1 et 2 | Apparition de taches d'humidité dans un parachèvement intérieur et le long d'un conduit de fumée





3 | Échangeur de chaleur d'une chaudière

et des flux de chaleur par unité de surface plus élevés.

Un échangeur de chaleur plus compact peut néanmoins présenter certains inconvénients en ce sens que l'utilisation de canaux de diamètre plus réduit rend ces derniers plus sensibles aux dépôts (provenant, par exemple, de l'installation préexistante). Ainsi, un dépôt de 1 mm dans un échangeur de chaleur composé de conduits d'un diamètre de 12 mm induirait une réduction de section de l'ordre de 20 %. La présence de particules solides dans l'eau de l'installation et leur accumulation dans un échangeur peut dès lors avoir pour conséquence une moins bonne

irrigation, une perte de rendement, une élévation de la température des matériaux et une usure prématurée avec, à la clé, des fuites potentielles.

En d'autres termes, si l'on souhaite garantir à la chaudière un fonctionnement durable avec un rendement constant, il convient notamment de réduire au mieux les dépôts pouvant s'accumuler dans une chaudière moderne. La qualité de l'eau devrait répondre aux exigences suivantes :

- aspect visuel : pas de matières en suspension
- pH à 25 °C : 8,2 à 10 en l'absence d'éléments en aluminium (max. 8,5 en présence d'aluminium non allié, max. 9 pour certains aluminiums alliés)
- teneur en oxygène : < 0,02 mg/L
- conductivité : ≤ 1500 µS/cm.

Si l'on raccorde une nouvelle chaudière à une installation existante dans laquelle l'eau ne répond pas à ces exigences, il convient notamment d'éliminer les dépôts (voir encadré ci-dessous) et de supprimer les possibilités d'apport d'oxygène dans le circuit (voir encadré 'Comment limiter la formation de boues ?', p. 26).

L'élimination des dépôts dans l'installation existante peut être réalisée au moyen d'un rinçage à l'eau à débit élevé (ou avec un mélange d'eau et d'air comprimé). Il est également possible d'opter pour un nettoyage chimique, dont le principe consiste à rajouter des produits à l'eau de l'installation afin de mettre en suspension les dits dépôts. Ces



4 | Dépôts d'oxyde de fer dans les canalisations

derniers sont ensuite captés par un filtre à boues ou évacués lors d'une vidange de l'installation.

Si l'installation existante est telle que les apports d'oxygène et/ou les sources de corrosion ne peuvent pas être éliminés, il convient d'opter pour un traitement approprié continu de l'eau qui sera fonction des matériaux présents (le dosage est de l'ordre de 1 à 10 L de produit par 1.000 L d'eau à traiter). Les effets du traitement sur la qualité de l'eau doivent être contrôlés de façon périodique. Notons également qu'en cas d'éventuels ajouts d'eau dans l'installation, l'eau de remplissage doit également être traitée. |

Les sources de dépôts

Les sources de dépôts dans une installation de chauffage central sont en général :

- la formation de tartre en raison de la température élevée de l'eau
- la formation de boues à la suite d'un phénomène de corrosion interne.

La formation de tartre (carbonate de calcium)

En chauffant de l'eau qui contient des ions calcium et, dans une moindre mesure, des ions magnésium (comme la plupart des eaux potables distribuées en Belgique), la réaction suivante entre ces ions et les ions bicarbonates conduit à la précipitation du carbonate de calcium insoluble, communément appelé calcaire ou tartre : $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.

Ce phénomène, bien que se produisant également à basse température, sera fortement accéléré par l'élévation de la température (principalement à partir d'une température de 60 °C).

La quantité de tartre qui peut se déposer dans une installation (et, notamment, dans le circuit de la chaudière) dépend de la dureté de l'eau de remplissage, de la contenance en eau de l'installation et des quantités d'eau d'appoint. La dureté totale de l'eau (TH) reflète la quantité d'ions solubles en calcium et en magnésium et est souvent exprimée en degrés français (°f ou °fH) ou allemands

Suite à la page suivante

(°dH) où 1 °dH vaut 1,786 °fH. En Belgique, cette valeur varie de moins de 6 °fH (eau très douce) à plus de 40 °fH (eau très dure) selon l'endroit. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau peuvent être demandées à la compagnie distributrice ou obtenues facilement en effectuant une mesure de la dureté de l'eau à l'aide d'un kit disponible dans le commerce.

