

Édition
Enveloppe



mars-avril
2022

P08. Composition des toitures chaudes en zinc

P10. Poussée de l'acrotère des toitures plates

P12. Pose des fenêtres en bois dans les murs creux

Sommaire

CSTC-Contact mars-avril 2022



04

Monitoring des ouvrages en béton :
avantages et défis



06

Un guide pratique consacré
au béton circulaire



08

Des compositions sûres
pour les toitures chaudes en zinc



10

Poussée de l'acrotère des toitures plates
isolées à l'aide de panneaux PU



12

Pose de fenêtres en bois
dans les murs creux



14

Comment drainer et ventiler
la feuillure des fenêtres ?



16

Sécurité incendie des façades-rideaux :
une NIT pour tout savoir !



18

Révision de la norme acoustique
pour les habitations



20

Plus jamais de problèmes d'humidité
dus à la condensation dans les parois



22

La vérité derrière deux idées reçues
sur le *lean* dans la construction



24

FAQ



25

Focus



26

Facilitez-vous le chantier !



27

Salons et événements

Apporter des réponses concrètes aux entrepreneurs



Le CSTC mène chaque année de nombreux projets de recherche. Si certains sont subsidiés, d'autres sont initiés sur fonds propres et visent à apporter des **réponses aux demandes des entreprises de construction** relayées par nos 15 Comités techniques.

Ces Comités, composés de professionnels des différents métiers et présidés par des entrepreneurs expérimentés, jouent un rôle clé à cet égard. Ils constituent notre trait d'union avec le terrain en nous communiquant les besoins quotidiens de nos membres.

Tous ces projets ont pour but d'apporter des réponses aux besoins des entreprises.

Dans la majorité des cas, il s'agit d'apporter des **solutions concrètes à des problèmes** rencontrés sur chantier. Deux exemples sont traités dans ce CSTC-Contact consacré aux métiers de l'enveloppe : les problèmes de corrosion de toitures en zinc (voir p. 8) et les dégâts aux acrotères en toiture plate (voir p. 10).

D'autres projets sur fonds propres consistent à **acquérir les compétences** nous permettant de mieux servir le secteur et de répondre aux besoins futurs. Parmi ces projets, nous pouvons épingler les cas d'étude de bâtiments *smart*, l'impression 3D d'éléments en béton, le développement d'un guide pour les pompes à chaleur, ...

Enfin, certains projets ont pour objet de **faciliter la compréhension et l'utilisation de documents normatifs ou réglementaires** en fonction des réalités de terrain. Citons notamment le développement des applications dédiées aux spécifications du béton, au calcul du prix de revient ou encore Cpro, outil permettant d'élaborer des offres.

Les résultats sont diffusés par le biais de publications, sont pris en compte dans nos avis techniques ou font l'objet de webinaires et de formations.

En 2021, 30 projets financés entièrement par les redevances des entrepreneurs étaient en cours et 12 d'entre eux sont arrivés à leur terme. Les autres projets se poursuivent en 2022 et quatre nouveaux se sont ajoutés à la liste. D'autres projets viendront les compléter au cours de l'année, à l'initiative des Comités techniques. Tous ces projets ont pour but d'apporter une réelle valeur ajoutée aux entreprises en répondant à leurs attentes.

Yves Martin,
coordinateur des Comités techniques



Monitoring des ouvrages en béton : avantages et défis

En raison de grandes avancées dans le domaine de l'Internet des objets (*Internet of Things* ou IOT) et de la technologie des capteurs, le secteur de la construction s'intéresse de plus en plus au monitoring. En permettant de mesurer de nombreux paramètres en temps réel, le monitoring contribue à optimiser la conception, l'exécution, l'entretien ou encore les coûts.

G. Van Lysebetten, ir., chef adjoint du laboratoire 'Géotechnique et monitoring', CSTC

N. Huybrechts, ir., chef de la division 'Géotechnique, structures et béton', CSTC

P. Van Itterbeeck, dr. ir.-arch., chef de projet principale, laboratoire 'Structures et systèmes de construction', CSTC

Technologie des capteurs à fibres optiques

Le béton est un matériau de construction très couramment utilisé depuis déjà des décennies. Le monitoring des ouvrages en béton présente néanmoins de nombreuses possibilités en termes de gestion, d'entretien et d'exploitation. Les avancées technologiques dans le domaine de la fibre optique et les opportunités offertes par cette technologie sont particulièrement marquantes. La division 'Géotechnique, structures et béton' du CSTC mène des expériences en ce sens depuis près de 15 ans, principalement dans des applications géotechniques (voir le [Dossier du CSTC 2021/4.1](#)). Au cours des dernières années, son champ d'action s'est élargi, notamment dans le cadre du projet COOCK 'Monitoring van structuren en systemen met optische vezel' (voir encadré à la page suivante).

Domaines d'application

Le **développement de produits innovants** et l'**optimisation de la mise en œuvre** sont les premiers domaines dans lesquels le monitoring peut apporter de la valeur ajoutée.

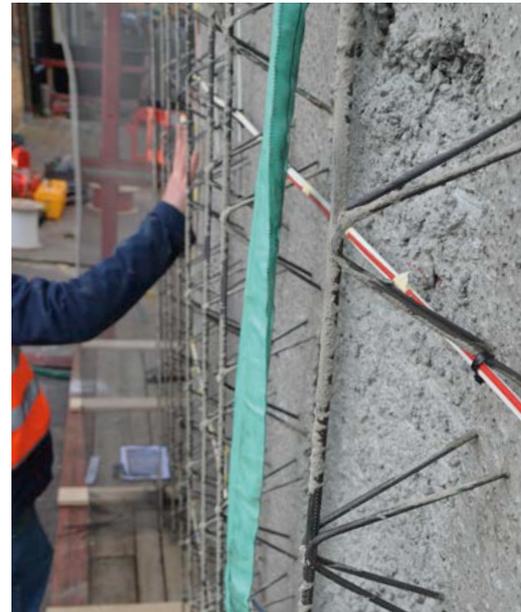
Par exemple, on peut obtenir aujourd'hui – et de façon rentable – des informations très précises sur le comportement des éléments ou des structures. Il est dès lors possible d'optimiser la conception et l'exécution des ouvrages. Le développement du système 'Uniwall' par Prefaxis en est un bon exemple. Ce système consiste, dans un premier temps, à placer une paroi préfabriquée en béton devant la paroi de soutènement et, dans un second temps, à remplir de béton l'espace compris entre les deux parois. Comparativement à l'utilisation de panneaux de coffrage traditionnels, cette technique offre un gain de temps considérable. En outre, le monitoring de l'allongement et de la température du béton apporte des informations importantes concernant le comportement thermique et le retrait empêché de la paroi (voir figure 1). Celles-ci permettent d'optimiser la durée des phases de bétonnage, sans compromettre l'étanchéité aux liquides de la paroi en béton. Nous vous invitons à scanner ce code QR pour découvrir une [vidéo](#) qui vous en apprendra plus à ce sujet.

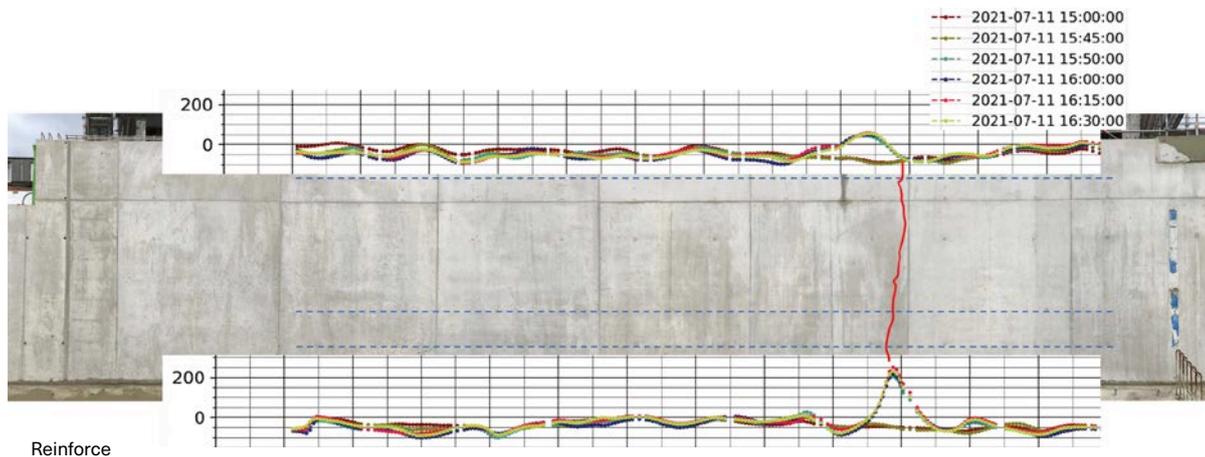


Le monitoring joue aussi un rôle essentiel pour qui souhaite adopter une **stratégie d'entretien prédictive** (*predictive maintenance*) plus rentable. En intégrant un réseau de cap-

1

Fixation des câbles à fibres optiques à l'armature.





Reinforce

2 Mesures de l'allongement de la paroi effectuées à divers moments au moyen de capteurs à fibres optiques (projet de recherche Reinforce). Le pic indique le début de la fissuration.

teurs dans les ouvrages d'infrastructure (ponts, tunnels, ...), on peut détecter, à un stade très précoce et à distance, des anomalies telles que des problèmes de corrosion ou de fissuration. Il est dès lors possible d'intervenir plus rapidement et de façon plus ciblée, mais aussi de réduire les coûts d'entretien et les désagréments pour les utilisateurs.

Les dernières avancées technologiques permettent également de réaliser un monitoring de plus en plus précis des structures existantes en vue de l'**installation de systèmes d'alerte précoce**, de la **prolongation de la durée de vie** ou de l'**estimation de la durée de vie restante**. Cela peut s'avérer utile dans le cas du remplacement ou de la rénovation des ponts et des tunnels en Belgique, par exemple. Grâce au monitoring, les inspections seront plus ciblées, les dégâts de plus grande ampleur pourront être évités et les infrastructures sensibles pourront être maintenues plus longtemps opérationnelles si le besoin s'en fait sentir.

Défis

Cependant, le monitoring des ouvrages en béton pose aussi des défis de taille. Les capteurs à fibres optiques permettent de réaliser un monitoring précis grâce à un câblage et à des dispositifs de lecture compacts. Pour ce faire, il faut

toutefois pouvoir **relier chaque point de mesure à un emplacement spécifique dans la structure**, ce qui requiert une attention particulière en cas de surfaces importantes ou de géométries complexes, par exemple.

Le CSTC mène actuellement divers essais visant à promouvoir l'utilisation des capteurs à fibres optiques pour le **monitoring de la corrosion et la détection des fissures**, notamment pour déterminer à partir de quel moment les fissures sont détectables (voir figure 2 et encadré ci-dessous).

Enfin, il ne faut pas oublier qu'un monitoring produit un **nombre considérable de données** et que celles-ci doivent être traitées et interprétées. Par conséquent, nous recommandons d'établir un plan de travail dès le départ et de prévoir un budget suffisant. Les algorithmes et l'intelligence artificielle peuvent s'avérer utiles, et ce particulièrement en cas de monitoring de longue durée.

