CSTC contact

Une édition du Centre scientifique et technique de la construction

Trimestriel – N° 16 – 4e année – 4e trimestre 2007

Sommaire

Éditorial
Votre redevance : un investissement rentable 2

Projets – Etudes
Bétons apparents : importance accordée à la qualité 3
Étude européenne sur les DFV 3
Le textile, matériau de coffrage flexible 4
Mise en œuvre des éléments de fondation par vibrofonçage 5

Normalisation – Réglementation – Certification
La normalisation concerne aussi votre entreprise 6
Réparation des bétons : normes, articles et NIT se disputent la vedette 7

Techniques & Pratique
La ventilation des toitures à versants 8
Isolation thermique des toitures plates existantes 9
Évaluation objective des variations de teinte 11
Degré de finition des plaques de plâtre et des systèmes de peinture ... des exigences intimement liées 14

Informations CSTC 16

Dépôt : Bruxelles X – Numéro d'agréation : P 404010

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

Editeur responsable : Carlo De Pauw
CSTC - Rue du Lombard 42, 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

Votre redevance : un investissement rentable

Plus de la moitié des ressources du CSTC, soit 55 % de son budget, proviennent de la redevance versée par les entreprises de construction. Une autre part de revenus (34 %) tire son origine des subsides alloués à la recherche par les autorités régionales (DGTRE, IRSIB, IWT), fédérales (SPF 'Économie' et 'Politique scientifique') et européennes (quelque 18 %), ainsi que des contrats de développement conclus avec les pouvoirs publics, les organismes privés ou les entreprises (quelque 16 %). Quant aux 11 % restants, ils émanent d'autres services et produits.

La totalité des ressources disponibles bénéficie, directement ou indirectement, aux entreprises de construction. En effet, si 89 % des redevances sont investies, par des canaux directs, au profit du secteur, 11 % d'entre elles sont valorisées, d'une manière indirecte, dans des activités bénéficiant également à la construction. Quant aux ressources qui nous sont octroyées en plus des redevances, elles sont entièrement consacrées à l'amélioration de la qualité et de la compétitivité du secteur, qui est en définitive la mission fondatrice du Centre.

VALORISATION DIRECTE

Ce sont les entreprises de construction elles-mêmes, représentées au sein des Comités techniques, qui orientent les projets de **recherche scientifique collective et appliquée** menés par le CSTC. Autrement dit, elles définissent d'emblée les thèmes de recherche qui doivent être traités par le CSTC et garantissent ainsi leur légitimité et leur bien-fondé pour le praticien. Sans la recherche, il n'y a ni résultats, ni connaissances sur lesquels nos collaborateurs peuvent s'appuyer pour assister les entreprises dans leurs tâches quotidiennes.

Par ailleurs, les conseillers des services de **guidance technologique** dédiés aux différents domaines de la construction et financés par les trois Régions visitent quotidiennement les entreprises afin de les informer des nouveautés du secteur ou du sous-secteur auquel elles appartiennent.

Les **Antennes Normes** (subsidiées par le SPF 'Économie') ont, pour leur part, été créées dans le but d'aider les PME de la construction (et des industries apparentées) à se tenir au courant des évolutions les plus récentes en matière de normes et de réglementations. Ces informations sont diffusées sur le site Internet des Antennes Normes, mais aussi par le biais des publications du Centre.

Le CSTC, en collaboration avec les pouvoirs publics et des sociétés privées, développe des produits et des technologies qui bénéficient, dans un premier temps, au demandeur, mais sont mis ultérieurement à la disposition de tous sous une forme adaptée. En l'absence de **développement** ou d'**innovation**, aucun progrès n'est possible, *a fortiori* dans une branche d'activités aussi mature que le secteur de la construction. Celui-ci compte en effet des dizaines de milliers de PME dont l'immense majorité ne disposent pas des moyens nécessaires pour mener à bien des projets d'innovation.

Chaque année, les collaborateurs des divisions **Avis techniques** et **Gestion** traitent plus de 25.000 questions qui émanent directement des chantiers. Un service gratuit pour l'entrepreneur, qui trouve ainsi réponse, de la manière la plus directe qui soit, aux problèmes techniques qui se posent à lui. Ces contacts quotidiens sont en outre, pour le Centre, une manière efficace de prendre en quelque sorte le 'pouls' du secteur et d'adapter si nécessaire ses études aux problématiques rencontrées.

Les fruits de la recherche resteraient lettre morte sans le vaste réseau d'information élaboré pour le secteur par le CSTC. La **diffusion du savoir** s'opère à la fois par le biais des publications imprimées, telles que les Notes d'information technique et le trimestriel CSTC-Contact, par l'intermédiaire des cours et conférences, mais aussi de plus en plus souvent via un site Internet interactif grâce auquel des milliers d'entreprises de construction ont accès sept jours sur sept et 24 heures sur 24 à une large gamme d'informations pertinentes sur l'état de l'art dans leur profession.

VALORISATION INDIRECTE

Particulièrement actif en matière de **normalisation** et de réglementation, le CSTC participe en tant qu'opérateur sectoriel aux multiples commissions normatives nationales et internationales. Il s'agit là d'une forme d'aide indirecte sans laquelle l'entreprise de construction serait noyée dans un océan de prescriptions inadaptées à la réalité d'un secteur qui compte parmi les plus réglementés de l'industrie européenne.

Le CSTC prend également part aux activités de l'Union belge pour l'**agrément technique** dans la construction (UBAtc), pilotées par les pouvoirs publics en vue d'améliorer la qualité dans la construction et d'en réduire les coûts. L'UBAtc a notamment en charge l'octroi des agréments techniques belges (ATG) et européens (ATE).

La **cellule Brevets** du CSTC (également subsidiée par le SPF 'Économie') apporte, quant à elle, son soutien aux entreprises dans leurs démarches en vue de l'obtention d'un brevet, que ce soit par l'examen de la brevetabilité d'une invention, la recherche de brevets déjà existants ou l'établissement du caractère novateur d'une invention.

Loin d'évoluer en vase clos, notre secteur fait partie intégrante de l'espace européen et cette appartenance se fait de plus en plus tangible à bien des égards, qu'il s'agisse de produits de construction, de normes, de règlements ou de projets de construction transfrontaliers. Dans ce domaine également, le CSTC n'hésite pas à ouvrir la voie et prend activement part aux travaux de divers **réseaux** européens ou en assure la conduite, afin de faire bénéficier pleinement ses membres des enseignements acquis grâce à une collaboration à grande échelle.

Toutes les activités du CSTC évoquées ici sont mises gratuitement à la disposition des entrepreneurs ressortissants et sont financées par leur redevance. Des moyens supplémentaires, issus des autres sources de revenus précédemment énumérées, sont engagés dès lors que ce financement ne suffit pas. ■

✍ *C. De Pauw, ir., directeur général du CSTC*

Bétons apparents : importance accordée à la qualité

La réalisation d'ouvrages en béton apparent sur chantier n'est pas une sinécure. Les recommandations formulées lors de la journée d'études organisée par le GBB, Febelcem et le TI-KVIV en septembre dernier devraient permettre de remédier à certains problèmes.

Tous les partenaires d'un projet devraient être informés des potentialités du béton apparent et des éventuelles difficultés que l'on peut rencontrer lors de son utilisation. Il est donc important que les maîtres d'ouvrage et les auteurs de projets définissent au préalable et le mieux possible leurs attentes dans les cahiers des charges et dans les plans. La centrale à béton doit, elle aussi, prendre une série de précautions afin d'assurer la qualité de la formulation du béton.

Les constructions en béton apparent sont plus onéreuses que celles en béton traditionnel. L'entrepreneur et le fournisseur de béton doivent en effet souvent entreprendre des actions spécifiques afin de garantir la qualité des surfaces. De plus, la complexité d'un projet s'accompagne généralement d'une augmentation du coût. Le cahier des charges doit impérativement comporter une description complète des exigences posées afin de déterminer le coût des travaux et d'éviter que des discussions aient lieu une fois les travaux achevés.

Contrairement aux Pays-Bas (Recommandation 100 du CUR), au Luxembourg (CDC-BET) et à l'Allemagne (notice 'Merkblatt Sichtbeton'), notre pays ne dispose ni de normes techniques ni de directives spécifiquement centrées sur la réalisation d'ouvrages en béton apparent. Les PTV 21-601, auxquelles il est habituellement référé, ne concernent que les éléments architectoniques et industriels préfabriqués en béton décoratif (voir à ce sujet l'article sur les variations de teinte en p. 11). Le CSTC prendra certainement, dans un futur proche, des initiatives qui permettront l'élaboration de directives en la matière.

Il est recommandé, avant le début des travaux, d'effectuer des essais visant à préciser la compatibilité entre le coffrage, le béton et les adjuvants et d'y apporter des modifications si nécessaire.

Le personnel chargé de la réalisation des ouvrages en béton apparent doit avoir pris connaissance des facteurs qui déterminent la qualité finale. Une formation approfondie combinée à une bonne gestion interne de la qualité et un contrôle externe du maître d'ouvrage donnent le plus souvent les meilleurs résultats.

En somme, il nous faut effectuer de nouvelles recherches tenant compte des récentes innovations en matière de technologie du béton. ■

www.cstc.be
Les Dossiers du CSTC n° 4/2007

Cet article est développé de manière plus approfondie dans sa version longue.

J. Desmyter, ir., chef du département 'Géotechnique, Structures et Développement Durable', CSTC
N. Cauberg, ir., chercheur, laboratoire 'Structures', CSTC

Étude européenne sur les DFV

Elément architectural majeur des bâtiments de bureaux érigés ces 15 dernières années, les doubles façades ventilées, appelées également façades double peau, ont fait l'objet d'une étude approfondie menée dans le cadre du projet européen *BestFacade*, qui a débouché sur la publication d'un guide de bonne conception.

