



Une édition du Centre scientifique et technique de la construction

Sommaire

Dépôt : Bruxelles X – Numéro d'agrégation : 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

	Actualité – Evènements	
	L'informatique autrement avec ViBo	2
	TechCom : un outil à (re)découvrir sur www.cstc.be	2
	Projets – Etudes	
	Gestion des risques dans la construction	3
	Normalisation – Réglementation – Certification	
	La stabilité au feu des escaliers en bois	4
	Marquage CE des colles à carrelages	5
	Techniques & Pratique	
	Isolation acoustique des façades	6
	Corrosion des tuyauteries sanitaires en acier galvanisé	7
	Etanchéité des constructions enterrées en béton armé	9
	Détermination du rendement des installations de chauffage	11
	Isolation thermique des planchers lourds	13
	Agenda	16

C'est sur le site minier d'Heusden-Zolder, dans le bâtiment du CSTC abritant le Centre pour la construction durable, qu'a eu lieu le 16 mars 2007 l'ouverture officielle du centre de compétence 'Construction Virtuelle' (ViBo). Les entrepreneurs peuvent y tester gratuitement et dans un environnement non commercial des logiciels et des applications informatiques dans le domaine de la construction, et ce tant de façon individuelle qu'avec l'assistance d'un de nos collaborateurs.

Le succès de cet évènement a été de bon augure pour la suite des activités de ce nouveau centre qui entend renforcer le partenariat trop souvent hésitant entre le secteur de la construction et les outils informatiques existants.

Mature et confectionnée sur mesure pour répondre aux besoins des entrepreneurs, cette technologie offre aujourd'hui de nouvelles perspectives pour quiconque souhaite améliorer le processus organisationnel lié à l'acte de bâtir :

- aide à la planification des tâches induites par le processus constructif
- réduction des pertes de temps considérables

La base de données en ligne TechCom offre la possibilité aux personnes à la recherche d'un produit ou d'un système de construction présent sur le marché belge de trouver les références utiles, tant en ce qui concerne les fabricants nationaux que les importateurs.

P. Coosemans, ing., conseiller, service 'Produits de construction', CSTC

La base de données relationnelle TechCom sur les produits de construction est consultable via la rubrique 'Produits de construction' de notre site Internet (www.cstc.be). Celle-ci donne accès à pas moins de 7.050 firmes et 13.900 marques réparties sur 5.770 produits ou familles de produits. Ces informations sont présentées sous la forme de 37.500 relations entre les firmes, les marques et les produits. Pour plus de renseignements techniques concernant un produit, les personnes intéressées peuvent par la suite contacter les firmes concernées.

Ces relations, qui constituent le cœur même de la base de données, permettent, à l'aide d'un

L'informatique autrement avec ViBo



- dans la recherche de documents
- intégration des simulations numériques dans le quotidien de l'entrepreneur
 - localisation en temps réel des véhicules, établissement et signature sur site des bons de travail et gestion à distance du planning des tâches
 - mise à disposition d'un portail spécifique comportant les dernières versions des documents de travail
 - existence d'une plateforme d'échanges commerciale : l'Internet.

Planification des chantiers, gestion des documents, conception et simulation numériques, applications mobiles, portails de projets, *e-business*, autant de thèmes qui font régulièrement l'objet de bourses ou d'après-midi et soirées d'étude au Centre ViBo. Pour plus d'informations à ce sujet, nous renvoyons au site Internet virtueelbouwen.cstc.be. ■



INFORMATIONS UTILES

Le Centre ViBo a été réalisé avec la collaboration et le soutien financier du FEDER, d'Hermès et de la province du Limbourg. A l'heure actuelle, les évènements programmés s'y déroulent exclusivement en langue néerlandaise. Dans le futur, le CSTC veillera à étendre les activités de ce Centre pour répondre aux besoins des professionnels francophones du secteur.

TechCom : un outil à (re)découvrir sur www.cstc.be

système de mots-clés, de sélectionner une famille de produits spécifiques en quelques clics et de faire apparaître à l'écran les coordonnées de toutes les firmes qui disposent de ce produit. Par ailleurs, la recherche d'une firme ou d'une marque déterminée offre la possibilité – grâce à une multitude de relations – de retrouver automatiquement d'autres firmes proposant des produits similaires.

C'est également grâce à ce système de familles de produits, qui renvoie de façon illimitée vers des produits similaires, que la base de données TechCom se différencie des autres bases de données en matière de produits de construction. Il n'est dès lors pas surprenant que les statistiques de consultation aient augmenté de

façon exponentielle. En 2006, la base de données a ainsi été consultée 1.200.000 de fois.

Le TechCom permet en outre de distinguer les produits possédant un agrément technique (ATG), délivré par l'Union belge pour l'agrément technique dans la construction (UBAtc), des produits ne bénéficiant pas d'une telle marque de qualité.

Dans le premier cas, un lien vers le site Internet de l'UBAtc (www.ubatc.be) est toujours prévu. Soulignons enfin que la base de données est sans cesse complétée par de nouvelles informations techniques (comme des liens vers les publications du CSTC) et qu'elle fera prochainement référence aux logiciels pour la construction. ■

Gestion des risques dans la construction

Au cours d'un projet de construction, de nombreux risques ou incertitudes susceptibles de perturber le planning établi ou le budget prévu peuvent faire leur apparition. L'évaluation correcte de ces risques avant le lancement du projet, de sorte qu'ils puissent être suffisamment pris en compte durant la mise en œuvre, offre dès lors une multitude d'avantages. Le CSTC a souhaité s'impliquer dans ce domaine via le projet de recherche 'Gestion des risques dans la construction'.

OBJECTIF DE LA GESTION DES RISQUES

Il ressort de plusieurs études et rapports internationaux qu'une large part des projets de construction essuient un échec parce que les objectifs en matière de durée, de coûts et de spécifications du produit n'ont pu être atteints.

Dans ce contexte, la mauvaise gestion des risques et les incertitudes qui apparaissent dans l'environnement interne et externe des produits peuvent être considérées comme la cause principale d'échec.

La gestion des risques a pour but d'identifier, d'évaluer et de quantifier de manière simple les risques précités. Grâce au suivi de différents chantiers, le CSTC a pu élaborer une liste détaillée de risques quantifiés (*) :

- intempéries
- réception tardive des plans
- erreurs lors de l'exécution
- problèmes de livraison des matériaux
- qualité inattendue du sol
- absence du sous-traitant
- non-respect des délais d'exécution
- pannes des machines, ...

A l'aide de cette liste, il est possible de définir des actions à entreprendre pour anticiper les principaux risques et/ou limiter leur impact.

RÉSULTATS DU PROJET DE RECHERCHE

Les procédures de gestion des risques que l'on retrouve dans la littérature sont souvent très

(*) Les risques mentionnés ne sont évalués que pour des activités dans le cadre desquelles ils peuvent effectivement faire leur apparition. Le risque d'intempéries n'est dès lors pris en considération que pour des activités susceptibles d'être influencées par les conditions climatiques.

générales et difficilement applicables dans la pratique. Afin d'y remédier, la recherche menée par le CSTC a tenté d'établir une répartition pratique des différentes étapes du processus de gestion des risques :

- identification des risques
- introduction des risques dans une base de données
- analyse et quantification des risques
- stratégie face aux risques : acceptation, élimination, limitation, anticipation et transfert.

Des méthodes ont été élaborées afin de permettre la réalisation correcte de chacune de ces étapes. La base de données a en outre été complétée, par groupe d'activités, avec les probabilités et les impacts correspondants.

Exemple

Dans le groupe d'activités 'pieux de fondation', il existe non seulement 10 % de risques que l'engin de battage tombe en panne et entraîne un retard d'un jour, mais aussi 10 % de risques que ce retard atteigne jusqu'à 7 jours ouvrables.

ALGORITHME POUR UN PLANNING DE BASE STABLE

Un algorithme rudimentaire a également été mis au point dans le cadre de cette étude. Celui-ci permet d'élaborer un planning de base stable à l'aide d'une identification et d'une quantification des risques, compte tenu de ceux qui sont acceptables. Ce procédé est actuellement à l'essai sur différents chantiers. Il en ressort que la méthode élaborée fournit de meilleurs résultats que la plupart des algorithmes existants. ■



www.cstc.be

LES DOSSIERS DU CSTC N° 2/2007

La version longue de cet article se penchera de façon plus détaillée sur :

- les facteurs de risque identifiés durant le suivi réalisé sur divers chantiers
- le processus de gestion des risques
- les résultats de recherche
- l'algorithme développé.



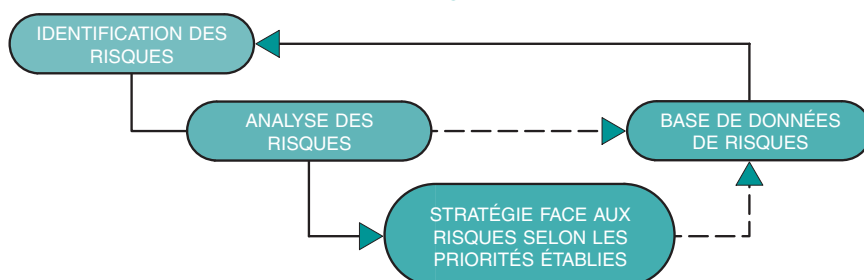
INFORMATIONS UTILES

Cet article a été élaboré dans le cadre d'un projet de recherche, en collaboration avec l'IWT (Institut flamand pour l'encouragement de l'innovation par les sciences et les technologies) et le groupe de recherche 'Operations Management' de la K.U.Leuven, qui vise les objectifs suivants :

- le développement d'un système de gestion des risques efficace permettant aux entreprises de construction d'identifier, d'analyser et de quantifier les facteurs de risque cruciaux
- l'élaboration d'un cahier des charges pour un système de planification proactif assisté par ordinateur offrant la possibilité aux entreprises de mettre au point un planning de base efficace qui serait, d'une part, suffisamment protégé contre les perturbations habituelles et qui permettrait, d'autre part, d'achever le projet dans le délai imparti, sans dépasser le budget prévu.

A. Boone, ing., conseiller principal, division 'Gestion, Qualité et Techniques de l'information', CSTC

Présentation simplifiée du processus de gestion des risques.