Bien qu'un monitoring à grande échelle soit parfois nécessaire, il est préférable de **concevoir un réseau de capteurs là où il est réellement le plus utile**. En effet, un tel réseau limite les coûts et permet de mieux contrôler le flux d'informations entrant. À cet égard, il est essentiel d'identifier les points les plus sensibles de l'ouvrage pour effectuer le monitoring le plus complet possible avec le réseau de capteurs le plus restreint possible. ◆

Étude de valorisation pour les capteurs à fibres optiques

Dans le cadre du projet COOCK 'Monitoring van structuren en systemen met optische vezels' (2020-2023) initié par VLAIO, le CSTC, en collaboration avec la division 'Bouwmechanica' de la KU Leuven, a pour mission de promouvoir l'utilisation des capteurs à fibres optiques dans le secteur du bâtiment. Plusieurs essais sont effectués en laboratoire, afin de connaître l'étendue du champ d'application de ces capteurs. Récemment, des essais en flexion et des essais de corrosion accélérée ont été réalisés sur des poutres en béton armé. Les techniques de mesure classiques ont été comparées à la technologie des capteurs à fibres optiques et à la technologie de mesure appelée *Digital Image Correlation* (DIC). Ces essais ont permis notamment de déterminer la largeur minimale des fissures pouvant être détectée avec chaque technique et de savoir comment et à partir de quand la corrosion du béton armé peut être détectée au moyen de capteurs à fibres optiques. Rendez-vous sur www.ovmonitoring.be pour plus d'informations.



Un guide pratique consacré au béton circulaire

Béton circulaire, béton recyclé, béton vert, béton à faible teneur en carbone, ... Toutes ces appellations désignent des bétons auxquels ont été appliquées des technologies innovantes visant à réduire l'impact environnemental. Si certains types de béton circulaire sont déjà couramment employés en Belgique, d'autres rencontrent encore de nombreux obstacles dans la pratique. C'est pourquoi le CSTC a élaboré, dans le cadre du projet Circular.Concrete, un guide pratique dédié au développement de ces technologies et à leur application sur chantier.

N. Hulsbosch, dr., chef de projet, laboratoire 'Technologie du béton', CSTC
B. Dooms, ir., chef adjoint du laboratoire 'Technologie du béton', CSTC
J. Vrijders, ir., chef du laboratoire 'Solutions durables et circulaires', CSTC

Ce guide pratique constitue avant tout un **fil conducteur** permettant à l'équipe responsable (maître d'ouvrage, auteur de projet, bureau d'études, entrepreneur, ...) de planifier, préparer, prescrire, exécuter et suivre un projet de construction impliquant l'utilisation de béton circulaire. En parallèle, il fournit aux producteurs et aux fournisseurs de béton les directives nécessaires au développement de leurs produits circulaires, de sorte que ces derniers répondent aux exigences (figurant, par exemple, dans les normes et les cahiers des charges, en fonction de l'utilisation prévue). Le guide est structuré sur le modèle d'un projet de construction classique et répond à un certain nombre de questions devant être posées tout au long du processus de construction.



Motivation : pourquoi choisir le béton circulaire ?

Le béton a un **impact environnemental considérable** à l'échelle planétaire (consommation de matières premières naturelles et émissions de CO₂, par exemple), et ce principalement en raison des volumes de production très importants (rien qu'en Belgique, on produit chaque année près de 1 m³ de béton prêt à l'emploi par habitant). Opter pour le béton circulaire réduit cet impact et contribue à une meilleure prise de conscience au sein de la société ainsi qu'à une utilisation plus répandue de ce type de béton.

Technologie : quelles solutions sont déjà applicables ?

Le guide livre un aperçu des technologies les plus pertinentes disponibles en Belgique telles que les types de

ciment alternatifs, les liants sans ciment (géopolymères, par exemple) et les granulats recyclés ou artificiels. À chaque fois, il explique les possibilités actuelles et fournit quelques exemples pratiques.

Conception : quel béton choisir et comment indiquer son choix dans le cahier des charges ?

Il revient au maître d'ouvrage, à l'architecte et aux bureaux d'études impliqués d'effectuer des choix réfléchis concernant la technologie circulaire, son application et le niveau d'ambition. Pour ce faire, il faut **trouver un équilibre entre l'ambition et les ressources** que l'on peut et que l'on veut investir pour couvrir les risques éventuels ou les facteurs inconnus. En effet, les solutions innovantes qui sortent du cadre normatif nécessitent souvent une attention supplé-



1 Représentation conceptuelle du béton circulaire.

mentaire ou doivent passer par un processus de validation, afin de démontrer leur pertinence. Le guide fournit un certain nombre de conseils et d'idées à cet égard.

Si l'on souhaite employer un béton circulaire, on veillera à ce que cela soit indiqué de manière explicite dans le cahier des charges. Entre autres choses, on décrira correctement les critères techniques du produit final et les exigences permettant de garantir sa qualité.

Préparation : comment obtenir un résultat final de qualité ?

Le producteur doit aligner son produit circulaire au marché et aux critères techniques susceptibles de figurer dans le cahier des charges des projets de construction. Afin d'offrir les garanties de conformité nécessaires, il peut demander un **label de qualité** (BENOR et ATG, par exemple). À plus petite échelle, il peut **faire contrôler** un lot spécifique ou une composition de béton bien définie livrée par une centrale à béton dans le cadre d'un projet.

Il ne sera pas toujours possible d'obtenir un label de qualité. De plus, pour certains projets, les contrôles ne seront pas toujours réalisables pour des raisons de coût ou de timing. Dans de tels cas, des accords *ad hoc* peuvent être conclus entre le maître d'ouvrage et l'entrepreneur pour convenir d'une autre manière d'évaluer si la technologie circulaire est adaptée à l'usage prévu. On peut notamment effectuer une étude préliminaire, réaliser un élément d'essai ou prélever des échantillons durant l'exécution.

Le guide aborde en détail les étapes de préparation à suivre et donne quelques exemples.

Exécution : à quoi faut-il prêter attention dans la pratique ?

Pendant l'exécution, il faut tenir compte du fait que le béton circulaire peut **se comporter différemment** du béton traditionnel à certains égards (ouvrabilité, durée de prise, précautions spécifiques éventuelles, aspect, ...). En principe, le producteur ou le fournisseur doivent fournir les informations nécessaires à ce sujet. Grâce à la réalisation d'essais d'orientation, l'entrepreneur peut éventuellement se familiariser au préalable avec le béton circulaire.

Ce guide pratique a été élaboré sur la base des nombreuses années d'expérience et des nombreux projets de recherche du CSTC. Il s'agit d'un **document dynamique** qui sera encore amené à évoluer dans les années à venir. ◆

Cet article a été rédigé dans le cadre du projet Circular.Concrete subsidié par VLAIO et SIM-Flanders et de l'Antenne Normes 'Béton-mortier-granulats' subsidiée par le SPF Économie.

Circular.Concrete

Sur www.circular-concrete.be, vous trouverez le guide pratique, mais aussi des informations sur la situation actuelle et des rapports de recherche relatifs aux technologies innovantes, à l'impact environnemental et aux chantiers suivis.

Le guide peut également être téléchargé via la page de l'**Antenne Normes 'Béton-mortier-granulats'**.



Des compositions sûres pour les toitures chaudes en zinc

Plusieurs cas de corrosion de toitures chaudes munies d'une couverture en zinc (*) ont été signalés au CSTC au cours des dernières années. Le phénomène se manifeste en sous-face du zinc, et ce malgré la présence d'un coating de protection (voir le [Dossier du CSTC 2020/2.3](#)).

L. Lassoie, ing., coordinateur éditorial et coordinateur adjoint des Comités techniques, CSTC

Une étude initiée par notre Comité technique 'Couvertures' a révélé que l'oxydation du zinc était due à la migration d'eau au travers du coating et que ce phénomène était grandement influencé par la température et, surtout, par l'acidité de l'eau. L'étude nous a également permis de déterminer des compositions sûres pouvant être envisagées pour la réalisation des toitures chaudes en zinc (voir figure 1).

Migration d'eau au travers du coating

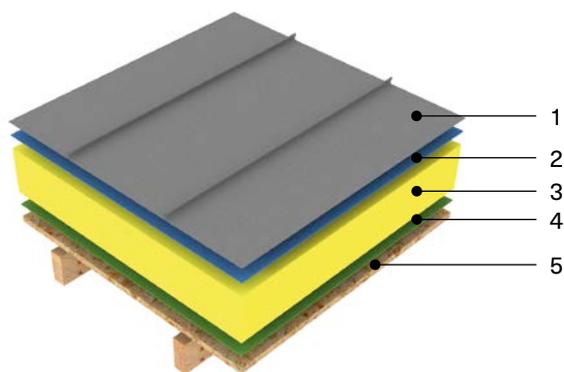
La présence d'eau en sous-face du zinc peut avoir des origines diverses, à savoir :

- des **infiltrations** dans le complexe toiture
- un phénomène de **condensation** dû à la migration de vapeur d'eau depuis l'intérieur du bâtiment
- une importante **accumulation d'eau dans les matériaux** durant la phase d'exécution.

Acidité de l'eau

Le CSTC a analysé en laboratoire les solutions de macération de composants que l'on retrouve habituellement dans les toitures chaudes. Les résultats d'analyse montrent que les solutions issues des matériaux à base de bois (panneaux OSB, contreplaqué, laine de bois, ...) présentent le pH le plus faible, ce qui indique une acidité très élevée, et que cette acidité augmente à mesure que grimpe la

1 Composition de toiture chaude validée par essai.



1. Couverture en zinc munie en sous-face d'un coating de protection
2. Sous-toiture
3. Isolant thermique rigide ne contenant pas de bois
4. Pare-vapeur
5. Support

température. Les isolants à base de polyuréthane (PUR) ou de polyisocyanurate (PIR), les laines minérales et le verre cellulaire ont, quant à eux, des pH proches de la neutralité et n'influencent donc pas ou peu le phénomène.

(*) Une toiture chaude en zinc est une toiture dans laquelle l'isolant et l'étanchéité sont directement positionnés l'un contre l'autre, sans aération en sous-face du zinc.

Recommandations relatives à la conception

Dans la **NIT 266** (voir § 3.1), nous recommandons de réserver les compositions de toitures chaudes en zinc aux systèmes disposant d'une attestation d'aptitude à l'emploi (agrément technique, par exemple). Dans la pratique, cela signifiait que, en Belgique, seuls les panneaux de verre cellulaire étaient recommandés. Entre-temps, des **essais de vieillissement accéléré** ont montré que d'autres compositions étaient envisageables, moyennant le respect d'une série de recommandations :

- on évitera la **présence d'éléments à base de bois en grande quantité** entre le pare-vapeur et la couverture en zinc. Dès lors, cette dernière ne peut être posée directement sur des panneaux de type OSB ou contreplaqué, mais doit être vissée au support à travers l'isolant et le pare-vapeur. Il reste permis de placer des panneaux à base de bois sous le pare-vapeur
- on choisira consciencieusement le **pare-vapeur**. On veillera en effet à ce que ses performances ne soient pas trop détériorées par les fixations mécaniques. Les pare-vapeur bitumineux armés d'un voile de polyester (P3 ou P4, par exemple) sont les plus indiqués. Du fait des perforations par les fixations mécaniques, les compositions avec ce type de pare-vapeur ne conviennent toutefois pas aux bâtiments caractérisés par un climat intérieur très humide (climat intérieur IV des piscines, par exemple)
- on prévoira des **pattes de fixation** à entretoise rigide ou des pattes munies d'une plaque de répartition. On privilégiera les pattes isolantes
- on s'assurera que les isolants permettent aux équipes de **circuler sur la toiture**. Les isolants PUR et PIR ainsi que les laines minérales, que l'on utilise en général dans les toitures plates, conviennent parfaitement à cet égard. Le verre cellulaire est tout aussi approprié et présente l'avantage de ne pas nécessiter des fixations traversantes. Il constitue dès lors une solution pour les bâtiments très humides
- on prévoira une **sous-toiture** entre l'isolant et la couverture pour éviter une humidification importante du complexe lors de la réalisation de la toiture et en cas de fuite accidentelle. Elle servira aussi à indiquer les fuites potentielles et à intervenir sans tarder. C'est pourquoi nous recommandons de positionner la sous-toiture derrière la gouttière, contrairement aux habitudes. En effet, en cas de fuite dans la couverture, des traces d'écoulement sont alors observables le long de la façade
- on planifiera un **entretien et une vérification annuels** de la toiture, afin de détecter rapidement tout problème d'infiltration.

