



Une édition du Centre scientifique et technique de la construction

Trimestriel – N° 9 – 3^e année – 1^{er} trimestre 2006

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

	Performance énergétique des bâtiments	
	Pour des bâtiments à énergie durable	2
	Consommation énergétique des bâtiments	4
	Plus de confort ... avec moins d'énergie !	5
	Directive sur la performance énergétique : dernières évolutions	6
	Bâtiments existants : le défi majeur	7
	Initiatives volontaires en matière d'énergie	7
	Efficacité énergétique des bâtiments : un peu d'histoire	8
	Efficacité énergétique des bâtiments : perspectives d'avenir	9
	Des constructions enterrées isolées et étanches	10
	Pied de mur : un noeud à isoler	11
	La fraction «bois» des toitures à versants	12
	Menuiserie et vitrage : un couple modèle ?	13
	Economiser l'énergie grâce aux chaudières à condensation !	14
	L'isolation et les parachèvements intérieurs	15
	Agenda	16

Se loger, travailler, étudier et se former, faire des achats, se détendre, se soigner, ... chaque activité humaine requiert un environnement adapté. Les édifices constituent la structure matérielle qui permet à l'homme de vaquer à ses occupations dans des circonstances optimales. L'adaptation des conditions intérieures ne va pas sans une certaine consommation d'énergie, laquelle génère divers problèmes que nous évoquons ci-dessous.

LE BÂTIMENT, CADRE DES ACTIVITÉS HUMAINES

IMPLANTATION ET FONCTIONS

L'implantation d'un bâtiment est conditionnée par ses fonctions, ses relations avec les autres centres d'activités, son accessibilité, ... Autant de paramètres qui déterminent une certaine emprise sur l'espace. Le soin et la rigueur qui président à cette dévolution des espaces ont des répercussions considérables sur les flux énergétiques qui en résultent. Le besoin de mobilité génère ainsi des flux de circulation entre les divers centres d'activités et leurs différentes composantes fonctionnelles. La concentration de bâtiments donne à son tour naissance à des villes régies par leurs règles et difficultés spécifiques.

RÉALISATION

Une fois que les besoins et les fonctions du bâtiment sont clairement définis et que son implantation précise est fixée, il convient de procéder à la réalisation de l'ouvrage. L'enveloppe protectrice qu'il constitue est destinée à assurer une transition optimale entre le climat extérieur fluctuant et le climat intérieur souhaité, lequel doit pouvoir s'adapter aux besoins et desiderata des occupants.

La réalisation de cet ouvrage exige le recours à des ressources naturelles, qui seront transformées en éléments et en composants, eux-mêmes assemblés sur chantier de manière à créer le cadre fonctionnel souhaité pour l'exercice des activités prévues.

Outre des matières premières naturelles, l'édification du bâtiment requiert des quantités d'énergie considérables, non seulement lors de la fabrication des éléments, mais également durant les travaux de construction proprement dits.

L. Vandaele, ir., conseiller principal, service 'Développement'

Pour des bâtiments à énergie durable



LES QUATRE PILIERS DU CLIMAT INTÉRIEUR

- Confort thermique : alors qu'en période hivernale, le bâtiment doit être suffisamment chauffé, il y a lieu d'éviter qu'en été, il n'atteigne des températures capables de provoquer un inconfort.
- Qualité de l'air intérieur : celle-ci étant susceptible de se dégrader assez rapidement sous l'effet de polluants divers, il convient de la préserver par le biais d'une stratégie de ventilation appropriée.
- Confort acoustique : garantir un environnement paisible à l'abri des nuisances sonores extérieures ou d'autres sources de bruit en provenance de locaux voisins requiert la plus grande attention.
- Confort visuel : les tâches nécessitant une certaine acuité visuelle exigent un niveau d'éclairage approprié. Un bâtiment correctement conçu en vue d'y intégrer la lumière naturelle permet, même si celle-ci n'est pas disponible en permanence, de répondre en partie à ces besoins.

AMBIANCE INTÉRIEURE

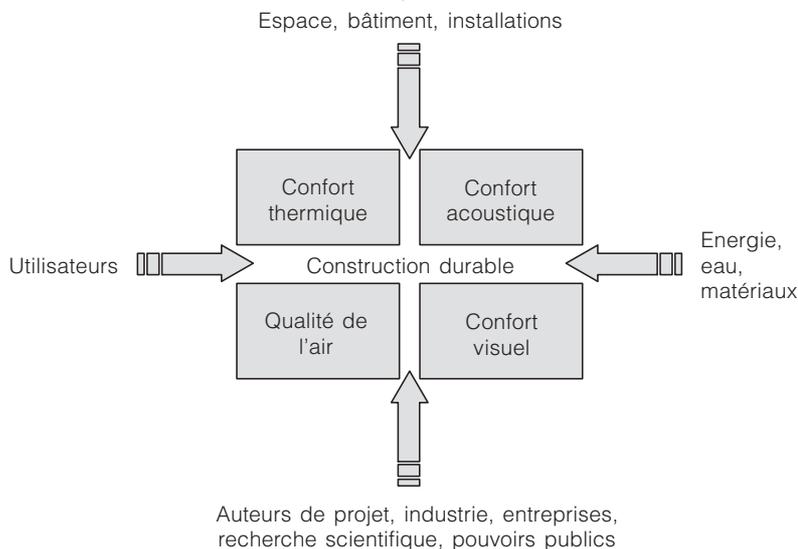
Si le bâtiment offre en soi une protection suffisante vis-à-vis des intempéries, il ne répond pas forcément aux conditions d'ambiance souhaitées par l'utilisateur pour exercer ses activités.

Pour ce faire, il convient de prendre en considération les quatre piliers du climat intérieur, c'est-à-dire le confort thermique, le confort visuel, la qualité de l'air et le confort acoustique (voir l'encadré ci-dessus), et de faire en sorte qu'ils répondent aux desiderata de l'oc-

cupant. Ceci s'opère généralement par le biais d'installations alimentées en énergie thermique, mécanique ou électrique, pour le fonctionnement desquelles une infrastructure appropriée est indispensable afin de produire et de transporter l'énergie.

En un mot comme en cent, notre cadre bâti serait totalement inopérant sans recours à l'énergie. Cet impératif suscite toutefois un certain nombre de problèmes de société qui nous incitent à faire preuve de parcimonie dans notre gestion des ressources énergétiques.

Facteurs d'influence et critères envisageables pour la construction durable.



DÉFIS À RELEVER EN MATIÈRE D'APPROVISIONNEMENT ÉNERGÉTIQUE

Si le débat de société qui se déroule aujourd'hui autour de notre approvisionnement énergétique se concentre essentiellement sur les objectifs de Kyoto, de nombreux autres problèmes fondamentaux se posent également; citons parmi les plus importants :

- *la raréfaction des réserves d'énergie conventionnelle* (combustible fossile, nucléaire, ...) : selon les estimations les plus récentes, les réserves de gaz naturel, de pétrole et d'uranium seront épuisées d'ici 50 à 100 ans dans l'hypothèse d'une consommation mondiale constante
- *la problématique sanitaire et environnementale* : la consommation d'énergie engendre non seulement des émissions de CO₂, mais contribue également, dans une large mesure, à la pollution d'une manière générale (dégradation des bâtiments et des édifices historiques, pluies acides, ...)
- *la dispersion géopolitique limitée* : le fait que nos importations d'énergie soient liées à un petit nombre de pays producteurs entraîne :
 - une insécurité de nos approvisionnements
 - des coûts d'importation considérables (pertes de devises importantes)
 - une volatilité des prix
 - une influence des prix pétroliers internationaux sur l'inflation.

UN ENJEU POUR TOUS LES PROFESSIONNELS DE LA CONSTRUCTION

Ce qui précède montre clairement la nécessité d'élaborer une vision d'avenir précise. Tel est l'enjeu permanent auquel doivent s'atteler non

seulement les utilisateurs – qui déterminent les exigences auxquelles les bâtiments doivent satisfaire –, mais aussi les acteurs professionnels, à savoir :

- *les urbanistes*, qui doivent déterminer à long terme les terrains constructibles et l'aspect du cadre bâti
- *les auteurs de projet, les concepteurs d'installations, les architectes et les ingénieurs* : la consommation énergétique d'un bâtiment dépend en effet en grande partie de sa conception ainsi que du choix des matériaux et systèmes
- *l'industrie d'amont*, qui doit proposer des produits et des systèmes de construction répondant aux exigences performantielles du projet
- *les exécutants, entrepreneurs et installateurs*, censés garantir le fonctionnement correct du bâtiment et de ses installations, et ce conformément aux performances exigées
- *le monde scientifique*, qui se doit de procurer aux professionnels des outils adaptés pour mener à bien leur mission complexe
- *les pouvoirs publics*, tenus de tracer les grandes orientations de l'acte de bâtir, de promulguer des normes et des règlements afin de préserver les intérêts sociaux au sens large.

futurs éventuels dès le stade du projet. Les décisions prises en matière d'aménagement du territoire peuvent, quant à elles, avoir des répercussions durant plusieurs siècles. Il importe donc que les pouvoirs publics mènent une politique énergétique clairvoyante.

Les objectifs de Kyoto imposent une réduction de 7,5 % des émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre d'ici 2012. Étant donné que la tendance actuelle en la matière est plutôt à la hausse et compte tenu des moyens existants, le secteur de la construction est confronté à un véritable défi. Il convient par conséquent d'entreprendre certaines actions dès à présent et de se montrer beaucoup plus ambitieux que ce n'est le cas actuellement.