La stabilité au feu des escaliers en bois

Les escaliers d'évacuation sont primordiaux en cas d'incendie. En effet, ils permettent l'évacuation des occupants et l'intervention des services d'incendie. Des exigences relatives à leur conception sont dès lors imposées dans les réglementations en vigueur en matière d'incendie. L'une d'entre elles concerne la stabilité au feu des escaliers. Le présent article fournit des recommandations sur la façon de concevoir un escalier en bois afin de répondre à cette exigence de stabilité au feu.

Y. Martin, ir., chef du laboratoire 'Éléments de toitures et de façades', CSTC
A. Brûls, dr. ir., directeur, ISIB

En Belgique, les exigences minimales en matière de prévention contre l'incendie auxquelles doivent satisfaire tous les nouveaux bâtiments sont reprises dans l'AR du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie, modifié par les AR du 19 décembre 1997 et du 4 avril 2003.

A propos des escaliers intérieurs d'évacuation, on y retrouve des exigences relatives aux types et aux dimensions (largeur minimale, hauteur de marche et pente maximales, ...) qui sont détaillées dans la NIT 198. L'AR susmentionné impose également des exigences relatives à la résistance au feu des escaliers :

- d'une part, au sujet des parois intérieures des cages d'escalier et des portes qui y donnent accès
- d'autre part, quant à l'escalier servant d'évacuation : stabilité au feu de 30 minutes (R 30 pour les bâtiments bas) ou de 60 minutes (R 60 pour les bâtiments moyens et élevés).

Dès l'extinction du feu, il est primordial que l'escalier puisse encore remplir sa fonction afin de permettre l'intervention des services d'incendie et l'évacuation des occupants présents dans le bâtiment sinistré. C'est précisément le but de l'exigence de stabilité au feu de l'escalier (R 30 et R 60) : après avoir été soumis à un incendie durant une certaine durée, l'escalier doit présenter la capacité portante suffisante pour l'intervention et l'évacuation.

La partie 1-2 de l'Eurocode 5 permet de calculer la résistance au feu des structures en bois. Une des méthodes de dimensionnement en situation d'incendie reprise dans cet Eurocode se base sur la section efficace. Cette dernière est considérée comme la section réduite pour laquelle les propriétés de résistance initiale du bois (à température ambiante) sont conservées. Elle est obtenue à partir de la section initiale dont on a déduit, sur toute la périphérie



Un escalier en bois doit remplir sa fonction, même après un incendie.

attaquée par le feu (chaque face de l'élément en bois directement exposée au feu), une couche dont l'épaisseur représente la profondeur de carbonisation éventuellement majorée d'un certain facteur.

Cette partie de l'Eurocode 5 fournit en outre les vitesses de combustion des éléments en fonction du type et de la densité du bois mis en œuvre. Ainsi, un escalier en bois va être soumis à la carbonisation progressive durant l'exposition aux flammes : après 30 minutes d'incendie, on

peut s'attendre à une perte de l'ordre de 27 mm sur les faces exposées d'une pièce en *épicéa* et de 22 mm s'il s'agit de *chêne* (sans tenir compte des effets d'arrondis).

Le tableau 1 reprend les épaisseurs minimales des éléments d'un escalier en bois permettant de garantir la stabilité au feu demandée (R 30 ou R 60). Il est valable pour un escalier d'une largeur de 80 cm protégé à la face inférieure (protection par tout plafond présentant une résistance au feu respectivement de 30 ou 60 minutes). ■



INFORMATIONS UTILES

Cet article, dont la version longue sera prochainement disponible sur notre site Internet (www.cstc.be), a été élaboré dans le cadre des activités des Antennes Normes 'Prévention Incendie' et 'Eurocodes' menées au sein du CSTC en faveur des PME, avec le soutien du SPF Economie. Pour plus de détails, nous renvoyons au site Internet suivant : <http://www.normes.be>.

Tableau 1 Epaisseurs minimales (mm) des éléments d'un escalier en bois protégé à la face inférieure.

Stabilité au feu de 30 minutes (R 30)				
Espèce de bois	Résineux (<i>épicéa</i>) et <i>hêtre</i>		Feuillus (<i>chêne</i> , ...)	
Élément à dimensionner	Élément porteur			
	Marches	Contre-marches	Marches	Contre-marches
Marches	44 mm	35 mm	37 mm	35 mm
Contremarches	27 mm	38 mm	22 mm	32 mm
Limon avec protection côté extérieur	56 mm	56 mm	49 mm	49 mm
Limon sans protection	87 mm	87 mm	72 mm	72 mm
Stabilité au feu de 60 minutes (R 60)				
Espèce de bois	Résineux (<i>épicéa</i>) et <i>hêtre</i>		Feuillus (<i>chêne</i> , ...)	
Élément à dimensionner	Élément porteur			
	Marches	Contre-marches	Marches	Contre-marches
Marches	63 mm	50 mm	52 mm	42 mm
Contremarches	46 mm	56 mm	37 mm	47 mm
Limon avec protection côté extérieur	80 mm	80 mm	65 mm	65 mm
Limon sans protection	135 mm	135 mm	105 mm	105 mm

Le marquage CE des colles à carrelages selon la norme européenne EN 12004 est obligatoire depuis le 1^{er} avril 2004. Le présent article expose les spécifications auxquelles le produit doit répondre.

La norme EN 12004 (et les addenda ultérieurs qui la complètent) définit les caractéristiques des colles à carrelages correspondant aux contraintes normales d'utilisation. Elle spécifie des valeurs d'exigences performancielles, mais ne contient pas de spécifications ni de recommandations pour la conception ou la pose de revêtements céramiques. Les carrelages visés sont les carreaux céramiques, mais également d'autres types de carrelages (pierres naturelles ou agglomérées, ...) si les colles sont compatibles avec ces matériaux.

Les colles sont réparties en trois grands types selon la composition du liant et sont désignées relativement aux classes définies dans le tableau 1. Les spécifications pour ces différents types de colle se distinguent en caractéristiques fondamentales et optionnelles (voir tableau 2). Parmi ces spécifications, les caractéristiques prises en compte dans le cadre de la directive 'Produits de construction' (DPC – mandat 'colles structurelles') concernent l'adhérence 'initiale' et la durabilité (adhérence après action de la chaleur, action de l'eau, action du gel-dégel, attaque chimique). Les critères mentionnés sont relatifs à des essais de laboratoire réalisés au moyen de matériaux de référence 'normalisés'.

Le fabricant peut déclarer d'autres performances dans le cadre d'une meilleure information des utilisateurs, comme le pouvoir mouillant mesuré selon la EN 1347 et, pour les mortiers-colles, l'appartenance à la classe S1 (mortier déformable) ou S2 (mortier très déformable), en relation avec la déformation transversale mesurée selon la EN 12002. Pour les colles réactives, la caractéristique de résistance aux produits chimiques testée selon la EN 12808-1 peut être déclarée en mentionnant la nature du produit chimique et les conditions d'exposition.

Etant donné que la norme harmonisée ne mentionne pas de recommandations d'usage selon la désignation de la colle, celles-ci seront précisées dans un article ultérieur. ■

Marquage CE des colles à carrelages

Tableau 1 Type de colle selon la composition du liant et désignation des classes.


Type	Composition du liant	Classe
Mortier-colle C	Mélange de liants hydrauliques, de charges minérales et d'additifs organiques	1 : Colle normale 2 : Colle améliorée
Adhésif D	Mélange de liants organiques sous forme de polymères en dispersion aqueuse, d'additifs organiques et de charges minérales fines	F : Colle rapide T : Colle résistant au glissement
Colle réactive R	Mélange de résines synthétiques, de charges minérales et d'additifs organiques, durcissant par réaction chimique	E : Colle avec temps ouvert allongé (*)

(*) Seulement pour les mortiers-colles et adhésifs améliorés.

Tableau 2 Spécifications pour les différents types de colle.

		Caractéristiques	Exigences
Mortier-colle (C)	1	Adhérence par traction : – adhérence 'initiale' – après action de l'eau – après action de la chaleur – après cycles de gel-dégel	≥ 0,5 N/mm ² ≥ 0,5 N/mm ² ≥ 0,5 N/mm ² (ou PND) (*) ≥ 0,5 N/mm ² (ou PND) (*)
		Adhérence par traction – temps ouvert	≥ 0,5 N/mm ² , ≥ 20 min
	1F	Toutes les exigences C1	
		Adhérence par traction après délai réduit	≥ 0,5 N/mm ² , ≤ 24 h
		Adhérence par traction – temps ouvert	≥ 0,5 N/mm ² , ≥ 10 min
	T	Résistance au glissement vertical	≤ 0,5 mm
Adhésif (D)	2	Forte adhérence par traction : – adhérence 'initiale' – après action de l'eau – après action de la chaleur – après cycles de gel-dégel	≥ 1 N/mm ² ≥ 1 N/mm ² ≥ 1 N/mm ² (ou PND) (*) ≥ 1 N/mm ² (ou PND) (*)
		Adhérence par traction – temps ouvert	≥ 0,5 N/mm ² , ≥ 30 min
	1	Adhérence par cisaillement : – adhérence 'initiale' – après action de la chaleur	≥ 1 N/mm ² ≥ 1 N/mm ²
		Adhérence par traction – temps ouvert	≥ 0,5 N/mm ² , ≥ 20 min
	T	Résistance au glissement vertical	≤ 0,5 mm
Colle réactive (R)	2	Adhérence par cisaillement : – après action de l'eau – après température élevée	≥ 0,5 N/mm ² ≥ 1 N/mm ²
		Adhérence par traction – temps ouvert	≥ 0,5 N/mm ² , ≥ 30 min
	1	Adhérence par cisaillement : – adhérence 'initiale' – après action de la chaleur	≥ 2 N/mm ² ≥ 2 N/mm ²
		Adhérence par traction – temps ouvert	≥ 0,5 N/mm ² , ≥ 20 min
T	Résistance au glissement vertical	≤ 0,5 mm	
2	Adhérence par cisaillement : après choc thermique	≥ 2 N/mm ²	

(*) PND : performance non déterminée, en cas d'usage intérieur.
 : caractéristiques fondamentales : caractéristiques optionnelles



www.cstc.be
 LES DOSSIERS DU CSTC N° 2/2007

Cet article, dont la version longue paraîtra prochainement sur notre site Internet, a été élaboré dans le cadre de l'Antenne Normes 'Bétons, mortiers et granulats' (www.normes.be).

