



COMMISSION CANADIENNE DES
CODES DU BÂTIMENT ET DE
PRÉVENTION DES INCENDIES



Énergie

●●● **Guide de l'utilisateur**

Code national de l'énergie pour les bâtiments – Canada 2020



Conseil national de
recherches Canada

National Research
Council Canada

Canada 

Guide de l'utilisateur du Code national de l'énergie pour les bâtiments - Canada 2020

Publié par la

**Commission canadienne des codes du bâtiment
et de prévention des incendies**

Conseil national de recherches du Canada

La présente publication a été rendue possible grâce
au soutien technique et financier de :



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Première édition 2014
Deuxième édition 2019
Troisième édition 2019
Quatrième édition 2024

NRCC-CONST-56652F

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le
Conseil national de recherches du Canada, 2024

Papier : ISBN 978-0-660-67695-1 No de cat. NR24-24/1-2023F
PDF : ISBN 978-0-660-67694-4 No de cat. NR24-24/1-2023F-PDF

Imprimé au Canada

Première impression

Available also in English:
User's Guide – National Energy Code of Canada for Buildings 2020
NRCC-CONST-56652E
Paper: ISBN 978-0-660-67693-7
PDF: ISBN 978-0-660-67692-0
NR24-24/1-2023E

Table des matières

Introduction

| | |
|------------------------------|--|
| Commentaire sur la partie 3 | Enveloppe du bâtiment |
| Commentaire sur la partie 4 | Éclairage |
| Commentaire sur la partie 5 | Chauffage, ventilation et conditionnement d'air |
| Commentaire sur la partie 6 | Installations d'eau sanitaire |
| Commentaire sur la partie 7 | Systèmes de distribution d'électricité et moteurs électriques |
| Commentaire sur la partie 8 | Méthode de conformité par la performance énergétique |
| Commentaire sur la partie 10 | Conformité des bâtiments par la méthode de performance énergétique à plusieurs paliers |

Introduction

Le présent guide est la quatrième édition du Guide de l'utilisateur du Code national de l'énergie pour les bâtiments – Canada (CNÉB). Ce guide vise à servir de complément au CNÉB 2020 et à augmenter la compréhension que les utilisateurs ont de l'intention et de l'application du code sur le terrain; il n'est donc pas destiné à être utilisé seul. Le guide de l'utilisateur contient de l'information générale, du matériel explicatif et, dans certains cas, des approches suggérées pour certaines questions de conception ou de conformité, mais ne contient pas d'exigences obligatoires et n'est ni un manuel ni un guide de conception. Les figures qu'il renferme sont des schémas généraux et les exemples sont fournis à titre illustratif seulement; ils ne constituent en aucun cas des recommandations en matière de conception.

Le guide de l'utilisateur se compose de commentaires sur les parties 3 à 8 et 10 du CNÉB, mais ne traite pas de chacun des articles du CNÉB. Son contenu porte sur des aspects sur lesquels il a été jugé que des explications additionnelles ou des exemples et des calculs détaillés étaient requis.

Élaboration

REMARQUE SUR LE CHANGEMENT DE GOUVERNANCE : En novembre 2022, un changement de gouvernance a eu lieu au sein du système d'élaboration des codes nationaux. Ce changement visait à appuyer les efforts d'harmonisation des codes de construction dans les provinces et les territoires du Canada. La Commission canadienne des codes de bâtiment et de prévention des incendies (CCCBPI), fondée en 1991, a été dissoute et remplacée par un nouveau modèle de gouvernance dans lequel le Comité canadien de l'harmonisation des codes de construction (CCHCC) est responsable de l'élaboration, de l'approbation et de la mise à jour des codes modèles nationaux en tenant compte des priorités stratégiques établies par la Table stratégique canadienne sur l'harmonisation des codes de construction. Les codes modèles nationaux de 2020 et les guides de l'utilisateur connexes ont été élaborés par la CCCBPI; toutefois, c'est le CCHCC qui a approuvé les guides de l'utilisateur en vue de leur publication.

La présente édition du Guide de l'utilisateur du CNÉB est fondée sur l'édition publiée en 2017. Du nouveau contenu a été élaboré pour l'édition de 2020 afin de tenir compte des exigences du CNÉB 2020 nouvelles et actualisées.

Le Guide de l'utilisateur du CNÉB a été préparé par le Groupe d'étude sur les guides de l'utilisateur du Comité permanent de l'efficacité énergétique. Le groupe d'étude se compose des membres suivants :

| | |
|----------------------|--------------|
| S. Dueck (président) | T. Lau |
| P. Andres | C. O'Keefe |
| M. Chatfield | H. Schroeder |
| L. Dalgleish | L. Wynder |
| D. Guidolin | |

Le Comité permanent de l'efficacité énergétique a examiné le guide de l'utilisateur, puis en a recommandé la publication au CCHCC. Le comité permanent se compose des membres suivants :

| | | | |
|----------------------|----------|------------|-----------|
| A. Pride (président) | B. Deeks | T. Lau | M. Peer |
| P. Andres | S. Dueck | N. Lessard | J. Pockar |

| | | | |
|---------------|------------|-------------|--------------|
| D. Bailey | L. Hasan | W. Leung | D. Rambaruth |
| R. Bortolussi | T. Imhoff | R. Marshall | M. Roy |
| J. Comtois | S. Kemp | Z. May | L. Wynder |
| S. Crowell | D. Krauel | A. Oding | |
| L. Dalgleish | C. Kuruluk | C. O'Keefe | |