Les occupants des bâtiments érigés aujourd'hui seront probablement confrontés, dans un avenir proche, à l'épuisement des réserves d'énergie conventionnelle et devront dès lors envisager une réduction draconienne des émissions de CO₂ et autres gaz à effet de serre. Il convient donc de ne pas prendre à la légère les décisions exerçant une influence sur la performance énergétique des bâtiments, dans la mesure où celles-ci «survivent» bien au-delà de l'ère des énergies fossiles. ■

PERSPECTIVES D'AVENIR

La plupart des installations techniques (chauffage, ...) connaissent une durée de service d'une vingtaine d'années. Leur remplacement permet donc d'intégrer l'évolution technologique. Par contre, les bâtiments ont une longévité de 50 ans ou plus, de sorte qu'il est nécessaire de tenir compte des développements

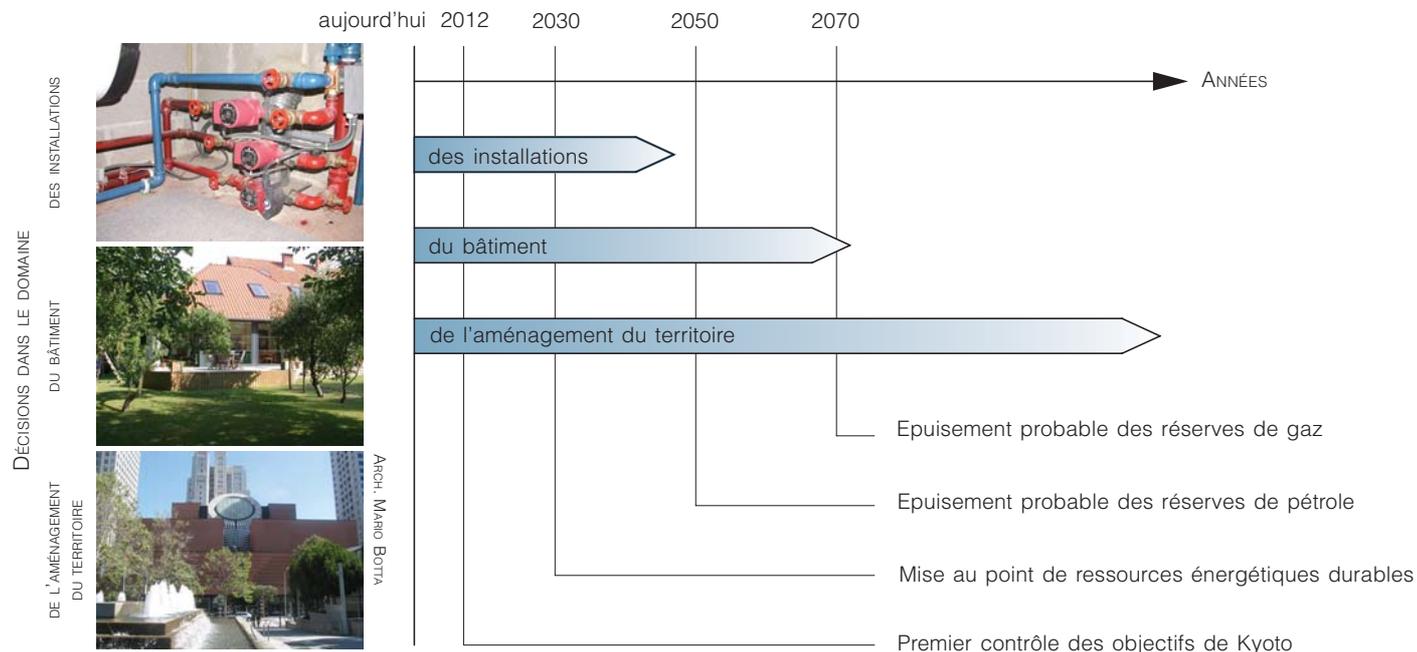


INFORMATIONS UTILES

Document utile

Vandaele L., e.a., Bouwen, wonen en energie. Studie in opdracht van het viWTA – Samenleving en technologie. Bruxelles, Vlaams Instituut voor Wetenschappelijk en Technologisch Aspectenonderzoek (viWTA), 2004.

Durée des investissements dans le domaine des installations, des bâtiments et de l'aménagement du territoire.



Afin de répondre aux besoins de leurs occupants, la plupart des bâtiments sont équipés de systèmes permettant d'assurer un climat intérieur adéquat et un confort d'utilisation optimal. La somme des consommations individuelles de ces installations de chauffage, de refroidissement, d'éclairage et de production d'eau chaude caractérise la consommation énergétique totale d'un bâtiment. Par conséquent, cette dernière est influencée tant par la conception de l'enveloppe, qui définit les besoins en énergie, que par les installations techniques qui y sont placées pour couvrir ces besoins.

Concevoir des bâtiments performants du point de vue énergétique revient tout d'abord à réduire les besoins en énergie à un minimum, sans perte de confort. Pour ce faire, l'isolation thermique de l'enveloppe (reflétée dans les valeurs U des parois et dans le niveau K du bâtiment) doit être soignée.

Il importe également d'être attentif à la limitation des pertes par ventilation, à l'amélioration de l'étanchéité à l'air du bâtiment ainsi qu'à l'utilisation optimale des apports solaires gratuits.

Selon la nouvelle réglementation sur la performance énergétique (en Flandre), le critère de base pour l'économie d'énergie d'un bâtiment et de ses installations HVAC est le niveau E. Celui-ci est calculé via une procédure qui tient compte des besoins en énergie du bâtiment et des performances énergétiques des installations concernées.

CHAUFFAGE ET VENTILATION

Les flux d'énergie (pertes et apports) au sein d'un bâtiment et d'une installation technique sont multiples.

Il paraît évident que l'installation HVAC doit au moins pouvoir répondre aux besoins énergétiques du bâtiment. Sa consommation d'énergie est déterminée par le rendement saisonnier global, lequel est dépendant des pertes de l'installation en matière de :

- production de chaleur
- distribution de chaleur
- émission de chaleur
- régulation.

De nombreuses options techniques permettent d'améliorer le rendement global saisonnier des systèmes et de réduire ainsi la consommation énergétique globale du bâtiment. C'est entre

Consommation énergétique des bâtiments



Fig. 1 Isolation thermique des tuyauteries situées hors du volume protégé.

autres le cas dans les situations suivantes :

- lorsqu'une température d'eau de chaudière variable est prévue en lieu et place d'une température constante
- lorsqu'un réglage central (thermostat d'ambiance, p. ex.) répond à la demande de chaleur et qu'un réglage individuel gère la température dans chaque pièce (vannes thermostatiques, p. ex.)
- lorsque les conduites ou tuyaux de chauffage sont placés au sein du volume protégé du bâtiment
- si une chaudière à condensation combinée à un chauffage à basse ou très basse température a été mise en oeuvre.

De surcroît, l'utilisation de sources d'énergie renouvelables et de techniques énergétiques durables, tels les chauffe-eau solaires, peuvent constituer des mesures intéressantes afin de limiter plus encore la consommation totale d'énergie.

BESOINS DE REFROIDISSEMENT

Il est possible de concevoir des bâtiments aux besoins de refroidissement restreints adaptés au climat (estival) tempéré que nous connaissons en Belgique. Ceux-ci garantissent non seulement un confort thermique d'été acceptable, mais ils rendent en outre l'utilisation d'un système de refroidissement actif inutile.

Cela suppose néanmoins que les besoins de refroidissement restent limités dans des conditions estivales grâce à une bonne isolation de l'enveloppe du bâtiment ainsi qu'à une limitation des apports solaires : choix de vitrages adaptés et/ou de protections solaires adéquates.



Fig. 2 Vannes thermostatiques : une solution simple pour le réglage de la température dans chaque local.

CONCLUSION

La nouvelle réglementation flamande en matière de performance énergétique des bâtiments constitue un cadre législatif qui doit permettre de garantir un confort thermique agréable tant dans des conditions estivales qu'hivernales ainsi qu'une bonne qualité d'air intérieur. Il est à espérer que les exigences de cette réglementation soient mieux respectées en raison des contrôles renforcés dont elle fera l'objet, et qu'en contrepartie, l'utilisateur faisant preuve d'un usage et d'une gestion corrects du bâtiment et de ses installations recevra une facture qui restera raisonnable, malgré les prix croissants de l'énergie. ■



INFORMATIONS UTILES

Une comparaison financière menée en Wallonie dans le cadre de l'action 'Construire avec l'énergie' a notamment pu mettre en évidence la rentabilité de certains investissements réalisés dans le domaine de l'isolation (K40 au lieu de K55), de l'orientation ou de la performance du système de chauffage d'une maison « quatre façades » de 120 m² habitables. En considérant des paramètres tels que le coût de l'investissement, les mensualités de remboursement (calculées sur une période de 20 ans à un taux fixe de 4,30 %), la consommation annuelle de mazout et la facture annuelle de mazout (prix au 01/10/05 = 0,62 €/litre), le gain pouvait être estimé à 725 €/an et ce, dès la première année d'occupation.

✍ J. Schietecat, ing., laboratoire 'Techniques de chauffage et de climatisation'

La fonction première d'un bâtiment étant d'assurer aux occupants un climat intérieur confortable, il en résulte forcément une consommation d'énergie. Comment concilier dès lors la nécessité d'améliorer notre confort et celle de préserver nos ressources énergétiques ?

✍ N. Heijmans, ir., chef de projet, division 'Physique du bâtiment et Climat intérieur'

QUALITÉ DE L'ENVIRONNEMENT INTÉRIEUR ET SANTÉ

Assurer un environnement intérieur de qualité n'est pas un luxe, mais répond au contraire à un besoin vital de l'homme. De multiples études ont mis en évidence l'impact du climat intérieur sur la santé des occupants. La mauvaise qualité de l'air intérieur semble être responsable du nombre croissant d'allergies et d'infections respiratoires, en particulier chez les enfants. Ces problèmes de santé trouvent essentiellement leur origine dans les nombreux polluants (benzène, moisissures, ...) présents dans l'air intérieur que nous respirons, lequel est souvent plus pollué que l'air extérieur.