Si les bâtiments tertiaires intégrant des doubles façades ventilées (DFV) peuvent être très efficaces du point de vue énergétique tout en assurant un climat intérieur confortable, une protection acoustique et un bon éclairage naturel, les doubles façades ventilées construites ces dernières années en Europe ne se révèlent pas toutes performantes. Dans certains cas, de puissants systèmes de conditionnement d'air sont nécessaires afin de résoudre les problèmes de surchauffe en été, réduisant ainsi à néant les économies d'énergie réalisées en période hivernale.

La recherche *BestFacade* a permis d'élaborer un guide de bonne conception basé sur une étude détaillée de bâtiments équipés de DFV construits en Europe et visant à promouvoir les concepts efficaces en énergie.

Les résultats du projet ont également conduit à d'autres réalisations importantes, notamment :

- l'élaboration d'une base de données de projets incluant un ensemble d'informations collectées sur des DFV construites en Europe
- la mise au point d'une méthode de calcul simple destinée à évaluer le confort thermique et la performance énergétique de bâtiments équipés de DFV. Cette méthode, qui pourra être intégrée parmi les méthodes d'évaluation préconisées par la directive sur la performance énergétique des bâtiments, a été incorporée dans un outil d'aide à la conception disponible gratuitement sur le site web www.bestfacade.com
- l'établissement de 'benchmarks' permettant à différents acteurs de comparer la consommation énergétique de leur bâtiment avec celle d'autres constructions, de fixer de nouveaux objectifs et d'identifier des mesures en vue de réduire la consommation énergétique
- l'identification des barrières non technologiques à l'application des DFV et des solutions envisageables pour les surmonter. ■

En savoir plus

BestFacade (www.bestfacade.com) est un projet SAVE financé par la Commission européenne pour une durée de trois ans (2005-2007) et regroupant 12 partenaires issus de sept pays européens.

Un article plus complet présentera en détail les résultats du projet et sera publié prochainement sur www.cstc.be dans Les Dossiers du CSTC 4/2007.

Le textile, matériau de coffrage flexible

Les concepts architecturaux novateurs se traduisent souvent par de splendides constructions, mais entraînent également d'importantes difficultés de réalisation. Si le béton frais, et surtout les nouveaux bétons ultrafluides et autocompactants, se prête à la réalisation des formes les plus complexes, les coffrages, quant à eux, exigent que les lignes et les surfaces soient rectilignes.

N. Cauberg (CSTC), D. Janssen (Centexbel), M. Mollaert (VUB)

Face à ce problème, de nombreuses initiatives ont été menées dans le monde entier (notamment à l'université de Manitoba, au Canada) afin d'évaluer les possibilités que peut offrir le textile en tant que matériau de coffrage flexible.

Au sein du CSTC, une étude financée par l'IWT est actuellement menée (en collaboration avec Centexbel et une unité de recherche de la VUB) afin de déterminer la plus-value potentielle des coffrages textiles pour le béton architectonique. Outre les essais visant à évaluer l'influence du choix du textile sur la qualité des surfaces, diverses études de cas ont permis d'identifier les possibilités et les limites inhérentes à cette technique de coffrage particulière.

AVANTAGES DES COFFRAGES TEXTILES

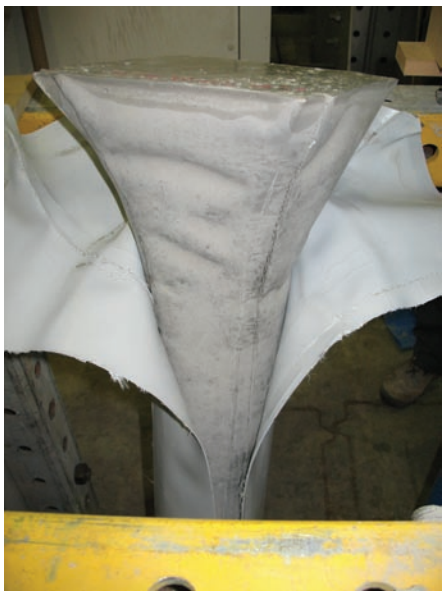
L'un des domaines d'application les plus évidents des coffrages textiles concerne la construction de colonnes cylindriques (figure 1). Cette technique offre en effet d'importants avantages :

- une grande liberté au niveau de la forme : en utilisant des coffrages textiles, il est possible de faire varier la diamètre ou la section d'une même colonne (figure 2), ce qui n'est quasiment pas faisable avec les techniques de coffrage traditionnelles
- une très bonne qualité des surfaces : les coffrages textiles permettent d'obtenir toutes sortes de textures de surface spécifiques et de réduire la présence de bulles d'air
- un poids limité : les coffrages textiles occupent un volume très réduit, ce qui facilite leur transport.

Le CSTC mène également des recherches en vue d'appliquer ce concept à la construction de voiles en béton (figure 3).

Fig. 1 Réalisation de colonnes droites à l'aide d'un coffrage textile.

Fig. 2 Variation de la section d'une colonne.



RESTRICTIONS

Bien que l'on ne puisse nier les nombreuses perspectives architecturales offertes par les coffrages textiles, la liberté artistique de l'auteur de projet est néanmoins limitée par un certain nombre de lois scientifiques :

- le textile doit toujours être sollicité en traction
- une précontrainte adéquate est nécessaire afin que le textile puisse conserver sa forme après le bétonnage
- la complexité des formes visées exige généralement le recours au béton projeté
- pour armer des constructions particulièrement audacieuses, il faut recourir à des méthodes de renforcement alternatives.

CONCLUSION

Si l'utilisation de coffrages textiles permet de réaliser de splendides constructions organiques en béton, une grande confusion règne encore à propos des formes réalisables, des caractéristiques minimales requises pour le textile et des structures auxiliaires nécessaires. La recherche réalisée au CSTC a pour objectif de répondre à toutes ces questions. ■

Fig. 3 Réalisation d'un voile à double courbure en béton projeté.

www.cstc.be
Les Dossiers du CSTC n° 4/2007

La version longue du présent article examinera en détail les différents points abordés ci-dessus.

Mise en œuvre des éléments de fondation par vibrofonçage

Le présent article examine les méthodes actuellement disponibles en vue de prédire la fonçabilité des éléments vibrés. Les questions environnementales liées au vibrofonçage feront l'objet d'une seconde partie qui sera publiée ultérieurement.

V. Whenham et N. Huybrechts (CSTC), T. Bles (GeoDelft), A. Holeyman (UCL)

DES AVANTAGES INDÉNIABLES

La mise en place des éléments de fondation préfabriqués pour la réalisation d'ouvrages de soutènement (ex. palplanches) ou d'ouvrages portants (ex. pieux tubulaires en acier) s'opère essentiellement par vibrofonçage, par battage ou par vérinage (poussage). Chaque méthode possède son domaine d'application privilégié en fonction de ses avantages et inconvénients (tableau 1).

La mise en œuvre par vérinage est recommandée lorsque les exigences environnementales sont particulièrement contraignantes. Cette technique génère en effet moins de bruit et de vibrations que le battage ou le vibrofonçage; elle est toutefois fort onéreuse et appliquée (jusqu'à présent) principalement dans des sols peu résistants.

La mise en œuvre par battage peut s'appliquer dans pratiquement toutes les conditions de sol, y compris dans des sables très compacts. Les inconvénients de la technique sont principalement liés à ses nuisances environnementales (bruit et vibrations).

Le vibrofonçage est très attractif dans la majorité des cas, de par sa rapidité, son faible coût et la possibilité qu'il offre de contrôler les nuisances environnementales par l'utilisation de vibrateurs haute fréquence et/ou du moment excentrique. Cette technique fait l'objet d'études récurrentes au CSTC et n'a eu de cesse d'évoluer au cours des dernières années, ainsi qu'en atteste l'organisation de symposiums internationaux sur ce thème (*Transvib 2002* et *Transvib 2006*).

MOBILISATION BELGE ET EUROPÉENNE EN FAVEUR DE LA RECHERCHE

Le vibrofonçage consiste à mettre en place des éléments de fondation en leur appliquant une force vibratoire en tête. Cette technique est basée sur la propriété du sol à perdre sa résistance sous l'effet des vibrations. Grâce aux avancées de ces 15 dernières années (vibrateurs haute fréquence, introduction du moment excentrique variable), elle s'est particulièrement bien adaptée aux exigences des travaux 'sensibles' (notamment en ville) en produisant moins de bruit et en transmettant moins de vibrations dans l'environnement que les techniques de battage. Le vibrofonçage présente également un grand attrait économique en raison de sa rapidité et de ses possibilités d'utilisation sur des sites difficiles d'accès.

Pourtant, son application pose, aujourd'hui encore, de nombreuses interrogations quant à son utilisation optimale et à ses limites. Ces questions ont motivé, par le passé, d'importants efforts de recherche sur le plan européen (projet HIPERVIB 1992-1995, projet SIPDIS 1996-1999, projet national français 2000-2005). Au sein du CSTC, une nouvelle recherche entamée en septembre 2006 vise une prise en compte complète et plus réaliste des paramètres du vibrofonçage dans les méthodes de prédiction. Cette recherche, financée par la Région wallonne (programme DOCA), s'inscrit dans le contexte d'une thèse doctorale encadrée par l'UCL, partenaire scientifique universitaire du projet.

Des essais instrumentés de mise en place de pieux et de palplanches récemment réalisés en Belgique et en France ont mis en évidence les limites des hypothèses traditionnellement adoptées dans les méthodes de prédiction appliquées au vibrofonçage. Les principales lacunes ont trait à la description des interactions entre le matériel de vibrofonçage et le sol. Une analyse comparative des méthodes de calcul actuelles, effectuée sur les résultats expérimentaux de la base de données GeoBrain, confirme la possibilité d'améliorer sensiblement les méthodes de prédiction appliquées aujourd'hui à la fonçabilité des pieux et des palplanches, à condition de représenter d'une façon plus réaliste l'influence du matériel utilisé.