✍ Y. Grégoire, F. de Barquin et T. Vangheel, division 'Matériaux', CSTC

A la suite de la nouvelle norme NBN S 01-400-1, dont la version projet est parue au Moniteur Belge du 15 mars 2007, un cahier spécial portant sur les critères acoustiques pour les immeubles d'habitation a été joint au magazine CSTC-Contact n° 13. Le présent article s'attardera spécifiquement sur les exigences posées dans cette nouvelle norme en matière d'isolation acoustique des façades.

Une bonne isolation de façade est non seulement importante afin de maintenir à l'extérieur les bruits croissants provenant de l'environnement, mais aussi afin de garantir le respect de la vie privée à l'intérieur ou d'éviter que les bruits indirects ne se transmettent aux habitations voisines via la façade.

1 EVITER LES FUITES ACOUSTIQUES

De nos jours, une habitation moyenne présente une valeur d'isolation de façade typique de 27 dB. Il est cependant ressorti d'une enquête que cette valeur $D_{Atr,w}$ pourrait facilement grimper à 30 dB en obturant toutes les fuites et fentes. En règle générale, les fuites acoustiques apparaissent au niveau du joint entre les ouvrants et les dormants des menuiseries, mais aussi au niveau du raccord des éléments de construction entre eux. Dans certains cas, elles sont en outre inhérentes à l'élément de construction même.

Au moment colmater de telles fuites acoustiques, il importe de tenir compte du fait que plus la fuite est grande, plus la masse surfacique du matériau d'étanchéité doit être élevée (loi de masse). Etant donné que de petites fuites entraînent surtout des pertes d'isolation acoustique dans les hautes fréquences, l'isolement aux bruits aériens peut, dans ce cas, être sensiblement amélioré par l'utilisation de matériaux légers. En d'autres termes, des ouvertures allant jusqu'à 6 mm peuvent être obturées sans pro-

blème à l'aide de joints à base de mastic. Les joints d'une ouverture de 6 à 15 mm laissent toutefois passer les bruits de moyenne fréquence, de sorte qu'une masse surfacique plus élevée est nécessaire afin de garantir l'isolation acoustique (p. ex. mastic huileux). Si l'ouverture est encore plus large, il est recommandé de les refermer au moyen de bois ou d'enduit. Entre des parties fixes et ouvrantes, il y a lieu d'appliquer des joints d'étanchéité compressibles.

Outre la recherche de constructions étanches à l'air, il faut aussi garantir une ventilation suffisante des pièces. La mise en œuvre d'installations de ventilation peut toutefois soulever des problèmes pour l'isolation acoustique des façades. Dans ce cas, un choix judicieux du système de ventilation se révèle indispensable.

2 INFLUENCE DES MURS DE FAÇADE LOURDS

Les murs de façade en maçonnerie sont généralement constitués d'une paroi extérieure reliée à la paroi intérieure via de nombreux crochets. L'ensemble ne fonctionne donc pas comme une paroi acoustique double. Le choix de l'isolation thermique de la coulisse de la façade n'exerce dès lors pas d'influence sur les performances de telles parois. L'isolation acoustique de façades en maçonnerie massive est suffisamment importante pour que le transfert au travers de celles-ci soit négligeable. En d'autres termes, la mise en œuvre de cloisons de doublage du côté intérieur d'un mur de façade en maçonnerie massive en vue d'améliorer l'isolation acoustique est inutile, car le bruit passe principalement par les ouvertures présentes dans les façades (menuiseries et orifices de ventilation).

Isolation acoustique des façades

3 UNE BONNE CONCEPTION NÉCESSITE UN CALCUL CORRECT

Les fenêtres, les grilles de ventilation, les structures de toiture légères et les cloisons légères peuvent exercer une influence négative sur l'isolation de la façade. Les performances acoustiques de ces éléments de construction dépendent en effet de la fréquence et sont mesurées en laboratoire et caractérisées par un spectre d'indices d'atténuation du bruit R. Ce spectre peut être ramené à une valeur unique, dite 'pondérée', $R_w(C;C_{tr})$.

La valeur $R_w + C_{tr}$ est très importante pour le calcul de l'isolation de façade selon la norme belge NBN S 01-400-1. Grâce à la connaissance des valeurs $R_w + C_{tr}$ de chacun des éléments de façade, il est en effet possible de calculer la valeur d'isolation résultante de l'ensemble de la façade ($D_{Atr,w}$).

Le concepteur doit aussi réaliser le bon choix pour les différents éléments de construction afin de garantir que le calcul fournira une valeur qui satisfait aux exigences de la nouvelle norme. ■



www.cstc.be
LES DOSSIERS DU CSTC N° 2/2007

La version longue de cet article examinera plus en détail le calcul de l'isolation acoustique des façades ainsi que les solutions possibles afin d'y satisfaire.

✍ B. Ingelaere, M. Van Damme, L. De Geetere, C. Crispin et D. Wuyts, division 'Acoustique', CSTC

Tableau 1 Exigences en matière d'isolation des façades.

Type d'environnement en fonction du bruit extérieur incident sur le pan de façade i	Valeur exigée d'isolation de la façade (*) $D_{Atr,w,i} = D_{2m,nT,w,i} + C_{tr}$ [dB]			
	Living, cuisine		Chambres à coucher	
	Confort normal	Confort supérieur	Confort normal	Confort supérieur
Type 1 : $L_{A1,2m,i} \leq 60$ dB (p. ex. chemins calmes de campagne, lotissements à circulation locale, rues en ville à circulation réduite, avec façades protégées dans les autres environnements)	≥ 30 dB	≥ 30 dB	≥ 30 dB	≥ 30 dB
Type 2 : 60 dB < $L_{A1,2m,i} \leq 65$ dB (p. ex. rues asphaltées en ville avec trafic normal sur une seule bande de circulation dans chaque sens)	≥ 30 dB	≥ 32 dB	≥ 32 dB	≥ 35 dB
Type 3 : 65 dB < $L_{A1,2m,i} \leq 70$ dB (p. ex. trafic intense et lourd)	≥ 34 dB	≥ 36 dB	≥ 36 dB	≥ 39 dB
Type 4 : 70 dB < $L_{A1,2m,i}$ (p. ex. rues à trafic dense en ville, routes dont le revêtement est en béton et le trafic important, routes nationales, voies d'accès des grandes villes, routes de liaison avec des zones industrielles régulièrement fréquentées par des véhicules lourds)	≥ 38 dB	≥ 40 dB	≥ 40 dB	≥ 42 dB

(*) Quand au moins deux pans de façade sont orientés vers le même type d'environnement, leur isolement acoustique doit être augmenté de 2 dB.

Des canalisations métalliques sont encore régulièrement mises en œuvre dans les installations sanitaires. Il n'est pas rare que ces canalisations soient le siège d'une corrosion à la suite de décisions erronées en matière de conception, de choix des matériaux et d'utilisation ou d'entretien de l'installation. Le présent article a pour objectif de proposer un aperçu des principaux cas de corrosion dans les installations sanitaires en acier galvanisé.

✍ C. Callandt, assistante d'ingénieur principale, division 'Avis techniques', CSTC

1 INTRODUCTION

Des canalisations en acier courant ne peuvent être utilisées dans des installations sanitaires qu'à condition qu'elles soient dotées d'une couche de zinc. En effet, l'acier non protégé qui entre en contact avec de l'eau riche en oxygène est rapidement sujet à la rouille. Etant donné que le zinc constitue le partenaire idéal dans la lutte contre la corrosion de l'acier, la norme belge NBN EN 10240 mentionne, dans cette optique, une épaisseur de galvanisation minimale.

En vue de la formation de la couche complexe de patine protectrice, composée d'oxydes et d'hydroxydes de zinc (pentahydroxycarbonate de zinc), sur la paroi interne du tube, la composition de l'eau distribuée revêt une importance capitale.

Si la mise en service de l'installation sanitaire se déroule dans des conditions défavorables, la couche de zinc qui recouvre l'acier assurera la protection cathodique de ce dernier. Cette protection sacrificielle est possible parce que le zinc (métal moins noble) s'oxyde plus rapidement que l'acier (métal plus noble).

Etant donné que ce mécanisme implique que le zinc soit partiellement dissout, il est essentiel

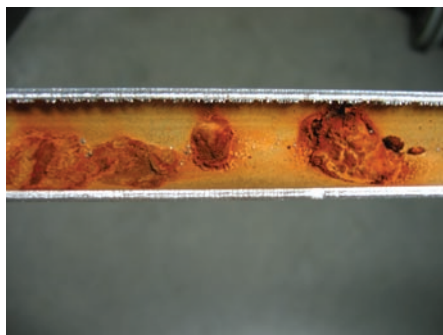


Fig. 1 Canalisation en acier galvanisé présentant une corrosion sous dépôts.

Corrosion des tuyauteries sanitaires en acier galvanisé

de limiter cette fonction de protection cathodique dans le temps. Dans le cas contraire, après disparition du zinc, l'acier va commencer à se corroder et conférer une teinte rouge à l'eau.

Publiée en 2004, la série de normes européennes EN 12502 relatives à la protection des métaux contre la corrosion dispose depuis janvier 2005 du statut de norme belge. Les divers facteurs de corrosion (les caractéristiques des matériaux, la qualité de l'eau, la conception, la mise en service, l'entretien et le fonctionnement de l'installation, p. ex.) ainsi que les différentes formes de corrosion y sont explicités.

2 LES FORMES LES PLUS COURANTES DE CORROSION

2.1 CORROSION LIÉE À LA COMPOSITION DE L'EAU

La composition de l'eau distribuée doit être conforme à la directive européenne 98/83/CEE (L330) concernant l'eau potable.

Lorsque l'eau distribuée arrive dans l'installation intérieure du bâtiment, elle subit un certain nombre de modifications physiques (pression, température, ...) qui peuvent avoir un impact sur la composition chimique de l'eau. D'autres traitements (adoucissements, p. ex.) peuvent également modifier la qualité de l'eau.

2.2 CORROSION ENGENDRÉE PAR LES DÉPÔTS DE PARTICULES SOLIDES

La pénétration de particules solides (sable, argile, limon, ...) entraînées par l'eau distri-

buée peut exercer une grande influence sur l'apparition d'un type de corrosion déterminé. La quantité de particules solides qui pénètrent dans l'installation peut par exemple augmenter en raison de travaux sur la conduite principale. L'assemblage et le stockage de tuyaux dans un environnement poussiéreux ou encore la pénétration de limaille de fer lors de leur usinage peuvent aussi faire en sorte que des particules solides se retrouvent dans l'installation.