QUALITÉ DE L'ENVIRONNEMENT INTÉRIEUR ET PRODUCTIVITÉ

Même si les études menées à ce sujet n'ont pas toujours donné des résultats concordants, il existe une corrélation manifeste entre l'environnement intérieur et la productivité des travailleurs : investir dans un environnement intérieur de qualité permet donc aux entreprises d'améliorer leur rentabilité.

EN PRATIQUE

Le climat intérieur et ses différents aspects font l'objet de diverses normes (voir encadré). Celles-ci ne peuvent toutefois définir «le bon climat intérieur» de manière universelle, vu les attentes personnelles, parfois spécifiques, de chaque usager du bâtiment. Il importe par con-



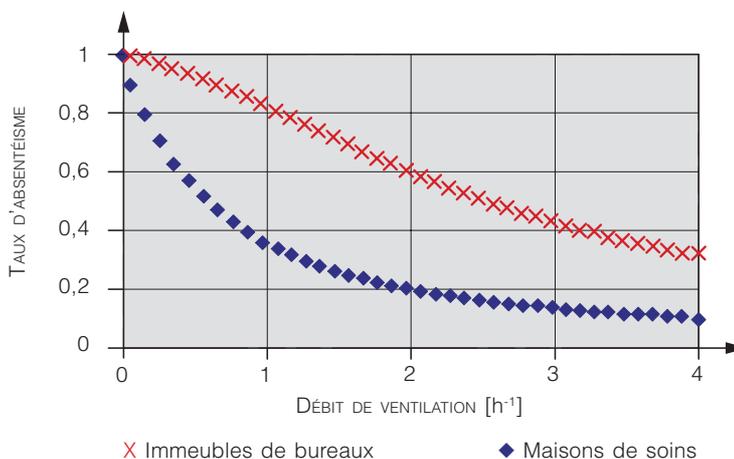
Plus de confort ... avec moins d'énergie !



LA VENTILATION SUR LE LIEU DE TRAVAIL

Le graphique ci-dessous montre, à titre d'exemple, le taux d'absentéisme dans les immeubles de bureaux et les établissements de soins, en fonction du renouvellement d'air. Ce graphique basé sur des calculs et sur différentes études épidémiologiques menées aux Etats-Unis fait apparaître qu'un renouvellement de quatre volumes d'air par heure permet de réduire l'absentéisme (toutes choses étant égales par ailleurs) d'environ 70 à 85 % par rapport à une situation sans ventilation.

Absentéisme en fonction du débit de ventilation (Fisk W.J. et al., 2004).



séquent, autant que faire se peut, de laisser à l'occupant la possibilité de contrôler son propre environnement, du moins dans les locaux occupés par un petit nombre de personnes.

PRESCRIT NORMATIF ET RÉGLEMENTAIRE

Limiter la consommation d'énergie et procurer un bon climat intérieur semblent être, à première vue, deux objectifs contradictoires ... qu'il convient néanmoins de concilier.

La directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments ne dit pas autre chose. Ainsi, l'article 4 stipule que les exigences de performance énergétique «doivent tenir compte des conditions générales caractérisant le climat intérieur, afin d'éviter d'éventuels effets néfastes tels qu'une ventilation inadéquate (...)». L'article 7.3 précise, quant à lui, que des «facteurs climatiques pertinents peuvent également être affichés de manière visible» sur le certificat de performance énergétique des bâtiments publics.



INFORMATIONS UTILES

- Normes (www.ibn.be) :
NBN EN ISO 730:1996
NBN D 50-001:1991
NBN EN 13779:2005
NBN EN 12464-1:2004
NBN S 01-401:1987 (en révision)
NBN S 01-400:1977 (en révision)

- Liens utiles :
<http://www.ie.dtu.dk/>
<http://www.dc.lbl.gov/IHP/>

La réglementation flamande sur la performance énergétique et le climat intérieur des bâtiments répond à cette demande de la directive, puisqu'elle intègre plusieurs aspects liés au climat intérieur : exigences relatives à la ventilation des bâtiments, limitation du risque de surchauffe dans les logements, liaison de la consommation d'énergie de référence aux débits de ventilation et aux niveaux d'éclairage mis en oeuvre dans les écoles et les bureaux, ... ■

Directive sur la performance énergétique : dernières évolutions

Publiée par le Parlement et le Conseil européens dans le but de préserver les ressources énergétiques de la planète et de lutter contre le réchauffement climatique, la directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments est entrée en vigueur le 4 janvier 2006. Celle-ci contraint les trois Régions de notre pays à réviser leur réglementation.

1 OBJECTIFS ET EXIGENCES

Publiée le 4 janvier 2003, la directive européenne 2002/91/CE vise à promouvoir l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments au sein de l'Union européenne en tenant compte des conditions climatiques et des particularités locales.

Le titre même de ce document est évocateur d'un nouvel esprit. Désormais, les réglementations devront s'attacher à la performance énergétique globale des bâtiments, c'est-à-dire prendre en compte non seulement leur isolation thermique mais aussi l'ensemble des autres paramètres liés à leur consommation énergétique et à leur climat intérieur : bénéfices de leur bonne implantation (permettant notamment de profiter de gains solaires ou d'éviter la surchauffe), qualités du système de ventilation, rendement des installations, recours à des sources d'énergie renouvelables, ...

La transposition de ces différentes exigences dans le droit national ou régional des différents Etats membres de l'Union doit être effective depuis le 4 janvier 2006. Cependant, si les Etats apportent la preuve qu'ils ne disposent pas d'experts suffisamment qualifiés et/ou agréés à cette date, ils peuvent bénéficier d'un délai supplémentaire de 3 ans pour mettre en œuvre les exigences relatives à la certification et aux inspections.

En Belgique, les Régions, compétentes en matière d'énergie, doivent donc traduire les exigences de la directive dans leur législation.

2 MISE EN ŒUVRE CONCRÈTE

Lors de la publication de la directive en 2003, la Région flamande disposait d'une réglementation relative à l'isolation thermique des immeubles de logement neufs. La Région wallonne et la Région de Bruxelles-Capitale possédaient, quant à elles, une réglementation prenant en compte l'isolation thermique des loge-

ments, des bureaux et des bâtiments scolaires, qu'ils soient neufs ou soumis à rénovation. La Région wallonne pouvait en outre se prévaloir d'une législation sur la ventilation de ce type d'immeubles. En matière de logements, la réglementation wallonne permet également aux concepteurs de choisir entre le calcul du niveau d'isolation thermique global et le calcul des besoins nets en énergie de chauffage, tenant aussi compte de la ventilation, des gains solaires et des gains internes.

A l'évidence, ces réglementations ne sont pas à même de répondre aux différentes exigences de la directive européenne et les trois Régions se voient par conséquent dans l'obligation de réviser leur copie.

□ RÉGION FLAMANDE

Le nouveau décret flamand sur la performance énergétique des bâtiments et le climat intérieur du 7 mai 2004 crée le cadre légal pour la mise en œuvre de la directive (hormis les inspections) et prévoit les contrôles qui y sont associés. Ce décret, complété par l'arrêté du Gouvernement flamand du 11 mars 2005, renforce les exigences en termes d'isolation thermique et impose la présence d'un système de ventilation pour tous les immeubles neufs dont le permis d'urbanisme a été délivré après le 1^{er} janvier 2006.

Concernant le calcul de la performance énergétique, l'arrêté impose l'utilisation d'une nouvelle méthode et d'un nouveau paramètre : *le niveau E*. Celui-ci tient notamment compte des gains solaires ou internes, des performances des installations (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, climatisation, éclairage, ...) ou de la surchauffe. L'arrêté d'exécution prévoit une période de transition (du 1^{er} janvier au 30 juin 2006) durant laquelle le choix sera laissé de satisfaire soit à l'exigence du niveau K, soit à la nouvelle exigence du niveau E (applicable aux constructions neuves, qu'il s'agisse de logements, de bureaux ou d'écoles). En outre, en décembre 2005, le Ministre *Peeters* a annoncé qu'il proposerait au Gouvernement flamand d'étendre cette pé-

riode de transition jusqu'au 31 décembre 2006.

La certification des bâtiments devra se dérouler en plusieurs étapes :

- pour les immeubles neufs, une proposition d'arrêté a été approuvée en décembre 2005 par le Gouvernement flamand de manière à coupler le certificat aux conditions imposées pour le permis de bâtir
- une deuxième étape concernera la certification des bâtiments existants, pour laquelle la réglementation est en cours d'élaboration
- il en va de même pour l'implémentation des articles liés à l'inspection des chaudières et des systèmes de refroidissement.

□ RÉGION WALLONNE ET BRUXELLES-CAPITALE

La transposition de la directive se met également en place dans ces deux Régions. Tout comme en Région flamande, il faut s'attendre à un renforcement des exigences en matière d'isolation thermique et probablement à un cadre plus strict pour le contrôle du suivi de la réglementation. De plus, des exigences seront formulées en matière de performance énergétique.

Notons par ailleurs que diverses initiatives volontaires ont déjà été proposées dans les trois Régions afin de se préparer à la certification ou à une approche intégrée de la performance énergétique. En outre, des outils communs sont actuellement mis au point (base de données 'produits', ...).

□ EUROPE

Des démarches de concertation sont aussi menées à l'échelon européen. Citons par exemple l'*EPBD Concerted Action*, réunissant trois fois par an les pays concernés par la mise en œuvre de la directive (<http://www.epbd-ca.org>).

Enfin, l'*EPBD Buildings Platform*, coordonnée par le CSTC et ayant pour objectif d'améliorer l'échange d'informations en ce qui concerne la problématique de la performance énergétique, a été lancée en janvier dernier. ■

Les nouvelles réglementations thermiques s'attachent surtout aux bâtiments neufs et aux bâtiments existants subissant d'importantes rénovations. Mais un vide juridique plane sur les édifices existants ne faisant l'objet d'aucune mesure de rénovation, soit l'immense majorité des immeubles en Belgique.