Une approche complémentaire en vue d'améliorer les prédictions consiste à intégrer directement les données expérimentales aux méthodes de prédiction. Le principe revient à combiner la description physique des phénomènes à une base de données expérimentales, pour aboutir à une méthode dans laquelle les incertitudes pourront se réduire progressivement au fil de l'expérience et des données recueillies. ■

Tableau 1** **Avantages et inconvénients des différentes techniques de mise en œuvre.

Technique	Avantages	Inconvénients
Poussage (vérinage)	Peu de vibrations dans le sol	- Lent - Cher - Principalement d'application dans des sols peu résistants
Battage	Applicable dans presque tous les sols (y compris à haute résistance)	- Lent - Risque d'endommagement du profilé - Risque de vibrations importantes dans l'environnement
Vibrofonçage	Rapide et économique	- Vibrations dans l'environnement (vibrateurs basse fréquence) - Prédiction de la fonçabilité parfois difficile

www.cstc.be

Les Dossiers du CSTC n° 4/2007

L'article, dans sa version longue, présente les objectifs de la recherche menée au CSTC et dresse un état des lieux des méthodes actuelles permettant de prédire la fonçabilité d'un élément vibré, et plus particulièrement de la méthode HIPERVIB-I (disponible au CSTC sous format Excel).

La normalisation concerne aussi votre entreprise

Les changements survenus dans le paysage belge de la normalisation ont pour but de garantir la visibilité de l'activité normative et d'ouvrir le processus de normalisation à tous les intéressés et non pas seulement à l'industrie. Outre la protection de l'environnement, des consommateurs et des travailleurs, il s'agit de mieux prendre en compte les intérêts des PME et des secteurs moins impliqués jusqu'alors.

L'essentiel de la normalisation se déroulant désormais sur la scène internationale et européenne, il est primordial pour les acteurs belges de participer au processus afin que leurs points de vue soient pris en considération et qu'ils ne soient pas confrontés à des normes ne correspondant pas du tout à la réalité nationale.

Fin 2006, l'architecture du système belge de normalisation s'est vue fondamentalement restructurée. Découlant de la loi du 3 avril 2003 relative à la normalisation, ce changement s'est traduit par la dissolution de l'Institut belge de normalisation (IBN) et la création du Bureau de normalisation (NBN).

Cette loi donne le schéma d'une instrumentation qui devrait permettre de répondre d'une manière souple, professionnelle et qualitative aux nouveaux défis de la normalisation.

LES OPÉRATEURS SECTORIELS DE NORMALISATION

La nouvelle philosophie prend comme point de départ la décentralisation des travaux de normalisation. La gestion administrative et le soutien technique des commissions chargées du développement et du suivi des projets de normes sont désormais assurés par des opérateurs sectoriels agréés par le NBN et possédant la compétence nécessaire dans un ou plusieurs domaines.

Fort de sa réputation, de son expérience et de son *know-how* dans de nombreux secteurs de la construction, le CSTC a été reconnu opérateur sectoriel pour une vingtaine de commissions de normalisation, certaines en collaboration avec d'autres organismes.

LES COMMISSIONS DE NORMALISATION

La composition d'une commission de normalisation doit être transparente et, dans la mesure du possible, équilibrée et représentative du secteur concerné.

Les membres sont censés contribuer de manière active et constructive aux travaux de la commission en fonction de leurs compétences propres et des intérêts qu'ils représentent. Outre la normalisation nationale, les membres des commissions sont informés du déroulement des activités européennes et internationales et ont la possibilité d'émettre leurs commentaires sur les projets de normes. La tâche de la commission sur ce plan est d'atteindre un consensus en ce qui concerne la position belge.

POURQUOI PARTICIPER AU PROCESSUS DE NORMALISATION ?

Bien qu'une norme n'ait pas force obligatoire, il se peut qu'une réglementation – tels une loi, un arrêté royal, un contrat (p. ex. cahier des charges), … – y fasse référence. Dès lors, la norme en question prend un caractère plus contraignant. De là toute l'importance pour les acteurs du secteur de la construction de s'impliquer dans le processus de normalisation.

La participation aux activités des commissions de normalisation permet non seulement de faire valoir son expérience et d'influencer en conséquence le contenu des normes, mais également de se positionner stratégiquement sur le marché économique. Réelles plateformes de connaissances, les commissions sont en effet des creusets au sein desquels s'échangent des informations sur les nouvelles technologies, les nouvelles méthodes et les nouveaux procédés, offrant ainsi au professionnel la possibilité d'innover, d'anticiper l'évolution du marché, d'améliorer ses produits, ses procédés de fabrication, …

Enfin, la participation quasi systématique des commissions aux activités de normalisation européennes et internationales permet également aux acteurs d'acquérir une certaine reconnaissance et de véhiculer leur image de marque au-delà des frontières nationales.

Notons par ailleurs qu'une large part du travail de normalisation sera désormais consacrée au développement de règles relatives aux ouvrages de construction (p. ex. normes de mise en œuvre). La participation des partenaires belges à l'art de construire (entrepreneurs, maîtres d'ouvrage, architectes, bureaux d'études, fabricants) est dès lors indispensable pour que l'approche belge soit prise en considération.

COMMENT PARTICIPER AU PROCESSUS DE NORMALISATION ?

Les personnes ou les organisations intéressées et disposant de l'expertise nécessaire dans un domaine déterminé de la construction peuvent prendre contact avec le service Normalisation du CSTC (normes@bbri.be). ■

✍ *E. Winnepenninckx, ing., chef adjoint de la division Agrément technique et Normalisation, CSTC*
D. Goffinet, ing., et C. China, ing., conseillers à la division Agrément technique et Normalisation, CSTC

EN SAVOIR PLUS

Liens utiles
Pour en savoir plus sur l'actualité normative belge, européenne ou internationale, visitez les sites Internet des organismes suivants :
- Bureau de normalisation : www.nbn.be
- Comité européen de normalisation : www.cen.eu
- Organisation internationale de normalisation : www.iso.org
- Union belge pour l'agrément technique dans la construction : www.ubatc.be
- Plateforme d'information virtuelle sur les marques volontaires de conformité belges BENOR et ATG : www.infopoint.be
- Antennes Normes du CSTC : www.normes.be

Réparation des bétons : normes, articles et NIT se disputent la vedette

En Europe, environ 50 % du budget annuel de la construction sont consacrés à la réhabilitation des structures existantes. En examinant le rapport annuel de 2005 (1) de la Confédération de la construction, on constate que ce chiffre est transposable à la Belgique. On comprend dès lors l'importance accordée au problème, tant dans notre pays – au CSTC, entre autres – qu'en Europe.

V. Pollet, ir., chef de la division 'Béton et Chimie du bâtiment', CSTC

Créée au CSTC dans les années nonante, la guidance technologique dédiée à la réparation des bétons (2) s'attache à informer architectes, maîtres d'ouvrage et entrepreneurs de l'importance du diagnostic, de l'évolution des techniques utilisées à cet effet et des méthodes de réparation elles-mêmes.

Dans le même temps, plusieurs documents normatifs ont fait leur apparition en Belgique, notamment les premiers guides d'agrément technique. Ceux-ci comptent aujourd'hui plus d'une dizaine de fascicules couvrant divers produits et méthodes et servant de base aux agréments techniques délivrés par l'UBAtc.

Depuis cette année, les guides d'agrément technique sont progressivement remplacés par des PTV (Prescriptions techniques / Technische Voorschriften) afin de permettre la certification volontaire BENOR conjointement au futur marquage CE.

Des recommandations et des prescriptions sont également en cours d'élaboration pour la certification des entreprises de réparation du béton.

A l'échelle européenne, de nombreuses évolutions et actions suivies de près par le CSTC sont à épingler. Plus de 70 normes européennes d'essai et spécifications relatives à la réparation des bétons sont parues au cours des dix dernières années. Première cause de dégradation des ouvrages, la corrosion des armatures a fait l'objet des actions de coopération européenne COST 509 et COST 521. Celles-ci ont conduit à la publication d'un état de l'art concernant le diagnostic et les techniques de réparation.

Réseau thématique européen, CONREPNET (*Thematic network on performance-based rehabilitation of reinforced concrete structures*) s'est attaché à constituer des bases de données dressant l'historique d'un certain nombre de chantiers de réparation et faisant la synthèse des spécifications en vigueur en Europe en matière de réparation ainsi que des recherches menées à ce sujet sur le continent.

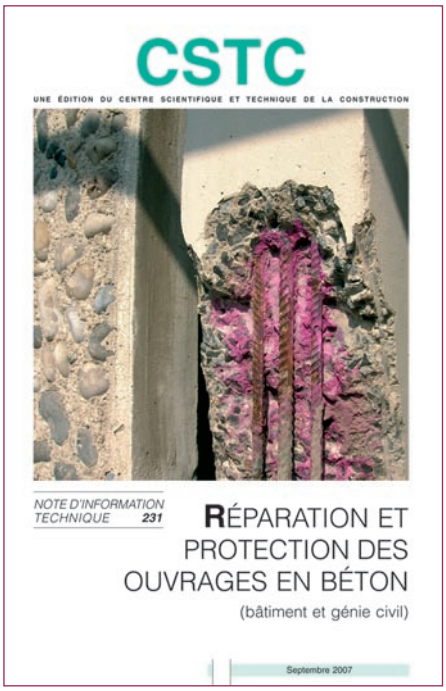
***Corrosion** d'une barre d'armature.*

C'est dans le but de transposer ces informations sous une forme adaptée au marché belge que le CSTC a élaboré, à la demande du Comité technique *Gros œuvre*, la Note d'information technique n° 231 relative à la réparation et la protection du béton. Parue en septembre 2007, cette nouvelle NIT aborde les points suivants :

- pathologies des bétons et faciès de dégradation
- évaluation des structures
- principes et techniques de réparation
- choix des systèmes de réparation et de protection
- matériaux de réparation utilisés
- mise en œuvre des travaux
- techniques spéciales de réparation et de protection
- mesurage des travaux
- certification des entreprises
- contrôle et entretien des ouvrages réparés.