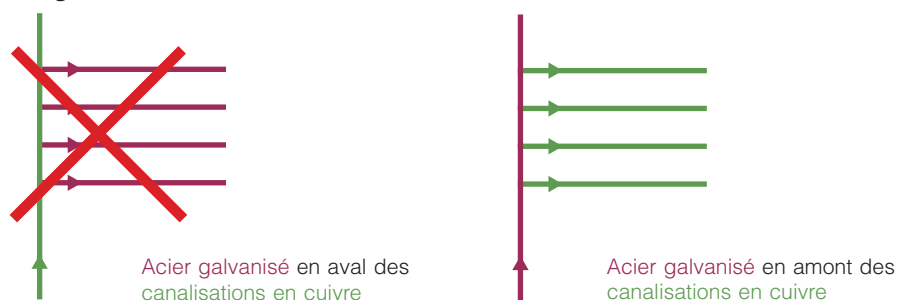
Ces particules solides peuvent se déposer sur la paroi interne du tuyau (et plus particulièrement dans les tronçons horizontaux), entraînant une corrosion par aération différentielle, aussi appelée corrosion sous dépôts.

Le cas échéant, la partie inférieure du tuyau présente des nodules de corrosion localisés, qui peuvent donner lieu au percement de la paroi du tube. Il ne s'agit en d'autres termes pas d'une diminution générale de l'épaisseur de la paroi, mais bien d'une perforation rapide et localisée (corrosion par piqûres).

2.3 CORROSION PAR FORMATION D'UNE PILE GALVANIQUE

Un phénomène de corrosion peut également faire son apparition du fait de la présence d'éléments en cuivre dans une installation comportant des canalisations galvanisées. C'est la raison pour laquelle il y a toujours lieu de veiller à ce que le cuivre soit mis en œuvre en aval de l'acier galvanisé. En effet, le risque de corrosion par formation d'une 'pile galvanique' n'existe que lorsque l'eau s'écoule d'une canalisation en métal noble (cuivre) vers un tuyau constitué par un métal moins no-

Fig. 2 Placement recommandé lors de l'utilisation de matériaux en cuivre et en acier galvanisé dans une installation sanitaire.



ble (acier galvanisé). Cela signifie que, dans un circuit fermé avec un retour, l'utilisation de tubes en cuivre est exclue.

Soulignons par ailleurs qu'il est erroné de penser que l'interposition d'un manchon isolant entre l'acier galvanisé et le cuivre permet d'éviter la corrosion galvanique susmentionnée.

La mise en œuvre d'un tel tronçon intermédiaire isolant n'est recommandée que dans le but d'éviter la corrosion de contact à l'endroit où les deux métaux se rencontrent. Par contre, dans des installations sanitaires présentant des éléments cuivreux en amont des canalisations galvanisées, ce manchon isolant n'exerce aucune influence sur la corrosion galvanique de l'acier.

2.4 CORROSION PAR COURANTS VAGABONDS

Les sources de courant (telles que les installations électriques ou les courants vagabonds provenant des lignes de tram, de train ou de métro mal isolées, ...) peuvent aussi être à l'origine de la corrosion des éléments métalliques avoisinants. Ce phénomène est appelé 'corrosion par courants vagabonds'.

Il s'agit d'une forme de corrosion externe moins courante qui donne lieu à une corrosion locale par piqûres.

2.5 CORROSION PAR DIFFÉRENCES DE POTENTIEL

Les parois externes d'un élément métallique peuvent être attaquées par des cellules corrosives locales si des différences de potentiel sont générées par une variation de la concentration en oxygène (aération différentielle).

Les bandes adhésives apposées autour des tuyaux encastrés (dans les murs ou les chapes, p. ex.) peuvent offrir une protection contre la corrosion durant la période de séchage. Ces matériaux d'enrobage ne présentent cependant qu'une résistance mécanique limitée et



Fig. 3 Corrosion externe par aération différentielle.

sont très vulnérables durant et après la pose des canalisations.

Si de l'humidité est toujours présente autour de la canalisation à un stade plus avancé, une corrosion par aération différentielle peut faire son apparition aux endroits où l'adhésif est endommagé. C'est la raison pour laquelle, même protégés, ces tuyaux doivent être conservés dans une ambiance sèche.

2.6 CORROSION LIÉE À DES FACTEURS MÉTALLURGIQUES

Lors de la fabrication de canalisations métalliques, diverses techniques de traitement peuvent engendrer certaines irrégularités du métal susceptibles d'influencer le processus de corrosion.

2.7 CORROSION PAR MICRO-ORGANISMES

Il s'agit là d'une forme moins connue de corrosion engendrée par des micro-organismes (aussi appelée MIC ou *microbiologically influenced corrosion*).

En règle générale, l'eau destinée au réseau d'eau courante doit être exempte de germes pathogènes. Le nombre de micro-organismes dans les canalisations d'eau peut toutefois augmenter par repousse sur un substrat approprié ou par infections via des fuites. Ces germes se fixent sur les parois sous la forme d'un biofilm au sein duquel ils peuvent facilement survivre et croître.

Un tel biofilm peut non seulement être responsable de l'obstruction des canalisations et de l'échangeur de chaleur, mais peut aussi entraîner leur corrosion.

3 MESURES PRÉVENTIVES ET CURATIVES

Dans certains cas, la corrosion peut être évitée, si l'on tient compte, dès la conception, d'un certain nombre d'aspects généraux (température, choix du matériau, ...). Ces mesures préventives seront examinées en détail dans la version longue du présent article. Toutefois, malgré ces mesures, il n'est pas toujours possible d'exclure complètement le risque de corrosion.

Ainsi, on sera parfois contraint de passer à un traitement chimique au moyen d'inhibiteurs, telle l'injection de phosphate pour des applications sanitaires, basée sur la formation d'un film protecteur à la surface du métal. Pour d'autres éléments constitutifs plus petits de l'installation (éléments de tuyau difficilement accessibles, ...), il est possible d'apposer localement un coating organique (époxy, p. ex.) dans les tuyaux.

4 CONCLUSION

Etant donné la complexité de la problématique de la corrosion des tuyauteries sanitaires en acier galvanisé et les multiples paramètres qui doivent être pris en compte dans ce contexte, il n'est pas étonnant que chaque cas de corrosion particulier nécessite une enquête judicieuse en vue de rassembler les informations nécessaires à la conception, au bon fonctionnement et à l'entretien de l'installation.

Il importe ici de souligner que le CSTC peut fournir à ses ressortissants un formulaire de demande d'avis technique ainsi qu'un formulaire type relatif à la corrosion dans les canalisations d'eau chaude et d'eau froide.

En cas de demande d'avis en matière de corrosion dans les canalisations sanitaires, les entrepreneurs sont invités à envoyer un échantillon de la canalisation concernée d'une longueur d'environ 50 cm (et présentant de préférence une fuite), en précisant le sens d'écoulement et la génératrice supérieure de la canalisation (partie supérieure du tuyau). ■



DOCUMENTS UTILES

- NBN EN 10240 Revêtements intérieur et/ou extérieur des tubes en acier. Spécifications pour revêtements de galvanisation à chaud sur des lignes automatiques. Bruxelles, NBN, 1998.
- NBN EN 12502-1 à 5 Protection des matériaux métalliques contre la corrosion. Recommandations pour l'évaluation du risque de corrosion dans les installations de distribution et de stockage d'eau. Bruxelles, NBN, 2005.
 - Partie 1 : Généralités.
 - Partie 2 : Facteurs à considérer pour le cuivre et les alliages de cuivre.
 - Partie 3 : Facteurs à considérer pour les métaux ferreux galvanisés à chaud.
 - Partie 4 : Facteurs à considérer pour les aciers inoxydables.
 - Partie 5 : Facteurs à considérer pour la fonte, les aciers non alliés et faiblement alliés.



www.cstc.be

LES DOSSIERS DU CSTC N° 2/2007

La version longue du présent article abordera de façon plus détaillée les mesures préventives susceptibles d'être prises afin de prévenir la corrosion des tuyauteries sanitaires en acier galvanisé.

Dans les nouvelles constructions, les espaces enterrés sont de plus en plus souvent aménagés en garage, en cave ou en locaux habitables dotés de finitions sensibles à l'humidité. Le présent article fait le point sur les systèmes de protection envisageables et plus particulièrement sur l'étanchéité offerte par des constructions enterrées en béton armé.

✍ *P. Montariol, ing., conseiller principal, division 'Avis techniques', CSTC*
W. Van de Sande, ing., chef du département 'Avis techniques et Consultance', CSTC
B. Parmentier, ir., chef adjoint de la division 'Géotechnique et Structures', CSTC

1 INTRODUCTION

Lorsqu'on est confronté à des ouvrages en contact avec le sol, il y a lieu d'accorder une attention particulière à leur protection contre l'humidité. La destination et la finition intérieure des locaux enterrés doivent être clairement définies afin que l'on puisse prévoir une protection adaptée, tant lors de leur conception que lors de leur réalisation. La conception ne sera donc pas identique pour un garage enterré ou une cave traditionnelle que pour un espace aménagé (bureau, cabinet médical, ...) dont les parachèvements intérieurs sont immanqua-

blement sensibles à l'humidité. Le tableau 1 fournit un aperçu des systèmes de protection des constructions enterrées envisageables selon les situations.

Le présent article a pour but de clarifier la situation en matière d'étanchéité à l'eau des constructions enterrées en béton armé coulé sur place ou constituées d'éléments préfabriqués en béton, et ce en tenant compte des prescriptions de l'Eurocode 2 (NBN EN 1992-3).

2 CLASSES D'ÉTANCHÉITÉ

Pour couvrir les différents domaines d'application, la norme NBN EN 1992-3 définit quatre classes d'étanchéité (cf. tableau 2, p. 10).

Etant donné l'impact important qu'elle exerce sur la conception ultérieure et le dimensionnement, le concepteur doit toujours déterminer préalablement la classe d'étanchéité d'une construction enterrée.

