

cstc | Contact

UNE ÉDITION DU CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION

2020/6

**Evaluer la
qualité visuelle
des vitrages**
p10-12

**Découpage soigné
des carreaux**

p20-21

**Peinture
anticorrosion**

p24-26

Shutterstock

Sommaire

2020/6

Les plans de travail 2021 des Comités techniques validés..... 3



Conception des fondations sur pieux en Belgique : mise à jour 4



Toiture *sarking* : comment positionner la gouttière par rapport à la sous-toiture ?..... 6



e-NIT 244 : fixation de l'étanchéité de toiture à l'acrotère..... 8



Quels critères pour évaluer la qualité visuelle d'un vitrage isolant ?..... 10



Dimensionnement des conduites d'eau dans les installations sanitaires 13



Pourquoi appliquer l'enduit intérieur avant l'ETICS ?..... 16



Comment éviter la surchauffe de la pierre naturelle collée en façade ? 18



Un découpage soigné est la carte de visite de tout carreleur..... 20



Comment éviter les dépôts dans les installations de chauffage central ? 22



Peintures anticorrosion : comment les appliquer sur site ? 24

Les plans de travail 2021 des Comités techniques validés

Le 19 octobre dernier, les plans de travail des Comités techniques ont été validés par le Comité permanent du CSTC. Quelles sont les **grandes tendances** ?

La recherche appliquée et la publication des Notes d'information technique restent logiquement des actions essentielles. Près de **90 projets de recherche** sont prévus pour 2021 et la rédaction de 35 Notes d'information technique sera poursuivie ou entamée. Parmi celles-ci, notons la publication de la **révision d'un best-seller : la NIT traitant des toitures plates**. Cette nouvelle version devrait être disponible dans le courant de l'année prochaine.

Mais d'autres grandes tendances se dessinent. Nous développons depuis longtemps des **applications** permettant d'aider les entreprises dans leurs tâches quotidiennes (calcul d'offres de prix, dimensionnement des vases d'expansion, ...), mais nous souhaitons le faire d'une façon plus moderne et conviviale en réunissant ces applications sur une même plateforme. Les trois premières apps – **FENESTRio**, **BIMio** et le **guide d'entretien** – sont actuellement en phase de test. Ce mouvement s'accélérera en 2021, puisque pas moins de **20 nouvelles apps** sont au programme des prochaines années. On y retrouve des outils de calcul pour le dimensionnement des évacuations d'eau pluviale, pour le dimensionnement des installations de chauffage par le sol ou encore une application pour la spécification et la commande

du béton. Certains métiers ont même choisi de relier leur application à un **viewer BIM** gratuit. Un poseur de revêtements de sol souple pourra ainsi, sur la base d'un plan numérique transmis par l'entreprise générale, définir rapidement le nombre de lés nécessaires compte tenu de leurs dimensions, des découpes et chutes inévitables.

On constate également que les Comités techniques souhaitent diversifier les moyens de communication, et ce afin d'atteindre le plus grand nombre d'entreprises. Ils souhaitent ainsi développer des **animations courtes** qui permettent de présenter certains sujets de manière différente. Chacun des 14 Comités techniques a prévu la création d'une animation, comme l'isolation des toitures à versants, les contrôles à effectuer sur une chape avant la pose d'un parquet ou encore la reconnaissance d'un support avant sa mise en peinture.

Quant aux **webinaires** qui sont apparus lors du premier confinement, ils vont se développer davantage, notamment dans le domaine du gros œuvre, avec la mise en place du ferrailage et la réalisation d'un béton apparent ou étanche.

L'année 2021 s'annonce d'ores et déjà passionnante ! En attendant, il est temps pour tous de se remettre de cette année particulière et, pour ceux qui en ont l'opportunité, de prendre quelques jours de repos.

Conception des fondations sur pieux en Belgique : mise à jour

Il y a peu de temps encore, le [CSTC-Rapport 19](#) était considéré comme l'ouvrage de référence pour la conception des fondations sur pieux. Le [Rapport 20](#), publié entre-temps, constitue toutefois une révision de ce document. Le présent article aborde les principales nouveautés : nouvelle catégorie de pieux, cadre de qualité adapté et utilisation de ce cadre dans la pratique.

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

M. De Vos, ir., chef adjoint de la division 'Géotechnique, structures et béton', CSTC

1 | Installation d'un micropieu pour protéger la dalle d'une fouille contre la pression de l'eau ascendante.



Une révision nécessaire

En Belgique, la conception de fondations sur pieux sous charge axiale doit se faire conformément à l'Eurocode 7 et à l'annexe nationale correspondante (ANB). Les Rapports du CSTC apportent en outre des directives complémentaires visant à l'application pratique de l'Eurocode et de son ANB. Toutefois, le cadre de qualité introduit dans le [Rapport 19](#) avait suscité quelques réserves d'ordre pratique et juridique, si bien que l'actuelle ANB fait encore toujours référence au Rapport 12, qui expliquait en détail la méthode de conception belge.

C'est pour remédier à cette situation qu'il a été décidé de publier le [Rapport 20](#) (en remplacement du Rapport 19), de mettre à jour l'ANB et d'adapter le cadre de qualité pour le dimensionnement et la réalisation des pieux de fondation. Le tout en collaboration avec l'UBATc et le BCCA.

Les modifications ont été apportées en concertation avec l'Association belge des entreprises de fondation (ABEF) sous l'égide de la commission belge de normalisation pour l'Eurocode 7 (NBN E25007).

Nouvelle catégorie de pieux : les micropieux

Le tout nouveau [Rapport 20](#) aborde désormais aussi les directives relatives au dimensionnement des systèmes de micropieux. Il s'agit de pieux forés d'un diamètre nominal maximal de 300 mm constitués d'un élément d'armature que l'on scelle dans le sol au moyen d'un coulis de ciment. Les micropieux étant installés à l'aide d'appareils de forage relativement compacts et flexibles, ils conviennent parfaitement à la mise en œuvre de fondations profondes dans des zones difficiles d'accès. De plus, ces pieux sont régulièrement utilisés pour approfondir ou renforcer des fondations.



Les **micropieux dits autoperforants** (voir figure 1 à la page précédente) sont fréquents en Belgique. Les éléments d'armature sont des tiges creuses en acier de 3 à 6 m de long (voir figure 2) que l'on fore dans le sol pendant qu'on injecte un mélange eau-ciment. En assemblant les éléments de renforcement entre eux au moyen de manchons, les micropieux peuvent atteindre de (très) grandes profondeurs.

Le **Rapport 20** distingue trois sous-catégories de micropieux, qui diffèrent principalement en fonction du mode d'injection du coulis de ciment. Il a effectivement été démontré que la façon dont le coulis était injecté avait un impact considérable sur la capacité portante des pieux.

La méthode de dimensionnement décrite dans le **Rapport 20** se limite aux micropieux d'un diamètre nominal maximal de 180 mm, car peu d'essais ont été menés sur des micropieux d'un diamètre supérieur.

Un cadre de qualité adapté

Le **Rapport 20** propose en outre un cadre de qualité pour les systèmes de pieux. Ce cadre, développé par l'UBAtc et le BCCA en collaboration avec le CSTC et l'ABEF, doit permettre aux entrepreneurs de demander un **agrément technique (ATG) avec certification** pour leur système de pieux. L'agrément technique décrit ce dernier en détail et précise les facteurs de dimensionnement ainsi que les conditions limites applicables. La certification est basée quant à elle sur un contrôle et un audit réguliers de l'entrepreneur. Cet audit couvre à la fois le dimensionnement et la mise en œuvre du système de pieux.

Grâce à ce cadre de qualité, les entrepreneurs qui font réaliser des essais à leurs frais et qui souhaitent démontrer la qualité de leur système ont la possibilité de valoriser cet investissement en indiquant des facteurs de dimensionnement plus avantageux dans l'agrément technique. Ce principe permet de couvrir les systèmes de pieux innovants qui ne seraient pas envisagés dans les documents normatifs et les Rapports.

L'agrément technique et la certification sont octroyés par l'UBAtc et le BCCA, mais le Rapport autorise également les systèmes de certification équivalents.

Les entrepreneurs qui ne disposent pas d'un agrément technique avec certification (ou d'une attestation équivalente) pour leur système de pieux peuvent néanmoins se baser sur les paramètres de dimensionnement – plutôt conservateurs – figurant dans le **Rapport 20**.

Mise en œuvre pratique

En 2019, le secteur a été informé de la création de ce cadre de qualité et les professionnels ont été invités à soumettre un dossier de demande pour leur système. L'objectif était de leur donner la possibilité d'obtenir en même temps un agrément technique avec certification. Cet appel a connu un succès retentissant et la première série d'agréments techniques est en cours d'élaboration au sein de l'UBAtc et de BCCA.

Soulignons enfin que le **Rapport 20** ne sera applicable qu'après la publication de cette première série d'agréments techniques avec certification et après la révision de l'annexe nationale belge de l'Eurocode 7 (NBN EN 1997-1 ANB). ◆

2 | Détail des éléments d'armature constitués de tiges creuses autoforantes.



Toiture *sarking* : comment positionner la gouttière par rapport à la sous-toiture ?

La pose d'une toiture *sarking*, qui consiste à isoler une toiture à versants par l'extérieur, implique une augmentation de l'épaisseur du lattage et du contre-lattage par rapport à la pose traditionnelle. Par ailleurs, l'espace entre la gouttière et des éléments de toitures ondulés peut s'avérer inesthétique. Relever la gouttière et remonter la sous-toiture peut toutefois faire la différence.

D. De Bock, ing., conseiller, division 'Avis techniques et consultance', CSTC

Pose traditionnelle d'une gouttière

Si l'on se réfère aux détails figurant dans les Notes d'information technique relatives à l'exécution de toitures en tuiles (NIT 175, actuellement en révision) et en ardoises (NIT 219), on remarque que les gouttières sont fixées à la hauteur des chevrons. Ce mode de fixation permet de faciliter l'évacuation des eaux pluviales s'écoulant de la sous-toiture. Il est éventuellement possible de fixer la gouttière par l'intermédiaire de la planche de rive, moyennant quelques adaptations (voir [Les Dossiers du CSTC 2012/3.6](#)).

Dans le cas d'une pose traditionnelle, l'espace entre la gouttière et la couverture correspond à la distance séparant les chevrons de la couverture, et donc à l'épaisseur du lattage et du contre-lattage.

La hauteur du galbe éventuel des tuiles doit également être prise en compte, d'autant plus qu'elle peut dépasser 5 cm.