La Belgique compte 4,25 millions d'immeubles, parmi lesquels 3,46 millions destinés au logement, soit 81 % de l'ensemble du bâti existant. A lui seul, le secteur du logement est responsable de ± 30 % des émissions de gaz à effet de serre en Belgique et représente un potentiel d'économie d'énergie considérable.

Par ailleurs, près de 62 % des habitations ont été construites avant 1970 et étaient donc, dans leur grande majorité, dépourvues de toute isolation thermique lors de leur construction.

En termes de réglementation et de méthode de calcul, les bâtiments existants présentent une série de problèmes spécifiques ne permettant pas de les traiter de la même façon que les bâtiments neufs; on songe par exemple au



La rénovation, manne d'emplois pour le secteur.

manque de connaissance des caractéristiques exactes du bâtiment.

Conscient de l'importance et des spécificités des bâtiments existants, le CSTC mène plusieurs actions propres à ce type d'immeuble, dont les projets de recherche européens ENPER EXIST ou IMPACT.

Bâtiments existants : le défi majeur

La rénovation généralisée des édifices existants permettrait de diminuer les factures énergétiques et d'augmenter le niveau de confort, tout en assurant une manne d'emplois au sein du secteur de la construction. On cite des chiffres de 30.000 emplois créés sur 10 ans en appliquant un programme ambitieux d'isolation thermique du parc de logements belges. ■

✍ X. Loncour, ir., chef adjoint de la division 'Physique du bâtiment et Climat intérieur'



www.cstc.be

LES DOSSIERS DU CSTC N° 1/2006

- Le parc de logements en Belgique
- Spécificités du bâti existant
- Initiatives du CSTC
- Perspectives d'avenir

Dans le prolongement du contexte réglementaire s'imposant à tous, une série d'initiatives volontaires, destinées aux bâtiments neufs ou aux bâtiments existants, se mettent en place dans les différentes Régions du pays. Ces initiatives complètent les réglementations et parfois les précèdent, allant au-delà du prescrit réglementaire.

Ces dernières années, plusieurs initiatives destinées aux bâtiments neufs ont vu le jour. En Région wallonne, l'opération *Construire avec l'énergie* permet de prendre les devants face aux futures réglementations thermiques, en répondant dès à présent aux conditions de base d'une maison plus confortable et plus économe en énergie.

On voit également se développer la construction de *maisons passives*. En réduisant au maximum les déperditions thermiques d'un bâtiment, il est possible de se passer quasi complètement de système de chauffage actif, tout en maintenant une ambiance intérieure confortable. La consommation énergétique de ces maisons est au moins 4 fois inférieure à celle d'une maison de construction récente en Belgique.

Initiatives volontaires en matière d'énergie

Certaines initiatives volontaires sont spécifiquement dédiées aux bâtiments existants. C'est par exemple le cas de la *Procédure d'Avis Énergétique* (PAE) au sein des trois Régions du pays, dont il a été question dans un précédent article. Pour rappel, la PAE est destinée à réaliser, *sur une base volontaire*, un audit énergétique des maisons unifamiliales existantes. Des mécanismes de primes et de subsides encadrent son application (réduction fiscale fédérale, primes régionales, ...).



Par ailleurs, les Régions ont mis en place différents mécanismes de reconnaissance des experts énergétiques à même d'appliquer la *Procédure d'Avis Énergétique*, d'utiliser ses outils et de faire bénéficier les demandeurs des avan-

✍ X. Loncour, ir., chef adjoint de la division 'Physique du bâtiment et Climat intérieur'

tages fiscaux qui y sont associés. Des formations sont en outre organisées à cet effet en Région flamande et en Région wallonne.

Enfin, une multitude de mesures, destinées tant aux particuliers qu'aux entrepreneurs, permettent de bénéficier de primes et de subsides ayant pour objectif d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments. Celles-ci sont accordées tant au niveau fédéral via des réductions fiscales, qu'au niveau des Régions, des provinces, des communes ou des fournisseurs d'énergie. ■



www.cstc.be

LES DOSSIERS DU CSTC N° 1/2006

Pour plus d'informations sur les initiatives volontaires destinées aux bâtiments neufs et existants, nous renvoyons à la version longue du présent article sur notre site Internet.

Efficacité énergétique des bâtiments : un peu d'histoire

Des évolutions significatives ont eu lieu ces 20 dernières années en matière d'efficacité énergétique des bâtiments, qu'il s'agisse de leur isolation thermique, des performances de leurs composants et des équipements techniques ou des technologies. Cependant, l'intégration de ces dernières n'est pas toujours optimale et leur mise en oeuvre nécessite d'importants efforts.

1 ISOLATION THERMIQUE

Des évolutions spectaculaires ont été observées quant aux performances de certains composants de l'enveloppe du bâtiment.

C'est entre autres le cas des vitrages : les doubles vitrages à basse émissivité (valeurs U de l'ordre de $1,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$) ont conduit à diminuer de deux tiers les déperditions thermiques de ces éléments par rapport à leurs homologues classiques. De nos jours, ce type de vitrage est quasiment devenu standard en Belgique. L'apparition de vitrages à couches sélectives a, quant à elle, permis de limiter les gains solaires et d'éviter la surchauffe.

En termes de réglementation, l'isolation thermique des bâtiments neufs a été introduite en 1984 en Région wallonne et en 1992 en Région flamande. Les seuils réglementaires applicables aux logements neufs ont été renforcés pour atteindre, en 2000, le niveau K55 dans les trois Régions.

Toutefois, des études ont montré qu'en l'absence de contrôle effectif, ces réglementations sont loin d'être parfaitement respectées.

2 CHAUFFAGE ET PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

Dans le domaine du chauffage, les progrès sont sensibles également. De fait, le rendement des unités de production de chaleur a augmenté de manière significative et on a vu apparaître des chaudières à basse et très basse température ainsi que des chaudières à condensation. Le perfectionnement de la technologie des brûleurs a permis une amélioration des rendements et une diminution des émissions polluantes.

Bien que largement disponibles sur le marché, les chaudières à condensation au gaz ne représentaient en 2004 que 22 % des ventes des appareils de ce type en Belgique. L'installation de chaudières à condensation au gazoil est, quant à elle, anecdotique.



Les ballasts électroniques permettent de réduire la consommation.

Les systèmes de régulation ont, eux aussi, évolué grâce à l'introduction de modules électroniques, qui ont permis entre autres la commande à distance ou le diagnostic des pannes. Les techniques de contrôle point par point (vannes thermostatiques, par exemple) se sont généralisées et ont été combinées aux contrôles centralisés.

3 VENTILATION

Les technologies et systèmes liés à la ventilation des bâtiments ont fait l'objet d'importantes avancées : avènement des ventilateurs à courant continu ou à commutation électronique, avec à la clé une baisse considérable de la consommation intrinsèque des installations de ventilation (parfois de plus de 50 %).

Sur le plan du contrôle, des systèmes de ventilation à la demande ont vu le jour, limitant ainsi, à qualité d'air équivalente, les pertes par ventilation. Des systèmes de récupération de chaleur visant à préchauffer l'air entrant à l'aide de l'air extrait ont été développés et peuvent produire aujourd'hui des rendements de $\pm 90 \%$.

Des stratégies de ventilation hybrides combinant ventilation naturelle et ventilation mécanique ont été mises au point et contribuent largement aux performances énergétiques des bâtiments.

Cependant, dans la pratique, il y a lieu de constater qu'en Belgique, la ventilation des immeu-

bles reste problématique et que ces technologies sont peu mises en oeuvre. Lorsqu'un système de ventilation est installé, sa qualité est souvent insuffisante et, contrairement à ce qui existe en Suède, il ne fait quasiment jamais l'objet d'une réception en bonne et due forme.

4 ECLAIRAGE

En matière d'éclairage, l'évolution technologique n'est pas en reste.

Les sources lumineuses ont vu leur efficacité augmenter et de nouvelles lampes sont apparues. Citons les lampes «fluocompactes» qui, à flux lumineux équivalent, permettent de diviser la puissance installée par trois, ainsi que les LED (*Light Emitting Diodes*), principalement utilisées en éclairage de signalisation, qui contribuent à diminuer la consommation des auxiliaires et des éclairages de secours.

Les optiques des luminaires se sont sensiblement améliorés, tant du point de vue de leur forme que des matériaux constitutifs (ventelles en aluminium anodisé), assurant ainsi une augmentation du rendement lumineux tout en limitant l'éblouissement.

Bien que l'usage de ballasts électroniques en lieu et place de ballasts magnétiques conduit à réduire la consommation des installations, notamment grâce à la prise en compte des systèmes de contrôle, ils ne sont pas encore systématiquement utilisés et ne représentaient en 2004 que 31 % du marché européen des ballasts pour tubes fluorescents.

Il ressort de ces considérations que si l'évolution technologique dans le domaine de la construction est indéniable, elle ne se traduit pas forcément dans la pratique. L'expérience de plusieurs pays voisins montre que les réglementations sur la performance énergétique des bâtiments, dont les Régions se dotent progressivement, peuvent constituer un puissant levier pour favoriser l'intégration des nouvelles technologies. ■

✍ A. Deneyer, ir., chef de projet, laboratoire 'Lumière et bâtiment'

Efficacité énergétique des bâtiments : perspectives d'avenir

Tandis que l'article précédent s'est attaché à certaines évolutions récentes en matière d'énergie dans les bâtiments, la présente contribution se penche sur les perspectives d'avenir liées à la mise en oeuvre des techniques d'économies d'énergie, aux futurs développements technologiques, aux nouveaux concepts de bâtiments et aux possibilités envisageables pour le parc de bâtiments existants.