Etanchéité des constructions enterrées en béton armé

La classe d'étanchéité 0 porte sur du béton armé simple et ne peut être retenue qu'au cas où l'eau qui s'infiltrerait inévitablement n'entraîne aucune gêne ou si elle peut être canalisée ou évacuée. Si l'on considère que, pour la classe 1, on assistera vraisemblablement à une autococtratisation des fissures traversantes (par colmatage progressif), la classe d'étanchéité 2 n'autorise par contre aucune fissure traversante, sauf si des mesures particulières ont été prises. La classe d'étanchéité 3, pour laquelle aucune fuite n'est admise, est généralement atteinte au moyen de béton précontraint.

3 CAUSES DES PERCOLATIONS D'EAU AU TRAVERS D'UNE STRUCTURE EN BÉTON ARMÉ

Bien qu'il soit fréquemment fait usage de béton armé comme matériau de base pour l'exécution de structures étanches, il est cependant primordial de considérer que ce type de constructions nécessite non seulement un

Tableau 1 Systèmes envisageables pour protéger les constructions enterrées contre les infiltrations d'eau.

Paramètres à contrôler				Système de protection envisageable
Reconnaissance du sol	Perméabilité du sol	Inclinaison du terrain autour du bâtiment	Finition intérieure sensible à l'humidité (1)	
Le niveau de la nappe phréatique se situe en permanence sous le plancher de la cave	Élevée (sol sablonneux sur une hauteur empêchant tout risque de pression d'eau sur la paroi - situation très rarement rencontrée dans la pratique)	A partir du bâtiment	Non (voir a)	Enduit au ciment du côté extérieur + émulsion bitumineuse (a)
			Oui (voir b)	
	Faible (sol argileux sur toute la hauteur de la cave ou sur une partie de celle-ci)	Horizontale ou vers le bâtiment	Non (voir c)	Membrane empêchant le transport d'humidité par capillarité ou diffusion (b) (2)
			Oui (voir b)	
	A partir du bâtiment	Horizontale ou vers le bâtiment	Non (voir c)	Enduit au ciment du côté extérieur + système de drainage horizontal et vertical (c)
			Oui (voir e)	
Non (voir c)	Oui (voir e)	Non (voir c)	Cuvelage étanche : - structure en béton coulé sur place, complétée éventuellement par des injections (d)	
		Oui (voir e)		
Le niveau de la nappe phréatique se situe (temporairement) au-dessus du niveau de la cave	Non (voir d)	Non (voir d)	- cuvelage rigide (2) du côté intérieur (d)	
		Oui (voir e)	Cuvelage souple (4) (e)	

(1) Les lettres entre parenthèses renvoient à la protection minimale qu'il y a lieu de prévoir. Il est évident que toute classe de protection plus performante est autorisée pour une sollicitation donnée. Les performances du système sont croissantes de la lettre 'a' à la lettre 'd'.

(2) Il s'agit d'un enduit en deux couches minimum qui reste continuellement visible afin de permettre des réparations (rendues nécessaires en raison d'un retrait, de tassements, ... inévitables). Le liant peut être à base de ciment ou de résines. Le support doit être sain et posséder une résistance mécanique suffisante.

(3) Dans certains cas, lorsque la cave se situe en permanence au-dessus du niveau de la nappe phréatique et qu'il n'y a pas de pression d'eau, on peut se contenter de prévoir une membrane qui empêche le transport d'humidité (par capillarité ou diffusion) tout en prenant des dispositions pour que celle-ci ne soit pas dégradée lors des travaux ultérieurs.

(4) Il convient dans ce cas d'utiliser des membranes étanches à l'eau et à la vapeur (p. ex. à joints soudés). Celles-ci peuvent être appliquées du côté extérieur contre la structure à rendre étanche à l'eau, puis être protégées de toute dégradation due à l'apport de terres. Elles peuvent également être mises en œuvre du côté intérieur, la structure à rendre étanche à l'eau étant réalisée ultérieurement.

Tableau 2 Classification de l'étanchéité des structures en béton selon la NBN EN 1992-3.

Classe d'étanchéité	Exigences en matière de fuite
0	Un certain débit de fuite admissible, ou fuite de liquides sans conséquence
1	Fuites limitées à une faible quantité. Quelques taches ou plaques d'humidité en surface admises
2	Fuites minimales. Aspect non altéré par des taches
3	Aucune fuite admise

matériau étanche, mais aussi une conception globale étanche, en ce compris les joints de reprise et les fissures éventuelles.

Il existe trois causes potentielles de transfert d'humidité au travers d'une structure en béton :

- la perméabilité du béton (même si cette dernière est généralement limitée)
- les fissures éventuelles
- les joints présents dans la structure.

Le tableau 3 fournit une comparaison de l'ordre de grandeur du débit de fuite au travers d'une paroi en béton armé, compte tenu du mode de transfert de l'eau. Ce rapport démontre qu'il est essentiel d'agir de manière adéquate lors de la conception et de l'exécution de l'ouvrage, et ce en fonction de l'étanchéité souhaitée.

L'apparition de fissures n'est pas anormale, même dans des constructions en béton armé. Ce phénomène est généralement dû à des déformations inévitablement entravées (retrait de séchage, retrait thermique, ...) et aux contraintes de traction qui naissent dans les planchers et les parois en béton travaillant en flexion.

Ces contraintes de traction peuvent être maîtrisées en dotant la structure en béton d'une armature efficace, ce qui permettra de réduire la largeur des fissures. Dans la pratique, toutefois, on constate souvent que le pourcentage d'armatures dans les parois en béton est à ce point limité (moins de 0,15 %) que le terme 'béton armé' ne s'y applique plus. Un béton ainsi conçu n'entre même pas en ligne de compte pour la classe d'étanchéité 0.

Tableau 3 Ordre de grandeur du débit de fuite à travers une paroi en béton armé, compte tenu de la méthode de transport [Bomhard].

Méthode de transport	Ordre de grandeur
Via le béton	1
Via les fissures	10.000
Via les joints n'ayant pas été mis en œuvre correctement	10.000.000

En d'autres termes, il est extrêmement important d'inclure ces aspects dans l'étude préalable à l'exécution des travaux.

4 MAÎTRISE DE L'ÉTANCHÉITÉ

Bien que cette problématique fasse l'objet d'une future Note d'information technique traitant de la conception et de l'exécution de structures étanches en béton, il nous paraît utile de rappeler succinctement les quelques mesures qui peuvent être prises afin de maîtriser au mieux l'étanchéité des ouvrages en béton armé.

4.1 TECHNOLOGIE DU BÉTON

Lorsque l'étanchéité de l'ouvrage enterré doit être assurée par l'utilisation unique de béton armé, il est capital d'accorder une attention suffisante à la conception et au calcul corrects de la structure pour limiter les reprises de bétonnage et les fissurations.

L'article 'Fissuration des murs en béton armé : causes et remèdes possibles (CSTC-Magazine 4/1995) a déjà abordé de manière détaillée les divers paramètres à l'origine des fissurations caractéristiques, plus ou moins verticales, qui apparaissent dans les parois des cuves en béton. Les mesures préventives qui en découlent visent principalement :

- la limitation de la différence de retrait entre la dalle et les parois
- la réduction de l'élévation de la température du béton durant la prise du ciment.

Pour diminuer la différence de retrait entre la dalle et les parois, il importe de limiter autant que possible l'intervalle de temps entre leur exécution. Au cours de cette période, il y a en outre lieu d'essayer de retarder autant que possible le retrait de la dalle coulée en premier (en la maintenant humide, p. ex.). Après leur mise en œuvre, les parois peuvent à leur tour être protégées sur une face (à l'aide d'un film PE ou d'un produit de cure) de sorte que, tout comme la dalle, elles ne sèchent que d'un côté.

Le choix d'une composition *ad hoc* du béton

ainsi qu'une mise en œuvre appropriée sont essentiels en matière d'étanchéité. Il est ainsi conseillé d'opter pour une famille de ciment possédant une faible chaleur d'hydratation afin de ne pas augmenter inutilement la température du béton.

En théorie, on considère comme étanche à l'eau un béton qui présente un rapport E/C de 0,45-0,50 et une classe de résistance en compression supérieure ou égale à C30/37. Une ouvrabilité élevée, éventuellement obtenue par l'ajout d'adjuvants appropriés, et un serrage énergique du béton permettent d'assurer une meilleure compacité du béton et, par conséquent, une meilleure étanchéité de celui-ci.

Les joints constituant bien souvent un point sensible des structures en béton, il est important d'en limiter le nombre et d'employer des matériaux adéquats pour les réaliser. Quels que soient le type de joint et le type de structure, il faut que ces joints restent fonctionnels au cours de la durée de vie de l'ouvrage et ce, même après d'éventuels mouvements cycliques d'ouverture et de fermeture du joint. Les matériaux généralement utilisés pour remplir ces fonctions de joints étanches sont de nature synthétique (PVC ou caoutchouc SBR), métallique (feuillard en acier) ou hydrogonflante (bentonite, p. ex.). L'écartement des joints peut être évalué sur la base de deux concepts s'appuyant, pour l'un, sur la contrainte minimale (joints rapprochés) afin de favoriser au maximum le mouvement libre et, pour l'autre, sur la contrainte maximale (joints espacés) nécessitant dans ce cas l'utilisation d'un béton suffisamment armé.

4.2 UTILISATION DE SYSTÈMES DE PROTECTION SUPPLÉMENTAIRES

Parmi les protections supplémentaires, on distingue les systèmes rigides (cimentage, enduits résineux, ...) et les systèmes souples (membranes et rubans d'étanchéité). Ces différents types de protection, présentés dans les NIT 147, 190 et 210 du CSTC, peuvent dans certains cas être combinés à un système de drainage permettant de limiter la pression d'eau sur les constructions enterrées. ■



DOCUMENTS UTILES

- Dalles de béton étanches aux liquides : conception et mise en œuvre. Les Dossiers du CSTC, 2004/4, Cahier n° 11
- Voiles et dalles en béton pour applications étanches aux liquides. Conception et calcul selon l'Eurocode 2. Les Dossiers du CSTC, 2005/4, Cahier n° 8
- Bomhard H., Concrete and environment. An introduction. Budapest, FIP-symposium, vol. 1, 1992.

Lors de la détermination de la performance énergétique d'un bâtiment, il y a lieu de tenir compte des pertes d'énergie de l'installation de chauffage. Cet article explique ce que l'on entend précisément par le rendement de système, d'émission, de distribution et de stockage de l'installation et indique la manière dont ces rendements peuvent être calculés à l'aide du logiciel PEB (pour la Flandre).