Impact esthétique de l'isolation par l'extérieur

Etant donné que la mise en œuvre d'une toiture *sarking* implique l'utilisation de fixations d'un diamètre supérieur à celui des fixations utilisées pour une toiture traditionnelle, il est nécessaire d'adapter la section du contre-lattage (au moins 30 x 50 mm pour des fixations de 6 mm de diamètre; voir NIT 251).

Il en résulte un accroissement de l'espace entre la gouttière et la couverture dont l'impact sur l'aspect du pied de versant est plus important encore si la couverture est formée de tuiles galbées ou si l'on décide de ne pas modifier la hauteur des évacuations d'eaux pluviales malgré l'ajout de matériau isolant sur le toit (voir figure 1).

Comment limiter cet impact ?

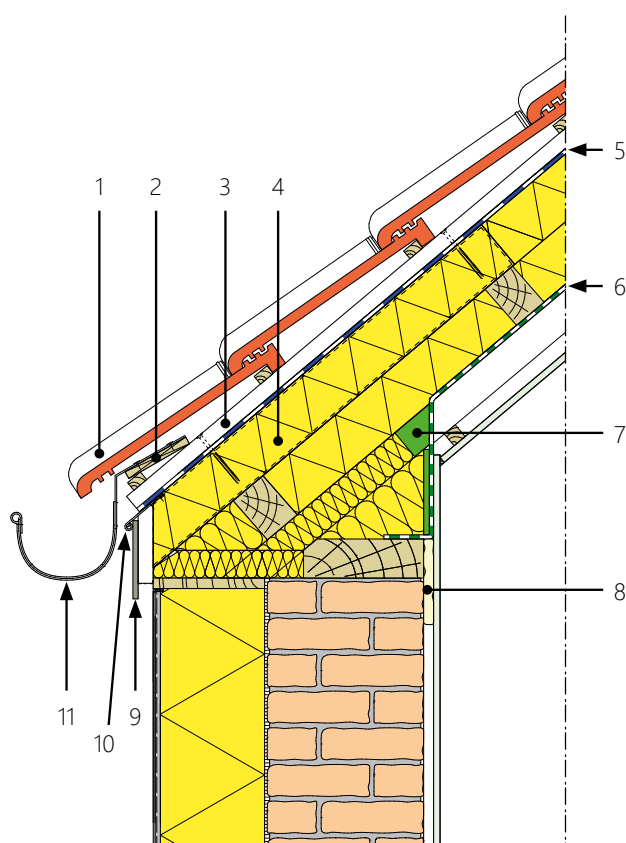
Deux solutions permettent de limiter l'impact esthétique de la pose d'une toiture *sarking* :

- privilégier des éléments de couverture plats tels que

1 | Impact visuel de l'augmentation de l'espace entre la gouttière et la couverture.

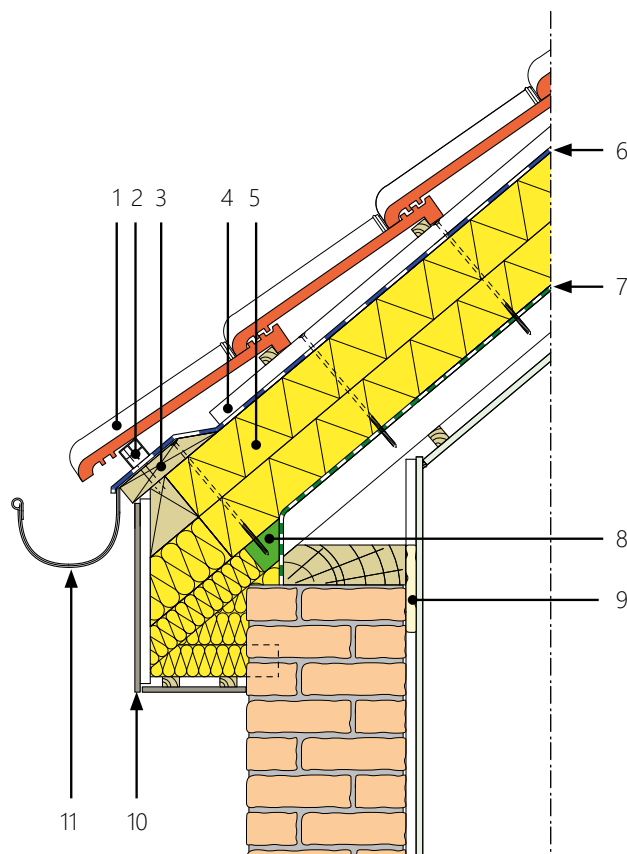


CSTC



- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. Tuile galvanisée | 7. Etanchéité à l'air liquide ou bande adhésive |
| 2. Patte de fixation de la gouttière | 8. Mousse (éventuelle) |
| 3. Contre-lattage | 9. Finition de rive |
| 4. Isolant | 10. Casse-goutte |
| 5. Sous-toiture | 11. Gouttière |
| 6. Pare-vapeur | |

2 | Pied de versant avec évacuation des eaux pluviales de la sous-toiture sous la gouttière.



- | | |
|-------------------------|---|
| 1. Tuile galvanisée | 7. Pare-vapeur |
| 2. Latte de ventilation | 8. Etanchéité à l'air liquide ou bande adhésive |
| 3. Volige biseautée | 9. Mousse (éventuelle) |
| 4. Contre-lattage | 10. Finition de rive |
| 5. Isolant | 11. Gouttière |
| 6. Sous-toiture | |

3 | Pied de versant avec volige biseautée et évacuation des eaux pluviales de la sous-toiture par la gouttière.

des tuiles plates ou des ardoises

• **limiter la pente de la gouttière.** La NIT 270 entrevoit la possibilité d'une mise en œuvre horizontale, par exemple.

A la demande du Comité technique 'Couvertures', un groupe de travail traite actuellement des détails de raccords spécifiques aux toitures isolées par l'extérieur (*) et propose une troisième solution. Celle-ci consiste à **fixer la gouttière au contre-lattage et à prévoir l'évacuation des eaux pluviales sous la gouttière** (voir figure 2) **ou par la gouttière** (voir figure 3).

L'évacuation sous la gouttière augmente l'exposition de la planche de rive à l'humidité. Elle peut également engendrer l'apparition de coulées inesthétiques. Il est donc recom-

mandé d'opter pour des matériaux de finition résistant à l'humidité (bois exotique ou traité, fibre-ciment, ardoise, ...) et de laisser un espace suffisant entre la planche de rive et la façade. En cas de forte exposition aux pluies battantes, il est préférable d'appliquer la solution avec volige biseautée illustrée à la figure 3.

En revanche, il faut faire particulièrement attention aux toitures à faible pente. En effet, l'angle du biseau doit toujours être suffisamment faible pour empêcher toute stagnation d'eau sur la sous-toiture. ◆

Cet article a été rédigé dans le cadre de l'Antenne Normes 'Détails constructifs (Smart Connect)' subsidiée par le SPF Economie.

(*) Une série de fiches dédiées à la rénovation des toitures *sarking* est en cours de réalisation. La publication de ces fiches sera communiquée via le CSTC-Mail.

e-NIT 244 : fixation de l'étanchéité de toiture à l'acrotère

La version numérique de la [NIT 244](#), également appelée e-NIT 244, est uniquement disponible en ligne sur le site Internet du CSTC. Grâce à cette numérisation, le groupe de travail émanant du Comité technique 'Etanchéité' a la possibilité d'adapter les divers détails et les textes aux évolutions et connaissances nouvelles. Ainsi, quelques précisions ont récemment été apportées concernant le mode de fixation des différents types d'étanchéités à l'acrotère.

E. Mahieu, ing., chef de la division 'Avis techniques et consultance', CSTC

Etanchéités bitumineuses

En règle générale, les étanchéités bitumineuses doivent être appliquées en **adhérence totale** sur l'acrotère. Cette méthode est la plus pratique et offre en outre une meilleure résistance aux charges de vent, plus importantes sur les rives et les angles d'une toiture plate que dans sa partie courante.

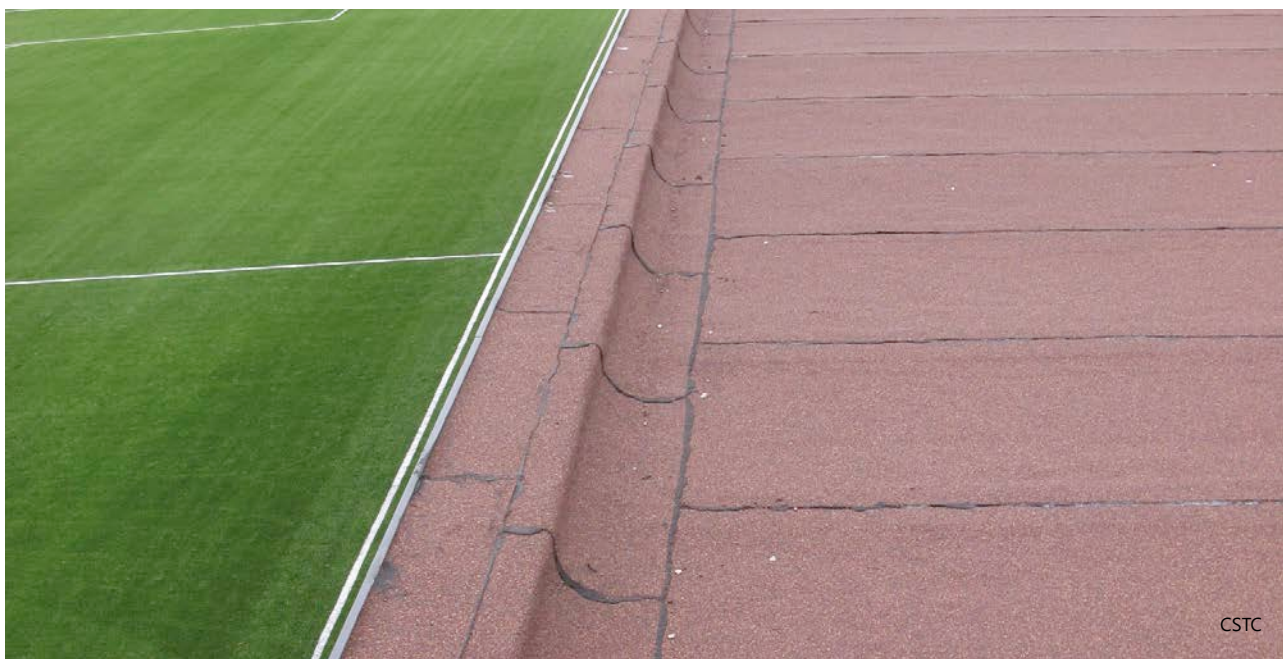
Pour éviter le cloquage de l'étanchéité bitumineuse, le **soudage à la flamme** sur un acrotère isolé à l'aide de PU ne peut être réalisé qu'en **adhérence partielle** (voir [NIT 215](#)). Pour les relevés de toiture de ce type, il convient dès lors d'appliquer l'une des méthodes suivantes :

- le remplacement de l'isolant au droit du relevé par un autre type d'isolant, de sorte que la membrane puisse être soudée à la flamme sur toute sa surface
- l'utilisation d'une sous-couche complètement auto-adhésive et d'une couche finale intégralement soudée à la flamme

- le soudage partiel à la flamme de l'étanchéité bitumineuse, pour autant que la hauteur de l'acrotère soit limitée (≤ 30 cm)
- le recours à une autre technique de pose que le soudage à la flamme.