Les compositions similaires à celle représentée par la figure 1 (voir page précédente) ont été testées et ont montré un comportement satisfaisant.

Recommandations relatives à l'exécution

Durant la phase de chantier, nous recommandons :

- de **limiter l'humidité de construction**, c'est-à-dire l'humidité accumulée dans les matériaux pendant la phase



- 2 Possibilité de dilatation du zinc en amont de fenêtres de toiture.

d'exécution. On protégera donc l'isolant des épisodes pluvieux

- d'**apporter une attention particulière à la conception et à la réalisation des détails**, afin de garantir une étanchéité parfaite à long terme. On veillera spécifiquement à la libre dilatation des bandes de zinc au droit des émergences (cheminées, fenêtres de toiture, ...) (voir figure 2).

Validation des compositions

Grâce à l'étude que nous avons menée, nous avons pu développer un essai de vieillissement accéléré destiné à évaluer le risque de corrosion des toitures chaudes. Cette évaluation, complémentaire aux essais de compatibilité avec le zinc, est effectuée sur une maquette représentative de la composition réelle de la toiture. La procédure d'évaluation consiste à humidifier cette maquette et à la soumettre à des **cycles de températures** comprises entre 23 et 70 °C durant huit semaines.

À l'heure actuelle, seules les compositions les plus fréquemment rencontrées ont été testées avec cette procédure. Les dégradations observées sur certains chantiers ont ainsi pu être reproduites en laboratoire. Nous avons également constaté que les compositions recommandées dans cet article se comportaient de manière satisfaisante. Cette procédure permettra de valider d'autres compositions ou de tester de nouveaux matériaux (nouveaux coatings de protection, par exemple).



La **NIT 266** sera prochainement adaptée pour tenir compte des résultats de cette étude. Restez informé de cette mise à jour **en vous inscrivant à notre newsletter** via ce code QR. ◆



Poussée de l'acrotère des toitures plates isolées à l'aide de panneaux PU

Les toitures plates sont bien souvent isolées à l'aide de panneaux de polyuréthane (PU). Depuis quelques années, ces toitures sont confrontées à la poussée de l'acrotère vers l'extérieur, pathologie qui provoque la déformation ou la fissuration de l'ETICS ou de la maçonnerie de parement, par exemple. Bien que certaines causes aient pu être identifiées, comme la dilatation des panneaux à la suite de leur humidification, nous ne sommes actuellement pas encore en mesure de savoir pourquoi ce phénomène se produit avec certains panneaux PU seulement.

E. Noirfalisse, ir., chef du laboratoire 'Isolation, étanchéité et toitures', CSTC
E. Mahieu, ing., chef de la division 'Avis techniques et consultance', CSTC
S. Mertens, dr. ir., chef de projet, laboratoire 'Matériaux de construction', CSTC

Problématique

Quelque cinquante cas de poussée de l'acrotère vers l'extérieur ont été signalés au CSTC entre 2017 et 2021 (voir figure 1). Ces cas concernent des habitations unifamiliales récentes (souvent 3 à 5 ans) avec des toitures de diverses compositions et différents modes de fixation, isolées au moyen de panneaux PU de marques diverses. Le plus souvent, ces panneaux ont été posés en deux couches et sont surfacés d'un voile de verre minéralisé. Le pare-vapeur est quant à lui généralement bitumineux ou constitué d'une membrane de polyéthylène. La façade est en général munie d'un ETICS ou constituée d'un mur creux. Dans la plupart des cas, l'acrotère est réalisé au moyen de blocs de béton cellulaire ou, dans quelques cas, de briques, de blocs de terre cuite ou de panneaux sandwichs.

Étude

Une étude a été réalisée à la demande des Comités techniques 'Étanchéité' et 'Travaux de plafonnage, de jointoyage

et de façade' pour comprendre et quantifier le phénomène (contraintes et déformations), mesurer les résistances mécaniques d'acrotères et proposer des mesures préventives.

Recherche d'informations auprès de nos pays voisins

Les documents de référence consultés et les contacts pris révèlent :

- que les panneaux PU présentent fréquemment **des variations dimensionnelles**. Celles-ci seraient liées à l'**humidité**, d'où l'existence de tests sous certaines conditions de température et/ou d'humidité. La problématique de poussée des acrotères ne semble toutefois pas connue
- que réaliser les acrotères en posant des blocs de béton cellulaire à plein bain de mortier sur le support n'est pas une technique aussi répandue qu'en Belgique. **Les acrotères sont plutôt constitués de béton armé solidaire au support ou de blocs de béton ou d'un autre matériau suffisamment ancrés au support.**

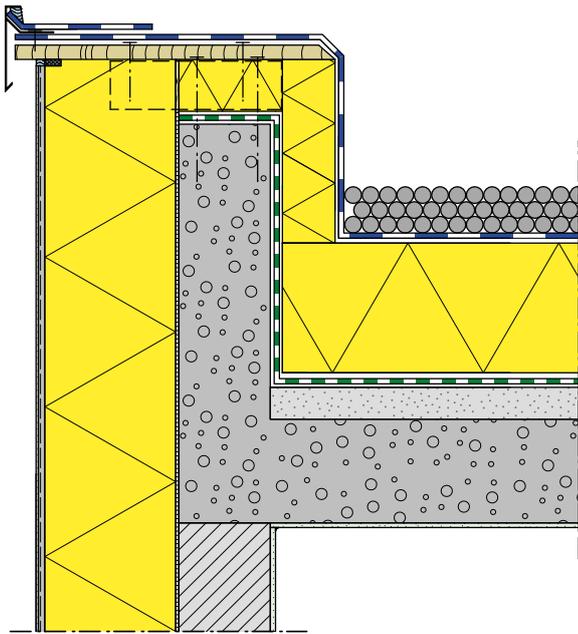
1

Fissuration de l'ETICS par la poussée de l'acrotère.

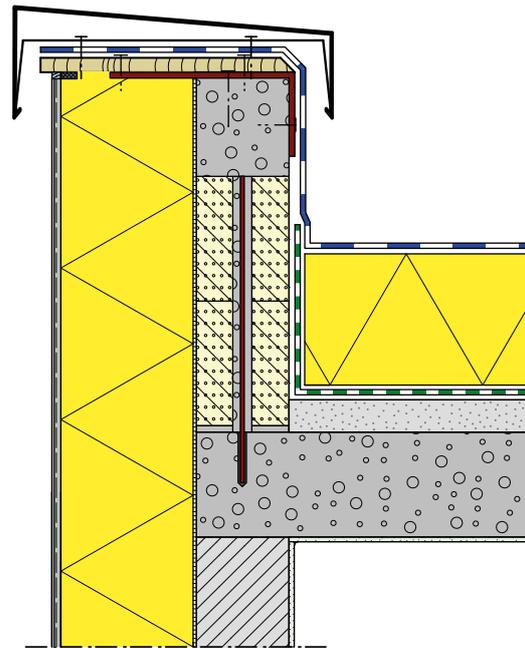


Essais sur panneaux PU et sur maçonneries

Les essais que nous avons menés ont mis en évidence **la dilatation ou le développement de contraintes de poussée** à la suite de l'humidification forcée (accélérée) des panneaux. Divers types et marques de panneaux ont été testés. Qu'il s'agisse de panneaux neufs ou issus de cas de dégâts, il est impossible d'expliquer pourquoi ces déformations se produisent pour certains panneaux uniquement.



2 Acrotère en béton solidaire au support.



3 Acrotère en béton cellulaire ancré mécaniquement au support.

Les forces impliquées par mètre courant de panneau d'isolation ont été quantifiées de plusieurs façons. Il en a été de même pour l'adhérence au support des blocs de béton cellulaire posés au mortier. Une vérification non exhaustive a confirmé que **l'ajout d'un adjuvant d'adhérence dans le mortier avait pour avantage d'augmenter les résistances**. Celles mesurées sont supérieures aux valeurs tabulées dans la norme, excepté en cas d'utilisation d'un mortier de maçonnerie sans adjuvant d'adhérence avec un béton cellulaire classique (non hydrophobé). Dans tous les cas, nous conseillons d'utiliser un mortier dont l'adhérence aux blocs utilisés et au support a été validée. Notons que dans les cas de dégâts, une rupture se produit parfois dans le béton cellulaire, indépendamment donc de l'emploi ou non d'un adjuvant d'adhérence.

La comparaison des résultats de nos essais montre que les forces induites par la dilatation d'un panneau PU humidifié peuvent être de même ordre que la résistance de l'acrotère. En particulier si l'on tient compte du fait que ces forces peuvent être démultipliées pour des panneaux adjacents posés en indépendance et/ou pour des panneaux posés en plusieurs couches.

Conclusions et recommandations en cas d'isolation à l'aide de panneaux PU

Étant donné qu'il est confirmé que les panneaux PU humidifiés peuvent se dilater et pousser les acrotères et qu'il nous est actuellement impossible de prédire si un panneau sera sujet au phénomène ou non :

- on sera d'autant plus attentif à **limiter l'humidité** en cas d'utilisation de tels panneaux (emploi de matériaux

secs, choix et mise en œuvre correcte de l'étanchéité et du pare-vapeur). Sachant qu'il est peu réaliste d'exclure toute humidité, les recommandations qui suivent sont à appliquer également

- on optera pour des **panneaux PU disposant de caractéristiques contrôlées pour cette utilisation**. Bien que des dégâts aient aussi été observés avec de tels panneaux, ce contrôle constitue une sécurité supplémentaire.

Si le fabricant d'isolation PU ne peut garantir la stabilité de ses panneaux, il est conseillé que l'auteur de projet détermine des mesures supplémentaires à adopter. Ainsi, il préférera **opter pour un acrotère solidaire ou ancré mécaniquement au support de toiture** (voir figures 2 et 3). Si ce n'est pas prévu, il faudra opter pour une autre solution, comme choisir un autre matériau d'isolation applicable en toiture plate ou réaliser un joint souple en périphérie de la couche d'isolation PU, cette dernière solution impliquant toutefois la difficulté de mettre en œuvre correctement l'étanchéité à un endroit critique et fortement sollicité par le vent, et donc des risques pour l'étanchéité de l'ouvrage.

Dans le cas d'acrotères réalisés au moyen de blocs de béton cellulaire, l'entrepreneur de gros œuvre **utilisera toujours un mortier adéquat ou ajoutera un adjuvant d'adhérence approprié** dans le mortier pour améliorer la résistance de la liaison au support. Avant de commencer son travail, l'entrepreneur d'étanchéité vérifiera que l'acrotère n'est pas désolidarisé du support.

En cas d'ancrage de l'acrotère (solution préférée), il n'est pas nécessaire de prévoir de bande souple, sauf si le fabricant d'isolation ne peut garantir que les déformations seront limitées et pour éviter ainsi d'autres problèmes en surface de la toiture. ◆

Pose de fenêtres en bois dans des murs creux

Poser les menuiseries extérieures avant de réaliser le revêtement de façade devient une pratique courante. Bien que cette technique présente de nombreux avantages, le menuisier doit veiller à certains aspects : assurer l'étanchéité à l'air du précadre, protéger la partie supérieure et les côtés de ce dernier au moyen d'une barrière d'étanchéité à l'eau et, pour des raisons thermiques, respecter la longueur de contact minimale entre le précadre et le châssis.