Les mortiers de réparation constituent sans aucun doute le matériau le plus utilisé pour la réparation des bétons. Un article publié dans les prochains Dossiers du CSTC fera le point sur l'importante évolution qu'a connue la normalisation dans ce domaine ces dernières années.

***Profondeur de carbonatation** d'une carotte de béton.*



Outre la parution récente de la norme européenne EN 1504-3 relative à ces mortiers, laquelle servira de base au marquage CE obligatoire dès 2009, les PTV 563, publiées en février de cette année, constitueront le socle de la marque volontaire BENOR. Elles conduiront par ailleurs à l'élaboration de fiches techniques normalisées fournissant des informations sur les caractéristiques des mortiers de réparation et leur domaine d'application (température limite, position du support, moyen d'application, ...). ■

www.cstc.be
Les Dossiers du CSTC n° 4/2007

Un article à paraître prochainement sur www.cstc.be passera en revue les changements importants survenus dans la normalisation belge et européenne des mortiers de réparation du béton et analysera leurs répercussions sur la mise en œuvre de ces produits.

(1) Rapport annuel de la Confédération : radioscopie du secteur sur la base des chiffres 2005, Construction, juillet 2006.
(2) Des deux services de guidance technologique financés par la Région wallonne et la Région flamande, un seul subsiste aujourd'hui grâce aux subsides wallons.

La ventilation des toitures à versants

Dans le cadre de l'amélioration du niveau d'isolation thermique global des bâtiments, les complexes toitures font l'objet d'une attention particulière. Ceux-ci concentrent en effet une partie importante des déperditions calorifiques et participent, à raison de 15 à 20 %, à l'obtention du coefficient K global des maisons individuelles. Pour des maisons mitoyennes, l'influence du niveau d'isolation thermique du complexe toiture sur le niveau d'isolation global du bâtiment est encore plus nette.

✍ *L. Lassoie, ing., chef adjoint de la division 'Interface et Consultance', CSTC*

Lors de travaux d'isolation, les différents protagonistes (entreprises, architectes, fabricants et maîtres d'ouvrage) s'interrogent fréquemment sur la nécessité de maintenir une lame d'air ventilée entre l'isolant et la sous-toiture. Cette question est dès lors souvent posée aux ingénieurs du département 'Avis techniques et Consultance' du CSTC. Nous tentons ici d'y apporter une réponse.

Exception faite des situations évoquées ci-après, une ventilation délibérée de l'espace situé entre la sous-toiture et l'isolation thermique est généralement superflue. Elle peut même, selon nous, se révéler néfaste dans la mesure où elle tend à accentuer le phénomène de condensation sur la face intérieure de la sous-toiture et, surtout, à réduire les performances thermiques du complexe.

En effet, la circulation d'air extérieur au-dessus de l'isolant renforce les écarts de pressions entre la lame d'air et les locaux, augmentant ainsi la quantité d'air intérieur susceptible de migrer par convection dans le complexe toiture. La convection de l'air intérieur au travers de ce dernier est liée le plus souvent aux discontinuités de l'écran d'étanchéité à l'air mis en œuvre par l'intérieur. Pour de plus amples renseignements à ce sujet, nous renvoyons à l'Infofiche n° 12 ainsi qu'à l'article paru dans CSTC-Contact n° 8 (4/2005).

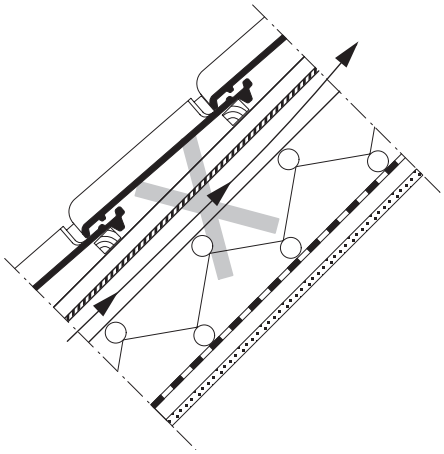


***Fig. 1** Une ventilation délibérée de l'espace situé entre la sous-toiture et l'isolation thermique n'est pas recommandée.*

Certains considèrent cependant cette ventilation comme nécessaire parce qu'elle permettrait un assèchement des condensats susceptibles de se former à la face inférieure de la sous-toiture. C'est, selon nous, oublier que la condensation se produit essentiellement au cours des périodes froides, alors que l'air extérieur est souvent proche de la saturation et ne peut favoriser un assèchement significatif. Pour éviter ou limiter cette condensation, il y a donc lieu, au contraire, d'assurer une étanchéité à l'air du complexe toiture qui soit adaptée à la perméabilité à la vapeur et à la capacité d'absorption d'eau de la sous-toiture (voir Infofiche n° 12).

En cas de mise en œuvre de l'isolant entre les chevrons ou les fermettes, un remplissage complet de l'espace entre la sous-toiture et le pare-vapeur permet en outre de mettre en place une épaisseur d'isolation plus importante. Par ailleurs, l'absence de lame d'air ventilée entre l'isolant et la sous-toiture réduit le risque de créer un flux d'air au travers et autour de l'isolant, dont les performances thermiques pourraient être diminuées.

Lorsque l'isolation thermique est disposée entre les chevrons ou les fermettes, le remplissage complet de l'espace compris entre l'étanchéité à l'air et à la vapeur et la sous-toiture assure donc théoriquement de meilleures performances hygrothermiques du complexe toiture.

On peut néanmoins relever cinq situations où le remplissage partiel, bien que moins favorable, peut se justifier :

1. si la ventilation de la lame d'air située entre l'isolation thermique et la sous-toiture ne contribue certainement pas, comme nous l'avons vu ci-avant, à supprimer la condensation sur la face intérieure de cette dernière, on peut toutefois admettre que, dans le cas d'une sous-toiture relativement étanche à la diffusion de la vapeur d'eau (valeur μd ≥ 1 m, par exemple), la ventilation de la lame d'air permette, lors des périodes favorables à l'assèchement, d'évacuer plus rapidement les condensats qui se seraient accumulés au cours d'une période froide. Cette ventilation ne permettra ni de limiter la condensation interne, ni d'éviter les écoulements d'eau sur les finitions intérieures si les condensats sont abondants
2. certaines sous-toitures microperforées peuvent donner lieu à un transfert capillaire d'eau vers l'isolant. Ce phénomène se manifeste le plus souvent lorsque les microperforations ont un diamètre important. L'eau qui, lors de circonstances particulières, est susceptible de s'écouler à la face supérieure de la sous-toiture peut alors humidifier l'isolant via un transport capillaire au droit des perforations
3. lorsque la sous-toiture souple est posée de manière non tendue afin de drainer l'eau qui aurait traversé la couverture, il faut éviter de repousser cette membrane vers le haut. Dans ce cas, un remplissage complet tel qu'envisagé ci-avant est déconseillé; l'isolant devra alors être mis en place en ménageant un espace entre ce dernier et la sous-toiture
4. en cas d'utilisation de panneaux ou de matelas isolants d'une épaisseur inférieure à la hauteur des chevrons ou des fermettes, nous conseillons de ne pas disposer l'isolant contre la sous-toiture de manière à ne pas compliquer la mise en œuvre de la barrière d'étanchéité à l'air et à la vapeur
5. en période estivale, le maintien d'une lame d'air ventilée entre l'isolant et la sous-toiture peut contribuer de manière limitée à évacuer une partie des calories apportées par l'ensoleillement et améliorer ainsi quelque peu le confort estival dans les locaux sous-jacents. Dans ce cas, la lame d'air doit avoir une épaisseur de plus ou moins 20 mm et disposer d'ouvertures pratiquées en pied de ver-

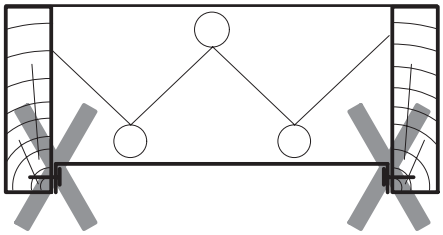


***Fig. 2** Les panneaux ou matelas isolants d'une épaisseur inférieure à la hauteur des chevrons ne doivent pas être disposés contre la sous-toiture.*

sant et au faîte de la toiture. Il est toutefois évident que si les locaux situés sous la toiture sont éclairés par des fenêtres dépourvues de protection solaire extérieure, l'amélioration de confort liée à la lame d'air ventilée risque d'être dérisoire. Il y a lieu par ailleurs de tenir compte du fait que des élévations importantes de la température peuvent provoquer un vieillissement accéléré de certaines membranes de sous-toiture. Il convient donc de s'assurer, auprès du fabricant concerné, de la possibilité de supprimer la lame d'air entre la sous-toiture et l'isolant.

Enfin, si la ventilation de l'espace situé entre la couverture et la sous-toiture peut sembler utile pour assécher les boiseries ou éliminer la chaleur accumulée durant les périodes chaudes, on peut cependant considérer que l'étanchéité à l'air des couvertures discontinues (ardoises, tuiles, …) est à ce point réduite qu'une ventilation délibérée de cet espace – par des dispositifs spécialement prévus à cet effet (tuiles de ventilation, par exemple) – s'avère le plus souvent superflue. Néanmoins, l'utilisation de tuiles ou d'ardoises de ventilation est parfois demandée par certains fabricants, notamment pour diminuer le risque de dégradation par le gel des matériaux de couverture ou pour réduire les sollicitations d'arrachement engendrées par le vent. ■

www.cstc.be

Pour plus d'informations à ce sujet, nous renvoyons le lecteur intéressé à l'Infofiche n° 24.

Informations utiles

Documents utiles

1. Dobbels F. et Vandooren O.
Pour des toitures à versants plus étanches à l'air. Bruxelles, CSTC, CSTC-Contact, n° 8, 4/2005.

2. Lassoie L. et Dobbels F.
Toitures à versants isolées thermiquement : parer à la condensation en sous-toiture. Bruxelles, CSTC, Infofiche n° 12, décembre 2004.