Les étanchéités bitumineuses peuvent être appliquées **sans flamme** :

- en les soudant à l'air chaud, à condition que la hauteur développée du relevé soit limitée (≤ 30 cm). En effet, il est impossible de chauffer uniformément de plus grandes surfaces
- en utilisant une colle bitumineuse à froid. Cette fois encore, la hauteur développée du relevé ne peut être trop élevée, car la colle reste longtemps visqueuse. La partie supérieure de la membrane doit donc toujours être fixée mécaniquement, afin d'éviter que l'étanchéité ne glisse
- en appliquant une étanchéité autoadhésive par activation chimique (primaire spécifique)





VM Building Solutions

- en posant l'étanchéité librement et en la fixant mécaniquement (dans le recouvrement).

Dans le cas d'une pose en adhérence, il est nécessaire d'enduire l'acrotère d'un vernis d'adhérence avant d'appliquer les bandes d'étanchéité.

Si l'on opte pour un collage à froid ou une étanchéité autoadhésive et si les sous-couches sont constituées de bitume oxydé, la partie supérieure de la membrane doit être fixée mécaniquement sur le relevé (à l'aide d'un profilé de rive, d'un couvre-mur ou d'une latte métallique, par exemple).

Si l'on préfère souder à la flamme des couches d'étanchéité constituées de bitume polymère, une fixation mécanique n'est nécessaire que pour les acrotères d'une hauteur supérieure à 50 cm (fixations intermédiaires tous les 50 cm), sauf s'ils sont réalisés en béton.

Etanchéités synthétiques en élastomère

En principe, les étanchéités synthétiques en élastomère (EPDM, par exemple) doivent toujours être posées en **adhérence totale** sur l'acrotère. Elles peuvent également être mises en œuvre en pose libre et fixées mécaniquement, mais c'est assez inhabituel.

Les élastomères doivent toujours être **fixés mécaniquement dans leur partie supérieure**. En effet, le collage

de l'étanchéité en période de pluie ou de grand froid ne se révèle pas toujours efficace. En présence d'un support poreux, il convient d'appliquer un primaire ou une couche de colle supplémentaire. Selon les prescriptions des fabricants, on prévoit une fixation intermédiaire tous les 0,5 à 1,5 m.

Etanchéités synthétiques en plastomère

Les plastomères (PVC, par exemple) sont en général **collés sur l'acrotère en adhérence totale ou posés librement et fixés mécaniquement**. Si l'on opte pour cette seconde méthode, il faut néanmoins savoir que la membrane va inévitablement se plisser. Les conséquences ne seront toutefois qu'esthétiques.

Les plastomères doivent toujours être **fixés mécaniquement dans leur partie supérieure**. S'ils ne sont pas collés sur l'acrotère et que ce dernier a une hauteur supérieure à 50 cm, une fixation mécanique supplémentaire est à prévoir tous les 50 cm (fixation intermédiaire), sauf indication contraire du fabricant. Ces fixations intermédiaires ne sont pas nécessaires en cas de collage.

Etanchéités liquides

Les directives établies au sujet des étanchéités liquides n'ont pas été modifiées et ne sont donc pas abordées dans cet article. ◆

Evolution de la e-NIT

Notre façon de consulter des documents a fortement évolué depuis la publication de la **e-NIT 244** en 2012. La forme de cette NIT sera adaptée en conséquence. Ainsi, les textes et les détails des principes généraux seront regroupés dans un **PDF**. Celui-ci constituera un ouvrage de référence technique complet :

- qui restera disponible à long terme
- qui pourra servir de référence dans les documents contractuels
- qui sera plutôt consulté à partir d'un ordinateur de bureau.

Un **résumé numérique** de la NIT sera également mis à disposition. Celui-ci aura pour objectif :

- de permettre de retrouver rapidement des informations à partir d'une tablette ou d'un smartphone (usage le plus fréquent sur chantier)
- d'établir le lien avec la base de données des détails constructifs, de sorte que l'on puisse retrouver facilement les fiches présentant les détails d'exécution pour les différents types d'étanchéités.



Quels critères pour évaluer la qualité visuelle d'un vitrage isolant ?

Il n'est pas rare d'observer des griffes ou de petits défauts lors de la réception d'un vitrage. Afin d'éviter des situations délicates avec son client, le vitrier a tout intérêt à procéder à la réception le plus rapidement possible et à encourager les autres acteurs du projet à protéger les menuiseries extérieures s'il existe un risque de dégradation pour les vitrages.

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

Défauts et norme de référence

Depuis août 2018, la norme NBN EN 1279-1 indique notamment les conditions d'observation ainsi que les défauts maximaux admissibles pour les vitrages isolants. Ces défauts sont répartis en trois catégories :

- les **défauts ponctuels** : anomalies sphériques ou semi-sphériques. Il peut s'agir d'inclusions solides ou gazeuses
- les **résidus** : matériaux restant sur la surface du verre et pouvant avoir la forme d'une tache (défauts plus grands que les défauts ponctuels et de forme souvent irrégulière) ou d'une plaque. Il s'agit habituellement de résidus d'un matériau de scellement

- les **défauts linéaires ou étendus** : marques, griffures (voir figures 1 à 2), amas (accumulation de très petits défauts; voir figure 3) couvrant une longueur ou une superficie étendue. Les griffures peuvent être droites ou courbes.

Cette norme ne s'applique pas aux vitrages isolants comprenant un composant en verre imprimé, armé, imprimé armé, étiré ou feuilleté résistant au feu.

Conditions d'observation

La norme NBN EN 1279-1 impose des conditions d'observation pour l'évaluation des vitrages isolants.



1 | Défaut linéaire (non admissible).



2 | Défaut linéaire (admissible).



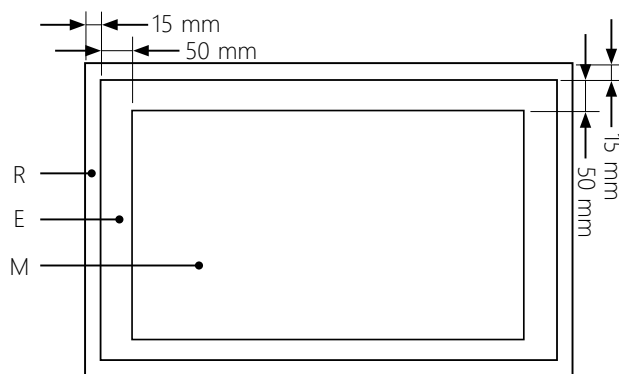
3 | Amas de défauts (non admissible).

Ces derniers doivent être examinés :

- pendant au maximum une minute par mètre carré
- à une distance d'au moins trois mètres
- de l'intérieur vers l'extérieur
- sous un angle d'observation aussi perpendiculaire que possible
- dans des conditions de lumière diffuse du jour (ciel couvert, par exemple) et sans éclairage naturel ou artificiel direct.

Bien entendu, les anomalies ne doivent pas être préalablement marquées sur le vitrage (voir figure 4).

Les vitrages isolants posés à l'intérieur d'un bâtiment (entre deux locaux, par exemple) sont à inspecter sous l'éclairage



5 | Délimitation des zones d'observation d'un vitrage.



4 | Ne pas marquer les anomalies avant d'observer le vitrage.

normal (diffus) prévu pour l'utilisation des locaux. Ici aussi, l'angle d'observation doit être aussi perpendiculaire que possible par rapport à la surface du verre.

Trois zones d'observation sont à distinguer pour chaque vitrage (voir figure 5) :

- la **zone R**, d'une largeur de 15 mm, généralement recouverte par le châssis (ou correspondant au scellement en cas de bord libre)
- la **zone E**, d'une largeur de 50 mm, située au bord de la surface visible
- la **zone M**, zone principale et centrale du vitrage.

Nombre maximal de défauts admissibles

Le nombre maximal de défauts ponctuels, de points, de taches de résidus ainsi que de défauts linéaires ou étendus que l'on peut admettre pour un vitrage isolant constitué de deux feuilles de verre (10/12/8, par exemple) est défini dans les tableaux A, B et C à la page suivante.

**A** | Nombre de défauts ponctuels admissibles.

Zone	Dimensions du défaut [mm]	Surface du vitrage S [m²]			
		S ≤ 1	1 < S ≤ 2	2 < S ≤ 3	S > 3
R	Toutes les dimensions	Aucune limitation			
E	Ø ≤ 1	Accepté si inférieur à 3 dans une zone de diamètre Ø ≤ 20 cm			
	1 < Ø ≤ 3	4	1 par mètre de périmètre		
	Ø > 3	Non admis			
M	Ø ≤ 1	Accepté si inférieur à 3 dans une zone de diamètre Ø ≤ 20 cm			
	1 < Ø ≤ 2	2	3	5	5 + 2/m²
	Ø > 2	Non admis			

B | Nombre de points et de taches de résidus admissibles.

Zone	Dimensions et type [mm]	Surface du vitrage S [m ²]	
		S ≤ 1	S > 1
R	Tous	Aucune limitation	
E	Points Ø ≤ 1	Aucune limitation	
	Points 1 < Ø ≤ 3	4	1 par mètre de périmètre
	Taches Ø ≤ 17	1	
	Points Ø > 3 et taches Ø > 17	Maximum 1 (l'un ou l'autre)	
M	Points Ø ≤ 1	Maximum 3 dans une zone de diamètre Ø ≤ 20 cm	
	Points 1 < Ø ≤ 3	Maximum 2 dans une zone de diamètre Ø ≤ 20 cm	
	Points Ø > 3 et taches (*)	Non admis	

(*) La norme NBN EN 1279-1 indique 'taches Ø > 17', mais ne stipule rien concernant les taches Ø ≤ 17 en zone M. Selon nous, sur la base de la ligne E, on peut déduire qu'aucune tache n'est admise en zone centrale.

C | Défauts linéaires ou étendus admissibles.