Les membres suivants du personnel de Codes Canada, au Centre de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada (CNRC), ont fourni le soutien technique et administratif nécessaire au groupe d'étude et au comité permanent :

| | |
|------------|-------------|
| T. Achour | M. A. Nazim |
| Y. Carrier | T. Wise |
| A. Laroche | R. Ullah |
| T. Maeiyat | M. Zeghal |
| H. Martin | |

Des remerciements particuliers sont adressés à J. Baker, A. Bigonnesse, R. Boulay, F. Genest et G. Sturgeon pour avoir mis à contribution leur expertise technique dans l'élaboration du présent guide de l'utilisateur.

Aperçu du CNÉB

Objectifs

À l'instar des autres codes modèles nationaux, le CNÉB est un code axé sur les objectifs. Son objectif principal est de limiter l'impact négatif de la conception et de la construction des bâtiments sur l'environnement (objectif OE, « Environnement »). Plus particulièrement, ses dispositions visent à limiter la probabilité que les bâtiments utilisent une quantité excessive d'énergie (sous-objectif OE1.1, « une utilisation excessive d'énergie »). Tandis que les autres codes portent sur différents objectifs de sécurité, de santé, de protection des bâtiments et d'accessibilité, l'efficacité énergétique est l'unique objectif du CNÉB. Par exemple, si le CNÉB contient des exigences liées à la puissance appelée des ventilateurs d'une installation, il ne contient pas d'exigences touchant le débit de ventilation puisque de telles exigences sont liées à l'objectif de santé et sont contenues dans le Code national du bâtiment – Canada.

Parties du CNÉB abordées dans le présent guide

Le guide de l'utilisateur traite des dispositions techniques du CNÉB, qui sont contenues dans les parties 3 à 8 et 10 de la division B du CNÉB :

- Partie 3 : Enveloppe du bâtiment
- Partie 4 : Éclairage
- Partie 5 : Chauffage, ventilation et conditionnement d'air
- Partie 6 : Installations d'eau sanitaire
- Partie 7 : Systèmes de distribution d'électricité et moteurs électriques
- Partie 8 : Méthode de conformité par la performance énergétique
- Partie 10 : Conformité des bâtiments par la méthode de performance énergétique à plusieurs paliers

Conformité

Dans le CNÉB, les parties 3 à 8 comportent les exigences de base, tandis que la partie 10 renferme les exigences de performance énergétique en paliers. Trois méthodes de conformité permettent de respecter les exigences de base du CNÉB : la méthode prescriptive, la méthode des solutions de remplacement et la méthode de performance. Cependant, seule la méthode de performance permet la conformité des bâtiments aux exigences de performance énergétique à plusieurs paliers de la partie 10 du CNÉB (voir l'organigramme de la figure A-1.1.2.1. de la division B du CNÉB).

La méthode prescriptive est une approche convenue de conformité de la conception du bâtiment en vertu de laquelle les dispositions des sections 3.2., 4.2., 5.2., 6.2. et 7.2. du CNÉB sont appliquées de la façon indiquée. Par exemple, pour réaliser une enveloppe de bâtiment conforme au CNÉB au moyen de la méthode prescriptive, un concepteur suivrait les dispositions présentées à la section 3.2. du CNÉB, Méthode prescriptive.

Si un constructeur, un concepteur ou un propriétaire de bâtiment veut avoir recours à un système ou à un paramètre du bâtiment qui ne satisfait pas au niveau de performance minimal requis dans la méthode prescriptive, il peut démontrer la conformité au moyen des dispositions de la méthode des solutions de remplacement énoncées aux sections 3.3. et 4.3. du CNÉB (il n'existe pas d'options de remplacement dans les parties 5 à 7 du CNÉB). La méthode des solutions de remplacement permet une certaine souplesse dans l'application des exigences prescriptives, sous réserve de certaines restrictions. Par exemple, des solutions de remplacement sont permises entre les exigences relatives à l'enveloppe du bâtiment ou entre celles relatives à l'éclairage, mais la performance de l'enveloppe du bâtiment ne peut pas être compensée par la performance des systèmes d'éclairage. D'autres restrictions sont propres aux différentes méthodes de solutions de remplacement : par exemple, la méthode des solutions de remplacement pour l'éclairage s'applique seulement à l'éclairage intérieur et non à l'éclairage extérieur.

Le principe clé des méthodes des solutions de remplacement est que l'énergie totale utilisée par le système ou le paramètre du bâtiment proposé doit être égale ou inférieure à l'énergie du système ou du paramètre du bâtiment de référence, lequel est fondé sur la méthode prescriptive. Le principal avantage de la méthode des solutions de remplacement est la souplesse qu'elle offre aux concepteurs par rapport à la méthode prescriptive.

Un concepteur peut utiliser n'importe laquelle des options prescriptives ou de remplacement présentées dans chaque partie ou une combinaison d'options prescriptives pour certains paramètres du bâtiment et d'options de remplacement pour d'autres.