E. Kinnaert, ir, chef de projet senior, division 'Acoustique, façades et menuiserie', CSTC

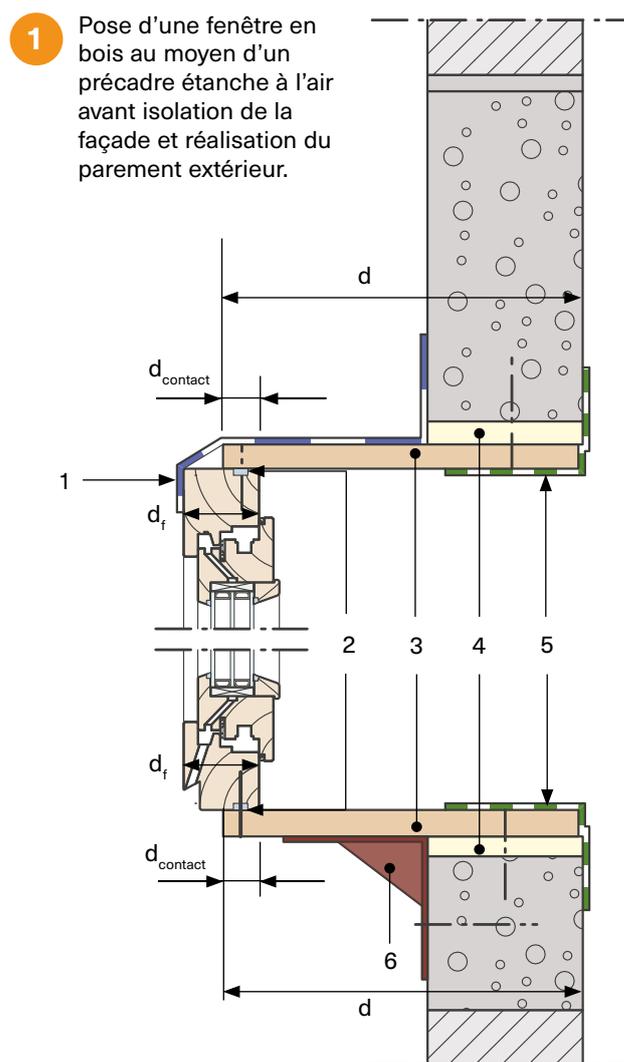
Principe

Le CSTC prépare en ce moment même un premier complément à la [NIT 188](#) relative à la pose des menuiseries extérieures. Il se composera de fiches techniques proposant des solutions pour la pose de fenêtres en bois dans des murs creux.

En général, il est plus avantageux de poser la fenêtre avant d'isoler la coulisse et de mettre en œuvre le parement extérieur. En effet, en procédant de la sorte, il est plus facile d'appliquer la barrière d'étanchéité à l'eau du raccord de fenêtre et de garantir un raccord correct entre l'isolation de la coulisse et la fenêtre.

Cette technique est illustrée à la figure 1. Elle consiste à prévoir un précadre autour du châssis. Les deux éléments sont fixés mécaniquement l'un à l'autre de façon étanche. L'ensemble est à son tour fixé au gros œuvre. La figure 2 représente le détail du raccord complet, c'est-à-dire après que les autres entrepreneurs ont appliqué l'isolation et réalisé le parement extérieur ainsi que les finitions intérieures. Ce détail est conforme à la PEB.

1. Barrière d'étanchéité à l'eau du raccord de fenêtre
2. Joint adhésif ou mastic (expansif et étanche) / boudin hydrogonflant
3. Précadre étanche à l'air
4. Mousse PUR
5. Membrane d'étanchéité à l'air (à placer par le menuisier si le maître d'ouvrage en a fait la demande)
6. Console de support pour le précadre (si requis)



2 Détail complet d'une fenêtre en bois avec appui de fenêtre en pierre posée au moyen d'un précadre étanche à l'air avant l'isolation de la coulisse et la réalisation du parement extérieur.

Points importants

Examinons quelques points pratiques auxquels le menuisier doit faire attention.

Étanchéité à l'air

Le **précadre étanche à l'air** (voir ❸ à la figure 1, page précédente) peut être constitué de panneaux à base de bois ou de dérivés du bois (contreplaqué, par exemple). Cependant, d'autres matériaux tels que la mousse PUR rigide recyclée sont également envisageables.

Le raccord étanche à l'air entre le châssis et le précadre est réalisé au moyen d'une bande de mousse comprimée ou d'une colle expansive (voir ❷ à la figure 1). Il sera mis en œuvre avant que le précadre ne soit fixé mécaniquement au châssis.

Quant à l'étanchéité à l'air entre le précadre (étanche à l'air) et le mur porteur, elle est assurée par une **membrane d'étanchéité à l'air** (voir ❹ à la figure 1). Le maître d'ouvrage peut demander au menuisier de la poser.

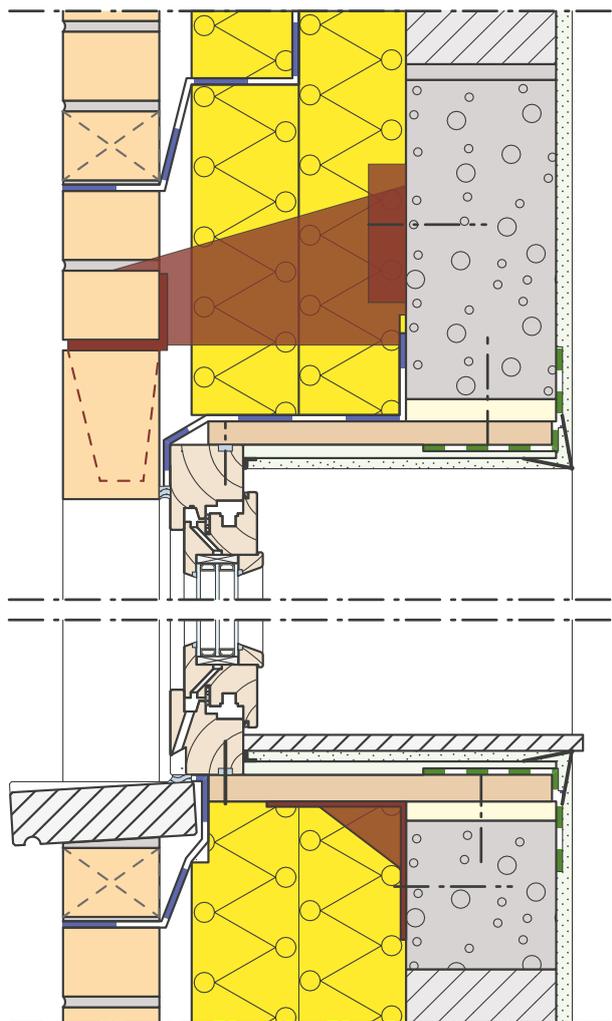
Imperméabilité à l'eau

La barrière d'étanchéité à l'eau, qui doit être appliquée sur la partie supérieure et les côtés du raccord de fenêtre (voir ❶ à la figure 1), peut être constituée d'une membrane en EPDM. Cette barrière peut être collée au mur intérieur et au châssis. On suivra les instructions du fabricant pour le choix de la colle ou des bandes auto-adhésives.

Il est possible de prévoir une **membrane de drainage** dans la partie transversale du précadre. Celle-ci protège le raccord de fenêtre des éventuelles infiltrations d'humidité au niveau de l'appui de fenêtre. Elle est mise en œuvre par le maçon (voir figure 2).

Performances thermiques

Pour que les autres entrepreneurs puissent réaliser un raccord conforme à la PEB, le menuisier tiendra compte des points suivants.



La conductivité thermique λ du **matériau du précadre** doit être inférieure ou égale à $0,2 \text{ W/m.K}$. C'est le cas des panneaux à base de bois. La résistance thermique 'R' du précadre sera, quant à elle, au moins égale à $1,5 \text{ m}^2.\text{K/W}$.

En présence d'un précadre en contreplaqué, une résistance $R \geq 1,5$ correspond à une profondeur (d_i) $\geq 30 \text{ cm}$. Si la profondeur est inférieure à 30 cm , le précadre sera constitué d'un matériau présentant de meilleures performances thermiques (conductivité thermique inférieure).

La **longueur de contact entre le châssis et le précadre** (d_{contact}) doit correspondre au moins à la moitié de l'épaisseur du profilé de la fenêtre. 

Comment drainer et ventiler la feuillure des fenêtres ?

En attendant la publication de la révision de la [NIT 221](#), vous trouverez dans cet article une partie des règles de l'art relatives au drainage et à la ventilation de la feuillure des fenêtres, qui figurent dans la norme NBN EN 12488 publiée en 2016. On y aborde ainsi le principe de double barrière d'étanchéité et les orifices de drainage (position, dimensions, non-obstruction).

R. Durvaux, ing., conseiller, division 'Avis techniques et consultance', CSTC

Toute fenêtre, qu'elle s'ouvre ou non, doit répondre à des exigences d'étanchéité à l'eau et à l'air. Cette étanchéité est requise :

- entre l'ouvrant et le dormant
- entre le vitrage et le châssis.

Dans les deux cas, elle est obtenue grâce à une **double barrière d'étanchéité**. Concrètement, celle-ci consiste en une barrière d'étanchéité à l'eau du côté extérieur et une barrière d'étanchéité à l'air du côté intérieur. Entre ces deux barrières se trouve une zone de drainage appelée **chambre de décompression**. Lorsqu'elle se situe entre le vitrage et le châssis, cette zone correspond à la **feuillure** (voir figure 1). Elle est nécessaire pour récolter les eaux de condensation et les eaux n'ayant pu être retenues par la première barrière d'étanchéité ainsi que pour les évacuer vers l'extérieur du bâtiment via des orifices et des canaux de drainage.

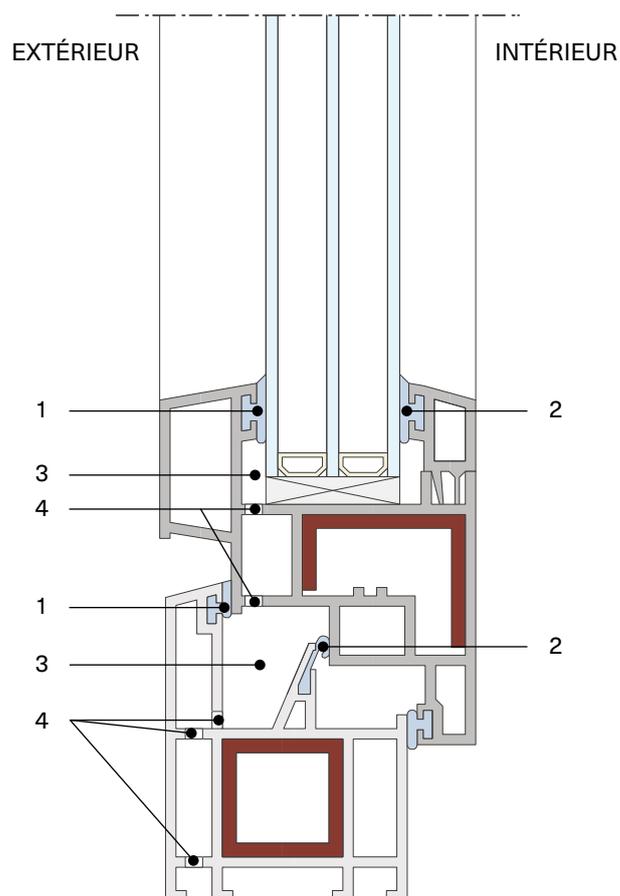
Dans le présent article, nous nous concentrerons particulièrement sur le drainage et la ventilation des feuillures, qui visent à protéger le joint de scellement du vitrage et à éviter la détérioration de l'intercalaire d'un vitrage feuilleté.