Isolation thermique des toitures plates existantes

Notre société se préoccupe de plus en plus des économies d'énergie, de la protection de l'environnement et du confort, ce qui requiert une isolation thermique mûrement réfléchie de l'enveloppe du bâtiment. Une toiture présentant une isolation thermique déficiente peut en effet se trouver à l'origine de pertes énergétiques considérables vu qu'elle représente une superficie importante de l'enveloppe du bâtiment.

E. Mahieu, ing., conseiller principal, division 'Avis techniques', CSTC

Les réglementations flamande, wallonne et bruxelloise en la matière fixent à 0,4 W/m²K le coefficient de transmission thermique U maximum des toitures plates – tant pour des constructions neuves que pour des travaux de rénovation – , ce qui se traduit par l'ajout d'importantes épaisseurs d'isolant (voir à ce sujet CSTC-Contact n° 9). Il convient cependant de s'assurer que la hauteur de 15 cm prescrite pour les relevés d'étanchéité (à mesurer au départ de la toiture plate parachevée) ne soit pas compromise (voir la NIT 191).

La division 'Avis techniques' du CSTC est souvent confrontée à la question de savoir s'il est possible de conserver l'isolation présente sous le support de toiture et/ou d'ajouter une isolation supplémentaire sous l'élément porteur. D'un point de vue acoustique aussi, il peut parfois s'avérer intéressant d'ajouter une couche complémentaire d'isolation (matériau absorbant) sous le support de toiture.

Nous tentons dans cet article de donner un aperçu des différentes façons d'améliorer valablement l'isolation thermique d'une toiture plate existante.

1 COMPOSITIONS DE TOITURE PLATE RECOMMANDÉES

Dans l'optique de réduire au strict minimum les problèmes d'humidité survenant à la suite d'un phénomène de condensation interne (voir ⇨ A), il convient de privilégier, lors de la conception d'une toiture plate, les deux compositions suivantes :

- une toiture chaude dont l'isolation thermique est située entre l'étanchéité et le support de toiture ou son éventuel écran pare-vapeur (figure 1, p. 10)
- une toiture inversée dont l'isolation thermique repose sur l'étanchéité (qui fait également office d'écran pare-vapeur) (figure 2, p. 10).

Ces deux types de toiture plate offrent l'avantage de présenter un écran pare-vapeur sur un support continu.

2 COMPOSITIONS DE TOITURE PLATE MOINS APPROPRIÉES

2.1 Isolation thermique sous le support de toiture

Il est déconseillé d'incorporer toute l'isola-

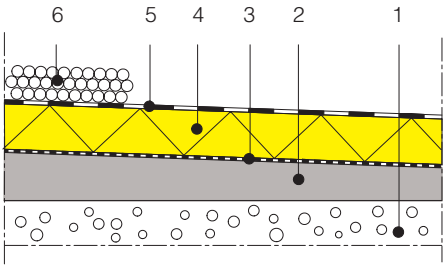
A Condensation interne

Lorsque de l'air chaud et humide ou de la vapeur d'eau contenue dans ce dernier atteint, respectivement par convection ou par diffusion, les couches supérieures d'un complexe toiture présentant une étanchéité à la vapeur plus élevée (support de l'étanchéité ou étanchéité proprement dite), il y a un risque de condensation durant toute la période froide.

Pour éviter cette forme de condensation, il est indispensable de placer un écran pare-vapeur du côté 'chaud' de l'isolant. Cet écran améliore non seulement l'étanchéité à l'air du complexe (réduisant le risque de convection), mais a également pour but d'éviter la migration de vapeur d'eau par diffusion vers le côté 'froid' de l'isolant. Dans le cas particulier d'une toiture plate, l'étanchéité à l'air est en principe assurée par la membrane d'étanchéité de la toiture.

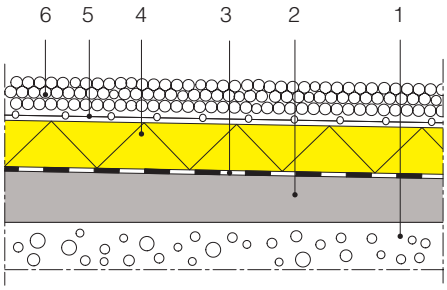
Le risque d'être confronté aux problèmes d'humidité à la suite d'un phénomène de condensation interne peut être réduit à un minimum en plaçant sous l'isolation thermique un écran pare-vapeur suffisamment performant, adapté à la composition de la paroi et à la classe de climat intérieur du bâtiment (voir Infofiche n° 11 et les tableaux de la NIT 215).

Fig. 1 ***Schéma d'une toiture chaude.***



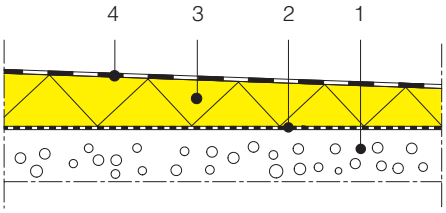
1. Support de toiture 2. Forme de pente 3. Pare-vapeur éventuel 4. Isolation thermique 5. Membrane d'étanchéité 6. Lestage éventuel

Fig. 2 ***Schéma d'une toiture inversée.***



1. Support de toiture 2. Forme de pente 3. Membrane d'étanchéité 4. Isolation thermique 5. Couche de désolidarisation éventuelle 6. Lestage

Fig. 3 ***Isolation avec pente intégrée.***



1. Support de toiture 2. Pare-vapeur 3. Isolation thermique 4. Membrane d'étanchéité

tion thermique sous le support de toiture, étant donné que, dans ce cas, on ne dispose plus d'un support continu susceptible de recevoir l'écran pare-vapeur. La finition étanche à l'air et à la vapeur des joints entre les lés du pare-vapeur et des raccords avec les parois voisines dépend dès lors des possibilités techniques de mise en œuvre.

En outre, pareille composition peut engendrer un certain nombre d'inconvénients :

- de plus grandes variations dimensionnelles d'origine thermique au niveau de l'élément porteur
- une inertie thermique de l'élément porteur plus difficilement exploitable
- un danger accru de ponts thermiques le long des rives et des pénétrations de la toiture
- un risque accru de condensation inversée (voir ⇨ B) durant les périodes de forte chaleur.

B Condensation inversée

Lorsque de l'humidité est emprisonnée dans un complexe de toiture plate (humidité de construction, condensation interne, …), la présence de la membrane d'étanchéité empêche généralement toute possibilité de séchage vers l'extérieur. Seule une migration vers l'ambiance intérieure pourra, dans ce cas, offrir une solution de séchage.

L'assèchement se produira principalement par temps chaud. Le cas échéant, une condensation peut se former au droit de l'écran pare-vapeur en raison du flux 'inversé' de vapeur du complexe toiture vers l'ambiance intérieure : en été, les températures et les pressions de vapeur extérieures sont en effet supérieures à celles qui règnent à l'intérieur et la température du pare-vapeur peut être inférieure à celle du point de rosée de l'air emprisonné dans la toiture.

Soulignons enfin qu'il est déconseillé de placer des busettes de ventilation sur la toiture en vue d'accélérer le séchage de l'humidité occluse.

2.2 Isolation thermique sur et sous le support de toiture

Comme indiqué dans le § 2.1, l'étanchéité à l'air et à la vapeur de l'écran pare-vapeur et de ses raccords est souvent insuffisamment garantie lorsque l'isolant est placé sous le support de toiture. Afin d'assurer cette étanchéité, il convient par conséquent de placer l'écran pare-vapeur au-dessus du support de toiture (c'est-à-dire entre les deux couches d'isolation dans le cas qui nous occupe).

Pour une telle configuration, il y a lieu de tenir compte du fait que l'isolation disposée sous le support de toiture provoque une chute de température au niveau de l'écran pare-vapeur. Si l'isolation thermique située sous le support de toiture est plus performante que celle posée sur ce dernier, la température de l'écran pare-vapeur chutera sensiblement.

Pour éviter la formation de condensation au droit de l'écran pare-vapeur, il est dès lors recommandé de réduire au strict minimum l'isolation thermique placée sous le support de toiture.

Autrement dit, la résistance thermique (valeur R) de l'isolation placée au-dessus de l'élément porteur, c'est-à-dire le quotient obtenu en divisant l'épaisseur du matériau d'isolation par sa conductivité thermique (valeur λ), devra être supérieure à celle de la couche d'isolation située en dessous de cet élément.

Le risque de condensation peut se vérifier au moyen d'une simulation informatique (par ex. par un calcul selon la méthode de Glaser) (*).

À titre d'exemple, nous avons effectué une telle simulation pour un bâtiment de classe de climat intérieur III présentant une toiture composée de bas en haut :

- d'un plafond de finition
- d'une couche d'isolation thermique de 5 cm d'épaisseur (valeur λ : 0,037 W/mK) placée entre des chevrons de bois
- d'un espace horizontal non ventilé de 13 cm d'épaisseur
- d'un plancher en bois
- d'un écran pare-vapeur de classe E3
- d'une couche d'isolation thermique de 5 cm d'épaisseur (valeur λ : 0,037 W/mK)
- d'une membrane d'étanchéité.

Dans cette composition de toiture (comprenant une couche d'isolation de 5 cm tant au-dessus qu'en dessous du support), on constate une formation de condensation aussi bien au niveau de l'écran pare-vapeur que sur le plancher en bois. Alors que la quantité maximale de condensat à la face inférieure des planches demeure limitée (14 g/m² par an), elle peut atteindre un niveau excessif sur l'écran pare-vapeur (659 g/m² par an) et ce, malgré le fait qu'à ces deux endroits, un certain séchage annuel des condensats soit observé.

Afin de réduire à 200 g par m² et par an la quantité maximale de condensat dans la toiture et d'éviter tout risque de condensation résiduelle annuelle (critères adoptés dans la NIT 215), il conviendrait, pour la composition précitée, de placer une isolation équivalente de 7 cm d'épaisseur au-dessus du support de toiture (voir également l'annexe 3 de la NIT 215 pour ce qui concerne la méthode de calcul et les critères d'évaluation de la condensation interne). Dans l'éventualité où les hauteurs disponibles sont réduites, le choix d'un matériau d'isolation caractérisé par une conductivité plus faible peut constituer une alternative intéressante. A résistance thermique équivalente (R = d/λ), le choix d'un isolant de conductivité thermique λ égale à 0,025 W/mK (voir Infofiche n° 23) conduirait ainsi à une épaisseur nécessaire de 5 cm.