✍ P. Wouters, dr. ir., chef du département 'Physique du bâtiment et Equipements'

1 MISE EN OEUVRE DE TECHNIQUES D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE

L'amélioration sensible des économies d'énergie ne réside pas uniquement dans le développement de nouvelles technologies mais bien en premier lieu dans l'utilisation généralisée des techniques existantes généralement bien au point et parfaitement accessibles d'un point de vue économique. Dans la pratique, force est toutefois de constater que, même dans les constructions neuves, des produits et concepts énergétiques dépassés sont encore trop souvent utilisés (double vitrage ordinaire, armatures d'éclairage énergivores, ...).

On peut toutefois espérer que l'introduction de la législation sur la performance énergétique des bâtiments et les diverses actions connexes (réduction fiscale, subsides, sensibilisation, ...) constitueront un moteur important en vue de la mise en oeuvre graduelle des concepts actuels d'économie d'énergie.

2 DÉVELOPPEMENTS TECHNOLOGIQUES FUTURS

Il existe un grand potentiel d'innovations technologiques susceptibles d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments. A l'heure actuelle, on travaille à la mise au point de techniques telles que les panneaux isolants sous vide, les systèmes de façade multifonctionnels, ...

Une meilleure surveillance du bon fonctionnement et de la gestion intelligente des installations (ventilation, chauffage, ...) pourrait exercer une influence positive sur l'économie d'énergie dans les bâtiments :

- aujourd'hui, un grand nombre d'installations ne fonctionnent pas correctement (débits trop faibles ou trop élevés, régulation inadaptée de la température, ...) en raison d'erreurs de conception, d'une mise en oeuvre inadaptée, d'un réglage défaillant, d'un entretien insuffisant, ... Ce genre de problèmes pourrait se régler via le 'comissionnement' des installations, un thème

Fig. 1 Double façade ventilée.



qui fait l'objet d'une attention croissante au sein du monde de la recherche et qui s'ancre sans nul doute dans la pratique quotidienne

- une multitude d'améliorations sont également envisageables en ce qui concerne la gestion intelligente des installations. L'application des nouvelles possibilités technologiques (telles que la communication sans fil, ...) à la gestion des équipements techniques pourrait en effet simplifier leur mise en oeuvre et leur emploi, engendrant ainsi un meilleur confort d'utilisation et une moindre consommation d'énergie.

3 NOUVEAUX CONCEPTS DE BÂTIMENTS

Depuis les années '90, on observe un intérêt grandissant pour l'introduction de concepts nouveaux lors de la mise en oeuvre de projets architecturaux remarquables, spécifiquement axés sur l'amélioration du climat intérieur et de l'efficacité énergétique. Le CSTC, en collaboration avec l'UCL, a ainsi participé activement à la réalisation de deux bâtiments de ce type :

- la maison PLEIADE à Louvain-la-Neuve
- l'immeuble de bureaux IVEG à Hoboken.

Dans le même esprit, il convient de mentionner le nouveau développement que constitue le concept de *maison passive*. La combinaison d'une isolation thermique performante ($\approx K15$), de méthodes constructives optimisant l'étanchéité à l'air et d'un système de ventilation économe en énergie aboutit à des habitations présentant des besoins en énergie de chauffage de maximum 15 kWh/m².an.

Fig. 2 Maison PLEIADE.



Les maisons à énergie positive vont encore plus loin. De par leurs besoins énergétiques restreints et l'application poussée de sources d'énergie renouvelables (cellules photovoltaïques, chauffe-eau solaires, ...), ces bâtiments constituent en effet des producteurs d'énergie.

4 LE PARC DE BÂTIMENTS EXISTANTS

Bien que, de nos jours, la grande majorité des propriétaires d'immeubles ne soient pas motivés à investir dans des mesures économes en énergie, la diminution drastique de la consommation d'énergie du parc de bâtiments existants devrait faire partie des priorités pour toute une série de raisons (considérations environnementales, intérêts économiques, ...).

En France, par exemple, le 'Plan Energie 2004', qui ambitionne de réduire à un quart la consommation d'énergie des bâtiments existants d'ici 2050, constitue un pas dans la bonne direction.

L'avenir énergétique de nos bâtiments nous réserve donc encore une multitude de défis d'ordre technologique et stratégique ! ■



INFORMATIONS UTILES

Liens utiles

- www.bbri.be/activefacades : site Internet consacré aux doubles façades ventilées
- www.passiefhuisplatform.be : site Internet livrant une mine d'informations sur le 'concept de maison passive'

La tendance à exploiter au maximum l'espace disponible dans les logements touche également les caves, qui sont de plus en plus souvent aménagées en locaux habitables. Cette situation n'est pas sans poser quelques problèmes que nous commentons ci-dessous.

ISOLER THERMIQUEMENT LES CAVES : UNE NÉCESSITÉ

Pour pouvoir utiliser une construction enterrée comme espace d'habitation, il est nécessaire de munir ses parois d'une isolation thermique appropriée et ce, essentiellement pour les raisons suivantes :

- éviter des problèmes d'hygroscopicité et de condensation superficielle
- garantir une température intérieure confortable
- prévenir les déperditions thermiques.

Même si les déperditions thermiques au travers des parois en contact avec le sol sont limitées par les terres, le schéma de la figure 1 montre que l'absence d'isolation thermique peut entraîner localement une baisse importante de la température superficielle.

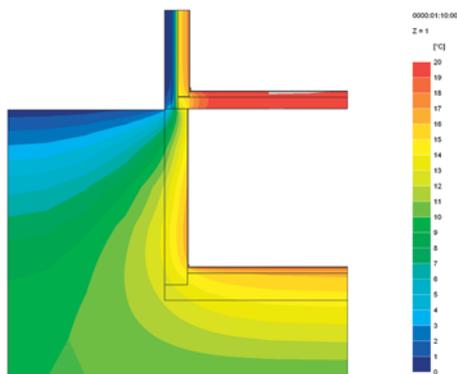


Fig. 1 L'absence d'isolation thermique peut réduire localement la température superficielle.

PRINCIPE DE MISE EN OEUVRE

Lorsque l'ouvrage enterré appartient au 'volume protégé' du bâtiment, il n'est pas rare que l'on opte pour une finition des murs au moyen de matériaux sensibles à l'humidité. C'est la raison pour laquelle on prévoit généralement une protection supplémentaire sous forme de membranes étanches à la vapeur et, au besoin, étanches à l'eau (à joints soudés), comme représentée à la figure 2. Pour garantir l'efficacité de l'isolation thermique, il est en outre conseillé de prendre un certain nombre de précautions complémentaires (voir l'encadré ci-contre). ■

Des constructions enterrées isolées et étanches

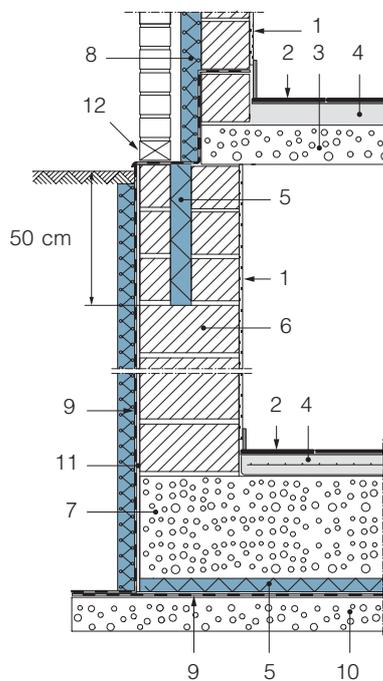


Fig. 2 Schéma de principe de l'isolation thermique d'un ouvrage enterré.

1. Enduit intérieur
2. Revêtement de sol
3. Support
4. Chape
5. Isolation thermique en matériau peu compressible et résistant à l'humidité
6. Maçonnerie portante
7. Radier en béton armé destiné à reprendre la pression exercée par l'eau
8. Isolation thermique
9. Cuvelage souple
10. Sous-radier
11. Enduit (cimentage)
12. Joint vertical ouvert



SPÉCIFICITÉS DE L'ISOLATION THERMIQUE DES OUVRAGES ENTERRÉS

- Il est recommandé de disposer, dans la coulisse du mur de soutènement, un matériau isolant relativement incompressible et résistant à l'humidité et au gel, afin d'éviter tout tassement lorsque le sol situé à proximité du bâtiment sera mis en charge. Pour la même raison, l'isolant sera posé bien jointivement contre les maçonneries.
- Etant donné que l'isolation thermique fait également office de protection mécanique vis-à-vis du cuvelage souple, le calcul de l'épaisseur d'isolation devra tenir compte du fait que l'isolant est en contact avec le sol humide.
- Dans le schéma ci-dessus, le pont thermique à hauteur de la jonction avec le mur creux au rez-de-chaussée a été évité en prévoyant un recouvrement suffisant entre les couches d'isolation. Dans le cas d'un système d'isolation par l'extérieur (avec bardage ou enduit extérieur), on peut également appliquer une couche d'isolation continue, à condition de prendre les précautions nécessaires à l'interface entre la partie enterrée du mur et la partie en élévation au-dessus du sol.
- En présence d'une pression hydrostatique, il y a lieu de prévoir un cuvelage souple, complété, sur la face intérieure, par un contre-cuvelage susceptible de reprendre la pression exercée par l'eau (souterraine). La maçonnerie portante peut remplir ce rôle en partie verticale, tandis que la réalisation d'un radier en béton armé peut s'avérer nécessaire pour assurer, outre la répartition des charges sur le sol, la reprise de la pression d'eau éventuelle.
- Etant donné que l'isolation thermique dans le complexe plancher est appliquée, pour des raisons techniques, sur la face intérieure du cuvelage souple, le risque de condensation interne y est accru. La quantité de condensat peut toutefois être réduite en veillant au maintien d'une ambiance intérieure relativement sèche. Les locaux enterrés seront par conséquent correctement chauffés et ventilés. L'opportunité d'appliquer ou non un revêtement de sol sensible à l'humidité pourra être déterminée par calcul.