Recommandations générales

On veillera à ce que les **orifices de drainage** soient situés en partie basse de la feuillure et à ce qu'ils ne soient pas

Drainage des fenêtres en bois

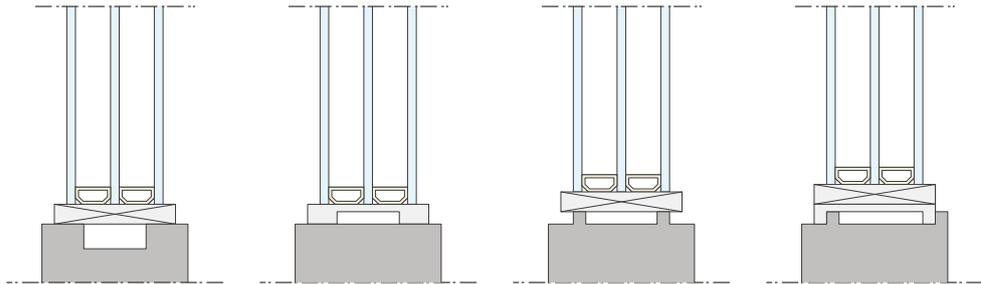
Pour de plus amples informations concernant le drainage des fenêtres en bois en particulier, nous renvoyons au [Dossier du CSTC 2009/4.9](#).



1. Étanchéité à l'eau
2. Étanchéité à l'air
3. Chambre de décompression
4. Orifice de drainage

1 Principe de la double barrière d'étanchéité entre le châssis et le vitrage et entre l'ouvrant et le dormant.

2 Exemples de cales d'assise n'obstruant pas les orifices de drainage.



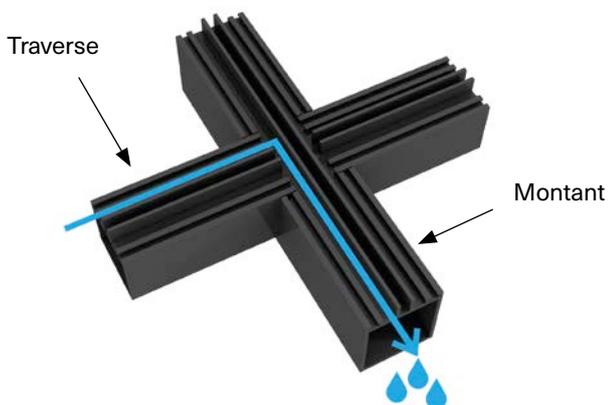
obstrués par les cales de vitrage, les joints d'étanchéité, le mastic et d'autres matériaux tels que l'isolant, dans le cas de châssis à hautes performances.

Étant donné l'attrait pour les vitrages de grandes dimensions – lesquels sont donc plus lourds –, les **cales d'assise** sont plus longues. Dès lors, on prendra garde à ne pas boucher les orifices de drainage (voir figure 2).

Les exutoires des **canaux de drainage et de décompression** de la feuillure doivent être situés du côté extérieur par rapport à la barrière d'étanchéité à l'air. Les canaux de drainage auront une section comprise entre 30 et 36 mm² (8 mm de largeur et 4 mm de profondeur, par exemple).

En ce qui concerne les orifices de décompression situés à proximité des angles de la fenêtre, leur diamètre sera d'au moins 6 mm si les joints ont été réalisés à l'aide de mastic. En présence de profilés d'étanchéité, l'ouverture des orifices sera d'au moins 35 x 5 mm. La distance entre deux orifices successifs ne peut pas excéder 80 cm.

En outre, la feuillure doit être ventilée, afin d'équilibrer les pressions entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment. Cet équilibrage permet de faciliter l'évacuation de l'eau se trouvant dans la feuillure. Il convient donc de prévoir un système qui assure une ventilation efficace (par le biais



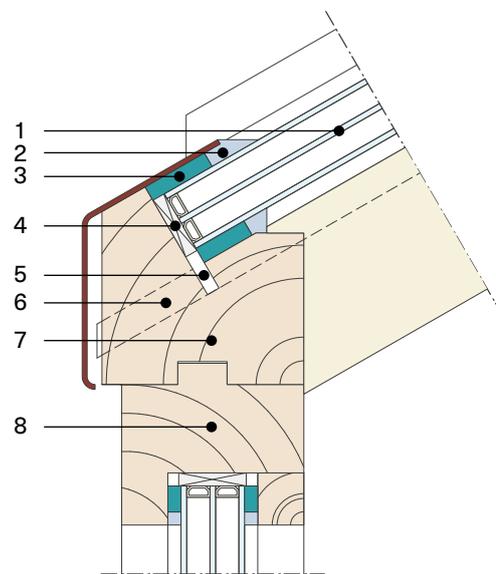
3 Exemple de drainage en cascade.

des orifices de décompression dans la partie supérieure de l'ouvrant, par exemple).

Cas particulier des vitrages en toiture

En cas de toitures vitrées, chaque vitrage est drainé et ventilé indépendamment via la **feuillure des traverses intermédiaires**, elle-même reliée à la **feuillure des montants**. On parle alors de drainage et de ventilation en cascade (voir figure 3).

L'évacuation de l'eau vers l'extérieur s'effectue en partie basse du système d'encadrement (voir figure 4) et l'évacuation de la vapeur d'eau s'opère en partie supérieure de celui-ci. On veillera à garantir l'étanchéité à l'eau entre les traverses intermédiaires et les montants. ◆



- | | |
|------------------|-----------------------------|
| 1. Vitrage | 5. Chambre de décompression |
| 2. Mastic | 6. Canal de drainage |
| 3. Fond de joint | 7. Pièce d'appui |
| 4. Cale d'assise | 8. Traverse |

4 Drainage en partie basse du système d'encadrement d'une toiture vitrée.

Sécurité incendie des façades-rideaux : une NIT pour tout savoir !

Pour éviter la propagation d'un incendie d'un étage à l'autre par l'intermédiaire de la façade, on prévoira un élément dit pare-flamme de 1 m à chaque niveau et on veillera à ce que sa jonction avec la structure portante du bâtiment résiste au feu. Pour les façades-rideaux, une nouvelle NIT proposera des solutions types sous forme de détails constructifs permettant de répondre à ces exigences réglementaires. Le présent article dévoile l'une de ces solutions.

Y. Martin, ir., coordinateur des Comités techniques et coordinateur 'Stratégie et innovations', CSTC

Pour empêcher qu'un incendie ne se propage trop rapidement d'un étage à l'autre, plusieurs mesures sont à prendre :

- une première mesure concerne le **choix des matériaux** constituant la façade-rideau, en particulier son revêtement et son isolation. De nouvelles exigences à cet égard entreront en vigueur le 1^{er} juillet 2022 (voir le [Dossier du CSTC 2020/3.4](#))
- une seconde mesure essentielle concerne la **mise en œuvre d'un élément pare-flamme avec jonction résistant au feu** entre celui-ci et le plancher de compartimentage.

La future NIT, intitulée 'Sécurité incendie des façades : conception et mise en œuvre des façades-rideaux (acier et aluminium)' est principalement dédiée à cette seconde mesure. Elle tient néanmoins compte des exigences relatives au choix des matériaux de la façade. Par exemple, dans le cas d'un bâtiment élevé (hauteur supérieure à 25 m), l'isolation devra être incombustible (classe A2-s3, d0 ou mieux).

Quelles exigences pour le pare-flamme et sa jonction avec le gros œuvre ?

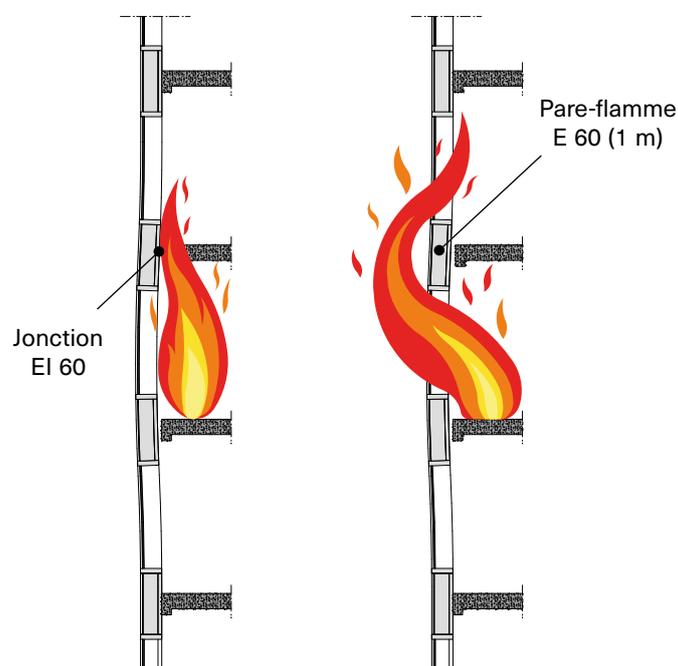
Pour tous les bâtiments d'une hauteur supérieure à 10 m (bâtiments moyens et élevés), la réglementation incendie en vigueur en Belgique exige :

- que la façade comporte un élément pare-flamme de résistance au feu E 60 d'une longueur développée de 1 m au droit de chaque plancher de compartimentage (1)
- que l'ossature de la façade-rideau soit fixée à la structure portante à chaque niveau (fixation R 60), afin d'éviter l'effondrement de la façade
- que la jonction entre la façade et le plancher soit obturée et présente une résistance au feu EI 60.

Quelles solutions sont proposées dans la future NIT ?

Différents cas de figure ont été regroupés comme suit :

- les éléments pare-flamme verticaux de 1 m intégrés à la façade



- 1 Propagation des flammes par l'intérieur et par l'extérieur de la façade-rideau.

(1) Cette exigence ne s'applique pas aux bâtiments équipés d'installations d'extinction automatique de type *sprinklage*.

- les éléments pare-flamme verticaux de 1 m doublant la façade (à l'intérieur)
- les éléments pare-flamme horizontaux de 50 cm.

Des solutions permettant de répondre aux trois exigences susmentionnées sont proposées pour ces cas de figure. Chacune d'elles est présentée dans la future NIT sous la forme de **détails constructifs 2D et 3D** et d'une série d'aspects à prendre en compte.

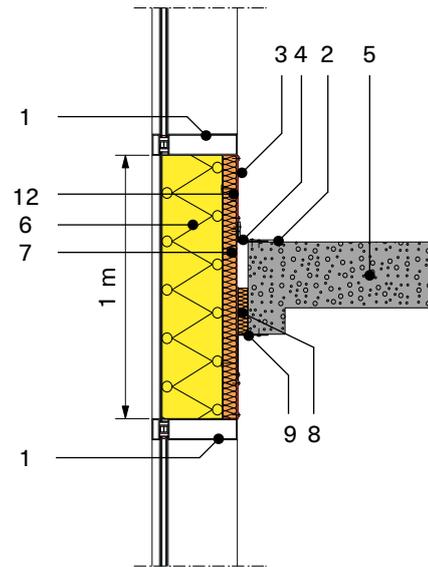
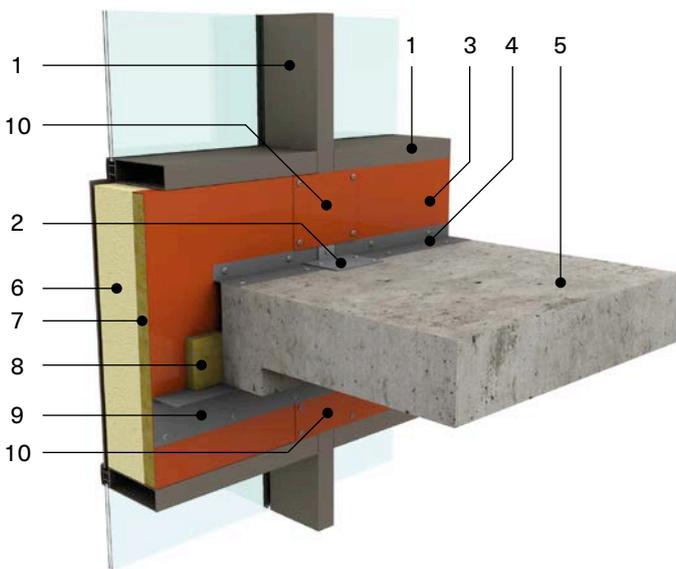
Exemple de solution type

L'une des solutions décrites dans la NIT consiste à intégrer l'élément pare-flamme E 60 de 1 m à la façade-rideau au droit du plancher de compartimentage (²).