3 CONCLUSION

Afin de garantir de bonnes performances thermiques de l'enveloppe du bâtiment, il convien-

(*) Bien que le marché propose actuellement des programmes de simulation plus performants, la méthode de Glaser permet d'obtenir facilement et rapidement un tableau relativement fidèle de la situation.

drait, dès la conception, d'opter de préférence pour une toiture chaude ou une toiture inversée. Selon les tableaux de la NIT 215, ce type de toitures peut être doté d'un écran pare-vapeur performant disposé sous l'isolation thermique et reposant sur un support continu. Le risque de voir apparaître des problèmes d'humidité provoqués par de la condensation interne sera minime si l'épaisseur d'isolant est suffisante.

Alors qu'il est déconseillé de ne placer l'isolation thermique que sous le support de toiture, on peut, lors de travaux de rénovation ou d'une optimisation acoustique, opter pour la pose d'une isolation thermique tant au-dessus qu'en dessous du support de toiture. Afin d'éviter toute condensation interne sur l'écran pare-vapeur mis en œuvre entre les deux couches d'isolation, il convient de veiller à ce que la résistance thermique (valeur R) de la couche d'isolation placée au-dessus du support de toiture soit supérieure à son homologue de la couche inférieure.

Le risque de condensation interne est, en principe, insignifiant si la résistance thermique de la couche d'isolation placée au-dessus du support de toiture est au moins 1,5 fois supérieure à celle de la couche située en dessous de celui-ci.

Comme la résistance thermique (valeur R) se calcule en divisant l'épaisseur de l'isolant par sa conductivité thermique (valeur λ), il est dès lors recommandé de choisir, pour la couche d'isolation supérieure, un matériau d'une épaisseur supérieure ou d'une valeur λ inférieure.

Dans l'éventualité où le facteur 1,5 précité ne peut être respecté, il est possible de contrôler le risque de condensation éventuellement induit par l'apport de cette isolation complémentaire à l'aide d'une simulation informatique (par ex. un calcul selon la méthode de Glaser). ■

Informations utiles

Documents utiles

1. Centre scientifique et technique de la construction
CSTC-Contact n° 9. Bruxelles, CSTC, 1er trimestre 2006.

2. Centre scientifique et technique de la construction
La toiture plate : composition, matériaux, réalisation, entretien. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique, n° 215, 2000.

3. Centre scientifique et technique de la construction
La toiture plate. Partie 2 : exécution des ouvrages de raccord. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique, n° 191, 1994.

4. Vandooren O.
Classe de climat intérieur. Bruxelles, CSTC, Infofiche n° 11, 2004.

5. Wagneur M. et Vandooren O.
Conductivité thermique des matériaux. Bruxelles, CSTC, Infofiche n° 23, 2007.

www.cstc.be

Pour plus d'informations à ce sujet, nous renvoyons le lecteur intéressé aux Infofiches n° 26, 27 et 28.

Évaluation objective des variations de teinte

Si les Romains savaient déjà que les goûts et les couleurs ne se discutent pas (*), force est de constater que les variations de teinte prêtent régulièrement à controverse et donnent parfois même lieu à des litiges. D'ailleurs, ce phénomène s'observe aussi au nombre élevé de demandes d'intervention que la division 'Avis techniques' reçoit chaque année à ce sujet.

E. Mahieu, ing., conseiller principal, division 'Avis techniques', CSTC

1 INTRODUCTION

Les inévitables variations de teinte observées sur les constructions peuvent avoir des origines diverses :
- différences de teinte des matériaux (naturels)
- dosage des composants
- conditions de séchage
- texture, …

Les variations de teinte ne constituent pas toujours une gêne en soi. Parfois, elles sont même recherchées parce qu'elles soulignent le caractère naturel du matériau et accentuent les caractéristiques architecturales de l'élément.

L'acceptabilité ou non des variations de teinte dépend dans une large mesure du mode d'évaluation de la surface. Divers documents (normes, Notes d'information technique, …) insistent dès lors sur la nécessité d'établir un jugement à l'œil nu, dans des conditions normales de luminosité et avec un certain recul. En cas d'éclairage rasant ou de contre-jour, la moindre nuance est en effet accentuée par les éventuels défauts de planéité.

Pour les surfaces verticales, la distance requise pour une évaluation correcte est en moyenne de 2 à 3 m. La réception des revêtements de sol s'effectue à hauteur d'homme.

De même, les dimensions des éléments pris en considération jouent un rôle important. Ainsi, des variations de teinte entre éléments de grande taille semblent poser davantage problème qu'entre éléments plus petits. Par ailleurs, lorsque des éléments de teinte nuancée doivent être mis en œuvre dans une même paroi, il importe de bien les mélanger afin de réduire le risque de formation de franges.

Afin de pallier le caractère subjectif de l'appréciation des écarts de teinte, des critères d'appréciation ont été établis pour certains types de matériaux. Ainsi, la réception des surfaces en béton s'opère, depuis un certain temps, à l'aide du nuancier de gris proposé par le CIB (voir § 2). En outre, divers appareils, tels les colorimètres (voir encadré, p. 13), sont apparus sur le marché afin caractériser les teintes.

Notons par ailleurs que, pour éviter d'interminables discussions, il est recommandé d'établir des critères d'évaluation réalistes dans

(*) *De gustibus et coloribus non disputandum est.*

***Fig. 1** Évaluation des variations de teinte sur un béton apparent.*

A. Par rapport à un échantillon de référence

B. Au sein d'un même élément

les documents contractuels. Nous passons en revue ci-après les principales méthodes d'évaluation des variations de teinte pour le béton apparent.

2 CONTRÔLE DU BÉTON APPARENT

Il importe de souligner qu'une surface de béton apparent (coulé *in situ*) n'est jamais exempte d'imperfections, son aspect étant influencé par de nombreux facteurs (cf. Dossier Ciment n° 22), tels que :

- la composition du béton
- le coffrage
- les armatures
- le mode de coulage
- le décoffrage, …

Les exigences inhérentes aux caractéristiques d'une surface apparente doivent être réalistes et établies préalablement sans ambiguïtés dans les documents contractuels.

Le document de référence pour l'évaluation de l'aspect du béton apparent est incontestablement le Rapport CIB n° 24, qui a par ailleurs servi de base à l'élaboration de diverses normes, recommandations et prescriptions techniques.

Les dispositions techniques les plus récentes relatives aux éléments architectoniques et industriels préfabriqués en béton décoratif datent de 2001 et sont énoncées dans les PTV 21-601 de PROBETON.

Ces deux documents précisent que les variations de teinte au sein d'un même élément, entre différents éléments et, le cas échéant, entre un élément et un échantillon de référence contractuel peuvent être évaluées visuellement dans un premier temps. La surface en question doit, pour ce faire, être sèche et située à l'ombre, l'évaluation s'effectuant à une distance de 3 m.

Les variations de teinte admises sont exprimées conventionnellement par un ou plusieurs écarts de gradations entre deux valeurs de l'échelle des gris du CIB. Cette échelle est posée sur les surfaces sèches et ombragées, l'observateur se tenant à une distance de 3 m.

Des photos noir et blanc peuvent être utilisées pour l'évaluation d'éléments de couleur.

À défaut de toute autre valeur fixée contractuellement, les PTV 21-601 tolèrent une différence de 2 ou 3 gradations (respectivement pour les éléments architectoniques et industriels) sur l'échelle des gris du CIB.

Afin de garantir le caractère objectif de l'évaluation, il est également possible de recourir à des mesures de couleurs à l'aide d'un colorimètre.

L'échelle des gris, à laquelle il est référé dans les PTV 21-601, est conçue de telle sorte qu'une valeur ΔE de 5 unités corresponde à une gradation. Comme la variation maximale de teinte est de deux ou trois gradations sur l'échelle du CIB, on peut en déduire que la valeur ΔE se situera tout au plus entre 10 et 15 unités.

Vu qu'aucun document récent de ce type n'existe pour les éléments en béton apparent coulé *in situ*, il convient de se référer au Rapport original du CIB concernant le béton apparent. Il stipule qu'un écart de 2 à 4 gradations sur l'échelle des gris est acceptable, en fonction de la distance à laquelle l'élément est

***Fig. 2** Mesure de couleur sur des échantillons de béton apparent à l'aide d'un colorimètre.*

www.cstc.be

Pour plus d'informations concernant l'évaluation objective des variations de teinte dans la maçonnerie, les joints, les briques de façade, les enduits extérieurs, les carrelages de sol, les carrelages muraux, les travaux de peinture et de laquage, nous renvoyons le lecteur à l'Infofiche n° 25.

INFORMATIONS UTILES

Documents utiles

1. Bureau de normalisation
NBN EN ISO 10545-16 Carreaux et dalles céramiques. Partie 16 : détermination de faibles différences de couleur. Bruxelles, NBN, 2000.

2. Conseil international du bâtiment
Tolérances sur les défauts d'aspect du béton. Rotterdam, Rapport CIB, n° 24, juin 1973.

3. Fédération de l'industrie cimentière belge
L'aspect extérieur du béton. Bruxelles, FEBELCEM, Dossier Ciment, n° 22, juin 2000.

4. Organisme de gestion pour le contrôle des produits en béton
PTV 21-601 Éléments architectoniques et industriels préfabriqués en béton décoratif. Bruxelles, PROBETON, Prescriptions Techniques/Technische Voorschriften, 2001.

5. Pien A.
Comment apprécier les variations de teintes sur des façades en béton architectonique ? Bruxelles, CSTC, CSTC-Magazine, automne 1994.

visible et de son degré d'exécution (spécial, soigné ou normal).