1 LE RENDEMENT DU SYSTÈME : BREF APERÇU

Le fonctionnement d'une installation de chauffage placée dans un secteur énergétique déterminé du bâtiment s'accompagne toujours de pertes d'énergie, c'est-à-dire des pertes ne contribuant pas au réchauffement du secteur concerné.

Les pertes d'énergie considérées dans le cadre de la réglementation PEB flamande (PEB = performance énergétique des bâtiments) sont subdivisées en trois catégories :

- pertes dues au système d'émission de chaleur
- pertes engendrées par le système de distribution de chaleur
- pertes attribuées au système de stockage de chaleur.

Pour chacune de ces catégories, il est possible de déterminer un rendement partiel, à savoir le rendement d'émission η_{em} , le rendement de distribution η_{distr} et le rendement de stockage η_{stor} , dont le produit est ensuite repris dans les calculs comme un terme constant de moyenne saisonnière appelé rendement du système η_{sys} :

$$\eta_{sys} = \eta_{em} \times \eta_{distr} \times \eta_{stor}$$

2 CALCUL DU RENDEMENT DU SYSTÈME À L'AIDE DU LOGICIEL PEB

Afin de déterminer le rendement du système à l'aide du logiciel PEB, le concepteur doit remplir dans l'écran destiné à cet effet quatre champs dont le contenu et le résultat de calcul sont communiqués à l'entrepreneur par le rapporteur via le formulaire PEH (PEH = performance énergétique des habitations). Ces champs sont décrits de façon détaillée ci-après.

2.1 NATURE DU SYSTÈME DE CHAUFFAGE

Dans le premier champ, il y a lieu d'indiquer

Détermination du rendement des installations de chauffage

Tableau 1 Valeurs de calcul du rendement d'émission d'un chauffage central.

Régulation de la température intérieure	Régulation de la température de départ du fluide caloporteur	
	Valeur de consigne constante	Valeur de consigne variable
Décentralisée (par pièce)	0,87	0,89
Centralisée (pour l'ensemble du secteur énergétique)	0,85	0,87

la nature du système de chauffage. On distingue :

- le chauffage local (décentralisé) : la chaleur est diffusée dans la pièce où elle est produite (poêles, convecteurs électriques, ..., p. ex.)
- le chauffage central : chaleur produite de manière centralisée (chaudière, p. ex.) et transportée vers toutes les pièces au sein du secteur énergétique via un fluide caloporteur (eau ou air)
- le chauffage collectif : ces systèmes fonctionnent de la même manière qu'un chauffage central, mais peuvent desservir plusieurs secteurs énergétiques en même temps (chauffage collectif dans un immeuble à appartements, p. ex.).

En cas de combinaison de différents systèmes de chauffage, il importe de tenir compte du rendement le plus bas.

2.2 RENDEMENT D'ÉMISSION DU SYSTÈME (η_{em})

Le rendement d'émission peut être défini comme le rapport moyen saisonnier entre la chaleur utile émise par les corps de chauffe d'un secteur énergétique donné et leur émission calorifique totale.

Ce rendement comprend non seulement les déperditions thermiques inutiles des corps de chauffe, mais aussi les pertes résultant d'un mauvais réglage, et est dépendant des paramètres décrits ci-après.

2.2.1 Types de système d'émission

En cas de chauffage local (décentralisé), la valeur de calcul du rendement d'émission (η_{em}) est déterminée de façon forfaitaire selon l'appareil choisi (p. ex. 0,82 pour un poêle au bois ou au charbon, 0,87 pour un poêle au gaz ou au mazout, 0,96 pour un radiateur électrique ou un convecteur à régulation électronique, ...).

Pour un chauffage central, la valeur de calcul du rendement d'émission peut être déterminée de deux façons différentes :

- soit de manière forfaitaire, compte tenu de la régulation de la température intérieure et de la température de départ du fluide caloporteur (voir tableau 1)
- soit par le biais d'un calcul détaillé.

Enfin, en présence d'un chauffage collectif, la valeur de calcul du rendement d'émission est déterminée de la même façon que pour le chauffage central, mais il y a lieu en outre de prendre en compte le système de répartition des frais de chauffage (voir § 2.2.4).

2.2.2 Valeurs de calcul du rendement d'émission d'un chauffage central

Le tableau 1 fournit un résumé des valeurs de calcul du rendement d'émission pour un chauffage central. Les éléments qui y figurent seront explicités dans la suite du texte.

✍ J. Schietecat, ing., chef du laboratoire 'Techniques de chauffage et de Climatisation', CSTC

□ *Régulation de la température intérieure*

Pour un chauffage central (à air ou à eau), il importe d'indiquer si la régulation de la température intérieure est réalisée de façon centralisée (pour l'ensemble du secteur énergétique) ou décentralisée (par pièce).

Une régulation décentralisée signifie que l'émission de chaleur dans toutes les pièces du secteur énergétique concerné est fixée de telle sorte que l'apport de chaleur diminue ou soit stoppé automatiquement dès lors que la valeur de consigne de la température intérieure est atteinte.

Une régulation centralisée implique que la température intérieure soit déterminée par un seul thermostat central (dans un local de référence) et qu'aucun moyen de régulation ne soit prévu dans les pièces restantes. Cela entraîne un rendement d'émission moins favorable qu'en cas de régulation décentralisée.

□ *Valeur de consigne de la température de départ*

Dans le cas d'un chauffage central, la valeur de consigne de la température de départ dans le système de distribution est variable lorsqu'elle fluctue avec la température extérieure. Cela entraîne un meilleur rendement d'émission qu'avec une valeur de consigne constante.

2.2.3 *Mise en œuvre d'un corps de chauffe devant un vitrage*

Si un corps de chauffe du secteur énergétique est mis en œuvre entièrement ou partiellement devant un vitrage, une grande quantité de chaleur est susceptible de s'échapper vers l'environnement extérieur.

Cet effet est automatiquement pris en compte par le logiciel via une diminution des rendements d'émission de chaleur mentionnés au tableau 1 d'une valeur fixe de 0,08.

2.2.4 *Répartition des frais de chauffage sur la base d'une consommation réelle individuelle*

Pour un chauffage collectif, la valeur de calcul du rendement d'émission est déterminée de la même manière que pour un chauffage central.

Dans ce cas, on tient compte également du système de répartition des frais de chauffage (qui comprend ou non un appareil de comptage de la consommation réelle individuelle dans chaque logement).

C'est pourquoi les valeurs forfaitaires du rendement d'émission indiquées au tableau 1 sont

réduites en les multipliant par :

- un facteur de 0,95 lorsque la répartition des frais de chauffage est réalisée dans chaque logement sur la base d'un système de mesure approuvé
- un facteur de 0,85 si une telle répartition des frais n'est pas effectuée.

2.3 **RENDEMENT DE DISTRIBUTION DU SYSTÈME (η_{distr})**

Le rendement de distribution (η_{distr}) représente le rapport moyen saisonnier entre la chaleur totale transmise au secteur énergétique par les corps de chauffe et la chaleur transférée au système de distribution par l'installation de production et/ou la cuve de stockage. Ce rendement de distribution peut aussi bien être déterminé de manière forfaitaire que par calcul.

Lorsque toutes les canalisations ou conduites d'un chauffage central sont situées du côté intérieur par rapport à la couche d'isolation du volume protégé, l'ensemble des pertes des conduites bénéficieront au secteur énergétique considéré ($\eta_{distr} = 1$). Si une partie des canalisations est située dans l'environnement extérieur ou dans une pièce avoisinante non chauffée, une perte de rendement de 5 % est prévue de manière forfaitaire pour le système de distribution ($\eta_{distr} = 0,95$). Ceci vaut également si les conduites de chauffage sont intégrées dans l'épaisseur de la couche d'isolation.

Ce facteur n'est pas d'application pour un chauffage local, étant donné qu'aucune perte de distribution ne survient dans ce cas.

Les valeurs de calcul forfaitaires du rendement de distribution sont indiquées au tableau 2.

Tableau 2 Valeurs de calcul forfaitaires du rendement de distribution.

Type d'installation de chauffage	Rendement de distribution η_{distr}
Chauffage décentralisé	1,00
Chauffage central et chauffage collectif : – toutes les conduites se situent dans le volume protégé ⁽¹⁾ – une partie des conduites se situe hors du volume protégé ⁽²⁾	1,00 0,95

⁽¹⁾ Dans ce cas, toutes les conduites sont situées entre l'environnement intérieur protégé et la couche possédant la résistance thermique la plus élevée faisant partie d'une paroi de l'enveloppe du bâtiment.
⁽²⁾ Ce cas est aussi d'application lorsque les conduites situées hors du volume protégé sont isolées. L'alternative serait de réaliser un calcul détaillé afin d'obtenir un rendement de distribution plus favorable.

2.4 **RENDEMENT DE STOCKAGE DU SYSTÈME (η_{stor})**

Si l'énergie calorifique est temporairement stockée dans un réservoir tampon, le rendement de stockage représente le rapport moyen saisonnier entre la chaleur transférée au système de distribution et la chaleur transmise par le système de production à la cuve de stockage.

La présence de réservoirs tampons assurant le stockage de la chaleur destinée au chauffage des locaux, qu'ils soient dissociés ou intégrés à la chaudière, doit être signalée.

Si tous les réservoirs tampons sont placés dans le volume protégé, l'ensemble des pertes de chaleur bénéficieront au secteur énergétique considéré ($\eta_{stor} = 1$).

Par contre, si au moins un réservoir tampon se situe en dehors du volume protégé (dans l'environnement extérieur ou dans une pièce avoisinante non chauffée), on prévoit une perte de rendement de 3 % de manière forfaitaire pour le système de stockage ($\eta_{stor} = 0,97$).

Les valeurs de calcul forfaitaires du rendement de stockage sont stipulées au tableau 3.

3 **LES PORTAILS WALLON ET FLAMAND DE L'ÉNERGIE**

Pour plus d'informations concernant l'application de la réglementation PEB en Wallonie et en Flandre, nous renvoyons le lecteur intéressé vers les portails des régions : energie.wallonie.be et www.energiesparen.be. ■

Tableau 3 Valeurs de calcul forfaitaires du rendement de stockage.