L'élément pare-flamme est constitué de tôles verticales en acier pleines (voir ❸ à la figure 2) d'une épaisseur de 1 à 2 mm. Celles-ci sont fixées aux profilés horizontaux ❶ de la façade-rideau. On prévoit un recouvrement d'au moins

30 mm entre elles. Un isolant en laine de roche ❷ (épaisseur ≥ 60 mm et densité ≥ 45 kg/m³) est fixé mécaniquement aux tôles au moyen de tiges soudées par point, par exemple. Une tôle en acier en L ❹ maintient les tôles au gros œuvre. Elle peut être discontinue, au droit des ancrages ❷, par exemple. Son épaisseur n'est pas déterminante et peut donc être choisie librement. L'isolation de la façade ❸ doit satisfaire aux exigences relatives à la réaction au feu des composants de la façade (fonction notamment de la hauteur du bâtiment) (voir le [Dossier du CSTC 2020/3.4](#)).

La jonction résistant au feu EI 60 entre la façade et le plancher de compartimentage peut être obturée à l'aide de laine de roche ❸ (en panneau ou en vrac) d'une densité de 45 kg/m³ et compressée à 20 % (soit 55 kg/m³ *in situ*). Elle est mise en œuvre sur une hauteur minimale de 150 mm entre le plancher ❺ et les tôles verticales ❸. Une tôle en acier en L continue ❹ (recouvrement de 30 mm) d'une épaisseur maximale de 1 mm maintiendra l'obturation ❸ en place malgré les déformations attendues de la façade en cours d'incendie. Elle est fixée mécaniquement à la tôle verticale ❸ et au plancher ❺.



- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. Profilés (montants et traverses) de la façade-rideau | 6. Isolation de la façade |
| 2. Ancrage de l'ossature de la façade-rideau à la structure portante du bâtiment | 7. Isolation en laine de roche |
| 3. Tôle en acier verticale pare-flamme | 8. Resserrage en laine de roche |
| 4. Tôle supérieure en acier en L | 9. Tôle inférieure en acier en L |
| 5. Plancher de compartimentage | 10. Tôle de recouvrement en acier |

2 Élément pare-flamme E 60 vertical intégré à la façade et sa jonction EI 60 avec le plancher de compartimentage.

(²) Cette partie de l'article est une mise à jour du [Dossier du CSTC 2019/1.4](#).



Révision de la norme acoustique pour les habitations

La publication d'une version révisée de la norme belge reprenant les critères acoustiques pour les bâtiments résidentiels est prévue cette année. Quelles en sont les principales nouveautés et quels moyens le CSTC met-il en œuvre pour aider le secteur à répondre à ces exigences ?

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

Pourquoi cette révision ?

En Belgique, les exigences acoustiques applicables aux bâtiments sont définies dans la série de normes **NBN S 01-400-x**, dont les trois parties sont dédiées aux bâtiments résidentiels (2008), scolaires (2012) et non résidentiels (en cours d'élaboration).

La révision de la norme NBN S 01-400-1 s'explique par le besoin de faire face à l'**évolution des nuisances sonores** (à l'intérieur et à l'extérieur), au **succès croissant des structures légères** et aux **attentes actuelles en matière de qualité acoustique**. En effet, des recherches spécifiques menées dans le cadre de plusieurs études prénormatives ont permis de préciser certains critères et de trouver des solutions concrètes sans augmenter sensiblement les coûts de construction.

Cette révision apporte aussi **une harmonisation** des trois parties de la norme, tant en termes de champ d'application que d'indicateurs acoustiques et de procédures de mesure, conformément aux dernières normes internationales.

Niveaux de performance

Un des changements importants est l'introduction de **trois niveaux de performance** (voir tableau A), correspondant à

un système de classification international (ISO/TS 19488). La nouvelle classe A offre ainsi une protection acoustique entre appartements encore plus élevée que le critère de 'confort acoustique supérieur' de 2008, tandis que la classe C garantit une protection acoustique minimale. L'utilisation de codes couleurs facilite également la communication entre les différents partenaires de la construction.

Isolation aux bruits aériens et aux bruits de choc

Les critères actuels d'isolation *in situ* aux bruits aériens et aux bruits de choc se sont révélés insuffisants pour éviter certains **problèmes courants liés aux basses fréquences** dans les constructions légères. Ces exigences pour structures mitoyennes ont donc été complétées par des critères pour les basses fréquences. Plusieurs exemples de parois légères conformes à ces critères ont été présentés dans le [Dossier du CSTC 2020/3.2](#).

La version révisée exprime les exigences en termes d'isolation aux bruits aériens par une **nouvelle grandeur** mieux adaptée aux sons typiques des bâtiments résidentiels et à la sensibilité de nos oreilles à la fréquence. L'exigence en matière d'isolation aux bruits aériens entre les espaces de circulation communs et les appartements a été assou-

A Aperçu des niveaux de performance acoustique de la version révisée de la norme NBN S 01-400-1 et des niveaux correspondants dans la version de 2008.

Niveau de performance de la version de 2022		Classe C	Classe B	Classe A
		Niveau de performance inférieur	Niveau de performance moyen	Niveau de performance supérieur
Niveau de protection correspondant à la version de 2008	Entre appartements	Confort acoustique normal	Confort acoustique supérieur	-
	Entre maisons mitoyennes	-	Confort acoustique normal	Confort acoustique supérieur

plie, de manière à pouvoir y répondre au moyen d'un sas soigneusement mis en œuvre.

Bruits extérieurs

Comme dans la version de 2008, les exigences relatives à l'isolation acoustique des façades dépendent du niveau sonore aux heures de pointe. Cette isolation est alors déterminée de manière à limiter le niveau de pression acoustique causé par le bruit extérieur dans chaque espace intérieur. L'ancienne version prévoyait un maximum de 34 dB le jour et de 29 dB la nuit, ce qui conduit souvent à un surdimensionnement inutile des locaux inoccupés la nuit. La norme révisée formule donc des **exigences distinctes pour les locaux de jour et de nuit**, qui dépendent uniquement des nuisances émises le jour ou la nuit. Les chambres à coucher exposées de manière répétée au bruit du trafic routier, ferroviaire ou aérien la nuit bénéficient en outre d'une protection supplémentaire.

De plus, les niveaux sonores nocturnes et diurnes en façade peuvent désormais être calculés sur la base de **cartes de bruit** établies au niveau européen, ce qui dispense souvent de mesures préalables sur site.

Enfin, l'exigence en matière d'isolation acoustique des façades peut aussi être **vérifiée plus facilement** en évaluant le niveau de pression acoustique à l'intérieur du bâtiment.

Bruit des installations et émissions sonores

Dans la norme de 2008, les exigences relatives aux installations techniques comprenaient le dépassement maximal du niveau du bruit de fond existant. La nouvelle version de la norme distingue plus clairement le bruit des installations sur une longue période et le bruit temporaire. Celles-ci sont exclusivement considérées sur la base du **bruit spécifique qu'elles génèrent**. Leur dimensionnement s'en trouve facilité, dans la mesure où le niveau du bruit de fond dans les pièces est *a priori* difficile à estimer.

Par ailleurs, l'**évaluation du bruit des installations** différencie le bruit selon qu'il provient d'installations appartenant ou non à l'habitation. Le niveau de performance minimal ne comporte plus d'exigences relatives au bruit des installations sanitaires à l'intérieur du logement (arrivée et évacuation de l'eau, par exemple). Les bruits brusques et de courte durée sont mesurés plus sévèrement, car ils sont souvent perçus comme plus dérangeants.

Dernière nouveauté, le **rayonnement acoustique** des installations est plafonné à 40 dB à la limite de la propriété voisine (pour les unités extérieures des pompes à chaleur, par exemple). ◆

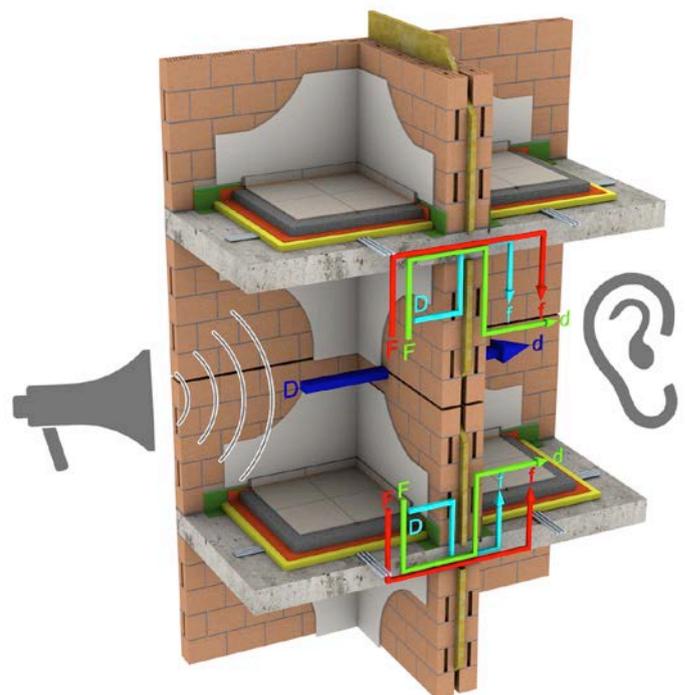
Cet article a été rédigé dans le cadre du projet 'Standards for Acoustic Better Buildings (STABBS)' et de l'Antenne Normes 'Acoustique', tous deux subsidiés par le SPF Économie.

Solutions

Récemment publiée, la **NIT 281** convertit les exigences des normes acoustiques en solutions constructives. En effet, elle fournit des solutions sous la forme de concepts de construction prêts à l'emploi (voir figure 1) qui répondent aux exigences en matière d'isolation aux bruits aériens et aux bruits de chocs pour les différents niveaux de performance. La première édition de la NIT se limite aux concepts de construction massifs, mais cette dernière sera complétée à l'avenir par des concepts plus légers. Chaque concept de construction est assorti d'une *check-list* indiquant comment obtenir un certain niveau de performance, et reprenant les exigences relatives aux éléments de construction utilisés et à leurs connexions. La NIT aborde également de nombreuses directives et détails de mise en œuvre importants d'un point de vue acoustique pour atteindre les niveaux de performance requis.

1

La **NIT 281** convertit le problème complexe de la propagation du bruit entre habitations en concepts de construction prêts à l'emploi qui répondent aux différents niveaux de performance de la nouvelle version de la norme.



Plus jamais de problèmes d'humidité dus à la condensation dans les parois

Quelle est la différence entre l'étanchéité à la vapeur et l'étanchéité à l'air ? Pourquoi faut-il prévoir un pare-vapeur dans une paroi à ossature en bois et non dans un mur creux ? Et pourquoi les exigences relatives au pare-vapeur sont-elles plus strictes pour une toiture plate que pour une toiture à versants ? Vous trouverez les réponses à ces questions dans cet article.