A noter que l'aspect des ouvrages en béton coulé *in situ* sera en général moins uniforme que celui d'éléments préfabriqués, étant donné les différences dans la composition des bétons et leur mode de mise en œuvre. Il nous semble dès lors raisonnable d'admettre, pour le béton apparent coulé *in situ*, une différence d'au moins 3 gradations sur l'échelle des gris (ou une valeur ΔE de 15). ■

COLORIMÈTRES : TYPES ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

A. Généralités

Comme mentionné dans l'article 'Comment apprécier les variations de teintes sur des façades en béton architectonique ?' paru dans CSTC-Magazine 1994/3, les colorimètres sont des appareils portables autonomes utilisés à des fins d'analyse des couleurs. On en distingue deux types :

- les chromatomètres, qui évaluent la lumière réfléchie à l'aide de trois filtres à large bande dont la sensibilité est proche de celle de l'œil humain
- les chromatospectromètres, qui atteignent une courbe de réflexion spectrale totale bien plus précise.

En termes de géométrie, une distinction est simplement établie entre les mesures réalisées au moyen d'une source lumineuse directe (45/0) et celles réalisées à l'aide d'une source lumineuse diffuse (d/8). Dans le premier cas (un angle d'éclairage de 45° est associé à un angle de mesure nul), la réflexion est certes éliminée, mais la structure de la surface est prise en compte. Ce faisant, on parvient à des mesures fidèles à la réalité et comparables aux observations de l'œil humain. En cas de mesure à l'aide d'une source lumineuse diffuse (sous un angle de mesure de 8°), l'influence de la structure est neutralisée, ce qui se traduit par une valeur de mesure 'scientifique'.

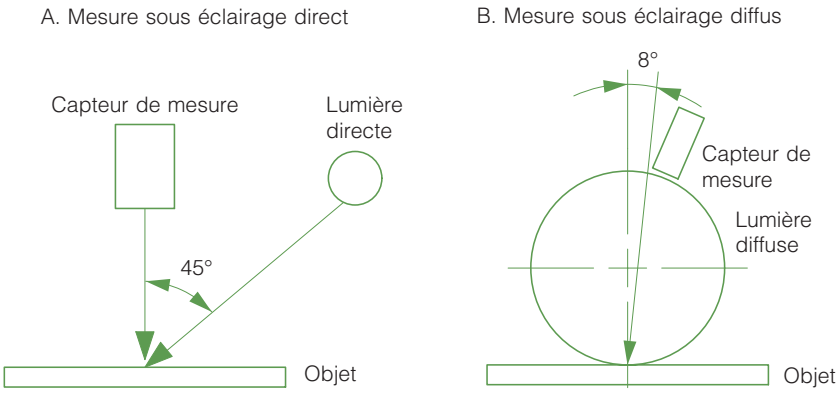


***Fig. 3* Schéma de principe de la géométrie des mesures.**

En ce qui concerne le type d'illuminant (c.-à-d. la source lumineuse théorique), on a généralement recours, pour les mesures de couleurs, à l'illuminant D65 ou à la lumière moyenne du jour (C).

Un angle d'observation de 10° offre, pour sa part, la meilleure corrélation avec la réalité observée par l'œil humain.

Soulignons enfin que la surface à mesurer sera d'autant plus représentative que la tête de mesure est de grand diamètre.

B. Appareils utilisés au CSTC

Le CSTC dispose de deux colorimètres différents :

- un spectrophotomètre Minolta 2600d (chromatospectromètre à source lumineuse diffuse)
- un colorimètre trichrome Minolta CR-310 (chromatomètre à source lumineuse directe).

Alors que le premier appareil permet d'effectuer des mesures à l'aide de deux diamètres de tête de mesure différents (3 et 8 mm), le second possède une tête de mesure fixe d'un diamètre de 50 mm. Le spectrophotomètre Minolta 2600d est principalement utilisé pour évaluer de petits éléments (par ex. des joints) ou des éléments de couleur uniforme (comme les laques). L'appareil pourvu de la plus grande tête de mesure permet, quant à lui, d'analyser des surfaces plus hétérogènes (bétons, enduits, carrelages, briques de façade, …).

C. Système de couleurs

Le calcul des variations de teinte peut s'effectuer selon différents systèmes de couleurs, parmi lesquels :

- le système CIELAB mis au point par la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) et présenté dans l'article susmentionné de CSTC-Magazine 1994/3. Dans ce système, la variation de teinte totale (valeur ΔE) correspond à la distance entre deux couleurs qui sont identifiées en trois dimensions à l'aide de leurs coordonnées L*a*b*. En fonction de la couleur, on peut observer à l'œil nu un écart de teinte ΔE > 1 ou 2
- le système de couleurs plus complexe, défini dans la norme NBN EN ISO 105-J03, qui détermine la variation de teinte euclidienne (elliptique) représentée par la valeur ΔE_{cmc}.

Degré de finition des plaques de plâtre et des systèmes de peinture
… des exigences intimement liées

Les degrés de finition et les tolérances d'exécution des parois légères en plaques de plâtre ont déjà fait l'objet d'un article publié dans les Dossiers du CSTC [4]. Nous vous annoncions, à l'époque, les premières réflexions du groupe de travail en charge de l'établissement de trois Notes d'information technique sur le thème des parois légères. A l'heure où les NIT 232 et 233 sur les plafonds suspendus et les cloisons légères sont pratiquement sous presse, il nous a semblé judicieux de faire à nouveau le point sur la question.

1 CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Le présent article (qui remplace celui évoqué précédemment) traite spécifiquement des finitions sèches des plaques de plâtre enrobées de carton (et similaires) et, en ce sens, couvre, plus largement que ne le font les NIT précitées, tout type de paroi parachevée au moyen de telles plaques (en ce compris les plafonds directement fixés au gros œuvre).

Les ouvrages de parachèvement recueillent une très large part des avis émis par la Division des Avis techniques du CSTC et, parmi ces derniers, les questions relatives à l'aspect et aux tolérances d'exécution se taillent une portion plus que significative. Comme souvent, la qualité du résultat obtenu et la satisfaction du client sont le fruit de prescriptions clairement formulées par l'architecte, d'une bonne compréhension et d'une bonne exécution du travail par l'entrepreneur. Si les directives en la matière faisaient parfois défaut par le passé, les recommandations formulées ci-après devraient assister les professionnels du secteur dans leurs démarches respectives.

Les finitions dites 'sèches' comprennent les enduits pelliculaires (*) ou ultraminces appliqués localement (au droit des joints entre plaques ou au droit des fixations) ou sur l'ensemble de la surface. Certaines plaques de plâtre sont destinées à recevoir un enduit d'épaisseur plus importante (enduits minces de quelques millimètres – finitions dites humides) et sont recouvertes, pour ce faire, d'un carton d'une qualité spéciale. Les tolérances d'exécution et de finition des parois selon cette technique sont définies dans les Notes d'information technique 199 et 201 consacrées aux enduits intérieurs [2, 3].

REMARQUE

Il est important de rappeler que la désignation du niveau de finition d'une paroi par le terme 'prêt à peindre' n'est pas univoque et ne fournit pas une indication suffisamment précise du degré de finition souhaité. Il en va de même de prescriptions telles que 'la planéité sera parfaite' ou 'elle ne nécessitera aucune préparation de la part du peintre'. Il y a lieu également de souligner qu'un ouvrage de parachèvement ne peut en aucun cas être réceptionné à contre-jour ou sous un éclairage rasant.

Une distinction doit être établie entre :
- les tolérances d'exécution de la cloison
- le degré de finition souhaité pour son parachèvement.

Tandis que, dans le premier cas, il s'agit de définir les caractéristiques géométriques de la cloison (planéité, aplomb, angularité), le degré de finition concerne l'homogénéité de sa surface. La finition de surface de la cloison revêt en effet une importance variable selon la nature du parachèvement envisagé. Lorsque ce dernier est, par exemple, constitué par un carrelage, le respect des tolérances d'exécution est souvent déterminant pour l'obtention du niveau de tolérance requis sur le revêtement (en particulier pour des carreaux de grand format). Si l'aspect et l'homogénéité de surface de la cloison sont peu critiques dans ce cas, il en va tout autrement lorsque le parachèvement envisagé est du type 'peinture satinée', voire 'peinture brillante'.

Le donneur d'ordre doit déterminer au préalable les exigences en matière de tolérances d'exécution et de degré de finition. **En l'absence de précision, la classe de tolérance normale et le degré de finition F2a sont d'application** (voir ci-après).

Tableau 1 ***Tolérances de planéité.***

Classe de tolérance	Contrôle sous la règle de	
	0,2 m	2 m
Normale (par défaut)	1,5 mm	4,0 mm
Spéciale	1,0 mm	2,0 mm

2 TOLÉRANCES D'EXÉCUTION – PLANÉITÉ

Deux classes d'exécution distinctes sont proposées (cf. tableau 1) par analogie avec les tolérances de planéité imposées aux travaux de plafonnage ([1]), en considérant toutefois qu'il est plus aisé de répondre à des exigences sévères pour une cloison composée de plaques assemblées et jointoyées. Pour le respect de la classe de planéité la plus sévère (à préciser dans les documents contractuels), il est recommandé de recourir à des plaques aux bords longitudinaux et transversaux amincis, ou de réaliser un enduisage plus large au niveau des joints (de l'ordre de 60 cm au minimum). La classe de tolérance normale est à considérer par défaut.

3 DEGRÉ DE FINITION DES PLAQUES DE PLÂTRE (ET SIMILAIRES) …

Comme précisé ci-avant, le degré de finition de la surface des plaques de plâtre ne peut être dissocié de la nature du parachèvement envisagé. Trois degrés de finition principaux sont à distinguer :
- le degré de finition F1 correspond à un travail de jointoiement minimal
- le degré de finition F2 se subdivise en deux

Y. Martin, ir., O. Vandooren, ing., et W. Van de Sande, ing., CSTC

(*) Le terme 'pelliculaire' a été utilisé de manière erronée dans la NIT 199. En effet, un enduit de plusieurs millimètres d'épaisseur (1 à 3 mm) doit être considéré comme un enduit mince ou garnissant (selon les termes de la NIT 112).