La méthode de conformité par la performance énergétique de la partie 8 du CNÉB est une approche qui s'applique à l'ensemble du bâtiment. La méthode compare la performance d'un bâtiment proposé à celle d'un bâtiment de référence, c'est-à-dire un bâtiment conçu selon la méthode prescriptive. Dans la méthode de performance, les pertes de performance d'un système ou d'un paramètre du bâtiment peuvent être compensées par les gains de performance d'un autre système ou paramètre. Par exemple, un bâtiment proposé comportant une chaudière dont l'efficacité est inférieure aux exigences prescriptives pourrait avoir une enveloppe du bâtiment dont la performance thermique est supérieure à celle requise en vertu des exigences prescriptives. Si la consommation totale d'énergie du bâtiment proposé est égale ou inférieure à celle du bâtiment de référence, la conception est considérée comme conforme au CNÉB. La méthode de performance ne peut pas être utilisée pour évaluer la conformité de systèmes ou de paramètres du bâtiment individuels; si elle est choisie, elle doit être utilisée pour évaluer la conformité de l'ensemble des systèmes et des paramètres du bâtiment.

En raison de la complexité des calculs requis (p. ex., calculs horaires) dans l'application des dispositions de la méthode de performance, des simulations informatiques sont généralement utilisées pour démontrer la conformité.

Variables des équations

Les variables des équations qui sont susceptibles d'être utilisées dans des logiciels sont laissées en anglais.

Normes incorporées par renvoi

Sauf indication contraire, les éditions applicables des normes incorporées par renvoi dans le présent guide de l'utilisateur sont celles incorporées par renvoi dans le CNÉB 2020, y compris toute mise à jour à ces normes publiée par le CNRC.

Renseignements additionnels

Les lecteurs sont encouragés à se familiariser avec la préface du CNÉB afin de prendre connaissance de renseignements importants sur le processus d'élaboration des codes, la structure du CNÉB et la relation entre ses divisions, et pour avoir une meilleure compréhension de l'approche axée sur les objectifs et de la façon dont celle-ci ouvre la voie à l'innovation.

Commentaire sur la partie 3

Enveloppe du bâtiment

Objet (article 3.1.1.1.)

1. La partie 3 du CNÉB porte sur le transfert de chaleur et d'air au travers de l'enveloppe du bâtiment et établit les mesures acceptables minimales relatives à la performance thermique adéquate des matériaux, des composants et des ensembles de construction qui font partie de l'enveloppe du bâtiment. Le CNÉB définit l'enveloppe du bâtiment comme l'ensemble des composants qui isolent l'espace climatisé (y compris l'espace semi-chauffé) de l'espace non climatisé, de l'air extérieur ou du sol, ou qui isolent des espaces climatisés destinés à être maintenus à des températures différant par plus de 10 °C dans les conditions de calcul. L'enveloppe du bâtiment, qui inclut les murs, les toits, les planchers, le fenêtrage et les portes d'un bâtiment, contribue de façon importante à déterminer la quantité d'énergie requise pour répondre aux besoins des occupants d'un bâtiment. Le transfert de chaleur et d'air au travers de l'enveloppe du bâtiment est une considération importante du point de vue de l'efficacité énergétique.

Domaine d'application (article 3.1.1.2.)

2. Les exigences de la partie 3 du CNÉB s'appliquent à tous les bâtiments neufs et aux agrandissements qui sont munis de systèmes de climatisation de l'espace ou qui permettent l'installation ultérieure de tels systèmes et dont la capacité du système de chauffage ou de refroidissement est égale ou supérieure à 10 W/m² de surface de plancher. Les exigences ne s'appliquent pas aux espaces non climatisés ni aux bâtiments agricoles.

Conformité (article 3.1.1.3.)

3. La conformité à la partie 3 du CNÉB peut être assurée au moyen de l'une des trois méthodes suivantes : la méthode prescriptive, la méthode des solutions de remplacement ou la méthode de performance. Les trois méthodes permettent aux concepteurs d'appliquer strictement les exigences prescriptives du CNÉB, d'utiliser des solutions de remplacement pour répondre aux exigences ou d'adopter une approche plus détaillée axée sur la performance énergétique du bâtiment dans son ensemble. L'organigramme de la figure A-3.1.1.3. 1) du CNÉB montre les options disponibles pour assurer la conformité de l'enveloppe du bâtiment. Les trois méthodes de conformité sont expliquées aux paragraphes 48 à 87.

Caractéristiques thermiques des ensembles de construction (article 3.1.1.5.)

4. Les caractéristiques thermiques des matériaux de l'enveloppe du bâtiment sont généralement déterminées au moyen d'essais conformes aux normes de matériaux pertinentes, dont beaucoup sont incorporées par renvoi dans le Code national du bâtiment – Canada (CNB) 2020. En l'absence d'une telle norme pour un matériau donné, ou lorsqu'une norme ne vise pas la détermination des caractéristiques thermiques d'un matériau, on peut obtenir ces données au moyen d'essais effectués conformément à la norme ASTM C177, « Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus », ou à la norme ASTM C518, « Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus ». Les fabricants mentionnent souvent ces normes dans la documentation sur les produits parallèlement aux propriétés thermiques de ces derniers.