Stockage dans un ou plusieurs réservoirs tampons	Rendement de stockage η_{stor}
Pas d'application	1,00
D'application : – dans le volume protégé – hors du volume protégé	1,00 0,97

Afin de répondre aux réglementations régionales portant sur la performance énergétique des bâtiments déjà d'application ou qui le seront dans un avenir proche, le présent article examine la problématique de l'isolation thermique des planchers dits 'lourds'.

1 INTRODUCTION

De manière générale, il existe une grande diversité d'isolants permettant d'isoler un plancher lourd. Il peut s'agir tant de produits se présentant sous la forme de panneaux (laine minérale, mousse synthétique, verre cellulaire, ...) que d'une mousse projetée (polyuréthane, p. ex.) ou d'un béton léger (béton à base de granulés de polystyrène ou de vermiculite expansée, p. ex.) ou encore de granules ou granulats en vrac (argile expansée, p. ex.). Dans tous les cas, il importe de veiller à la siccité de l'isolant dont les performances seront réduites par la présence éventuelle d'humidité. Susceptible de modifier sensiblement la conductivité thermique des matériaux, cette humidité peut provenir des couches sous-jacentes et migrer par capillarité au sein de la couche isolante ou résulter de l'eau utilisée pour le gâchage d'un béton léger. Dans les deux cas précités, des dispositions constructives doivent être prises pour ne pas pénaliser la résistance thermique du complexe plancher. C'est ainsi qu'une distinction peut être réalisée, selon qu'il s'agit d'un plancher sur terre-plein ou non.

2 PLANCHER SUR TERRE-PLEIN

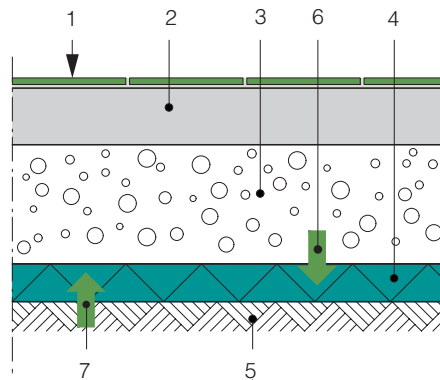
Dans le cas d'un plancher sur terre-plein, des membranes anticapillaires doivent être disposées sous et sur l'isolant, de manière à freiner la migration d'humidité et à réduire le risque d'humidification directe (voir figures 1 et 2). Ce principe doit également être respecté lorsque l'isolant est posé directement sous la chape (chape flottante). Il n'est toutefois pas d'application en présence de PUR projeté, qui doit adhérer à son support.

3 PLANCHER AUTOPORTANT

Le risque d'humidification est moindre lors d'une telle conception, en particulier lorsque l'isolant se présente sous la forme de panneaux collés et/ou fixés mécaniquement à la sous-face de la dalle portante ou des hourdis. Le cas échéant, aucune disposition particulière n'est à prendre, dans la mesure où le séchage des couches supérieures n'est nullement entravé. La nécessité de prévoir une membrane anticapillaire entre l'isolant et la chape lorsque cette

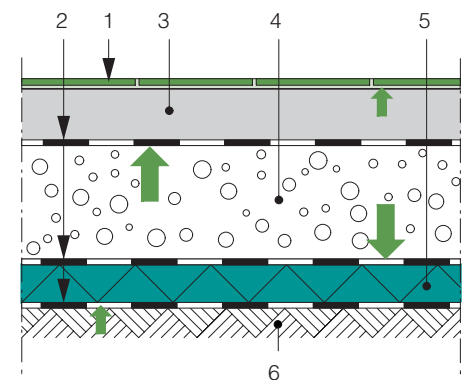
Isolation thermique des planchers lourds

Fig. 1 Exemple de migration d'humidité en provenance des terres ou des couches supérieures.



- | | |
|------------------------|---------------------------------|
| 1. Revêtement de sol | 6. Eau en provenance du béton |
| 2. Chape | 7. Eau en provenance des terres |
| 3. Béton de fondation | |
| 4. Isolation thermique | |
| 5. Terre-plein | |

Fig. 2 Position éventuelle des membranes anticapillaires pour freiner la migration d'humidité.



- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1. Revêtement de sol | 4. Béton de fondation |
| 2. Membrane | 5. Isolation thermique |
| 3. Chape armée | 6. Terre-plein |

dernière est flottante est, quant à elle, davantage dictée par la volonté d'assurer une indépendance de la chape vis-à-vis de son support, d'empêcher toute pénétration de laitance dans l'isolant ou dans les joints entre les panneaux, voire de réduire le risque d'humidification ultérieure du revêtement de sol (parquet, p. ex.).

La pose d'une membrane anticapillaire sous l'isolant peut néanmoins s'imposer lorsque les possibilités de séchage de la dalle sous-jacente sont réduites (finition étanche à la vapeur en sous-face, p. ex.) ou lorsque la pression de vapeur régnant dans les locaux sous-jacents est importante (piscine, p. ex.).

REMARQUES

- Une attention particulière doit être accordée au traitement des raccords du plancher avec les parois verticales. Selon le système constructif choisi, la pose d'un bloc isolant à la base des murs peut s'avérer nécessaire afin d'éviter tout pont thermique à cet endroit.
- Quoique susceptibles de présenter une conductivité thermique λ relativement faible à l'état sec, les bétons légers sont généralement inappropriés pour assurer à eux seuls l'isolation thermique d'un complexe plancher et répondre aux exigences des réglementations :
 - à résistance thermique équivalente (voir formule § 6), l'épaisseur du béton léger sec sera, dans le meilleur des cas, trois à quatre fois plus élevée que celle d'un isolant traditionnel
 - la quantité d'eau utilisée pour la mise en œuvre du béton léger est souvent importante, de même que le temps de séchage requis pour atteindre l'état de siccité attendu. Ce temps sera par ailleurs fortement tributaire de la perméabilité à la vapeur des couches supérieures et inférieures; il pourra se révéler particulièrement long en présence de membranes anticapillaires.
- Les membranes anticapillaires peuvent être constituées de films de polyéthylène d'une épaisseur minimale de 0,2 mm posés avec un chevauchement de 20 cm. Elles ne peuvent cependant pas s'opposer à une pression d'eau.
- Lorsque l'isolant est soumis à des charges (chape flottante, p. ex.), il importe de respecter les recommandations formulées dans la NIT 189 en matière de déformation sous charge et de résistance au poinçonnement.
- Certains panneaux d'isolation pour chapes flottantes sont pourvus, dès leur fabrication, d'une couche de protection permettant de se limiter au traitement des joints au moyen de bandes autocollantes. Lorsqu'il s'agit d'un isolant projeté, une couche de protection est prévue ou non en fonction des directives formulées dans l'agrément technique (ATG).

4 NIVEAU D'ISOLATION THERMIQUE À ATTEINDRE PAR LES PLANCHERS

Dans les trois Régions, les exigences en termes d'isolation thermique des planchers sont exprimées au moyen du coefficient de transmission thermique maximal U (W/m^2K) ou d'une résistance thermique minimale R (m^2K/W) calculés selon la norme NBN B 62-002. Les valeurs limites renseignées dans le tableau 1 ci-après ne sont cependant pas toujours opposables l'une à l'autre. En Région flamande, la résistance thermique du sol (conformément à la norme NBN EN 13-370 ou au Rapport n° 7 du CSTC) est effectivement prise en considération dans le calcul des planchers sur terre-plein, tandis qu'elle ne l'est pas en Wallonie ou à Bruxelles. Les valeurs U maximales exigées sont donc logiquement différentes pour ces deux dernières Régions.

5 CHOIX DE L'AUTEUR DE PROJET ET DE L'ENTREPRISE EN CHARGE DES TRAVAUX

Les réglementations thermiques sont l'affaire de tous et il importe que l'échange d'informations entre les partenaires à l'acte de bâtir soit optimal. En considérant leurs missions respectives, nous proposons ci-après quelques principes directeurs :

- l'auteur de projet est normalement amené à :
 - établir une composition de plancher répondant au minimum aux exigences de la réglementation en fonction de la situation rencontrée. Un calcul détaillé de la performance thermique de cette composition et une vérification de sa conformité aux exigences peuvent être réalisés grâce à des logiciels spécifiques
 - communiquer à l'entreprise la composition qu'il a retenue en spécifiant la nature des matériaux et la résistance thermique de chacune des couches constitutives du plancher
 - vérifier la conformité à la réglementation de toute composition alternative proposée par l'entreprise ou le donneur d'ordre
 - contrôler la qualité de la mise en œuvre et la conformité de la réalisation à ses prescriptions et/ou aux clauses contractuelles

- l'entreprise en charge des travaux doit par ailleurs s'engager à :
 - répondre aux prescriptions du cahier spécial des charges en mettant en œuvre les matériaux conformes à ce dernier et ce, dans les épaisseurs prescrites
 - éventuellement proposer une composition alternative (voir § 6) permettant d'atteindre au minimum la performance thermique prise en compte par l'auteur de projet, et soumettre cette composition pour approbation à ce dernier.

6 VARIANTE PROPOSÉE PAR L'ENTREPRISE

Si l'entreprise en a reçu la possibilité, elle peut soumettre à l'auteur de projet une composition alternative dont le niveau de performance thermique (à savoir, le coefficient de transmission thermique U ou la résistance thermique R) est respectivement inférieur ou supérieur à celui pris en compte dans le projet.

Pour ce faire, la formule suivante permet de calculer la résistance thermique totale du plancher sur la base de la résistance thermique individuelle de chacune des couches :

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

dans cette formule, on a :

- R_T : la résistance thermique totale du plancher en m^2K/W
- R_{si} et R_{se} : les résistances thermiques d'échange, respectivement aux faces interne et externe du plancher (en m^2K/W)
- R_1, R_2, \dots, R_n : les résistances thermiques des différentes couches entrant dans la composition du plancher (en m^2K/W)
- $R_i = d/\lambda_i$: la résistance thermique d'une couche homogène i se calcule en rapportant son épaisseur (d , exprimée en m) à la valeur de la conductivité thermique λ_i (W/mK) du matériau la constituant.

Les alternatives susceptibles d'être présentées portent essentiellement sur le remplacement et/ou la modification de l'épaisseur de l'isolant, voire de la couche éventuelle de béton léger, mais ne peuvent normalement pas concerner l'élément porteur.

L'entrepreneur peut dès lors se limiter à vérifier si, en divisant l'épaisseur d par le coefficient λ , la résistance thermique ainsi obtenue pour la couche dont il a proposé le remplacement est bel et bien supérieure à celle retenue par l'auteur de projet pour cette même couche.