Zone	Longueurs individuelles	Total des longueurs individuelles
R	Aucune limitation	
E	≤ 30 mm	≤ 90 mm
M	≤ 15 mm	≤ 45 mm

Il faut préciser que les rayures très fines (non sensibles à l'ongle) sont admises si elles ne forment pas un amas.

- par 1,75 pour un vitrage composé de deux verres feuilletés et d'un verre monolithique (44.2/10/4/10/33.2, par exemple).

Cas du vitrage constitué de plus de deux composants monolithiques

En cas de vitrage constitué de plus de deux composants monolithiques, le nombre de défauts admissibles définis dans les tableaux doit être augmenté de 25 % par composant verrier et par verre feuilleté supplémentaire. Ainsi, il est multiplié :

- par 1,25 pour un vitrage composé de trois composants monolithiques (6/14/4/14/8, par exemple)
- par 1,5 pour un vitrage composé de deux verres feuilletés (44.2/16/33.2, par exemple)

Remarque

En présence d'une rayure fine, voire très fine (filasse), un polissage du verre à l'oxyde de cérium permet, la plupart du temps, de la faire disparaître. Il est important de veiller à ce que ce polissage ne soit pas excessif, pour ne pas altérer la planéité du verre et engendrer des déformations visuelles. Ce polissage est inutile en cas de rayures profondes.



Dimensionnement des conduites d'eau dans les installations sanitaires

Une étude du CSTC a récemment révélé que les débits de pointe mesurés dans les installations de distribution étaient très similaires à ceux calculés selon la méthode de dimensionnement décrite dans la norme DIN 1988-300. Cet article fournit de plus amples détails concernant cette méthode rendue obligatoire en Flandre dans le cadre des *BBT Legionella*. On y explique également comment définir le diamètre intérieur minimal des conduites.

B. Bleys, ir., chef du laboratoire 'Techniques de l'eau', CSTC

Détermination du débit de conception des points de puisage

La première étape du dimensionnement consiste à déterminer le débit de conception (q_c) de chaque point de puisage. Le tableau ci-contre indique les débits standard pour différents points. S'il s'avère que les débits de conception mentionnés dans les informations fournies par le fabricant sont supérieurs à ceux du tableau, il faudra tenir compte des débits du fabricant lors du dimensionnement. S'ils sont inférieurs à ceux du tableau, ils ne pourront être utilisés sans autorisation du client.

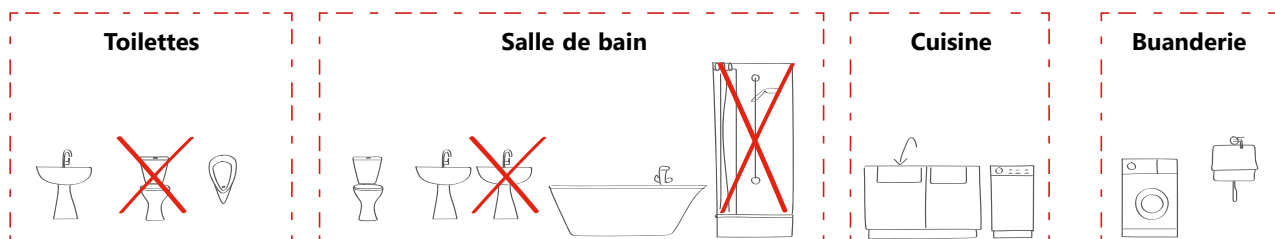
Valeurs standard du débit de conception pour chaque type de point de puisage.

Type de point de puisage	Débit de conception q_c [L/s]
Douche	0,15 (*)
Baignoire	0,15 (*)
Cuisine	0,07 (*)
Lavabo	0,07 (*)
Bidet	0,07 (*)
Lave-linge	0,15
Lave-vaisselle	0,07
WC	0,13
Urinoir avec robinet de chasse	0,30
(*) Ces débits de conception sont à utiliser pour la conduite d'eau froide et la conduite d'eau chaude.	

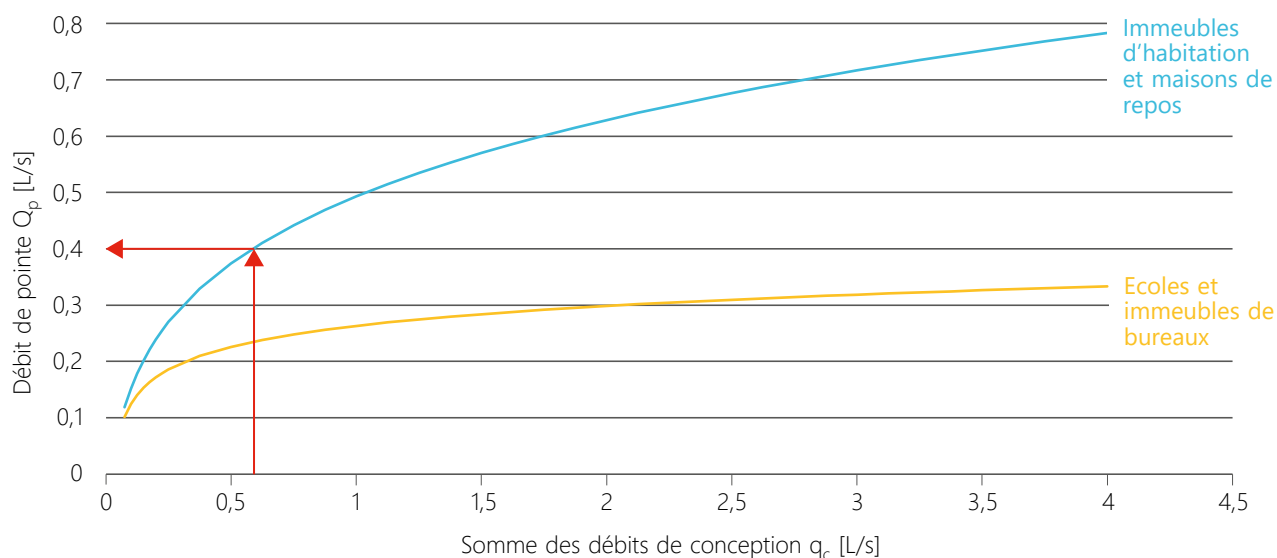
Calcul du débit de pointe pour chaque conduite

Il convient ensuite de calculer le débit de pointe (Q_p) de chaque conduite. Pour une conduite desservant plusieurs points de puisage **dans un même local**, il s'agit d'**additionner les deux débits de conception les plus élevés**, puisque cette méthode part du principe que, de manière générale, jamais plus de deux personnes ne puiseront de l'eau en même temps dans un même local. Comme il est peu probable que deux appareils similaires soient utilisés simultanément, les points de puisage de même type doivent

être éliminés du calcul : un second évier, une douche située à côté d'une baignoire ou d'un bidet, un urinoir placé à côté d'une cuvette de WC, ... (voir figure 1).



1 | Elimination des points de puisage de même type.



2 | Application d'une formule de simultanéité permettant de déterminer le débit de pointe.

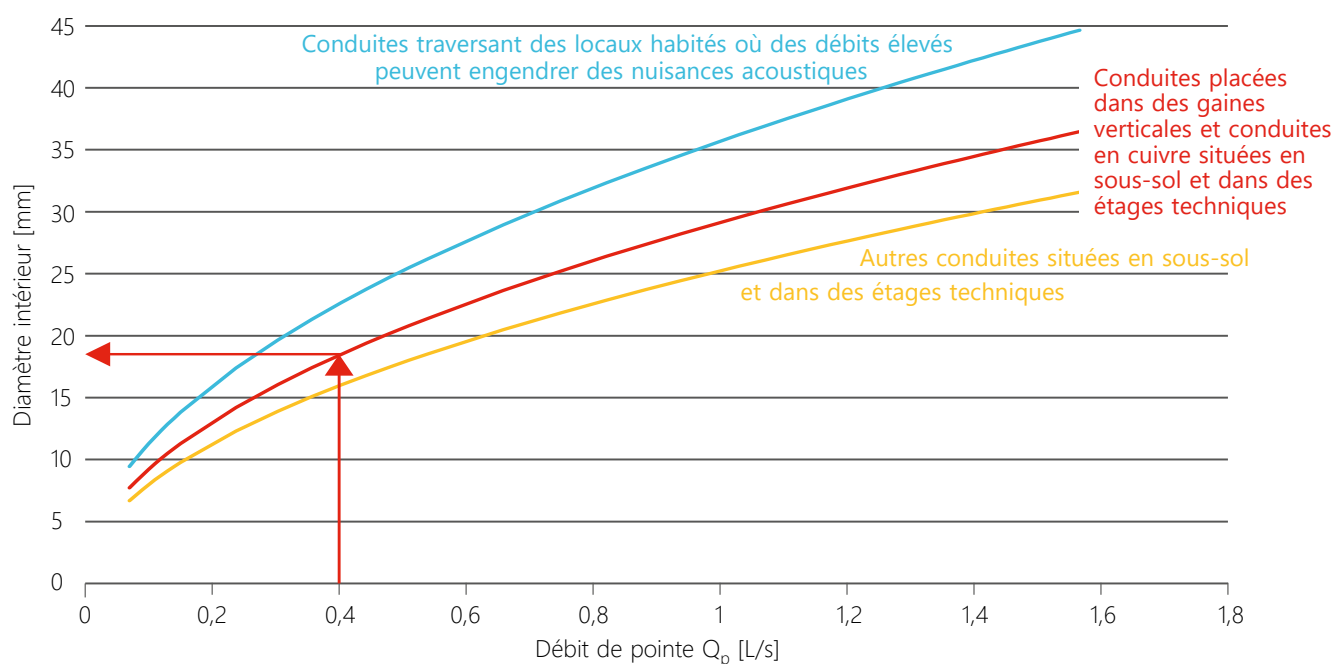
Si une conduite dessert des points de puisage **dans plusieurs locaux**, le débit de pointe est calculé en **faisant la somme des débits de conception de chacun des points**. Cette fois encore, les points de puisage similaires situés dans un même local ne doivent pas être pris en compte dans le calcul. En fonction du type de bâtiment, une formule de simultanéité doit ensuite être appliquée à cette somme.

Le graphique à la figure 2 permet de déduire le débit de pointe à partir de la somme des débits de conception.

En ce qui concerne les **conduites situées entre le compteur d'eau et l'embranchement menant à l'installation de production d'eau chaude sanitaire**, il faut additionner les débits de pointe de l'eau froide et de l'eau chaude.