TH [°fH]	0-7	7-15	15-25	25-42	> 42
Dureté de l'eau	Très douce	Douce	Semi-dure	Dure	Très dure

En fonction de sa dureté totale, une eau peut être qualifiée de :

Plus la dureté est élevée, plus l'eau contiendra des ions responsables de la formation du tartre. On aurait donc tendance à utiliser de l'eau pluviale (quasi dépourvue de sels en solution) ou une eau déminéralisée. Cependant, pour des raisons de corrosion, ceci est déconseillé et l'utilisation de l'eau sanitaire est préférable, et ce, malgré sa dureté généralement plus importante.

Les quantités de tartre qui peuvent se déposer dans une installation dépendent également de la contenance de cette dernière. Ainsi, les installations plus grandes ont un volume d'eau plus important. Ce volume dépend non seulement de la capacité totale de la chaudière installée, mais aussi de la nature du système d'émission de chaleur (les radiateurs ont une contenance plus grande que les convecteurs).

La quantité d'eau d'appoint va également influencer l'ampleur des dépôts potentiels. L'ajout régulier d'eau fraîche induit un apport de nouveaux ions calcium et magnésium pouvant former du carbonate de calcium. Il convient donc de limiter les quantités d'eau ajoutées à l'installation après un premier remplissage (après des travaux effectués à l'installation, par exemple). A ce titre, on notera que, selon la norme NBN EN 14868, il convient de limiter à trois le nombre de renouvellements du volume d'eau sur toute la durée de vie de l'installation (essentiellement pour réduire le risque de corrosion; voir encadré ci-dessous).

Pour davantage d'informations relatives à la qualité de l'eau de remplissage d'une installation de chauffage central, nous renvoyons vers [Les Dossiers du CSTC 2012/2.13](#). Il ressort de ce document que, si l'on souhaite réduire la formation de tartre, il peut s'avérer utile d'utiliser une eau de remplissage préalablement adoucie (au moyen d'un traitement à base de résines échangeuses d'ions, par exemple). L'évaluation de l'efficacité des différents traitements anti-tartre fait actuellement l'objet d'une recherche prénormative.

La formation de boues

Lorsque le fer (acier) est en contact avec de l'eau contenant de l'oxygène (pas de l'eau 'morte'), les oxydes de fer suivants se forment :

- la magnétite (Fe_3O_4), qui se dépose sous la forme d'une couche noire très fine. Il s'agit d'un dépôt qui dispose de caractéristiques magnétiques
- l'hématite (Fe_2O_3), qui se manifeste lorsque de l'oxygène est présent en quantité non négligeable. Elle est caractérisée par une coloration rouge/brun.

Etant donné qu'un 1 g d' O_2 dissous dans l'eau peut donner lieu à la formation de 3,62 g de Fe_3O_4 , il s'ensuit que l'apport fréquent d'oxygène dans une installation peut être à l'origine de dépôts non négligeables après plusieurs années d'utilisation. Si l'on considère que 1 L d'eau de ville contient environ 10 mg d'oxygène dissous, cela sous-entend que chaque litre d'eau (non traité) injecté dans une installation d'eau est à l'origine d'un dépôt de 36 mg de magnétite.



Présence d'hématite ou rouille en suspension dans l'eau

Comment limiter la formation de boues ?

Si l'on souhaite limiter les quantités de boues formées, il convient dès lors de réduire les sources d'oxygène dans l'eau de l'installation, et ce, en veillant notamment à :

- diminuer les apports d'eau dans l'installation, selon la norme NBN EN 14868 : la somme du volume d'eau initial (V_i) et des apports d'eau ultérieurs doit être limitée à $3 V_i$. Pour ce faire, il faut notamment veiller à réaliser une installation étanche (sans fuites) avec un vase d'expansion correctement dimensionné. Pour les installations importantes, il convient, par ailleurs, d'enregistrer les quantités d'eau qui pourraient être injectées régulièrement dans les circuits
- supprimer les vases d'expansion ouverts (dans les anciennes installations)
- opter pour des conduites très peu perméables à la diffusion d'oxygène (des conduites synthétiques intégrant une barrière anti- O_2 ou des conduites métalliques).