A toutes fins utiles, nous avons repris au tableau 2 les valeurs λ pour les isolants thermiques susceptibles d'être mis en œuvre dans les planchers, et ce en prenant en compte le niveau de certification du matériau retenu.

Pour faciliter la tâche des professionnels dans leur choix, le tableau 3 reprend les résistances thermiques des isolants en fonction de leur conductivité thermique et de leur épaisseur.

Dans l'éventualité où l'entreprise propose une alternative pour deux ou plusieurs couches entrant dans la composition du plancher, elle veillera à ce que la somme des résistances

REMARQUES

- Dans le cas où des fixations mécaniques traversent l'isolant et que celles-ci sont en métal (p. ex. fixation de l'isolant à la face inférieure du plancher porteur), un calcul des répercussions de ces fixations sur la résistance thermique de la couche isolante doit être effectué. Ce calcul n'est pas nécessaire si les fixations mécaniques sont en matière synthétique.
- La conductivité thermique (λ) d'un béton léger est notamment fonction de sa masse volumique et de son degré de siccité. Si une des couches du plancher est constituée par un béton léger, il y a par conséquent lieu de retenir une composition telle que la masse volumique de ce dernier soit bien en concordance avec la valeur λ considérée dans les calculs (voir Infocliche à paraître).
- Il est recommandé de recourir à des compositions de béton léger bénéficiant d'un procès-verbal confirmant la valeur λ à adopter selon que le béton est sec (et le restera dans le temps) ou humide (p. ex. béton en contact direct avec le sol ou emprisonné entre deux couches imperméables).

Tableau 1 Valeurs limites pour l'isolation thermique des planchers.

Type de plancher	Flandre	Wallonie	Bruxelles
Planchers en contact avec l'environnement extérieur	$U_{max} = 0,6$	$U_{max} = 0,6$	$U_{max} = 0,6$
Planchers sur terre-plein	$U_{max} = 0,4$ ou $R_{min} = 1,0$ (*)	$U_{max} = 1,2$	$U_{max} = 1,2$
Autres planchers (au-dessus d'un vide sanitaire ou d'une cave en dehors du volume protégé, planchers de locaux enterrés) : – non à l'abri du gel – à l'abri du gel	$U_{max} = 0,4$ ou $R_{min} = 1,0$ (*) $U_{max} = 0,4$ ou $R_{min} = 1,0$ (*)	$U_{max} = 0,6$ $U_{max} = 0,9$	$U_{max} = 0,6$ $U_{max} = 0,9$

(*) Le calcul de R_{min} fait abstraction des résistances d'échange R_{si} et R_{se} . R_{min} correspond donc à la somme des résistances thermiques des différentes couches qui entrent dans la composition du plancher.

Tableau 2 Valeurs λ pour les isolants thermiques.

Matériau isolant	Chaleur massique	Produit connu certifié	Matériaux certifiés (1)	Matériaux non certifiés
	c [J/kg.K]	λ_{ui} [W/m.K]	λ_{ui} [W/m.K]	λ_{ui} [W/m.K]
Liège (ICB)	1560	Informations en provenance du fabricant ou du fournisseur Avec ATG : en principe, valeur de calcul plus favorable	–	0,050
Laines minérales (MW)	1030		0,041	0,045
Polystyrène expansé (EPS)	1450		0,040	0,045
Polyéthylène extrudé (PEF)	1450		–	0,045
Mousse phénolique – revêtue (PF)	1400		0,025	0,045 (2)
Polyuréthane – revêtu (PUR/PIR)	1400		0,028	0,035
Polystyrène extrudé (XPS)	1450		0,034	0,040
Verre cellulaire (CG)	1000		0,048	0,055
Perlite (EPB)	900		0,055	0,060
Vermiculite	1080		–	0,065
Panneaux de vermiculite expansée	900		–	0,090

(1) Il s'agit de matériaux certifiés uniquement connus d'après leur nature (valeur par défaut).

(2) Cette valeur est réduite à 0,030 W/(m.K) pour les panneaux d'isolation revêtus de mousse phénolique à cellules fermées.

Tableau 3 Résistances thermiques des isolants (en m^2K/W) en fonction de leur conductivité thermique et de leur épaisseur.

λ [W/mK]	Épaisseur [cm]					
	2	3	4	5	6	7
0,025	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	2,80
0,026	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69
0,027	0,74	1,11	1,48	1,85	2,22	2,59
0,028	0,71	1,07	1,43	1,79	2,14	2,50
0,029	0,69	1,03	1,38	1,72	2,07	2,41
0,030	0,67	1,00	1,33	1,67	2,00	2,33
0,031	0,65	0,97	1,29	1,61	1,94	2,26
0,032	0,63	0,94	1,25	1,56	1,88	2,19
0,033	0,61	0,91	1,21	1,52	1,82	2,12
0,034	0,59	0,88	1,18	1,47	1,76	2,06
0,035	0,57	0,86	1,14	1,43	1,71	2,00
0,036	0,56	0,83	1,11	1,39	1,67	1,94
0,037	0,54	0,81	1,08	1,35	1,62	1,89
0,038	0,53	0,79	1,05	1,32	1,58	1,84
0,039	0,51	0,77	1,03	1,28	1,54	1,79
0,040	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75
0,041	0,49	0,73	0,98	1,22	1,46	1,71
0,042	0,48	0,71	0,95	1,19	1,43	1,67
0,043	0,47	0,70	0,93	1,16	1,40	1,63
0,044	0,45	0,68	0,91	1,14	1,36	1,59
0,045	0,44	0,67	0,89	1,11	1,33	1,56
0,046	0,43	0,65	0,87	1,09	1,30	1,52
0,047	0,43	0,64	0,85	1,06	1,28	1,49
0,048	0,42	0,63	0,83	1,04	1,25	1,46
0,049	0,41	0,61	0,82	1,02	1,22	1,43
0,050	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40

thermiques de ces différentes couches soit supérieure à celle retenue dans le projet.

7 OPTIONS SUSCEPTIBLES D'ÊTRE PRISES PAR L'ENTREPRISE

En guise de conclusion, les possibilités s'offrant à l'entreprise sont multiples (voir tableau 4). Dans tous les cas où l'entreprise apporte une modification à la composition reprise au projet, il convient de la soumettre pour approbation à l'auteur de projet. ■

Tableau 4 Possibilités s'offrant aux entreprises.

	Matériaux (1)	Épaisseur (1)	λ (1)
1	V	V	V
2	V	V	plus favorable ou équivalent (2)
3	X	V	V
4	X	V	plus favorable ou équivalent
5	V	plus faible	plus favorable (3)

(1) V : conforme aux prescriptions de l'auteur de projet; X : différent des prescriptions de l'auteur de projet.

(2) λ plus faible.

(3) λ plus faible, de manière à ce que la résistance thermique R soit plus élevée.

M. Wagner, ing., directeur de l'Information, CSTC
O. Vandooren, ing., chef du département 'Communication et Gestion', CSTC

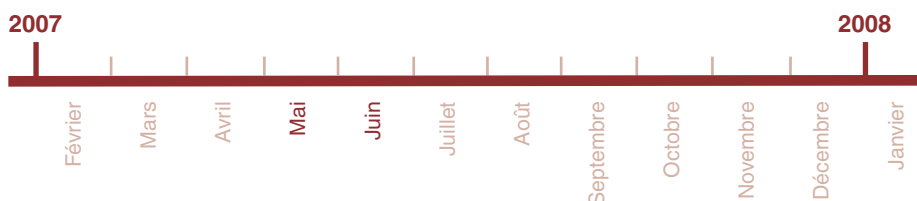


www.cstc.be

Les sujets évoqués dans cet article seront abordés de façon plus détaillée dans une Infocfiche à paraître prochainement sur notre site Internet.

Agenda Construction

Diffuser les connaissances acquises grâce à la recherche est une des tâches principales du CSTC. Les cours et soirées d'études organisés tant dans nos murs qu'à travers tout le pays s'adressent aux entrepreneurs, mais aussi aux architectes, aux professeurs de l'enseignement technique et à tout professionnel impliqué dans la construction.



Logiciel de planification *MS Project* sous Windows – Cours de base

- *Brève description* : fonctionnement du logiciel (2000, 2002 et 2003), création de projets, création d'activités et de relations, réalisation de rapports
- *Public* : chefs de chantier, de projets ou d'entreprise désirant entamer la gestion informatisée de leur(s) projet(s) à l'aide de *MS Project*
- *Où et quand ?*
CSTC, Lozenberg 7, 1932 Sint-Stevens-Woluwe, le 30 mai et les 6, 13 et 20 juin 2007, de 9h00 à 16h00.

MS Project – Perfectionnement

- *Brève description* :
 - affectation de ressources multiples et de coûts aux tâches
 - importation et exportation de données vers *Excel*
 - consolidation des projets de la société en fichier 'multi-projet'
- *Public* : chefs de chantier, gestionnaires de projet et chefs d'entreprise
- *Où et quand ?*
CSTC, Lozenberg 7, 1932 Sint-Stevens-Woluwe, les 22 et 29 juin 2007, de 9h00 à 16h00.

- analyse de l'eau
- législation en matière de légionelle en Belgique
- *Public* : installateurs sanitaires et chauffagistes, bureaux d'étude, entreprises de maintenance, services techniques, gestionnaires de grands immeubles, hygiénistes des hôpitaux et des établissements d'hébergement pour personnes âgées
- *Où et quand ?*
CSTC, Avenue P. Holoffe 21, 1342 Limelette, le 29 mai 2007, de 14h30 à 18h00. ■



INFORMATIONS UTILES

- Contacts** (info@bbri.be)
- Techniques de planification
Tél. : 02/716.42.11
Fax : 02/653.07.29
 - Autres formations : J.-P. Ginsberg
Tél. : 02/655.77.11
Fax : 02/725.32.12

Lien utile : www.cstc.be (Rubrique 'Agenda')

La légionelle

- *Brève description* :
 - légionelles et légionellose
 - endroits à risque dans les installations d'eau
 - traitements contre la légionelle dans les installations sanitaires
 - maîtrise du problème de la légionelle par le biais d'une bonne conception et d'une gestion appropriée des réseaux de production d'eau



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
n^{os} généraux **n^{os} 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