Diamètre intérieur minimal

Le graphique à la figure 3 permet de déterminer le diamètre intérieur nominal sur la base du débit de pointe et



3 | Diamètre intérieur minimal en fonction du débit de pointe et de l'emplacement des conduites.



en tenant compte du local traversé par la conduite. Les différentes courbes ont été définies à partir des vitesses d'écoulement maximales qui ont été mesurées durant les débits de pointe et autorisées dans ces locaux pour éviter les nuisances sonores.

Grâce au diamètre intérieur minimal, il est alors possible de choisir – en fonction du matériau du système de conduites – le diamètre commercial répondant à cette exigence.

Dimensionnement complet

Bien entendu, le dimensionnement complet d'une installation de distribution d'eau ne se limite pas au simple calcul du diamètre intérieur minimal des conduites. Il faut également vérifier les pertes de charge pour s'assurer que la pression aux différents points de puisage est suffisante. Toutefois, le calcul du diamètre intérieur minimal peut faire office de **premier contrôle rapide**, étant donné qu'un dimension-

nement complet n'est généralement pas effectué pour les installations de petite taille.

Le dimensionnement complet d'une installation de distribution d'eau consiste à :

1. déterminer le débit de conception des points de puisage
2. déterminer le débit de pointe pour chaque conduite
3. déterminer la pression disponible pour couvrir la perte de pression sur chaque tracé, dans le but d'identifier le tracé le plus défavorable
4. définir le diamètre intérieur minimal de chaque section de conduite du tracé le plus défavorable
5. recalculer la pression disponible et définir le diamètre intérieur dans le tracé le plus défavorable suivant
6. répéter l'étape 5 jusqu'à ce que tous les tracés soient dimensionnés.

Le CSTC développe en ce moment même un **outil de calcul** pour aider l'installateur sanitaire à effectuer un dimensionnement complet. ■

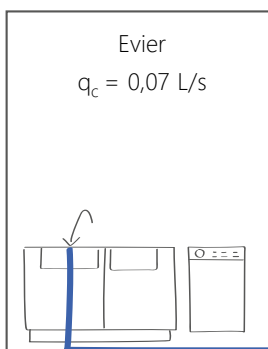
Exemple de calcul

Pour calculer les débits de pointe Q_{p1} et Q_{p2} dans l'exemple ci-dessous, il faut **additionner les deux débits de conception les plus élevés**, après avoir éliminé les points de puisage similaires. Dans notre exemple, la douche peut donc être supprimée du calcul.

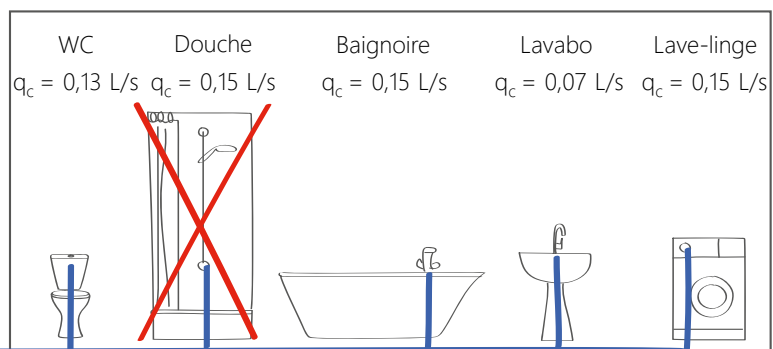
Etant donné que le débit de pointe Q_{p3} concerne des points de puisage situés dans plusieurs pièces, il convient d'**additionner les débits de conception de chacun des points**, à l'exception de la douche du local 2, soit : $0,07 + 0,13 + 0,15 + 0,07 + 0,15 = 0,57$ L/s. Une formule de simultanéité est ensuite appliquée à cette valeur. A partir du graphique de la figure 2, on constate que la valeur du débit Q_{p3} est de 0,4 L/s pour un immeuble d'habitation.

Dans le cas d'une conduite placée dans une gaine verticale, le graphique de la figure 3 permet de déduire que son diamètre intérieur doit être d'au moins 18 mm, ce qui correspond à 26 x 3 mm si le système de conduites est constitué de PE-X/Al/PE-X.

Local 1 : cuisine



Local 2 : salle de bain



$Q_{p1} = 0,07$ L/s

$Q_{p2} = 0,30$ L/s

Q_{p3}

4 | Exemple de calcul des débits de conception et de pointe.



Pourquoi appliquer l'enduit intérieur avant l'ETICS ?

On demande régulièrement aux collaborateurs de la division 'Avis techniques et consultation' du CSTC quel est l'ordre approprié pour l'exécution des travaux intérieurs humides (application d'un enduit à base de plâtre, coulage de la chape, ...) et la pose d'un ETICS. Que disent les documents de référence à ce sujet et quels sont les facteurs d'influence ?

I. Dirx, ir., chef adjoint du laboratoire 'Matériaux de construction', CSTC

Que disent les documents de référence ?

Les **NIT 199** et **201** relatives aux **enduits intérieurs** fournissent peu d'informations concernant l'ordre adéquat des travaux. Elles signalent uniquement que la maçonnerie doit être suffisamment sèche avant d'être enduite. Le temps de séchage nécessaire dépend notamment des conditions climatiques pendant et après la mise en œuvre. En outre, pour pouvoir entamer l'enduisage, le bâtiment doit être étanche à la pluie et au vent.

La **NIT 257 'Enduits sur isolation extérieure'** recommande de n'appliquer l'ETICS qu'après avoir réalisé les travaux intérieurs nécessitant un apport d'eau, sous réserve de dispositions contraaires dans les documents contractuels ou d'un avis favorable du fabricant pour une méthode de travail différente. On ne peut déroger à cette règle que si les différentes parties donnent leur accord et si l'on tient compte :

- du climat intérieur et extérieur
- de la composition du système
- de la perméabilité à la vapeur de la paroi
- de toute autre propriété pertinente des matériaux.

Les **fédérations belges et européennes de fabricants d'ETICS** (Xthermo.be et EAE, par exemple) conseillent également de ne poser l'ETICS qu'après la mise en œuvre de l'enduit intérieur, le coulage de la chape et le respect d'un délai de séchage suffisant. Avant de commencer les travaux d'isolation, des précautions sont à prendre pour éviter que l'humidité de construction présente n'ait un effet néfaste sur le système.

Quels sont les facteurs d'influence ?

L'ordre dans lequel il est recommandé d'effectuer les travaux dépend de facteurs divers, tels que le support, le climat intérieur et extérieur et les propriétés des matériaux qui composent l'ETICS.

Le type de support

L'étanchéité à l'eau et la perméabilité à la vapeur d'eau du support doivent être prises en compte. Pour les supports étanches à l'eau et à la vapeur d'eau tels que le béton coulé sur place, l'ordre des travaux n'a que peu d'importance. Pour ce qui est des supports perméables à la vapeur, tels que les maçonneries, il est généralement recommandé d'effectuer les travaux intérieurs humides en premier lieu, afin de réduire le risque de problèmes (condensation au sein de l'ETICS et développement de moisissures sur l'enduit intérieur, par exemple).

Bâche d'échafaudage permettant de protéger la façade durant la mise en œuvre de l'enduit intérieur et de l'ETICS.





Le climat intérieur et extérieur

L'ETICS peut être mis en œuvre à des températures extérieures comprises entre 5 et 30 °C. Lorsque l'hiver approche et que l'enduit intérieur et l'ETICS doivent encore être appliqués, il est envisageable de commencer par l'ETICS, afin de continuer de profiter de conditions météorologiques clémentes. Le fabricant doit toutefois donner un avis favorable. Le cas échéant, une bonne ventilation et un éventuel chauffage des locaux s'avéreront nécessaires pour assurer le séchage correct de l'enduit qui sera appliqué ensuite.

Les propriétés des matériaux de l'ETICS

Les caractéristiques de diffusion de la vapeur d'eau des composants de l'ETICS (isolation, enduit de fond, enduit de finition et revêtement dur) jouent également un rôle essentiel.

En présence d'une isolation perméable à la vapeur (laine minérale, par exemple) recouverte d'un enduit perméable à la vapeur, le séchage peut partiellement se faire vers l'extérieur. Par contre, si l'isolant est davantage étanche à la vapeur (EPS, par exemple), le séchage vers l'extérieur sera fortement ralenti et l'enduit intérieur et le mur resteront humides plus longtemps.

Que faire si l'on commence par les travaux intérieurs humides ?

Si l'on réalise les travaux intérieurs humides en premier lieu, l'humidité de construction peut s'évacuer via l'air intérieur ou par diffusion à travers le mur extérieur.

Si le mur porteur n'est pas suffisamment étanche à l'eau (maçonnerie constituée de blocs-treillis, par exemple), il arrive que les eaux de pluie y pénètrent et laissent des taches d'humidité à la surface de l'enduit. Si la **pénétration des eaux pluviales** est de courte durée et limitée en quantité, les taches disparaîtront à mesure que l'enduit séchera. En revanche, les eaux contaminées par du bitume ou des panneaux en bois, par exemple, peuvent laisser des taches permanentes sur l'enduit. Si le support contient beaucoup de sels solubles, ces derniers peuvent migrer vers l'intérieur par infiltration des eaux pluviales et nuire à l'adhérence de l'enduit ou provoquer des efflorescences à sa surface.

Une solution éventuelle contre la pénétration des eaux pluviales consiste à protéger la face extérieure du mur porteur en recouvrant l'échafaudage d'une bâche (voir photo). De plus, cette protection viendra à point pour la mise en œuvre de l'ETICS.

Que faire si l'ETICS est appliqué d'abord ?

L'avantage de mettre en œuvre l'ETICS en premier lieu est que le mur porteur se trouve alors protégé des conditions climatiques et en particulier de la pénétration des eaux pluviales.

Toutefois, le séchage des éléments intérieurs humides se fait plus lentement, car la diffusion vers l'extérieur via le mur porteur est limitée. Par conséquent, l'enduit intérieur restera humide plus longtemps, ce qui accroît le risque de **développement de moisissures**.

Dans le cas d'un mur porteur perméable à la vapeur (maçonnerie constituée de blocs-treillis, par exemple), une certaine quantité de vapeur d'eau pourra migrer via ce mur vers l'ETICS et atteindre l'enduit extérieur via les joints entre les panneaux d'isolation. De la condensation pourra aussi se former à ces endroits, avec comme conséquences possibles des salissures, un verdissement, des moisissures, ...

Une humidification prolongée du mur porteur peut entraîner la dégradation des matériaux sensibles à l'humidité présents dans le mur (poutres en bois, par exemple).