J. Wijnants, ing., conseiller principal, division 'Avis techniques'

Dans les maisons individuelles, les parois verticales opaques concentrent généralement à elles seules près d'un quart des déperditions calorifiques totales. Par ailleurs, les pieds de mur constituent toujours des noeuds délicats à isoler.

✍ C. Delmotte, ir., chef adjoint du laboratoire 'Qualité de l'air et Ventilation'
O. Vandooren, ing., chef de la division 'Communication'

Dans le cas d'un mur creux, le choix de l'isolant (nature, certification éventuelle, ...) ainsi que celui du matériau constituant le mur porteur aura une incidence directe sur l'épaisseur des matériaux à appliquer pour satisfaire à la valeur U_{max} . Choisir un matériau thermiquement performant pour la maçonnerie portante (béton cellulaire, p. ex.) et recourir à un isolant disposant d'un agrément technique permet, dans certains cas, de réduire de moitié l'épaisseur de l'isolant à mettre en oeuvre (cf. tableau 1). Satisfaire à un U_{max} de $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, c'est répondre aux réglementations; tendre vers des valeurs U_{max} inférieures à $0,4$, voire $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, c'est anticiper sur l'avenir.

Les ponts thermiques caractérisant des zones moins bien isolées ou non isolées sont dommageables sur le plan thermique. Ils peuvent en outre être à l'origine de problèmes de condensation superficielle et/ou du développement de moisissures. C'est pourquoi leur présence est à éviter autant que possible. Certains de ces ponts thermiques se retrouvent néanmoins encore de manière récurrente dans bon nombre de nouvelles constructions. Tel est le cas des pieds de façade lorsque le plancher est établi sur un vide ventilé (ou sur une cave hors du volume protégé). L'une des solutions constructives envisageables permettant d'éviter toute discontinuité de l'isolation thermique à cet endroit est présentée à la figure 1.

Dans la pratique, on peut parfois être tenté de privilégier la réalisation d'une sous-chape moyennement isolante (à base de béton léger) sur le plancher porteur et de ne pas prévoir de blocs isolants en pied de mur. Quoique satisfaisant lorsqu'il est étudié de manière bidimensionnelle, ce détail présente encore une faiblesse thermique au droit des angles extérieurs de façades ou aux jonctions avec les murs de refend prenant appui sur un mur de fondation dans le vide ventilé. On observe en effet dans le modèle tridimensionnel de la figure 2 que la température de surface intérieure demeure inférieure à 14 °C (facteur $\tau < 0,7$) pour des températures d'air de 0 °C à l'extérieur et 20 °C à l'intérieur et ce, même en ajoutant un bloc isolant en pied de mur (béton cellulaire, p. ex.).

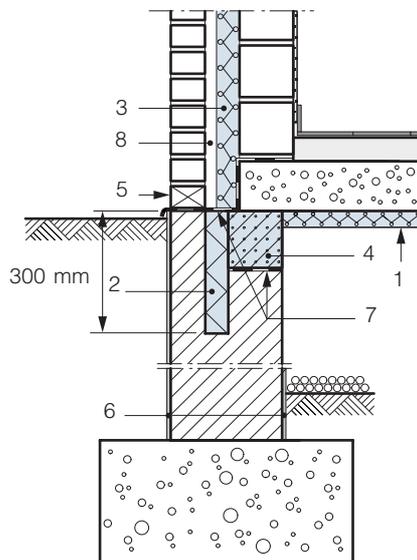
Pied de mur : un noeud à isoler

Tableau 1 Epaisseur de l'isolant pour une valeur $U_{max} = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ (*).

Isolant	Epaisseur de l'isolant (cm)						
	2	3	4	5	6	7	
Laine minérale (MW)				←→	←→		
Polystyrène expansé (EPS)		←→	←→				
Polystyrène extrudé (XPS)			←→	←→			
Polyuréthane (PUR)		←→	←→				
Mousse phénolique (PF)			←→	←→	←→		
Verre cellulaire (CG)						←→	

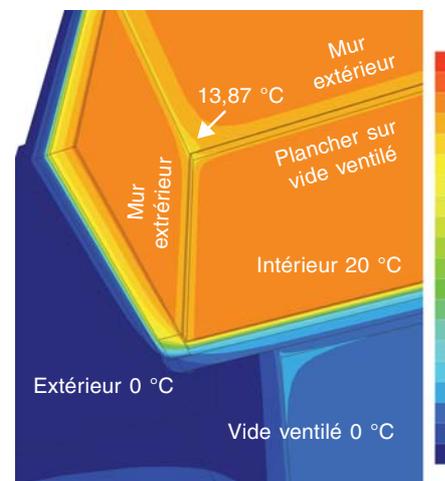
(* La valeur inférieure de l'épaisseur a été calculée avec le λ_{min} selon les ATG en vigueur, tandis que la valeur supérieure l'a été avec le λ_{projet} de norme NBN B 62-002 (λ par défaut).
Légende : ←→ Maçonnerie en blocs creux de béton lourd ou mi-lourd (épaisseur 14 cm)
←→ Maçonnerie en blocs de béton cellulaire (épaisseur 14 cm)

Fig. 1 Détail d'un pied de mur avec isolant rapporté sous le plancher.



1. Isolation sous le plancher
2. Isolation de la fondation
3. Isolation du creux
4. Bloc de construction isolant
5. Joint vertical ouvert
6. Protection de la maçonnerie
7. Membrane étanche à l'eau
8. Lame d'air

Fig. 2 Sous-chape isolante (à base de béton léger) sur vide ventilé avec coupure thermique en pied de mur.



INFORMATIONS UTILES

La conductivité thermique des bétons légers est généralement 5 à 10 fois supérieure à celle du polyuréthane projeté ou des panneaux isolants courants. Elle est par ailleurs fortement tributaire des possibilités de séchage de l'eau de gâchage du béton.

Ce dernier ne permet donc de supprimer le pont thermique que lorsqu'il est associé à une isolation thermique performante du plancher (mousse de polyuréthane projetée, ...). Outre

son incidence positive sur le risque de condensation superficielle et/ou de développement de moisissures, cette disposition permet de réduire les déperditions calorifiques du bâtiment. ■

La fraction «bois» des toitures à versants

Au même titre que les murs extérieurs évoqués ci-avant, les toitures des maisons individuelles cumulent, dans la plupart des cas, près d'un quart des déperditions calorifiques totales. Les toitures à versants ne sont par ailleurs pas toutes égales devant la fraction «bois» qui les caractérise.

*O. Vandooren, ing., chef de la division 'Communication'
Avec la collaboration de E. Guiot, ir.,
division 'Physique du bâtiment et Climat intérieur'*

Le tableau 1 donne l'épaisseur d'isolation nécessaire pour une toiture à versants dont la composition est de nature à assurer la continuité de l'isolant ($U_{max} = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$). On constate que l'utilisation d'un isolant certifié disposant d'un agrément technique ATG permet, dans certains cas, de réduire de moitié l'épaisseur d'isolation à mettre en oeuvre. Ces valeurs ne sont cependant plus de mise lorsque la structure de la toiture crée des discontinuités au sein de l'isolant. Le cas échéant, la présence de pièces de bois à intervalles réguliers peut nécessiter d'augmenter significativement la résistance thermique de l'isolant pour obtenir une performance totale équivalente.

La norme NBN EN ISO 6949 et le projet de norme NBN B 62-002 prévoient de prendre

Tableau 1 Epaisseur de l'isolant pour une valeur $U_{max} = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ (*).

Isolant continu (non fixé mécaniquement)	Epaisseur de l'isolant (cm)									
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Laine minérale (MW)				←	→					
Polystyrène expansé (EPS)				←	→					
Polystyrène extrudé (XPS)			←	→						
Polyuréthane (PUR)	←	→								
Mousse phénolique (PF)	←	→								
Verre cellulaire (CG)						←	→			
Perlite (EPB)						←	→			

(* La valeur inférieure de l'épaisseur a été calculée avec le λ_{min} selon les ATG en vigueur, tandis que la valeur supérieure l'a été avec le λ_{projet} de norme NBN B 62-002 (λ par défaut).

en compte la fraction "bois" de la structure et proposent, pour ce faire, des rapports de section spécifiques pouvant être utilisés par défaut. Ces derniers ont été appliqués aux cas de figure retenus dans le tableau 1 afin de juger de leur incidence sur l'augmentation de l'épaisseur d'isolation. Les résultats obtenus (voir tableau 2) montrent une majoration moyenne de 40 % (par rapport à l'épaisseur nécessaire lorsque l'isolant est continu), voire

de 100 % lors de la pose d'un isolant très performant (très faible conductivité thermique) entre des chevrons de forte section. Le principe de conception consistant à poser l'isolant sur un support continu s'avère par conséquent recommandable sur le plan thermique, puisqu'il permet d'assurer au mieux l'étanchéité à l'air des toitures à versants. Pour les toitures plates, il s'agit même de la seule règle constructive réellement recommandable. ■

Tableau 2 Augmentation de l'épaisseur d'isolation dans les toitures à versants en fonction de la fraction "bois" et des fixations mécaniques éventuelles.