Commentaire sur la partie 3

5. Une compréhension des principes de base du transfert de chaleur, y compris des concepts de conductivité thermique et de résistance thermique, est essentielle à la conception, à la sélection et à l'évaluation d'ensembles de l'enveloppe du bâtiment qui sont conformes aux exigences de la partie 3 du CNÉB.
6. La chaleur se déplace spontanément d'une aire à température élevée vers une aire à basse température de manière à assurer un équilibre thermique. L'écoulement thermique dans les ensembles de l'enveloppe du bâtiment se produit par l'effet combiné de la convection, du rayonnement et de la conduction.
7. De nombreuses exigences de la partie 3 du CNÉB sont fondées sur le concept de résistance thermique effective, qui suppose que l'effet combiné de la convection, du rayonnement et de la conduction dans les ensembles de l'enveloppe du bâtiment se produit exclusivement en tant que conduction. La résistance thermique effective représente la résistance à l'écoulement thermique au travers d'un ensemble d'une surface donnée et à une différence de température donnée.
8. Les fuites d'air, qui se produisent lorsque de l'air s'écoule par des fissures et des ouvertures non intentionnelles dans les ensembles de l'enveloppe du bâtiment, constituent un autre mécanisme de transfert de chaleur abordé dans la partie 3 du CNÉB. Le passage de l'air au travers des ensembles peut s'effectuer depuis l'espace climatisé intérieur vers l'extérieur (exfiltration) ou depuis l'extérieur vers l'espace climatisé intérieur (infiltration). Dans l'une ou l'autre direction, un échange d'énergie thermique a lieu. Par exemple, il peut y avoir une perte d'énergie thermique par exfiltration durant l'hiver.
9. Par conséquent, il est possible de réduire au minimum le transfert de chaleur dans les ensembles de l'enveloppe du bâtiment en réduisant les fuites d'air et en utilisant une combinaison de composants qui résistent à l'écoulement thermique.
10. Le coefficient de transmission thermique globale (coefficient U) est une mesure du taux, en $W/(m^2 \times K)$, de transmission de la chaleur au travers d'un ensemble de construction dont les deux faces sont simultanément exposées à des températures différentes. Le coefficient U correspond au flux thermique traversant une unité de surface de l'ensemble en une unité de temps, en régime stable, pour une différence de température d'une unité de part et d'autre de cet ensemble. Le coefficient U reflète la capacité de tous les éléments constitutifs à transférer la chaleur au travers d'un ensemble de construction, y compris par les films d'air. La résistance thermique effective (valeur RSI, en unités métriques) est la réciproque du coefficient de transmission thermique globale, comme le montre l'équation suivante, et elle est mesurée en $(m^2 \times K)/W$:

$$RSI = \frac{1}{U}$$

où

RSI = résistance thermique effective, en $(m^2 \times K)/W$; et

U = coefficient de transmission thermique globale, en $W/(m^2 \times K)$.

11. Idéalement, les ensembles de l'enveloppe du bâtiment sont choisis ou conçus en fonction du type de bâtiment, de l'utilisation de ce dernier et de son emplacement puisqu'ils doivent être appropriés pour les charges tant internes qu'externes. Ils peuvent améliorer considérablement la performance globale et l'efficacité énergétique d'un bâtiment. Ils n'exigent pas l'utilisation directe d'énergie et ont un effet important sur le confort thermique ainsi que sur les charges de chauffage et de refroidissement des bâtiments. La prise en considération des conditions extérieures auxquelles un ensemble de l'enveloppe du bâtiment sera soumis est une des premières étapes du processus de conception et de sélection.
12. Le coefficient de transmission thermique du bâtiment et les degrés-jours de chauffage pour l'emplacement du bâtiment permettent une estimation raisonnable de la charge annuelle d'énergie de chauffage. Les exigences de la partie 3 du CNÉB pour le coefficient U maximal des ensembles de l'enveloppe du bâtiment sont liées à la catégorie applicable de degrés-jours de chauffage pour l'emplacement du bâtiment. Les degrés-jours de chauffage sont la somme des différences entre la température extérieure moyenne pour le jour et 18 °C pour chaque jour de l'année où la température moyenne est inférieure à 18 °C. Les valeurs pour certaines localités canadiennes sont

fournies au tableau C-1 du CNÉB. Pour les localités qui n'y sont pas mentionnées, les degrés-jours de chauffage peuvent être obtenus auprès d'Environnement et Changement climatique Canada (www.climate.weather.gc.ca/index_f.html).

13. Le CNÉB utilise les six catégories de degrés-jours de chauffage suivantes, appelées zones :

Tableau 3-1
Zones de degrés-jours de chauffage

| Zone | Degrés-jours de chauffage pour l'emplacement du bâtiment, en degrés-jours Celsius |
|------|---|
| 4 | < 3000 |
| 5 | 3000 à 3999 |
| 6 | 4000 à 4999 |
| 7A | 5000 à 5999 |
| 7B | 6000 à 6999 |
| 8 | ≥ 7000 |

14. De manière générale, les zones numérotées en ordre croissant désignent différentes régions du Canada, du sud au nord. Les zones sont basées sur les zones climatiques définies dans la norme ANSI/ASHRAE/IES 90.1, « Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings ». Le Canada ne compte pas de localités situées dans les zones 1 à 3; la zone 4 est la zone la plus douce au Canada (Victoria, en Colombie-Britannique, est un exemple de localité de zone 4), tandis que la zone 8 est la zone la plus froide (Yellowknife, aux Territoires du Nord-Ouest, est un exemple de localité de zone 8). Dans les exigences de la partie 3 du CNÉB, le coefficient de transmission thermique globale maximal des ensembles de construction décroît (c.-à-d. devient plus rigoureux) à mesure que les degrés-jours de chauffage augmentent. Par exemple, le coefficient de transmission thermique globale maximal pour les toits dans la zone 4 est de 0,164 W/(m²×K) comparativement à 0,110 W/(m²×K) pour les toits dans la zone 8.