Conclusion

Comme le recommandent les documents de référence, il est conseillé d'effectuer les travaux intérieurs humides avant la pose de l'ETICS. Toutefois, en fonction du type de support, du climat intérieur, mais surtout extérieur, et des propriétés des matériaux de l'ETICS, il est possible de déroger à cette règle, sous réserve de l'approbation du fabricant.

Il est toujours préférable de protéger les façades très exposées. Quoi qu'il en soit, une bonne ventilation des locaux intérieurs reste essentielle pour accélérer le séchage (voir [Les Dossiers du CSTC 2010/4.11](#)). 



Comment éviter la surchauffe de la pierre naturelle collée en façade ?

Ces dernières décennies, le secteur de la construction assiste à un développement de méthodes innovantes telles que la pose collée d'un revêtement en pierre naturelle sur l'isolation de la façade. Toutefois, pour garantir une durabilité de la pierre et écarter tout risque de décollement, il faut prendre certaines précautions.

D. Nicaise, dr. sc., chef du laboratoire 'Minéralogie et microstructure', CSTC

E. Dupont, ing., chef adjoint du service 'Spécifications', CSTC

Rappelons que la pierre naturelle est un matériau opaque qui absorbe la chaleur, et ce d'autant plus s'il est de teinte foncée. Des exigences sont dès lors posées au **facteur d'absorption de l'énergie solaire α_g** et à l'**indice de clarté IC**.

La valeur du facteur α_g est comprise entre 0 et 1 et dépend notamment de la teinte. Ainsi, la plupart des pierres claires (ou 'blanches') ont un facteur compris entre 0,35 et 0,48, et les pierres bleues un facteur entre 0,65 et 0,9. Concernant ces dernières, la finition et les traitements de surface (hydrofugation, par exemple) jouent également un rôle important. Par conséquent, il s'avère nécessaire de choisir une finition dite 'brute de sciage' ou une finition 'écurée' ou d'opter pour un sciage brossé ou meulé avec un grain compris entre P14 et P40 pour le meulé gris et de maximum P60 pour le meulé bleu/écuré.

En outre, les surfaces des matériaux généralement denses et opaques ont un facteur d'absorption et une chaleur massique élevés, ce qui favorise le **réchauffement urbain** (îlots

de chaleur). Pour éviter l'accumulation de chaleur durant l'été, certaines villes recommandent dès lors l'utilisation de matériaux légers ayant un indice de réflexion solaire (SRI, pour *Solar Reflectance Index*) supérieur à 30 %, et des matériaux de teinte claire.

Exigences en Belgique et dans les pays limitrophes

En **Belgique**, un article publié cette année par le CSTC (voir [Les Dossiers du CSTC 2020/2.7](#)) aborde les limites d'application des ETICS avec revêtements durs. Une autre de nos publications (voir [Les Dossiers du CSTC 2015/4.9](#)) est consacrée aux choix de la teinte d'une pierre naturelle – selon l'exposition à l'ensoleillement et son épaisseur – permettant de ne pas atteindre une température de plus de 70 °C à l'interface entre le parachevement et l'isolant.

En cas d'exposition à un ensoleillement direct, comme c'est le cas pour les façades orientées de l'est à l'ouest (l'orientation

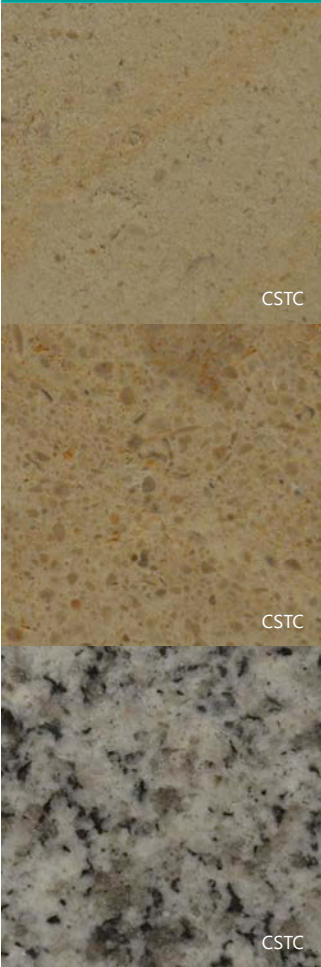
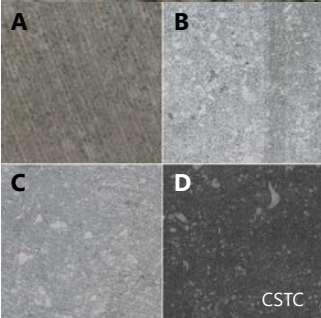
Terminologie

Le **facteur d'absorption de l'énergie solaire** (α_g) d'une surface exprime le rapport entre l'énergie solaire absorbée et l'énergie solaire réfléchie par cette surface. Il est possible de mesurer les caractéristiques spectrales d'une surface et de déterminer ce facteur d'absorption par spectrométrie UV-Vis-NIR conformément à la norme NBN EN 410.

Parfois utilisé comme alternative, le **taux de réflexion de l'énergie solaire total** (TSR, pour *Total Solar Reflexion*) mesure le taux de l'énergie radiante incidente totale réfléchie par la surface.

L'**indice de clarté** (IC) ou 'indice de luminance lumineuse' est un nombre conventionnel exprimant la clarté d'une couleur sur un axe noir-blanc (0-100) dans le domaine visible (voir [Les Dossiers du CSTC 2014/4.10](#)).

Facteur d'absorption de l'énergie solaire α_e et indice de clarté IC de quelques pierres naturelles.

Matériau		Facteur d'absorption énergétique α_e	Indice de clarté IC
 CSTC	Pierre blanche non marbrière (< 2.500 kg/m ³) sciée meulée (mate)	0,36	55,6
	Pierre blanche marbrière (> 2.500 kg/m ³), adoucie	0,46	44,9
	Granit 'gris' adouci	0,67	24,1
 CSTC	Pierre bleue (grain : < P60), écurée (A)	0,68	28,5
	Pierre bleue (grain : P30-P35), sciée brossée (B)	0,84	15,7
	Pierre bleue (grain : P36), meulé gris (C)	0,83	14,9
	Pierre bleue (grain : P80), meulé bleu	0,87	11,1
	Pierre bleue (grain : P220), adoucie bleu clair	0,89	6,4
	Pierre bleue (grain : P400), adoucie foncée, satinée (D)	0,90	5,4
	Pierre bleue (grain : P800), polie	0,90	3,8

sud-ouest étant la plus critique), on déconseille l'usage d'un revêtement mince (épaisseur < 22 mm) dont le facteur α_e (NBN EN 410) est supérieur à 0,7. Pour les revêtements épais (épaisseur $\geq$ 22 mm), la valeur limite est fixée à 0,85. Une étude spécifique peut justifier des teintes plus foncées, notamment pour les soubassements. Pour des épaisseurs supérieures et inférieures à 22 mm, l'indice de clarté IC est respectivement supérieur à 10 et à 25. Aucune limitation n'est prévue pour les façades orientées au nord-nord-ouest ou au nord-est.

En **France**, les fabricants de revêtements en pierre sont tenus de déclarer la valeur du facteur α_e des produits destinés à une pose collée en façade. Cette valeur doit être inférieure à 0,9 dans tous les cas et à 0,7 en présence d'un système de post-isolation soumis à une certification NF, sauf si les façades sont protégées contre l'ensoleillement direct ou indirect. A plus de 1.300 m d'altitude, le facteur d'absorption est limité à 0,5.

Aux **Pays-Bas**, le facteur α_e est limité à 0,7 dans le cadre d'une certification d'un système d'isolation par l'extérieur. 

Un découpage soigné est la carte de visite de tout carreleur

L'aspect visuel du carrelage fait souvent l'objet de discussions sur chantier et il n'est pas rare que la précision du découpage soit abordée. Puisqu'il n'existe aucune tolérance en la matière, cet article propose une approche pragmatique permettant d'évaluer la précision du travail effectué.

T. Vangheel, ir., conseillère principale senior, division 'Communication et formation', CSTC

Discussions concernant l'aspect

Alors que la planéité, le niveau ou la pente d'un revêtement carrelé, voire un désaffleurement entre carreaux peuvent être évalués objectivement sur la base de critères mesurables (voir [NIT 237](#)), il n'est pas aussi simple de juger de l'aspect esthétique, notamment en ce qui concerne le découpage. Nous pensons par exemple :

- aux problèmes relatifs à l'aspect des joints (irréguliers, en zigzag, en escalier ou asymétriques autour d'un avaloir)
- à l'écaillage de la couche supérieure du carreau en cas

de sciage biseauté

- aux évidements surdimensionnés au droit des conduites ou autour des interrupteurs.

Pour éviter de telles discussions sur chantier, il est important :

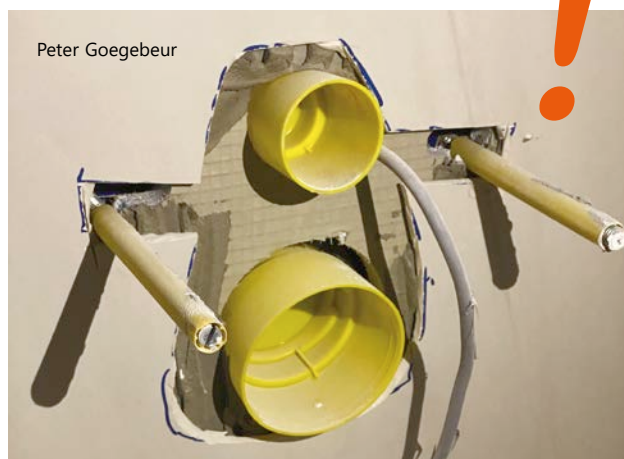
- de bien convenir de l'appareillage des carreaux
- d'accorder une attention particulière au mesurage (voir figures 1 et 2)
- de scier, découper, percer les carreaux avec minutie (voir figures 3 et 4 à la page suivante).



1 | Joint asymétrique autour d'un avaloir (non acceptable).



2 | Joint autour d'un avaloir (acceptable si la largeur du joint est constante et si elle n'est pas supérieure ou inférieure de plus de 2 mm à la largeur convenue).



3 | Découpage grossier (acceptable uniquement si un recouvrement total est prévu).



4 | Découpage effectué très minutieusement.

Tolérances

Bien qu'il n'existe actuellement aucune tolérance concernant la précision du découpage, elle influence de manière non négligeable la largeur et la rectitude des joints. Plus le mesurage et le sciage sont précis, moins il y a de risques d'irrégularités.