Position de l'isolant et nature de la structure		Fraction bois (par défaut)	Epaisseur d'isolant nécessaire (cm) pour $U_{max} = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$						
			MW	EPS	XPS	PUR	PF	CG	EPB
Isolation continue	Isolant fixé mécaniquement	0 (*)	12,5 cm (+ 19 %)	12,5 cm (+ 19 %)	11,5 cm (+ 21 %)	10 cm (+ 18 %)	12,5 cm (+ 19 %)	15 cm (+ 15 %)	16 cm (+ 14 %)
			densité différente	9,5 cm (+ 19 %)	8,5 cm (+ 21 %)	7,5 cm (+ 36 %)	7,0 cm (+ 27 %)	11,5 cm (+ 21 %)	11,5 cm (+ 21 %)
Isolation discontinue (fermettes préfabriquées)	Chevrons (largeur $\leq 35 \text{ mm}$)	0,12	13 cm (+ 24 %)	13 cm (+ 24 %)	12 cm (+ 26 %)	11 cm (+ 29 %)	13 cm (+ 24 %)	15 cm (+ 15 %)	16 cm (+ 14 %)
			10,5 cm (+ 40 %)	10,5 cm (+ 31 %)	9,5 cm (+ 36 %)	8,5 cm (+ 55 %)	8,5 cm (+ 70 %)	12 cm (+ 26 %)	12 cm (+ 26 %)
	Chevrons (largeur $\geq 50 \text{ mm}$)	0,20 (**)	14,5 cm (+ 38 %)	14,5 cm (+ 38 %)	13,5 cm (+ 42 %)	12,5 cm (+ 47 %)	14,5 cm (+ 38 %)	16,5 cm (+ 27 %)	17,5 cm (+ 25 %)
			12 cm (+ 60 %)	12,5 cm (+ 56 %)	11,5 cm (+ 64 %)	10,5 cm (+ 91 %)	10,5 cm (+ 110 %)	13,5 cm (+ 42 %)	13,5 cm (+ 42 %)

(*) Dans cet exemple, l'augmentation de l'épaisseur de l'isolant nécessaire est consécutive à la présence de fixations mécaniques (p. ex. toiture Sarking).

(**) Pour le calcul de la résistance thermique d'un isolant disposé entre les pannes, la fraction bois par défaut à considérer est moindre (0,11).

Légende : 1. Chevrons 2. Sous-toiture 3. Isolation 4. Pare-vapeur 5. Plaque de plâtre 6. Couverture 7. Support continu

■ λ non certifié (λ_{projet} de norme NBN B 62-002) ■ λ certifié (λ_{min} selon les ATG en vigueur)

La précarité des sources d'énergie conventionnelles et leurs effets perniciox sur l'environnement contraignent l'ensemble des acteurs de la construction à concevoir, bâtir et rénover dans l'optique d'une meilleure efficacité énergétique.

C. D'Hanis, ing., et L. Lassoie, ing.,
division 'Avis techniques'

Les ensembles menuisés et les vitrages en particulier n'échappent pas à cette tendance, d'autant que les progrès techniques réalisés par les fabricants ont permis d'améliorer sensiblement le niveau d'isolation thermique U_g des vitrages. Il n'est pas rare que les volumes de double vitrage atteignent des valeurs U_g de 1,1 W/m².K en partie courante, c'est-à-dire une performance près de trois fois supérieure à celle du double vitrage dit traditionnel. La limitation des déperditions au travers des parois translucides se justifie davantage encore dans la mesure où l'architecture moderne privilégie ces parois. On estime aujourd'hui que les surfaces vitrées représentent environ 10 à 15 % de l'enveloppe extérieure d'une habitation 'quatre façades' traditionnelle et que les menuiseries extérieures peuvent parfois concentrer jusqu'à 50 % des déperditions thermiques par transmission.

PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES ET EXIGENCES

Le tableau 1 fournit les valeurs U_{max} applicables dans les trois Régions du pays. On constate que le coefficient de transmission thermique U_{max} d'une fenêtre (ensemble menuisé comprenant le vitrage et ses espaceurs, les profilés, les grilles de ventilation et les allèges) doit être inférieur à 2,5 W/m².K ou 3,5 W/m³.K. Il convient de noter qu'en Région wallonne et en Région bruxelloise, cette exigence concerne chaque fenêtre prise individuellement, tandis qu'en Région flamande, elle s'applique aux fenêtres dans leur ensemble.

En outre, en Flandre, la valeur U_g au centre du vitrage ne peut dépasser 1,6 W/m².K. En d'autres termes, les réglementations flamande et bruxelloise ont sonné le glas du vitrage simple et du double vitrage ordinaire.

CALCUL DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE GLOBAL

Le coefficient de transmission thermique des ensembles menuisés peut être déterminé selon le projet de norme NBN B 62-002, dont les principes sont empruntés aux normes NBN EN ISO 10077-1 et 10077-2. Celles-ci préci-

Menuiserie et vitrage : un couple modèle ?

Tableau 1 Valeurs U_{max} (en W/m².K) des fenêtres dans les différentes Régions.

Type d'élément	Valeurs U_{max} (en W/m ² .K)		
	Bruxelles	Flandre	Wallonie
Parois translucides :- fenêtre - vitrage	2,5	2,5	3,5
	2,5	1,6	3,5
Portes (y compris les portes de garage)	2,5	2,9 (en 2007)	3,5

Tableau 2 Valeur U_w globale des ensembles menuisés pour deux rapports de surface A_f/A_w en fonction de la nature du châssis.

VALEUR U_g DU VITRAGE (W/m ² .K)	VALEUR U DU CHÂSSIS (*) POUR $A_f/A_w = 0,00$				VALEUR U DU CHÂSSIS (*) POUR $A_f/A_w = 0,10$			
	PVC	Bois	PUR	ALU	PVC	Bois	PUR	ALU
	2,0	2,2	2,8	3,07	2,0	2,2	2,8	3,07
1,6	2,05	2,11	2,29	2,37	2,49	2,55	2,73	2,81
1,5	1,98	2,04	2,22	2,30	2,43	2,49	2,67	2,75
1,4	1,91	1,97	2,15	2,23	2,37	2,43	2,61	2,69
1,3	1,84	1,90	2,08	2,16	2,31	2,37	2,55	2,63
1,2	1,77	1,83	2,01	2,09	2,25	2,31	2,49	2,57
1,1	1,70	1,76	1,94	2,02	2,19	2,25	2,43	2,51
1,0	1,63	1,69	1,87	1,95	2,13	2,19	2,37	2,45
0,9	1,56	1,62	1,80	1,88	2,07	2,13	2,31	2,39

(*) Hypothèses (selon le projet de norme NBN B 62-002) : U PVC : châssis à triple chambre ; U bois : châssis en bois feuillu de 60 mm d'épaisseur ; U PUR : valeur unique par défaut ; U alu : châssis à performances thermiques améliorées (coupure thermique de 24 mm d'épaisseur).

sent que le coefficient de transmission thermique global peut être calculé :

- soit sur la base d'une méthode générale qui tient compte des caractéristiques géométriques et thermiques des différents constituants de la fenêtre
- soit sur la base d'une méthode simplifiée qui permet de calculer une valeur U_w moyenne sécuritaire.

La simplification consiste à tenir compte d'un rapport constant entre la surface de déperdition du vitrage et celle de la menuiserie, ainsi que d'une longueur développée fixe de l'espaceur des volumes de vitrage.

L'obligation d'équiper le bâtiment d'un système de ventilation conforme à la norme NBN D 50-001 (sauf en Région bruxelloise) amène fréquemment à intégrer des grilles de ventilation dans les menuiseries. Or ces dispositifs peuvent avoir un impact non négligeable sur le coefficient d'isolation thermique global de l'ensemble de la menuiserie, impact qui peut représenter une augmentation de près de 20 %

de la valeur U_w moyenne, en particulier si l'on a recours à des vitrages à haut rendement ($U_g < 1,6$ W/m².K). Le choix d'une grille et/ou d'un châssis plus performants ou encore le remplacement des grilles par un système de ventilation mécanique contrôlée permettent d'améliorer la valeur U_w moyenne d'une menuiserie. Le tableau 2 précise la valeur U_w globale d'un ensemble menuisé en fonction de la nature du châssis, de la valeur U_g centrale du vitrage et du rapport de surface entre la grille de ventilation (A_f) et l'ensemble menuisé (A_w). Le coefficient de transmission thermique de la grille de ventilation a été considéré équivalent à 6 W/m².K. Il a en outre été tenu compte d'espaceurs ordinaires pour le vitrage. ■

www.cstc.be
LES DOSSIERS DU CSTC N° 1/2006

- Comment diminuer le niveau K et le niveau E des fenêtres ?
- Principes d'exécution
- Tableau récapitulatif

Economiser l'énergie grâce aux chaudières à condensation !

Les nouvelles réglementations sur la performance énergétique des bâtiments portent non seulement sur l'isolation de l'enveloppe du bâtiment, mais incitent aussi à l'utilisation d'installations techniques dotées d'une meilleure performance énergétique. Le présent article se penche sur les avantages que pourraient comporter des systèmes de chauffage équipés d'une chaudière à condensation.

FONCTIONNEMENT DES CHAUDIÈRES À CONDENSATION

Les chaudières à condensation présentent un rendement énergétique nettement meilleur que celui des chaudières classiques. Cette différence s'explique principalement par le refroidissement intensif des gaz de combustion. Ce refroidissement permet de récupérer non seulement une partie importante de la chaleur 'sensible' des gaz de combustion, mais aussi la chaleur de condensation (chaleur latente) de la vapeur d'eau présente dans ces gaz, et ce lorsque leur température descend en dessous du point de rosée. La quantité de chaleur ainsi récoltée à partir des produits de combustion peut être supérieure de 6 à 10 % à celle d'une chaudière traditionnelle (selon qu'il s'agisse respectivement de gasoil ou de gaz).

La température de condensation de la vapeur d'eau dépend d'un certain nombre de facteurs, dont la nature du combustible et le taux de CO_2 des produits de combustion.