T. De Mets, ir., chef de projet, laboratoire 'Hygrothermie', CSTC
A. Tilmans, ir., chef du laboratoire 'Hygrothermie', CSTC

Formation de la condensation

L'air contient toujours une certaine quantité d'humidité. L'air chaud pouvant contenir beaucoup plus d'humidité que l'air froid, la condensation se forme facilement sur les surfaces froides telles que le simple vitrage ou les ponts thermiques.

La condensation peut également se former au sein même d'un élément de construction. On parle alors de **condensation interne**. Cette accumulation d'humidité n'est généralement pas visible, ou se manifeste bien plus tard. Elle est néanmoins susceptible d'entraîner de lourdes conséquences, telles que d'importantes pertes de chaleur, la formation de moisissures, voire la décomposition d'éléments en bois dans les parois. On prendra donc les mesures préventives nécessaires durant la conception et l'exécution pour éviter ce phénomène de condensation interne.

À l'origine de la condensation interne

La condensation interne peut être due à la convection de l'air ou à la diffusion de vapeur d'eau.

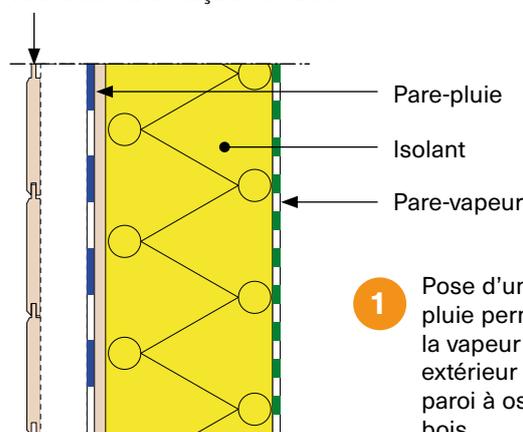
Lorsqu'il est question de **convection de l'air**, l'air intérieur (qui est souvent plus chaud et plus humide que l'air extérieur) peut se condenser sur une surface froide au sein de la paroi. Cela peut se produire si la paroi elle-même n'est pas suffisamment étanche à l'air (en cas de maçonnerie non enduite, par exemple) ou si la barrière d'étanchéité à l'air présente un défaut (perçement de la membrane, par exemple).

Ces fuites d'air peuvent causer de graves problèmes d'humidité ainsi qu'une importante perte de chaleur. On recommandera dès lors d'appliquer une barrière d'étanchéité à l'air, telle qu'un enduit ou une membrane, sur la face intérieures des éléments de construction. La continuité de cette barrière est cruciale. En effet, la moindre erreur peut

engendrer des problèmes. Par conséquent, on limitera le nombre de percements (pour le passage de câbles dans une construction à ossature en bois, par exemple) et on veillera à réaliser correctement les percements indispensables ainsi que le raccord entre la barrière d'étanchéité à l'air et les autres éléments de construction. Si vous souhaitez de plus amples informations concernant l'étanchéité à l'air des bâtiments, n'hésitez pas à consulter la [NIT 255](#).

Une barrière d'étanchéité à l'air n'est pas toujours étanche à la vapeur. C'est le cas notamment des enduits ou des membranes de sous-toiture perméables à la vapeur (à l'inverse, un pare-vapeur est toujours étanche à l'air). Ce qui signifie que l'humidité peut quand même migrer au travers d'une paroi parfaitement étanche à l'air par **diffusion de vapeur** (c'est-à-dire par transport des molécules de vapeur d'eau à travers le mur). Contrairement aux importantes fuites d'air, susceptibles de laisser s'introduire rapidement une

Revêtement de façade en bois



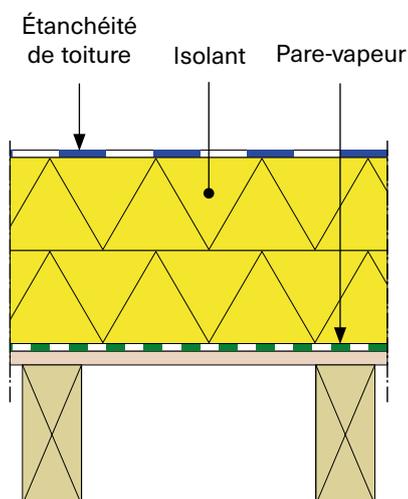
grande quantité d'humidité dans l'ouvrage, la diffusion de vapeur est un processus lent au cours duquel de plus petites quantités d'humidité pénètrent dans la structure. Ce mode de migration requiert cependant une attention particulière puisque, dans certains cas, une accumulation d'humidité peut finir par entraîner des dégâts considérables.

Pour contrer le phénomène de condensation par diffusion de vapeur, certaines parois devront être pourvues d'un pare-vapeur. À l'inverse, d'autres types de parois ne nécessiteront aucune mesure particulière. Tout dépend :

- de la conception de la paroi. Idéalement, la résistance à la diffusion de vapeur (valeur μ_d) des différentes couches diminue de l'intérieur vers l'extérieur. On appliquera donc, de préférence, les couches pare-vapeur à l'intérieur
- la sensibilité à l'humidité des matériaux. En présence de matériaux sensibles à l'humidité tels que le plâtre ou le bois, on évitera toute forme de condensation. D'autres matériaux (ceux utilisés pour la maçonnerie, par exemple) peuvent tolérer une certaine quantité de condensat
- l'humidité des locaux intérieurs. Dans les locaux humides, une plus grande quantité d'humidité peut s'introduire dans la paroi.

Quelques exemples

La partie extérieure d'une **paroi à ossature en bois** (voir figure 1 à la page précédente) est habituellement munie d'un pare-pluie perméable à la vapeur. Cependant, en l'absence de mesures complémentaires, de la condensation risque de se former entre le matériau d'isolation souvent très perméable à la vapeur (laine minérale, par exemple) et le pare-pluie. La paroi étant constituée d'éléments en bois, on veillera à retenir la vapeur d'eau du côté intérieur. Comme le pare-pluie est perméable à la vapeur, il suffira en principe d'appliquer un matériau pare-vapeur léger tel qu'un panneau OSB ou une membrane pare-vapeur de classe E1 (valeur $\mu_d > 2$ m). Cette couche pare-vapeur peut



2 Composition d'une toiture plate chaude avec structure portante en bois.

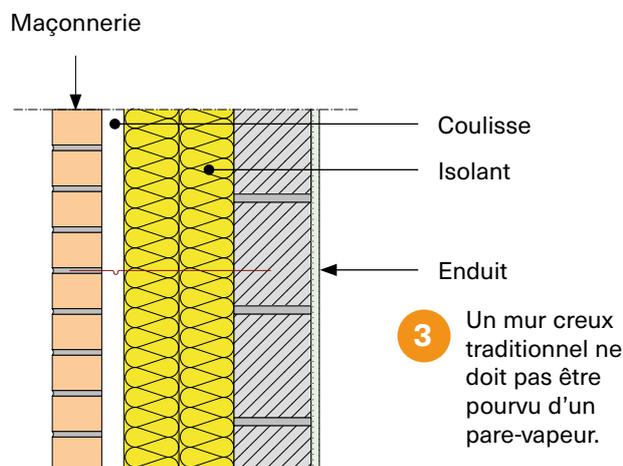
Ma paroi nécessite-t-elle un pare-vapeur ?

Diverses méthodes permettent de vérifier et de déterminer la valeur μ_d minimale du pare-vapeur. Pour les situations standard, vous trouverez généralement les règles de conception dans les publications du CSTC. En présence de situations plus complexes, des simulations numériques pourront vous aider à trouver une solution.

également faire office de barrière d'étanchéité à l'air. Vous trouverez d'avantage d'informations sur ce type de parois dans le [CSTC-Contact 2013/1](#), consacré aux constructions à ossature en bois.

Considérons à présent le cas d'une **toiture plate chaude** munie d'une structure portante en bois isolée à l'aide de laine minérale (voir figure 2). De nouveau, la vapeur d'eau devra être retenue du côté intérieur. Le pare-vapeur devra alors afficher une résistance à la diffusion de vapeur plus élevée que dans le premier exemple, puisque l'étanchéité de la toiture – située à l'extérieur – est étanche à la vapeur (voir la [NIT 280](#) et le [Dossier du CSTC 2019/2.3](#)). L'étanchéité à l'air de ce type de paroi est garantie par le pare-vapeur.

Enfin, dans le cas d'un **mur creux traditionnel** (voir figure 3), il n'est pas nécessaire de prévoir un pare-vapeur. Si la coulisse est isolée au moyen de laine minérale, une petite quantité de condensation peut se former, mais elle n'entraînera aucun dommage. En effet, l'humidité est alors soit absorbée par le parement extérieur, soit évacuée vers la face extérieure de l'isolant résistant à l'humidité que l'on retrouve dans la coulisse. Dans la plupart des cas, l'étanchéité à l'air de cette paroi est assurée par un enduit intérieur. ●



3 Un mur creux traditionnel ne doit pas être pourvu d'un pare-vapeur.



La vérité derrière deux idées reçues sur le *lean* dans la construction

Cet article réfute deux grandes idées reçues concernant le *lean* dans le secteur de la construction. En effet, la méthode *lean* ne se résume pas au collage de post-it. De plus, elle est utile pour toutes les entreprises, quels que soient leur taille ou leur domaine d'activités.

B. Coemans, conseiller principal senior, division 'Gestion et qualité', CSTC

Première idée reçue : *lean* = planification *lean*

La méthode *lean* connaît un succès grandissant dans le secteur de la construction : les entreprises vantent le succès de la planification *lean* sur les réseaux sociaux, les formations consacrées au *lean* se multiplient et de nombreux articles y sont dédiés.

Lorsqu'il est question de *lean*, on pense souvent spontanément à tous ces **post-it de couleur** collés sur un mur. Or, réduire la méthode *lean* à une sorte de 'planification post-it' ne lui fait pas honneur.

Croire que le *lean* est synonyme de planification *lean* est donc compréhensible, mais incorrect.

Compréhensible...

Il a été prouvé à maintes reprises que la planification *lean* réduisait de **20 à 30 % la durée de la phase de chantier**.

1 Planification *lean* dans une cabane de chantier.



Elle est donc, de loin, **la technique *lean* la plus populaire** auprès des entreprises de construction. Celles-ci invitent dès lors fréquemment les sous-traitants à l'adopter à leur tour. Il s'agit en général de leur première et unique expérience avec le *lean*.

... mais incorrect

La planification *lean* n'est qu'**une technique *lean* parmi tant d'autres** (voir les [Dossiers du CSTC 2019/3.7](#) et [2016/3.16](#)). Son principe est basé sur l'élaboration du planning par l'ensemble des partenaires. Le but est d'améliorer la collaboration et de parvenir à trouver des accords, **afin que le planning soit fiable et que les travaux s'effectuent sans mauvaises surprises**. À l'heure actuelle, on applique surtout cette technique durant la phase d'exécution : les partenaires collent des post-it sur de grandes feuilles de papier dans la cabane de chantier (voir figure 1). En réalité, à partir du moment où des personnes travaillent ensemble, il est possible de recourir à cette méthode n'importe où, que ce soit dans un bureau ou dans un entrepôt.

Conclusion

La philosophie *lean* ne se limite pas à la planification, c'est une approche globale qui s'appuie sur toute une série d'outils.

Définition du *lean*

Le *lean* est une **philosophie de gestion** axée sur la création de **valeur pour le client** (tant pour le client final que pour les collègues et les partenaires de la construction). Elle vise à créer, dans tous les processus de l'entreprise, un **processus fluide basé sur une production à la demande** (flux de valeur) en s'appuyant sur le principe de l'**amélioration continue**. Ce mode de travail et de pensée met l'accent sur le **respect des personnes** et repose sur **diverses techniques**.