En ce qui concerne la largeur et la rectitude des joints, un certain nombre de tolérances sont reprises dans la [NIT 237](#). Ainsi, pour la **largeur**, on admet un écart de **1 mm**, à augmenter de la tolérance dimensionnelle réelle sur le carreau utilisé. L'**écart visible de l'alignement** des joints, mesuré entre la ligne de référence et l'arête du joint, ne peut dépasser de plus de **2 mm** l'écart dimensionnel réel du carreau (longueur, largeur, rectitude des arêtes et orthogonalité).

Bien que ces exigences nous semblent trop sévères pour les joints situés autour de la partie découpée, on veillera néanmoins à réduire les écarts au minimum dans ces zones également. Selon nous, les écarts ne devraient pas être supérieurs au **double des écarts admissibles mentionnés ci-dessus**.

S'il est prévu de recouvrir la partie découpée (au moyen de rosettes, par exemple), il est moins important de respecter les tolérances. Bien entendu, les évidements ne peuvent pas être plus grands que les éléments qui les recouvrent.

De l'importance d'utiliser de bons outils

Pour obtenir un découpage soigné, il est important de mesurer les carreaux avec précision. Étant donné que chaque outil de mesure a son propre niveau de précision, il est conseillé d'**utiliser toujours le même équipement** pour mesurer et marquer les carreaux.

Il existe en outre des instruments de mesure spécifiques pour le marquage des angles rentrants et saillants, des courbes, des orifices pour les conduites, des interrupteurs et des prises de courant. On pense notamment aux lasers (voir figure 5), aux jauges de contour (voir figure 6) ou aux fausses équerres. Le découpage, le sciage et le perçage des carreaux nécessitent également les outils appropriés. Pour plus d'informations, nous renvoyons vers [Les Dossiers du CSTC 2016/4.10](#). ◆



5 | Laser.



6 | Jauge de contour.



Comment éviter les dépôts dans les installations de chauffage central ?

De nos jours, les générateurs de chaleur sont très peu énergivores. Ceci est dû à l'efficacité de leur échangeur de chaleur. Ce dernier transmet en effet de manière optimale le pouvoir calorifique des gaz de combustion à l'eau du système de chauffage. Pour maintenir cette performance dans le temps, il faut toutefois éviter les dépôts incrustants, car ils ont un impact sur la transmission de chaleur et la durée de vie de l'installation.

K. De Cuyper, ir., ex-collaborateur du CSTC

Quelles sont les causes des dépôts ?

Les dépôts peuvent être dus à la formation de tartre (calcaire) ou à des phénomènes de corrosion dans l'installation.

Le **tartre** se forme en raison de la dissolution d'éléments solides (minéraux de calcium et de magnésium, qui déterminent la dureté de l'eau, par exemple) qui se déposent principalement à l'endroit le plus chaud de l'installation, c'est-à-dire dans le générateur de chaleur.

La **corrosion** des éléments ferreux présents dans l'installation engendre également des dépôts (magnétite noire et parfois rouille rouge, voir figure 1). Elle est presque entièrement due à la présence d'oxygène dans l'eau.

Comment éviter la corrosion et le tartre ?

La corrosion étant à l'origine d'une quantité considérable de dépôts, il faut veiller tout particulièrement à **empêcher**

1 | Dépôts dus à la corrosion au sein d'une installation de chauffage central.





l'oxygène de s'introduire dans l'installation. Un mauvais maintien de la pression au sein de l'installation peut entraîner un apport d'oxygène. Pour éviter que le système ne soit en dépression, le vase d'expansion doit être dimensionné correctement, contrôlé très régulièrement et réglé si nécessaire. Un outil de calcul a été développé par le CSTC dans ce but (voir la rubrique '[Outils de calcul](#)' sur le site du CSTC). Les conduites en plastique insuffisamment étanches à l'oxygène et les tuyaux de raccordement flexibles sont également à l'origine d'un apport en oxygène. Ainsi, un système de chauffage par le sol constitué de 1.000 m de conduites non étanches à l'oxygène est susceptible d'engendrer plus de 400 g de dépôts de corrosion par an. Il est donc déconseillé d'utiliser de telles conduites.

La corrosion étant un phénomène insidieux, il est recommandé de mettre en place un **monitoring**, et ce même dans les petites installations. On peut ainsi contrôler indirectement le niveau de corrosion en surveillant les appoints d'eau et en vérifiant la relation entre la température de l'eau et la pression dans l'installation, ainsi que la qualité de certains paramètres de l'eau (variations du pH, par exemple). Il est aussi possible de surveiller directement la corrosion à l'aide de 'coupons' à inspecter régulièrement ou de mesures électroniques. Dans ce cas, les données doivent être relevées avec précision dans un carnet de bord ou introduites dans le système de gestion du bâtiment, de sorte que l'évolution des paramètres puisse être suivie dans le temps.

Il faut aussi prêter suffisamment attention à l'**acidité (pH)** de l'eau, afin d'éviter les fuites. Par exemple, le pH de l'eau de remplissage doit être compris entre 6,5 et 8,5, celui de l'eau du système entre 8,2 et 10 dans les systèmes ne renfermant pas d'aluminium et entre 8,2 et 8,5 (parfois 9 pour certains alliages) dans les systèmes renfermant de l'aluminium. Le pH est facilement vérifiable à l'aide de bandelettes de test.

Pour empêcher la formation de tartre, il est conseillé d'**adoucir** l'eau de remplissage complètement ou partiellement grâce à un adoucissement ordinaire (en l'absence d'aluminium) ou à une déminéralisation. Dans le cas d'un adoucissement partiel, les valeurs de dureté résiduelle admissibles dépendent de la puissance et de la contenance de la chaudière : plus le volume d'eau par unité de puissance est élevé, plus la dureté admissible est faible. L'installateur peut se munir d'un dispositif portable (voir figure 2) destiné au traitement de l'eau. Il est à noter que dans les petites installations (d'une capacité maximale de 50 kW et d'une contenance spécifique inférieure à 20 L/kW), l'eau de remplissage ne nécessite aucun traitement.

Que se passe-t-il si le générateur de chaleur doit être remplacé ?

Si l'on souhaite remplacer le générateur de chaleur, il convient d'abord de **diagnostiquer l'état de l'installation de chauffage existante**. On procède alors au contrôle d'un certain nombre d'échantillons d'eau et à une inspection visuelle approfondie, afin de déterminer :

- s'il y a des signes de fuites



Purotap

2 | Dispositif portable de traitement de l'eau.

- de quel matériau sont faites les conduites
- dans quel état se trouve le vase d'expansion
- ce qu'on peut déduire du monitoring de la corrosion
- à quoi ressemble le corps de pompe du circulateur.

Si ce diagnostic révèle la présence de nombreux dépôts, il est recommandé d'y remédier avant de nettoyer l'installation et/ou de placer un échangeur de chaleur entre l'installation et le générateur de chaleur.

Les principes énoncés ci-avant seront expliqués en détail dans une Note d'information technique en cours d'élaboration. ◆



Peintures anticorrosion : comment les appliquer sur site ?

L'application sur chantier d'un système de peinture anticorrosion sur une structure métallique en acier ou en acier galvanisé requiert des compétences particulières. Même si la mise en œuvre sur site concerne plus spécifiquement les travaux d'entretien ou de réparation, elle n'en doit pas moins être menée avec attention, notamment en ce qui concerne la préparation de surface et l'élimination d'éventuelles contaminations.

E. Cailleux, dr., chef adjoint du laboratoire 'Chimie du bâtiment', CSTC

L'une des solutions les plus courantes pour protéger de la corrosion les structures en acier disposant ou non d'un revêtement en zinc (galvanisation à chaud, métallisation, ...) consiste à en peindre la surface (voir figure 1). Aujourd'hui, bon nombre de formulations de peinture permettent de répondre aux différentes contraintes et sollicitations extérieures. Pour être durable, un système de peinture anticorrosion doit toutefois être appliqué en tenant compte :

- des **conditions environnementales et des risques de corrosion associés** (par piqûre, par exemple)
- du **système de peinture** même (nombre de couches, type de liant, ...)
- du **nettoyage** et de la **préparation de la surface** (manuels ou mécaniques, par exemple)
- des **conditions climatiques** lors de l'application.

Principaux mécanismes de protection

Le fer et l'acier se corrodent au contact de l'eau et de l'oxygène présents notamment dans l'atmosphère, la pluie

ou l'eau de condensation. Des composés tels que les chlorures ou les sulfates peuvent accélérer la corrosion. Il est cependant possible de ralentir ou d'empêcher cette réaction grâce aux trois principales stratégies suivantes :

- **l'effet barrière**. La migration vers le métal de composés susceptibles d'induire des réactions de corrosion est freinée par la couche de peinture, laquelle agit comme une barrière physique. Les défauts d'adhérence, les bulles ou les défauts mécaniques (rayures, par exemple) diminuent ou annulent cet effet
- **l'ajout d'inhibiteurs de corrosion** à la formulation de la peinture. Plusieurs modes d'action sont envisageables
- **l'application d'un primaire riche en zinc (protection cathodique)**, également appelé PRZ. En effet, les particules de zinc se corrodent à la place de l'acier ⁽¹⁾. Pour être efficace, le primaire doit être en contact direct avec le métal.

Conditions environnementales et système de peinture

Le système de peinture doit être sélectionné en fonction :

- de la classe d'environnement (voir tableau A à la page suivante)
- de la durabilité attendue
- de la nature du support (acier non revêtu, galvanisé, ...).

Les classes d'environnement s'appliquant aux structures métalliques sont définies dans la norme NBN EN ISO 9223 et reprises dans la norme NBN EN ISO 12944-2. Elles sont fonction des vitesses de corrosion et des durées de persis-

1 | Mise en peinture de poutrelles métalliques sur site.

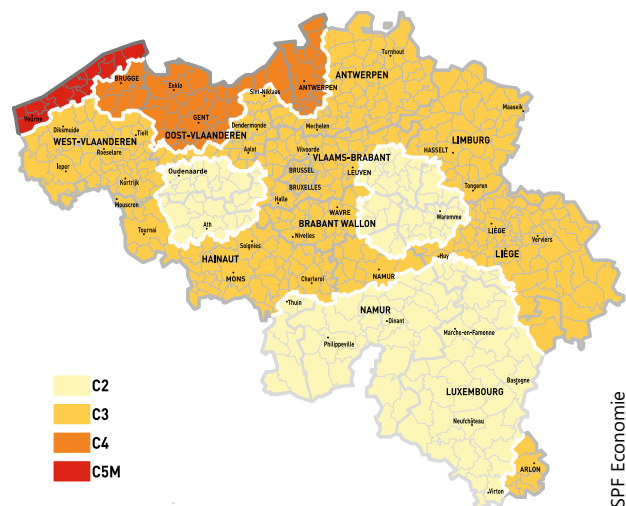


⁽¹⁾ Principe de protection similaire à celui des structures métalliques enterrées (cuves ou réservoirs, par exemple). Le métal le moins noble (le zinc, dans le cas présent) se corrode à la place de l'élément à protéger (le fer).