Prise en compte des ponts thermiques (paragraphe 3.1.1.5. 5) et article 3.1.1.7.)

15. Dans les éditions de 2011 et de 2015 du CNÉB, les ponts thermiques de seulement quelques éléments du bâtiment étaient pris en compte dans le calcul du coefficient de transmission thermique globale des ensembles de l'enveloppe du bâtiment. La surface de ces éléments était considérée comme une voie de transfert de chaleur. Cette approche ne tenait pas compte d'autres voies de transfert de chaleur, comme les transitions fenêtre-mur, qui n'ont pas de surface définissable, mais qui constituent une source importante de transfert de chaleur. Ne pas tenir compte de toutes les occurrences de ponts thermiques dans l'enveloppe du bâtiment signifiait que les ensembles de construction opaques pouvaient présenter des valeurs réelles du coefficient de transmission thermique globale supérieures à celles exigées par le CNÉB – potentiellement au moins deux fois plus élevées que les valeurs déterminées au moyen des méthodes de calcul qui ne tiennent pas compte de l'effet cumulatif des ponts thermiques.
16. Ne pas tenir adéquatement compte de l'incidence des ponts thermiques entraîne les conséquences suivantes :
- l'acceptation et la conformité au CNÉB d'ensembles de construction qui n'atteindront pas le niveau de performance exigé par le CNÉB;
 - une consommation d'énergie supérieure à celle prévue en fonction des résultats d'analyses de la consommation d'énergie effectuées à partir de valeurs d'entrée inexactes;
 - des occasions manquées de réduire les coûts énergétiques; et
 - un gaspillage de ressources (p. ex., lorsqu'une conception exige un niveau élevé d'isolation thermique et que l'avantage présumé n'est pas obtenu en raison des ponts thermiques).
17. Comme l'édition de 2017, l'édition de 2020 du CNÉB exige que les ponts thermiques des éléments énumérés au paragraphe 3.1.1.7. 1) du CNÉB soient pris en compte. Cette exigence vise à encourager

Commentaire sur la partie 3

les utilisateurs du CNÉB à adopter des stratégies permettant de compenser l'effet des ponts thermiques au moyen de détails de construction améliorés. Les méthodes actuelles de détermination du coefficient de transmission thermique globale permettent d'obtenir des valeurs plus précises grâce à l'inclusion, dans les calculs, de données permettant de tenir compte des ponts thermiques linéaires et ponctuels.

18. Se reporter au guide « Building Envelope Thermal Bridging Guide » (BETB Guide) pour consulter la description détaillée d'une méthodologie de détermination des caractéristiques thermiques d'un ensemble de l'enveloppe du bâtiment au moyen d'une interface de bâtiment générique ou à l'aide des coefficients de transmission thermique surfacique, linéaire et ponctuelle indiqués dans le catalogue sur la performance thermique du BETB Guide. On peut également se reporter à la norme ISO 14683, « Ponts thermiques dans les bâtiments – Coefficient linéique de transmission thermique – Méthodes simplifiées et valeurs par défaut ».
19. Voici un résumé des étapes requises pour calculer les caractéristiques thermiques d'un ensemble de l'enveloppe du bâtiment, telles que présentées dans le BETB Guide :
 - 1) Déterminer le coefficient de transmission thermique surfacique, U_o , de l'aire opaque totale de l'ensemble (mur, plancher ou toit). Le coefficient de transmission thermique surfacique tient compte des ponts thermiques uniformément répartis dus aux composants de l'ensemble. Il peut être calculé, selon le cas, à l'aide de la méthode des plans isothermes, de la méthode de calcul des plans isothermes et du flux thermique parallèle, ou d'une modélisation thermique en deux ou trois dimensions.
 - 2) Déterminer la performance thermique des détails d'interface en évaluant les valeurs du coefficient de transmission thermique linéaire, Ψ , et du coefficient de transmission thermique ponctuelle, χ , à la jonction entre les ensembles, comme l'indique le paragraphe 3.1.1.7. 1) du CNÉB. Les coefficients de transmission thermique linéaire et ponctuelle peuvent être déterminés à l'aide de données cataloguées, comme celles du BETB Guide.
 - 3) Le coefficient de transmission thermique globale de l'ensemble, U_T , est ensuite calculé au moyen de l'équation suivante :

$$U_T = \frac{\sum(\Psi \times L) + \sum(\chi)}{A_{\text{total}}} + U_o$$

où

L = longueur du pont thermique, en m; et
 A_{total} = aire opaque totale de l'ensemble, en m^2 , pour laquelle la valeur de U_o s'applique.