([1]) Classe de tolérance normale : 2 mm et 5 mm pour le contrôle à la règle de 0,2 m et 2 m respectivement.
Classe de tolérance spéciale : 1,5 mm et 3 mm pour le contrôle à la règle de 0,2 m et 2 m respectivement.

catégories :
  - le degré de finition F2a, qui correspond à un jointoiement standard
  - le degré de finition F2b, qui correspond à un jointoiement standard complété par l'application d'un enduit par 'ratissage' de l'ensemble de la surface, comme le prescrivent parfois les documents contractuels ou les fabricants. Un tel travail conduit généralement à un degré de finition permettant d'appliquer des systèmes de peinture et de parachèvement similaires à ceux envisagés pour le degré de finition F2a
- le degré de finition F3 est, quant à lui, réservé à un enduisage complet de la surface des plaques de plâtre à l'aide d'un enduit pelliculaire (enduit de finition).

Les exigences concernant le degré de finition seront définies de préférence dans les documents contractuels. **En l'absence de précision, le poseur des plaques livrera un ouvrage présentant un degré de finition standard F2a**. La spécification d'un degré de finition F2 correspond à la finition standard F2a.

4 … INTIMEMENT LIÉ AU DEGRÉ DE FINITION DES SYSTÈMES DE PEINTURE

La répartition des tâches entre le poseur de plaques et le peintre ou l'applicateur de la finition souhaitée pour la paroi n'est pas toujours aisée. Il n'est pas rare qu'un manque de clarté dans les prescriptions du donneur d'ordre soit à l'origine de nombreuses discussions sur chantier, en particulier lorsque des travaux de peinture sont à prévoir.

La Note d'information technique 159 relative aux travaux de peinturage [1] définit les travaux nécessaires à l'obtention du degré de finition souhaité pour le système de peinture envisagé. Ces degrés de finition sont également au nombre de trois (désignés par les chiffres romains I, II, III) (tableau 2).

Le tableau 3 propose diverses combinaisons entre exigences applicables au support et exigences propres au système de peinture, selon que l'on souhaite un niveau d'exécution de type normal (par défaut) ou spécial.

Si le donneur d'ordre souhaite déroger à ces recommandations, il définira clairement les opérations qui devront être prises en charge par les différents intervenants. Par ailleurs, le peintre n'est pas habilité à réceptionner le support eu égard aux tolérances d'exécution, cette tâche étant généralement du ressort du donneur d'ordre. Il lui appartient cependant de contrôler le degré de finition et de définir, au besoin, les travaux de préparation particuliers nécessaires.

Le cas échéant, il doit en informer le donneur d'ordre, qui désignera le corps de métier qui exécutera ces travaux. Le coût de ceux-ci sera pris en charge par le maître de l'ouvrage, à l'exception de ceux occasionnés à la suite d'une réalisation non conforme aux critères définis dans les documents contractuels. ■

Tableau 2 ***Préparation des supports en plâtre avant mise en peinture.***

Opérations de degré I	Opérations de degré II	Opérations de degré III
1. Egrenage, brossage et/ou époussetage 2. Couche d'impression 3. Couche de finition	1. Egrenage, brossage et/ou époussetage 2. Couche d'impression (couche primaire) 3. Révision à l'enduit 4. Couche intermédiaire 5. Couche de finition	1. Egrenage, brossage et/ou époussetage 2. Couche d'impression (couche primaire) 3. Enduisage complet 4. Ponçage et époussetage 5. Révision à l'enduit 6. Couche intermédiaire 7. Couche de finition

Tableau 3 ***Degré de finition recommandé pour les plaques de plâtre selon le type de peinture.***

Type de peinture	Degré de finition des plaques			Degré d'exécution selon la NIT 159		
	F1	F2	F3	Degré I	Degré II	Degré III
Peinture mate et/ou structurée		X		X		
		X			X	
Peinture satinée		X				X
			X		X	
			X			X
Peinture brillante (*)			X			X

Niveau d'exigences normales, à adopter par défaut en l'absence de prescriptions particulières au cahier des charges.

Niveau d'exigences spéciales, à prescrire dans le cahier des charges.

(*) Lors de l'application d'une peinture brillante, il y a lieu d'adopter le niveau d'exigence le plus élevé.

REMARQUE

Certaines surfaces, du fait de leur situation dans le bâtiment, peuvent être exposées, plus que d'autres, à un éclairage rasant ou à un contre-jour.

L'observation de la surface dans ces conditions étant de nature à exacerber les défauts présents, il est conseillé d'adopter le niveau d'exigences spéciales (voir tableau 3).

La perception des défauts, même si elle ne peut être exclue, sera ainsi limitée.

www.cstc.be

LES DOSSIERS DU CSTC N° 4/2007

Les degrés de finition ainsi que leur domaine d'application (finitions souhaitées) seront décrits en détail dans la version longue de cet article.

BIBLIOGRAPHIE

1. Centre scientifique et technique de la construction
Code de bonne pratique des travaux de peinturage (bâtiment et génie civil). Subjectiles, systèmes et travaux de peinture. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique, n° 159, 1985.

2. Centre scientifique et technique de la construction
Les enduits intérieurs (1e partie). Bruxelles, CSTC, Note d'information technique, n° 199, 1996.

3. Centre scientifique et technique de la construction
Les enduits intérieurs. 2e partie : mise en œuvre. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique, n° 201, 1996.

4. Martin Y., Vandooren O. et Van de Sande W.
Degré de finition et tolérances d'exécution des parois légères. Bruxelles, CSTC, Les Dossiers du CSTC, Cahier n° 5, 2/2006.

En bref

Parmi le flot d'informations que nous aurions souhaité vous soumettre, seule une infime partie a pu trouver sa place dans ces colonnes. N'hésitez donc pas à vous rendre régulièrement sur notre site www.cstc.be, afin de prendre connaissance des dernières nouvelles sur nos activités, qui concernent aussi les vôtres.

PROJET DE NORME NBN S 01-400-1 SUR L'ISOLATION ACOUSTIQUE DES IMMEUBLES D'HABITATION : FIN DE L'ENQUÊTE PUBLIQUE

Soumis à l'enquête publique au début de cette année, le projet de norme NBN S 01-400-1 fixant les critères acoustiques pour les immeubles d'habitation a dû subir quelques modifications. Ces dernières concernent principalement l'isolation acoustique des façades, pour lesquelles les exigences ont été quelque peu adaptées. Des outils simples d'utilisation ont en outre été intégrés dans le nouveau projet afin d'aider les concepteurs à tenir compte de tous les paramètres.

La publication hors série consacrée au sujet et jointe au CSTC-Contact 13, de même que l'article 'Isolation acoustique des façades' publié au mois de mai dans CSTC-Contact 14 ont été mis à jour en conséquence. Ces nouvelles versions sont téléchargeables sur notre site Internet. Le projet de norme revu a par ailleurs été transmis pour approbation finale à la commission normative. A suivre…

DE NOUVELLES FONCTIONNALITÉS À NE PAS MANQUER POUR LE SITE DE L'ANTENNE NORMES 'PRÉVENTION DU FEU'

Financé par le Service public fédéral 'Economie', le site de l'Antenne Normes dédié à la prévention de l'incendie a intégré les pages Web du CSTC et bénéficie aujourd'hui de nouvelles fonctionnalités.

Son contenu a été indexé au moyen de l'outil de recherche 'full text' (apparenté à Google) présent sur la page d'accueil, améliorant de la sorte son accessibilité. Toutes les publications du CSTC portant sur la prévention des incendies y sont référencées, certaines d'entre elles étant même téléchargeables librement.

Les rubriques 'Normes et Règlements' et 'Nouveautés' ont été enrichies de nouvelles informations intéressant les professionnels du secteur. Vous l'aurez compris, l'outil a évolué… et c'est tout bénéfice pour l'utilisateur.

AGENDA 'CONSTRUCTION'

Pour illustrer les formations dispensées par le CSTC au cours des mois à venir, épinglons le cours de base concernant le logiciel de planification *MS Project* :

- *brève description :*
  connaissances nécessaires à l'utilisation optimale du logiciel *MS Project* pour la création (activités et relations, sauvegarde, ...), la gestion (création d'un calendrier, ...) et le suivi (introduction de l'état d'avancement, ...) de projets
- *public :*
  conducteurs de chantier, gestionnaires de projets ou chefs d'entreprise désirant informatiser la gestion de leurs projets à l'aide de *MS Project*
- *où et quand ?*
  CSTC, Lozenberg 7, 1932 Sint-Stevens-Woluwe, les 14, 21 et 28 février ainsi que le 6 mars 2008 de 9h00 à 16h00. ■

INFORMATIONS UTILES

Contacts (info@brri.be)
- AN Acoustique : M. Van Damme
- AN Prévention du feu : Y. Martin
- Techniques de planification : V. Didriche, F. Suain

Liens utiles
- Site Internet des Antennes Normes : www.normes.be
- Site Internet du NBN : www.nbn.be
- www.cstc.be (Rubrique 'Agenda')

BRUXELLES

Siège social
Rue du Lombard 42
B-1000 Bruxelles
e-mail : info@bbri.be

direction générale
☎ 02/502 66 90
🖷 02/502 81 80

ZAVENTEM

Bureaux
Lozenberg 7
B-1932 Sint-Stevens-Woluwe

nos généraux	nos publications
☎ 02/716 42 11	☎ 02/529 81 00
🖷 02/725 32 12	🖷 02/529 81 10

avis technique
communication - qualité
informatique appliquée construction
techniques de planification
développement & valorisation

LIMELETTE

Station expérimentale
Avenue Pierre Holoffe 21
B-1342 Limelette
☎ 02/655 77 11
🖷 02/653 07 29

recherche & innovation
laboratoires
formations
documentation
bibliothèque