A | Classes d'environnement et exemples d'environnements types.

Classe d'environnement (catégorie de corrosivité)	Exemples d'environnements types	
	Extérieur	Intérieur
C2 (faible)	- Atmosphères présentant un faible niveau de pollution - Zones rurales	Bâtiments non chauffés avec production potentielle de condensation (entrepôts, salles de sport, ...)
C3 (moyenne)	- Zones urbaines et industrielles présentant un niveau de pollution modéré au dioxyde de soufre - Zones côtières à faible salinité	Bâtiments présentant une humidité élevée et une certaine pollution de l'air (industries alimentaires, blanchisseries, brasseries, laiteries, ...)
C4 (élevée)	- Zones industrielles - Zones côtières à salinité modérée	Usines chimiques, piscines, chantiers navals côtiers, ...
C5 (très élevée)	- Zones industrielles avec une humidité élevée et une atmosphère agressive - Zones côtières à salinité élevée	Bâtiments ou zones présentant une condensation quasi permanente et un niveau de pollution élevé



2 | Répartition par zones des classes d'environnement en Belgique (source : STS 52.2 de 2017). Il convient également de tenir compte des variations locales.

tance de l'humidité ou de certains polluants sur une surface métallique (voir tableau A). En Belgique, les Spécifications techniques STS 52.2 de 2017 répartissent en **zones géographiques** les classes d'environnement (voir figure 2). Des

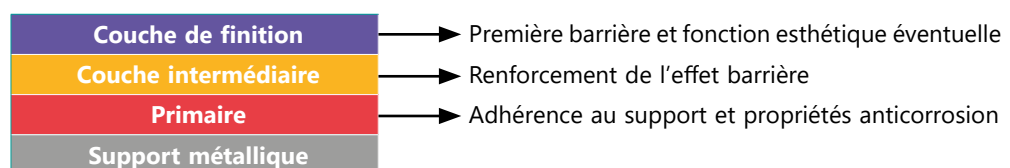
variations locales restent possibles et doivent être prises en compte (zone urbaine, présence d'une usine, ...).

Le système de peinture est le plus souvent constitué d'un primaire, d'une ou plusieurs couches intermédiaires et d'une couche de finition (voir figure 3).

La norme NBN EN ISO 12944-5 décrit les exigences minimales devant être respectées par le système de peinture (liant, nombre de couches, épaisseurs; voir tableau B à la page suivante). Il appartient au fabricant de démontrer que le système de peinture convient à l'application visée. Certaines organisations telles que l'ACQPA ⁽²⁾ délivrent des certifications de performance sur la base de différents tests de performance.

Bien souvent, les éléments métalliques parviennent sur site finis ou pourvus d'un **primaire de préfabrication**. Ce primaire est généralement appliqué dans des épaisseurs de 15 à 30 µm et a pour but de protéger temporairement le métal durant la fabrication, le transport, le stockage et le montage de la structure en acier. En règle générale, bien qu'il ne fasse pas partie intégrante du système de peinture, il peut être conservé. Dans ce cas, il doit être recouvert d'un primaire supplémentaire. Il faut donc particulièrement veiller à ce que le nouveau système soit compatible avec le primaire de préfabrication (voir norme NBN EN ISO 12944-5, Annexe F).

3 | Composition générale du système de peinture anticorrosion.



⁽²⁾ La liste des systèmes de peinture certifiés par l'ACQPA est disponible sur leur site Internet (<http://acqpa.com/>). Seuls les environnements C3, C4 et C5 sont concernés par cette certification.



B | Exemples d'exigences généralement imposées par la norme NBN EN ISO 12944-5 aux systèmes de peinture appliqués dans un environnement de classe C2, C3, C4 ou C5 ⁽¹⁾.

Classe d'environnement	Exigences minimales	Classe de durabilité	
		Haute (15 à 25 ans)	Très haute (> 25 ans)
C2	Nombre de couches	1 à 2 couches	2 à 3 couches
	Épaisseur sèche totale	60 à 160 µm ⁽²⁾	160 à 200 µm ⁽²⁾
C3	Nombre de couches	2 à 3 couches	2 à 4 couches
	Épaisseur sèche totale	160 à 200 µm ⁽²⁾	200 à 260 µm ⁽²⁾
C4	Nombre de couches	2 à 4 couches	2 à 4 couches
	Épaisseur sèche totale	200 à 260 µm ⁽²⁾	260 à 300 µm ⁽²⁾
C5	Nombre de couches	3 à 4 couches	3 à 4 couches
	Épaisseur sèche totale	260 à 300 µm ⁽²⁾	320 à 360 µm ⁽²⁾

⁽¹⁾ L'épaisseur et le nombre de couches à appliquer peuvent varier en fonction de la nature du système de peinture, des recommandations du fabricant et du mode d'application.

⁽²⁾ Il s'agit ici d'un support en acier sans galvanisation ni métallisation.

Nettoyage et préparation de la surface

La préparation de surface est une étape très importante. Elle comprend le dégraissage, l'élimination éventuelle de la calamine (si l'élément n'a pas été précédemment décapé) et la suppression des produits de corrosion. Dans de nombreux cas de dégradation d'un système de peinture, des décollements ou des processus de corrosion se produisent à la suite d'une **contamination résiduelle** – notamment par des chlorures – des anciens produits de corrosion insuffisamment éliminés (voir figure 4).

Les étapes et les techniques de préparation sont décrites dans la norme NBN EN ISO 12944-4 ainsi que dans les normes NBN EN ISO 8504-1 à -3. On y distingue les **préparations** réalisées par projection d'abrasifs (notés Sa) et celles réalisées manuellement ou à la machine (notés St). Il existe différents niveaux en fonction de la qualité de préparation à atteindre, mais il faut généralement prévoir un degré de préparation minimum Sa2 1/2 (décapage très soigné) pour l'acier sans galvanisation ni métallisation. Le décapage

manuel est plutôt applicable aux surfaces métalliques peu oxydées ainsi qu'aux pièces fragiles.

En présence d'anciennes peintures, la préparation peut n'être que partielle et les anciennes couches encore bien adhérentes peuvent être en partie conservées. Il est alors question d'une préparation PSa2 1/2.

Si l'acier est muni d'une couche de galvanisation, la préparation de surface consistera généralement en un balayage léger à l'abrasif (avivage), voire en un simple lavage au moyen d'une solution détergente, afin de préserver la couche de zinc.

Conditions climatiques lors de l'application

Les conditions de température et d'humidité peuvent influencer considérablement le temps de séchage et la formation des films de peinture.

Sauf mention contraire dans la fiche technique, les peintures séchant à l'air libre ne peuvent pas être appliquées à une température inférieure à 5 °C. En ce qui concerne les peintures bicomposant telles que l'époxy, l'application ne peut se faire en dessous de 10 °C. À l'inverse, une température trop élevée est susceptible d'accélérer l'évaporation des solvants et donc d'entraîner la formation de cloques ou une diminution de l'adhérence. Dans tous les cas, il convient de respecter les recommandations des fiches techniques.

Lorsque la température du métal est inférieure à celle de l'air ambiant, de la **condensation** peut se former à la surface du support. Or, l'humidité peut induire un décollement du système de peinture. Pour éviter ce phénomène, la température du métal doit excéder de 3 °C celle du point de rosée. Ces conditions idéales peuvent être difficiles à rencontrer dans la pratique. Il peut dès lors être recommandé de démonter les éléments métalliques extérieurs et de les traiter en atelier, pour autant que cela soit possible. ◆



4 | Corrosion due à une contamination résiduelle en chlorures.

Publications du CSTC

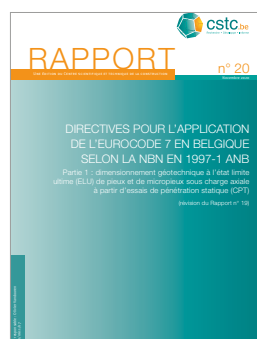


Les Dossiers du CSTC

- 2020/2.1** Contrôler la résistance en compression du béton en cas de litige
2020/5.8 Installation de chauffage à eau chaude : contrôle du vase d'expansion fermé à pression variable

CSTC-Rapport

- N° 20** Directives pour l'application de l'Eurocode 7 en Belgique selon la NBN EN 1997-1 ANB. Partie 1 : dimensionnement géotechnique à l'état limite ultime (ELU) de pieux et de micropieux sous charge axiale à partir d'essais de pénétration statique (CPT) (révision du Rapport n° 19)



Ce document est consacré au dimensionnement géotechnique à l'état limite ultime (ELU) des pieux de fondation et des micropieux sous charge axiale à partir d'essais de pénétration statique (CPT). Le Rapport 20 remplace le Rapport 19. Toutefois, ce document ne sera applicable qu'à partir de la publication de la première série d'agréments techniques (ATG) avec certification pour des systèmes de pieux et de la publication de la révision de l'annexe nationale belge de l'Eurocode 7 (NBN EN 1997-1 ANB).

Publications

Les publications du CSTC sont disponibles :

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

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

Formations

- Pour plus d'informations au sujet des formations, veuillez contacter T. Vangheel par téléphone (02/716.42.11) ou par e-mail (info@bbri.be).
- Lien utile : www.cstc.be (rubrique 'Agenda').

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

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

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

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

www.cstc.be

Révision linguistique J. D'Heygere et A. Volant
Traduction : J. D'Heygere
Mise en page : J. Beauclercq et J. D'Heygere
Illustrations : G. Depret, R. Hermans
Photographies CSTC : M. Sohie et al.



Recherche • Développe • Informe

Principalement financé par les redevances de quelque 95.000 entreprises belges représentant la quasi-majorité des métiers de la construction, le CSTC incarne depuis plus de 55 ans le centre de référence en matière scientifique et technique, contribuant directement à l'amélioration de la qualité et de la productivité.

Recherche et innovation

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

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

Développement, normalisation, certification et agréation

A la demande des acteurs publics ou privés, le CSTC réalise divers développements sous contrat. Collaborant activement aux travaux des instituts de normalisation, tant sur le plan national (NBN) qu'eupéen (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 750 sessions de cours et conférences thématiques impliquant les ingénieurs du CSTC, plus de 18.000 avis sont émis chaque année par la division Avis techniques.

Siège social

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

Bureaux

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

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

Station expérimentale

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

- recherche et innovation
- formation
- bibliothèque

Brussels Greenbizz

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