20. En tenant compte de l'effet des ponts thermiques, le coefficient de transmission thermique de l'ensemble est effectivement augmenté (et donc supérieur à la valeur nominale) en raison des pertes de chaleur incluses à chacun des détails d'interface.
21. Pour effectuer les calculs, il faut avoir obtenu des estimations détaillées des surfaces, des longueurs d'interface et des quantités ponctuelles. Des ressources comme le BETB Guide peuvent fournir des renseignements de référence appropriés pour les ensembles d'un projet. En l'absence de tels renseignements, une modélisation thermique en deux ou trois dimensions pourrait être nécessaire afin de quantifier les pertes de chaleur.
22. Il est à noter que le BETB Guide ne constitue pas un document de conformité; il traite plutôt de la méthodologie de détermination des caractéristiques thermiques des ensembles de l'enveloppe du bâtiment et des détails d'interface.

Calcul du coefficient de transmission thermique globale (article 3.1.1.7.)

23. Une compréhension approfondie des méthodes utilisées pour déterminer ou calculer le coefficient U des ensembles opaques de l'enveloppe du bâtiment est importante pour démontrer la conformité à la partie 3 du CNÉB.
24. Le paragraphe 3.1.1.7. 4) du CNÉB accorde un crédit pour tout espace non climatisé abritant un composant de l'enveloppe du bâtiment. Le coefficient de transmission thermique globale (coefficient U) présumé de $6,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ pour l'enceinte permet de réduire de $0,16 \text{ (m}^2 \times \text{K)/W}$ la résistance thermique effective (valeur RSI) des aires abritées des ensembles opaques hors sol de

l'enveloppe du bâtiment, comme le montre l'exemple 3-1. Le crédit accordé au paragraphe 3.1.1.7. 4) du CNÉB ne s'applique pas aux espaces ventilés étant donné que ces espaces sont considérés comme faisant partie de l'espace extérieur (voir la note A-3.1.1.7. 4) du CNÉB).

Exemple 3-1 – Coefficient de transmission thermique globale maximal d'un mur opaque extérieur hors sol abrité par un espace fermé non climatisé

À Regina (Saskatchewan), un mur opaque extérieur hors sol est abrité par un espace fermé non climatisé. Selon le tableau C-1 du CNÉB, Regina compte 5600 degrés-jours de chauffage, ce qui correspond à la zone 7A (voir le tableau 3-1 au paragraphe 13). Le coefficient de transmission thermique globale (coefficient U) maximal des murs opaques hors sol dans la zone 7A est de 0,215 W/(m²×K) selon le tableau 3.2.2.2. du CNÉB. Afin d'appliquer le crédit de 6,25 W/(m²×K) indiqué au paragraphe 3.1.1.7. 4) du CNÉB, le crédit ainsi que le coefficient de transmission thermique globale maximal doivent être convertis en valeurs RSI comme suit :

$$RSI_{\text{wall}} = \frac{1}{U_{\text{wall}}} = \frac{1}{0,215 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})} = 4,65 \text{ (m}^2 \times \text{K)}/\text{W}$$

$$RSI_{\text{credit}} = \frac{1}{U_{\text{credit}}} = \frac{1}{6,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})} = 0,160 \text{ (m}^2 \times \text{K)}/\text{W}$$

La valeur RSI rajustée du mur abrité se calcule ensuite comme suit :

$$RSI_{\text{net}} = RSI_{\text{wall}} - RSI_{\text{credit}}$$

$$RSI_{\text{net}} = 4,65 \text{ (m}^2 \times \text{K)}/\text{W} - 0,16 \text{ (m}^2 \times \text{K)}/\text{W} = 4,49 \text{ (m}^2 \times \text{K)}/\text{W}$$

Afin d'obtenir le coefficient de transmission thermique globale (coefficient U) maximal rajusté du mur abrité, la valeur RSI rajustée est convertie en coefficient U comme suit :

$$U_{\text{net}} = \frac{1}{RSI_{\text{net}}} = \frac{1}{4,49 \text{ (m}^2 \times \text{K)}/\text{W}} = 0,223 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$$

Par conséquent, le coefficient de transmission thermique globale maximal rajusté du mur abrité est de 0,223 W/(m²×K).

25. Les ensembles de l'enveloppe du bâtiment se composent habituellement de plusieurs composants, lesquels peuvent inclure des matériaux de construction et d'isolation thermique ainsi que des lames d'air (ou cavités d'air). Chaque composant a sa propre capacité de résistance à l'écoulement thermique. Étant donné que le transfert de chaleur se produit dans l'ensemble en entier, la résistance thermique (valeur RSI) de chaque composant, y compris toute lame d'air, est utilisée pour calculer le coefficient U de l'ensemble. Les films d'air sur les surfaces extérieures et intérieures ont également une incidence sur le transfert thermique et doivent être pris en considération dans le calcul du coefficient U. La résistance thermique de ces films d'air dépend de la position de ces derniers dans l'ensemble, de la direction du transfert thermique, de la température de la surface et de l'air, de la différence entre la température de la surface et la température environnante, et de l'émission à grande longueur d'onde de la surface.
26. Dans les cas où le coefficient U d'un ensemble de l'enveloppe du bâtiment n'a pas déjà été déterminé au moyen d'une analyse par ordinateur ou d'essais en laboratoire, on peut le calculer au moyen de la méthode de calcul simplifiée décrite dans le manuel de l'ASHRAE intitulé « ASHRAE Handbook – Fundamentals ». La méthode de calcul utilisée dépend du type d'ensemble considéré. Trois méthodes de calcul du coefficient U d'un ensemble de l'enveloppe du bâtiment sont décrites ci-dessous :
 - Méthode des plans isothermes : méthode utilisée pour les ensembles à composants continus et sans effet de pont thermique. Se reporter à la figure 3-1 au paragraphe 33.
 - Méthode de calcul des plans isothermes et du flux thermique parallèle : méthode qui s'applique aux ensembles à ossature de bois où l'écoulement thermique au travers du pont thermique est parallèle à l'écoulement thermique dans l'isolant et où la température dans chaque plan de