Deuxième idée reçue : le *lean* n'est intéressant que pour les grandes entreprises de construction

Qu'entend-on exactement par 'grandes entreprises de construction' ? Grandes par le nombre d'employés, l'ampleur des travaux effectués ou l'importance du chiffre d'affaires ? Ou désigne-t-on plutôt les entreprises générales ? En effet, celles-ci coordonnent habituellement l'ensemble des corps de métier impliqués dans un projet.

Quoi qu'il en soit, l'idée selon laquelle le *lean* n'est intéressant que pour les grandes entreprises de construction est compréhensible, mais incorrecte. Nous allons expliquer pourquoi à travers deux aspects.

Premier aspect

Le premier aspect concerne la **collaboration de divers professionnels du secteur dans le cadre d'un projet**.

Compréhensible...

C'est souvent l'entrepreneur général qui décide d'adopter certaines techniques *lean* (telles que la planification *lean*). Il demandera donc (ou imposera) à ses partenaires (principalement les sous-traitants) d'en faire de même. Le succès du *lean* dépendra de son assimilation par l'ensemble des partenaires, c'est-à-dire les concepteurs, les bureaux d'études, les maîtres d'ouvrage, ...

... mais incorrect

En général, les partenaires ne perçoivent d'abord que les avantages pour l'entrepreneur général et bien moins **leurs propres avantages** (moins d'erreurs, livraison plus rapide, meilleure communication, ...).

Deuxième aspect

Le deuxième aspect est lié à l'**application du *lean* à tous les processus de l'entreprise** : la communication avec le client, la phase d'offre, l'élaboration du contrat, la préparation des travaux, les achats, la facturation, sans oublier les travaux à proprement parler (voir figure 2).

Compréhensible...

Lorsqu'une procédure ou une méthode de travail est améliorée, les effets se font ressentir sur un grand nombre de personnes et de projets. Les améliorations apportées



2 Amélioration continue de l'ensemble des processus, quelle que soit l'entreprise de construction.

dans les grandes entreprises ont donc des répercussions considérables. En outre, celles-ci disposent des ressources nécessaires pour nommer des administrateurs *lean*, ce qui n'est pas forcément le cas des petites entreprises.

... mais incorrect

En raison de leur structure plus horizontale, les petites entreprises ont souvent des chaînes de communication plus courtes. Elles s'avèrent donc généralement beaucoup **plus flexibles** et peuvent agir et s'améliorer plus vite. Bon nombre de leurs méthodes de travail offrent un énorme potentiel d'amélioration. La philosophie *lean* est avant tout axée sur l'**amélioration continue**. Cet état d'esprit est ancré chez tous les employés et dans la culture de l'entreprise, qu'elle soit grande ou petite.

Conclusion

La méthode *lean* offre aux entreprises de nombreuses possibilités de s'améliorer, quelle que soit leur taille. ◆

Vous souhaitez en savoir plus sur le *lean* ?

Veuillez contacter la division 'Gestion et qualité' du CSTC à l'adresse suivante : gebe@bbri.be.

N'hésitez pas non plus à télécharger notre **monographie dédiée au *lean***.

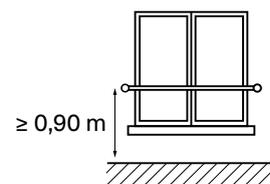


FAQ

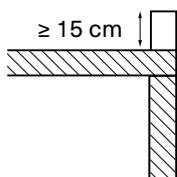
Découvrez ici les trois questions-réponses les plus consultées sur le thème de l'enveloppe.

Dans quel cas une fenêtre à châssis ouvrant doit-elle être munie d'un garde-corps complémentaire ?

Lorsque la hauteur d'allège des menuiseries (mesurée entre le plancher fini et la base du châssis) est inférieure à la hauteur de protection, la baie doit être équipée d'un garde-corps. La hauteur de protection doit être définie dans le projet et n'est généralement pas inférieure à 0,90 m.



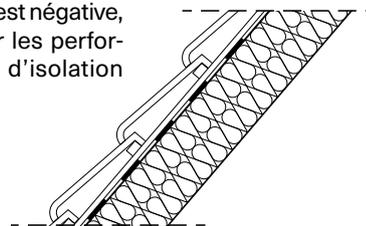
Sur quelle hauteur faut-il relever l'étanchéité d'une toiture plate le long des ouvrages de détail ?



L'expérience montre qu'une hauteur de relevé minimale de 15 cm est nécessaire pour prévenir les problèmes d'humidité. Seuls des motifs très particuliers, tels que des exigences d'accessibilité au droit des baies de portes, permettent de déroger à cette règle, pour autant que des mesures particulières sont prises.

Peut-on laisser une lame d'air entre la sous-toiture et la couche d'isolation thermique d'une toiture à versants ?

En principe, la réponse est négative, car cela peut diminuer les performances de la couche d'isolation thermique.

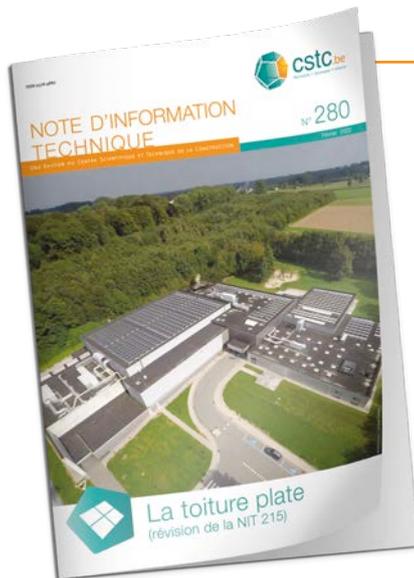


Pour en savoir plus et découvrir des **FAQ** similaires relatives à votre activité.



Focus

sur les toitures plates
et sur l'assistance technique
adaptée à votre entreprise



Toitures plates : la Note d'information technique 280 est en ligne !

Depuis la parution de la NIT 215 en 2000, les choses ont considérablement évolué. On en demande toujours plus à la toiture plate, que ce soit en matière énergétique, acoustique ou environnementale, ou encore pour la prévention de l'incendie. De plus, les matériaux et les techniques de pose ont continué à s'améliorer avec, par exemple, l'apparition des étanchéités appliquées à l'état liquide. Il était donc temps de remplacer l'un des best-sellers du CSTC.



Téléchargez sans plus attendre la **NIT 280**.

Les Avis techniques : un service sur mesure pour chaque entrepreneur !

Un problème technique sur chantier, une différence de point de vue avec votre client ou un architecte, ou simplement besoin d'un avis avant d'exécuter un travail ? N'hésitez pas à faire appel aux ingénieurs des Avis techniques !

Vous pouvez poser votre question de deux façons :

- soit par téléphone (au 02/716 42 11 entre 8h30 et 16h45)
- soit à l'aide du formulaire de demande d'avis que vous trouverez sur notre site Internet ou en scannant directement le code QR ci-dessous.

Au besoin, nos ingénieurs peuvent aussi se déplacer sur chantier pour réaliser certaines constatations. Combien cela vous coûtera ? Rien du tout ! Les frais sont couverts par votre redevance annuelle. Une participation de 125 € vous sera toutefois demandée si vous souhaitez un rapport à la suite d'une visite.

Remplissez le **formulaire de
demande d'avis technique**.



*Notre mission au quotidien :
trouver la solution à chaque problème.*



Facilitez-vous le chantier !

Voici trois outils que le CSTC a développés pour vous aider à gérer votre entreprise.



Cpro : un outil gratuit pour élaborer des offres

Cpro vous permet d'élaborer des offres, mais aussi d'établir des factures et d'analyser la rentabilité de vos chantiers. Il est mis gratuitement à la disposition de toutes les entreprises de construction. Vous voulez savoir ce qu'en pense la PME **Solide & Waterproof** à Kruibeke ? Découvrez la [vidéo](#) de leur interview via ce code QR.



VIDÉO

N'hésitez plus à télécharger [Cpro](#) sur notre site !



Calc&Go : calcul financier pour les indépendants

Quel salaire net souhaitez-vous percevoir à la fin du mois ? À partir de données simples, Calc&Go vous dira quel taux horaire utiliser. Un exemple pratique vous facilitera la tâche.

Calc&Go est disponible sur notre site Internet.



Béton : commander son béton

Un béton n'est pas l'autre ! Même si la teinte est souvent très similaire, les qualités d'un béton de fondation ne sont pas celles demandées à un béton devant résister au gel ou destiné à une poutre située à l'intérieur d'un bâtiment. Commandez ou spécifiez le bon béton grâce à l'application 'Béton'.

Téléchargez sans attendre l'[application 'Béton'](#) !



Découvrez l'ensemble de nos [outils numériques](#) en scannant ce code QR.



Salons et événements



Découvrez l'avenir de la construction à Batibouw 2022 !

Vous avez hâte de voir l'avenir de la construction de vos propres yeux ? Alors, ne manquez pas de visiter Batibouw. Le CSTC sera présent aux journées professionnelles des 24 et 25 mai. Venez tout savoir sur **notre hub mobile** en nous rendant visite dans le Palais 3. Vous y découvrirez ce que la technologie peut faire pour vous et votre entreprise et pourrez **poser toutes vos questions techniques** aux ingénieurs du CSTC. À bientôt !

Le Belgian Roof Day prépare votre entreprise au monde de demain !

L'événement de l'année pour les professionnels du secteur de la couverture aura lieu le vendredi 21 octobre. Venez vous familiariser avec l'avenir de la toiture grâce à **des démonstrations de drones, des présentations techniques, des documents de référence** et bien plus encore. **Posez toutes vos questions** aux spécialistes du CSTC et guidez votre entreprise en toute connaissance de cause vers l'avenir.



Siège social

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

Bureaux

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

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

Station expérimentale

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

- recherche et innovation
- formation
- bibliothèque

Brussels Greenbizz

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

Colophon

Le CSTC-Contact est une édition du Centre scientifique et technique de la construction, établissement reconnu en application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947.

Éditeur responsable : Olivier Vandooren, CSTC, rue du Lombard 42, B-1000 Bruxelles

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

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

Révision linguistique : M. Brixhe, J. D'Heygere et A. Volant

Traduction : J. D'Heygere et M. Lejeune

Mise en page : J. Beauclercq et J. D'Heygere

Illustrations : G. Depret, D. Rousseau et Q. van Grieken

Photos du CSTC : M. Sohie et al.

Un CSTC-Contact encore plus intéressant pour vous !

Comme annoncé dans notre précédente édition, le CSTC-Contact a fait peau neuve et propose une nouvelle approche. Vous recevrez désormais les éditions dédiées à l'enveloppe des bâtiments. Il existe néanmoins deux autres éditions du magazine.

Édition 'Finitions'

Publiée en **juin** et en **décembre**, elle sera exclusivement envoyée aux :

- parqueteurs et carreleurs
- peintres et poseurs de revêtements souples
- entreprises de pierre naturelle
- plafonneurs et enduiseurs

Les entreprises générales et les menuisiers recevront cette édition également.



Édition 'Installations techniques'

Publiée en **août**, elle sera exclusivement envoyée aux :

- entreprises de chauffage, de climatisation et de ventilation
- sanitaristes

Les entreprises générales recevront cette édition également.

Édition 'Enveloppe'

Publiée en **avril** et en **octobre**, elle sera exclusivement envoyée aux :

- entreprises générales
- menuisiers et vitriers
- entreprises de gros œuvre
- entreprises d'étanchéité et de couverture de toiture



Vous souhaitez recevoir d'autres éditions ? Rien de plus simple. Il vous suffit de compléter le formulaire en ligne via ce code QR.

Ce code QR vous permet également de vous inscrire à notre newsletter.