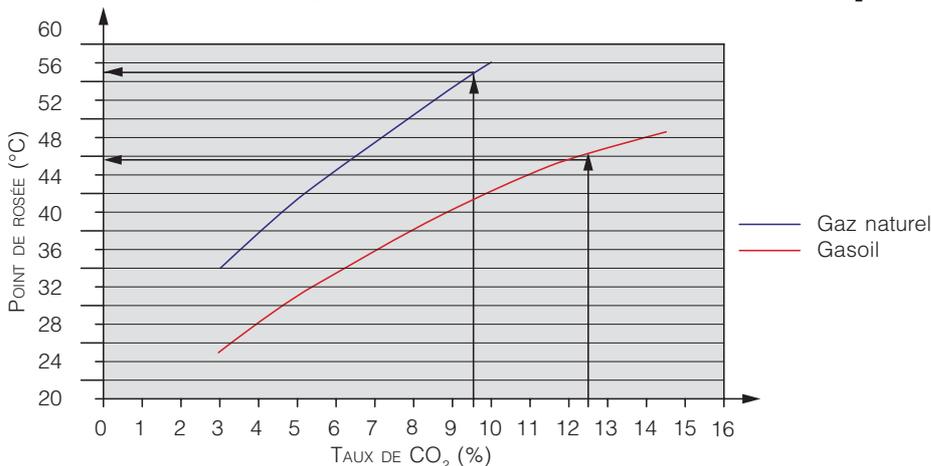
A titre d'exemple, la figure 1 montre que la condensation survient plus rapidement (c'est-à-dire à plus haute température) pour les gaz brûlés des chaudières au gaz naturel que pour ceux des chaudières au gasoil, dans des conditions normales de CO_2 . Dans le cas de chaudières au gaz modernes (possédant une valeur limite en CO_2 de 9,5 %), ce phénomène fait en effet déjà son apparition à partir de 55 °C, tandis que, pour des chaudières au gasoil (possédant une valeur limite en CO_2 de 12,5 %), le point de rosée est de 46 °C.

COMBINAISONS POSSIBLES

Pour que les gaz de combustion commencent à se condenser, la température de retour dans l'installation de chauffage doit être inférieure aux points de rosée mentionnés ci-dessus.

Il est donc préférable de combiner des chaudières à condensation à des systèmes de distribution de la chaleur fonctionnant à basse (T_d de 40 à 55 °C) ou à très basse température (T_d

Fig. 1 Point de rosée des gaz de combustion en fonction du taux de CO_2 .



< 40 °C) tels qu'un chauffage par le sol, les murs ou le plafond (voir tableau 1, p. 15).

Cela ne signifie cependant pas que les systèmes de chauffage par radiateur ou convecteur ne peuvent être combinés à une chaudière à condensation (p. ex. dans le cadre d'une rénovation, d'un remplacement, voire même d'une construction neuve).

Dans le cas des systèmes susmentionnés, les corps de chauffe sont souvent surdimensionnés

(jusqu'à 1,7 fois) et la distribution de la chaleur s'opère à haute température (p. ex. à un régime de 90/70).

Si la température de l'eau de départ (T_d) est adaptée en fonction de la température extérieure en présence de corps de chauffe surdimensionnés, il ressort de la figure 2 (p. 15) qu'il est possible de maintenir des températures de retour permettant la condensation durant la majeure partie de la saison froide (voir aussi l'encadré 'Exemple pratique').

K. De Cuyper, ir., chef de la division 'Equipements techniques et Automatisation'



EXEMPLE PRATIQUE

Considérons une chaudière au gaz possédant un point de rosée de 51 °C. Si la température de retour est inférieure de 5 degrés à celle du point de rosée – et s'élève donc à ± 46 °C –, on peut s'attendre à une condensation.

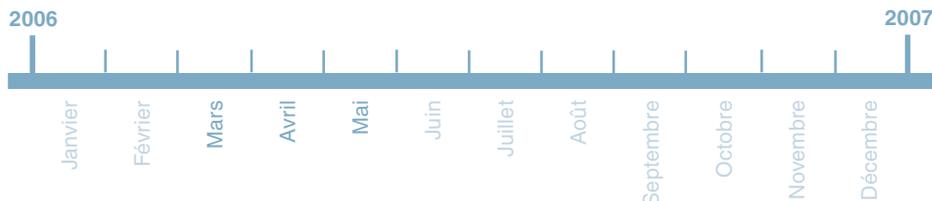
La figure 2 (p. 15) démontre que, pour un système adapté à un régime de 90/70, la condensation est possible jusqu'à une température extérieure de 2 °C. Dans ce cas, la chaudière pourra donc fonctionner dans des conditions de condensation durant ± 80 % de la saison froide.

Il importe en outre de tenir compte du fait que les installations de chauffage existantes sont souvent fortement surdimensionnées : une étude du CSTC a fait apparaître que la puissance de chauffe est en moyenne 1,7 fois supérieure à la puissance nécessaire. Dans le cas d'une installation initialement conçue pour fonctionner à un régime de 90/70, ce surdimensionnement implique concrètement qu'on pourrait passer à un régime de 70/50 sans aucune perte de confort.

De plus, si la température de départ est contrôlée en fonction de la température extérieure, une température de retour de 46 °C correspondra à une température extérieure d'environ -6 °C (figure 2). Cela signifie qu'en réalité, la chaudière pourrait fonctionner dans des conditions de condensation durant plus de 99 % de la saison froide.

Agenda Construction

Programme de formation chargé pour ce début d'année 2006. Jugez plutôt : outre les soirées d'étude sur les nouvelles normes 'béton' et la rénovation dont nous avons déjà évoqué le contenu dans un précédent numéro, les PDA, le management des risques et les placeurs de portes résistant au feu seront à l'honneur, ainsi que le fameux logiciel de planification de chantiers *MS Project*.



Pocket PC – Gestion mobile de chantier

- *Breve description* :
 - principes de fonctionnement : principes de base, mise en place d'un *backup*, gestion de la mémoire et de la batterie, synchronisation avec un ordinateur de bureau
 - applications développées par le biais des logiciels présents par défaut : gestion quotidienne via *Outlook* (contacts, agenda, ...), prise de notes sur chantier (écrite ou orale), bon de travail sur *Excel*, consultation de fiches techniques sous format pdf et de détails d'exécution, ...
- *Groupe cible* : employés du secteur de la construction amenés à utiliser des outils mobiles pour la gestion de l'entreprise
- *Où et quand* ?
CSTC, Lozenberg 7, 1932 Sint-Stevens-Woluwe, le 3 mars 2006, de 14h00 à 17h00.

Placeurs de portes résistant au feu

- Notions générales en matière d'incendie et de sécurité en cas d'incendie, réglementation, propriétés des matériaux et des éléments de construction, méthode d'essai et de classification de la résistance au feu, agrément BENOR/ATG des portes résistant au feu, projection vidéo de deux incendies (dancing et tour de bureaux)
- *Groupe cible* : entrepreneurs menuisiers
- *Où et quand* ?
CSTC, Avenue P. Holoffe 21, 1342 Limelette, les 7, 14, 21 et 24 mars 2006, de 18h00 à 21h00.

La rénovation

- *Breve description* : voir CSTC-Contact n° 7
- *Groupe cible* : entrepreneurs et auteurs de projet
- *Où et quand* ?
FOCLAM, Rue Guillaume Charlier 132 à 7500 Tournai, les 19 et 26 mai 2006, de 18h00 à 21h00.

Logiciel de planification MS Project 2003

- *Breve description* : voir CSTC-Contact n° 7
- *Groupe cible* : chefs de chantier, gestionnaires de projet et chefs d'entreprise
- *Où et quand* ?
CSTC, Lozenberg 7, 1932 Sint-Stevens-Woluwe, les 7, 14, 21 et 28 mars 2006, de 9h00 à 16h00.

Management des risques en construction

- Définition des risques, management des risques, étapes à parcourir dans le processus de management, analyse des risques, prise en compte des risques dans un projet, application du management des risques à l'aide de l'outil 'Analyse Pert' de *MS Project* et du logiciel *Pertmaster Risk Expert*
- *Groupe cible* : gestionnaires de chantier et de projet, chefs d'entreprise
- *Où et quand* ?
CSTC, Lozenberg 7, 1932 Sint-Stevens-Woluwe, le 4 mai 2006, de 14h00 à 17h00.

Les nouvelles normes 'béton'

- *Breve description* : voir CSTC-Contact n° 7



INFORMATIONS UTILES

Contacts (info@bbri.be)

- Techniques de planification :
Tél. : 02/716.42.11 - Fax : 02/725.32.12
- Autres formations : J.-P. Ginsberg
Tél. : 02/655.77.11 - Fax : 02/653.07.29

Lien utile

www.cstc.be (rubriques 'Techniques de planification' et 'Agenda')

- *Groupe cible* : entrepreneurs et auteurs de projet
- *Où et quand* ?
CFPME, Rue Fétis 61 à 5500 Dinant, les 13 et 20 mars 2006, de 19h00 à 22h00. Egalement à Liège (19 et 26 avril 2006 de 19h00 à 22h00) et à Tournai (9 et 16 mai 2006 de 18h00 à 21h00).

MS Project – Perfectionnement

- Affectation de ressources multiples et de coûts aux tâches, importation et exportation de données vers *Excel* et consolidation des projets de la société en fichier 'multi-projet'
- *Groupe cible* : chefs de chantier, gestionnaires de projet et chefs d'entreprise (utilisateurs très réguliers de *MS Project*)
- *Où et quand* ?
CSTC, Lozenberg 7, 1932 Sint-Stevens-Woluwe, les 10 et 17 mai 2006, de 9h00 à 16h00.

BRUXELLES	ZAVENTEM	LIMELETTE
<p>Siège social  Rue du Lombard 42 B-1000 Bruxelles e-mail : info@bbri.be</p> <p>direction générale  02/502 66 90  02/502 81 80</p>	<p>Bureaux  Lozenberg 7  B-1932 Sint-Stevens-Woluwe</p> <p>n^{OS} généraux n^{OS} des publications  02/716 42 11  02/716 42 98  02/725 32 12  02/725 42 52</p> <p>avis techniques communication - qualité informatique appliquée construction techniques de planification développement & innovation</p>	<p>Station expérimentale  Avenue Pierre Holoffe 21 B-1342 Limelette</p> <p> 02/655 77 11  02/653 07 29</p> <p>recherche laboratoires formation documentation bibliothèque</p>