Commentaire sur la partie 3

l'ensemble est constante. Cette méthode est différente de la méthode des plans isothermes, qui s'applique seulement aux ensembles à composants continus. Se reporter à la figure 3-2 au paragraphe 38.

- Méthode pour les ensembles à ossature de métal : méthode qui s'applique aux ensembles à ossature de métal où une valeur effective est utilisée pour la portion d'isolation/ossature et où la méthode des plans isothermes est utilisée pour les couches de matériaux continus. Se reporter à la figure 3-3 au paragraphe 41.
27. Pour calculer le coefficient U d'un ensemble de construction au moyen des trois méthodes décrites au paragraphe 26, l'information suivante est requise :
- la valeur RSI et l'épaisseur de chacun des composants de l'ensemble (se reporter au paragraphe 28);
 - les valeurs RSI des lames d'air qui font partie de l'ensemble (se reporter au paragraphe 29);
 - les valeurs RSI des films d'air intérieur et extérieur, selon le cas (se reporter au paragraphe 30); et
 - le type, la taille et l'espacement des éléments d'ossature répétitifs qui font partie de l'ensemble et ont un effet de pont thermique sur ce dernier (se reporter au paragraphe 31).
28. Les valeurs RSI types pour certains matériaux courants d'isolation et de l'enveloppe du bâtiment sont indiquées aux tableaux 3-4 à 3-8 (voir le paragraphe 88). Les valeurs RSI peuvent également être obtenues auprès des fabricants des matériaux ou tirées du manuel « ASHRAE Handbook – Fundamentals ».
29. La valeur RSI des lames d'air varie en fonction de la direction de l'écoulement thermique. Les valeurs RSI types pour les lames d'air sont indiquées au tableau 3-8 (voir le paragraphe 88) en fonction du type d'ensemble (plafond, plancher ou mur) et de l'épaisseur de la lame d'air. Pour les géométries non montrées, les données peuvent être tirées du manuel « ASHRAE Handbook – Fundamentals ».
30. La valeur RSI des films d'air varie également en fonction de la direction de l'écoulement thermique. Pour les films d'air extérieurs, les valeurs RSI dépendent de la vitesse du vent. Les valeurs RSI types pour les films d'air sont indiquées au tableau 3-8 (voir le paragraphe 88) en fonction du type (intérieur ou extérieur) et de l'emplacement (plafond, plancher ou mur). Pour les types de films d'air non montrés, les données peuvent être tirées du manuel « ASHRAE Handbook – Fundamentals ».
31. Les valeurs des pourcentages de l'aire avec ossature pour des ensembles à ossature de bois types sont indiquées au tableau 3-9 (voir le paragraphe 88) en fonction du type d'ensemble et de l'espacement des éléments d'ossature. Les valeurs des pourcentages de l'aire avec ossature peuvent également être calculées en fonction de la construction réelle. Ces valeurs sont nécessaires au calcul des coefficients U dans la méthode de calcul des plans isothermes et du flux thermique parallèle pour les ensembles à ossature de bois.

Calcul du coefficient U pour les ensembles de construction avec isolation continue – méthode des plans isothermes

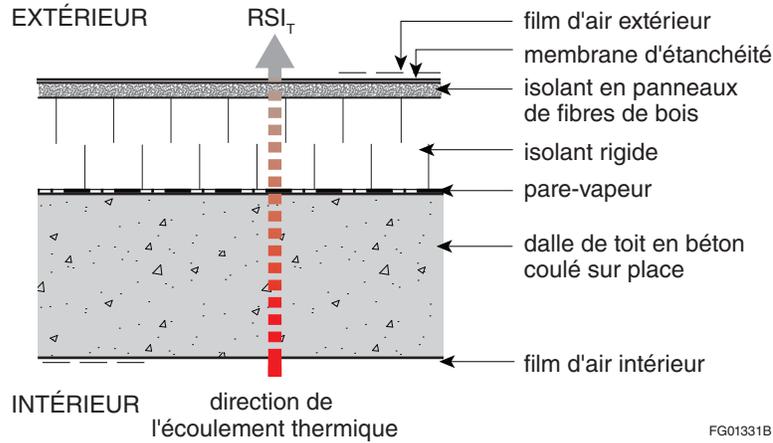
32. Lorsqu'un ensemble de construction contient seulement des matériaux continus, la méthode la plus simple de calcul du coefficient U peut être utilisée, soit la méthode des plans isothermes unidimensionnels. Cette méthode s'applique, par exemple, aux ensembles de construction qui n'utilisent pas d'ossature à l'intérieur de la partie isolante de l'ensemble, comme les toits plats ou les dalles de plancher entièrement isolées. La méthode consiste à additionner les résistances thermiques des différents composants de l'ensemble. La réciproque de cette somme est le coefficient U de l'ensemble, U_T , qui est calculé comme suit :

$$U_T = \frac{1}{RSI_T}$$

où

RSI_T = somme des résistances thermiques des composants de l'ensemble, y compris les films d'air intérieur et extérieur, en $(m^2 \times K)/W$.