Agenda du CSTC

Cours d'hiver 2014 – La rénovation énergétique des bâtiments

- 24 et 31 mars 2014, de 18h45 à 21h45, Construfarm Liège, rue de Wallonie 21, 4460 Grâce-Hollogne
- 22 et 29 avril 2014, de 18h45 à 21h45, Formation PME Luxembourg, rue de la Scierie 32, 6800 Libramont

Cours d'hiver 2014 – La sécurité incendie des bâtiments

- 17 et 24 mars 2014, de 18h45 à 21h45, Espace Wallonie Picarde, rue du Follet 10/201, 7540 Kain
- 26 mars et 2 avril 2014, de 18h45 à 21h45, Centre IFAPME Verviers, rue du Limbourg 37, 4800 Verviers
- 22 et 29 avril 2014, de 18h45 à 21h45, Centre IFAPME Charleroi, chaussée de Lodelinsart 417, 6060 Gilly
- 7 et 14 mai 2014, de 18h45 à 21h45, Centre IFAPME Dinant, CFPME, rue Fétis 61 (site Remacle), 5500 Bouvignes

Vers des bâtiments neufs et rénovés énergétiquement performants

- **Enveloppe** (Brussels Meeting Centre, boulevard Poincaré 79, 1060 Bruxelles)
 - la rénovation énergétique : 11 mars 2014, de 12h30 à 16h00
 - performance des fenêtres, châssis et vitrages : 3 avril 2014, de 12h30 à 16h00
 - la toiture plate dans tous ses états : 8 mai 2014, de 9h30 à 16h30
- **Installations** (Brussels Meeting Centre, boulevard Poincaré 79, 1060 Bruxelles)
 - la rénovation énergétique – Installations techniques : 20 mars 2014, de 12h30 à 16h00
 - dimensionnement des installations de chauffage à eau chaude : 15 mai 2014, de 12h30 à 16h00

Energie et construction

- **Séances d'information** (Centre FormatPME, rue Saucin 66, 5032 Les Isnes)
 - techniques d'isolation des toitures plates : 25 février 2014, de 9h30 à 12h30
 - isolation des toitures inclinées : 18 mars 2014, de 9h30 à 12h30
 - rénovation des châssis existants et remplacement du simple vitrage : 24 avril 2014, de 9h30 à 12h30

Formation 'Placeurs de portes résistantes au feu'

- 28 avril et 5, 12 et 19 mai 2014, de 14h00 à 17h00 Centre IFAPME Tournai, rue Guillaume Charlier 132, 7500 Tournai

Evolutions récentes dans le domaine de la technologie sanitaire

- 6 mai 2014, Centre IFAPME Charleroi, chaussée de Lodelinsart 417, 6060 Gilly
- 13 mai 2014, Construfarm, rue de Wallonie 21, 4460 Grâce-Hollogne
- 14 mai 2014, Gosset Hotel, Gossetlaan 52, 1702 Grand-Bigard

NIT 249 'Guide de bonne pratique pour l'exécution des travaux de peinture'

- 13 mai 2014, de 18h30 à 21h30, Centre IFAPME Charleroi, chaussée de Lodelinsart 417, 6060 Gilly
- 20 mai 2014, de 18h30 à 21h30, Centre IFAPME Liège, boulevard Sainte Beuve 1, 4000 Liège
- 27 mai 2014, de 18h30 à 21h30, Gosset Hotel, Gossetlaan 52, 1702 Grand-Bigard

Publications

Les publications du CSTC sont disponibles :

- sur notre site Internet :
 - gratuitement pour les entrepreneurs ressortissants
 - par souscription pour les autres professionnels (enregistrement sur www.cstc.be)
- sous forme imprimée et sur clé USB.

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

Formations

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



Une édition du Centre scientifique et technique de la construction, établissement reconnu en application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947

Editeur responsable : Jan Venstermans, CSTC, rue du Lombard 42, B-1000 Bruxelles

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

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

www.cstc.be

Recherche • Développe • Informe

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

Recherche et innovation

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

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

Développement, normalisation, certification et agréation

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

Diffusion du savoir et soutien aux entreprises

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

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

SIÈGE SOCIAL

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

BUREAUX

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

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

STATION EXPÉRIMENTALE

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

- recherche et innovation
- formation
- bibliothèque

CENTRE DE DÉMONSTRATION ET D'INFORMATION

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

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

BRUSSELS MEETING CENTRE

Boulevard Poincaré 79, B-1060 Bruxelles
tél. 02/529 81 00
fax 02/529 81 10