33. La figure 3-1 montre une représentation graphique de l'écoulement thermique au travers d'un toit plat conformément à la méthode des plans isothermes.



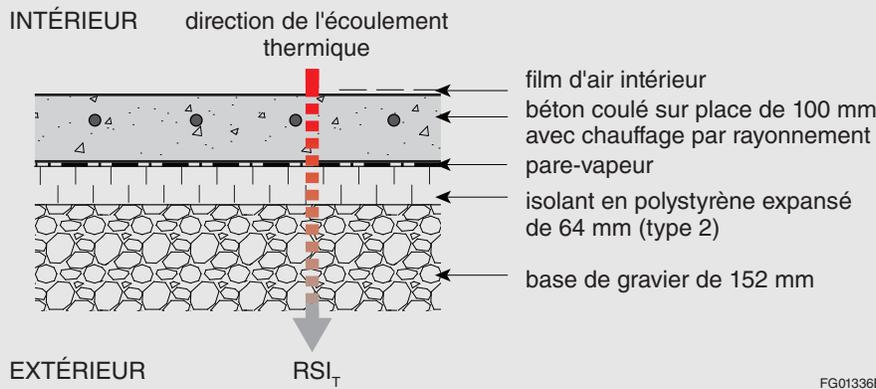
FG01331B

Figure 3-1
Représentation graphique de l'écoulement thermique dans la méthode des plans isothermes

34. Pour des exemples de calcul du coefficient U au moyen de la méthode des plans isothermes, se reporter aux exemples 3-2 à 3-5.

Exemple 3-2 – Plancher : Dalle sur terre-plein en béton isolée

La figure A montre la direction de l'écoulement thermique au travers d'une dalle sur terre-plein en béton isolée avec chauffage par rayonnement.



FG01336B

Figure A
Représentation graphique de l'écoulement thermique au travers d'une dalle sur terre-plein en béton isolée (vue en section)

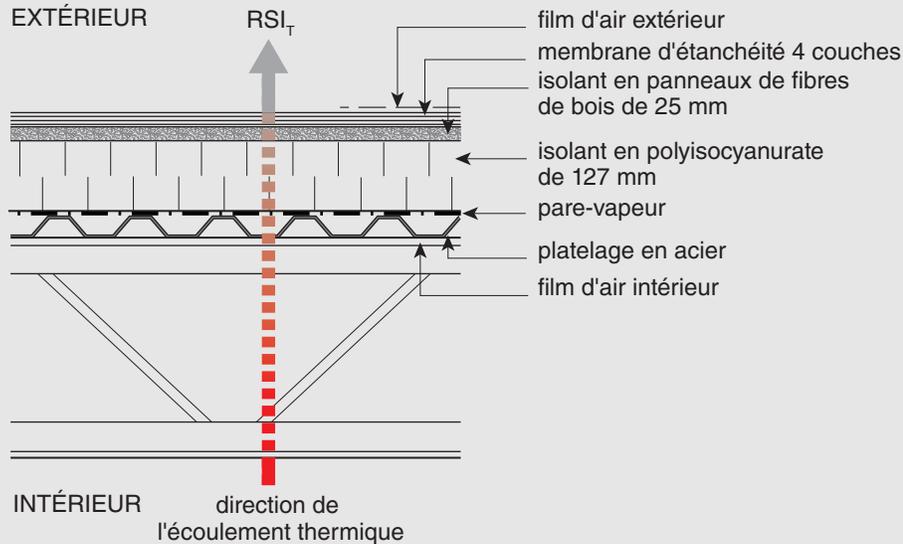
Puisque l'ensemble renferme seulement des matériaux continus, la méthode des plans isothermes est utilisée pour le calcul du coefficient de transmission thermique globale. On peut tirer les valeurs RSI de tous les composants de l'ensemble des tableaux 3-4 à 3-8 (voir le paragraphe 88), en tenant compte de l'épaisseur des matériaux et de la valeur RSI du film d'air intérieur. Le coefficient de transmission thermique globale, U_T , peut être calculé comme suit :

| Composants de l'ensemble | RSI, en (m ² ×K)/W |
|---|-------------------------------|
| Film d'air intérieur | 0,16 |
| Dalle en béton coulé sur place de 100 mm (granulats de densité normale) | 0,04 |
| Pare-vapeur | 0,00 |
| Isolant en polystyrène expansé de 64 mm (type 2) | 1,79 |
| RSI_T | 1,99 |
| $U_T = 1/RSI_T$ | 0,503 |

Commentaire sur la partie 3

Exemple 3-3 – Toit : Toit plat (membrane d'étanchéité 4 couches et platelage en acier)

La figure A montre la direction de l'écoulement thermique au travers d'un toit avec membrane d'étanchéité 4 couches et platelage en acier.



FG01337B

Figure A

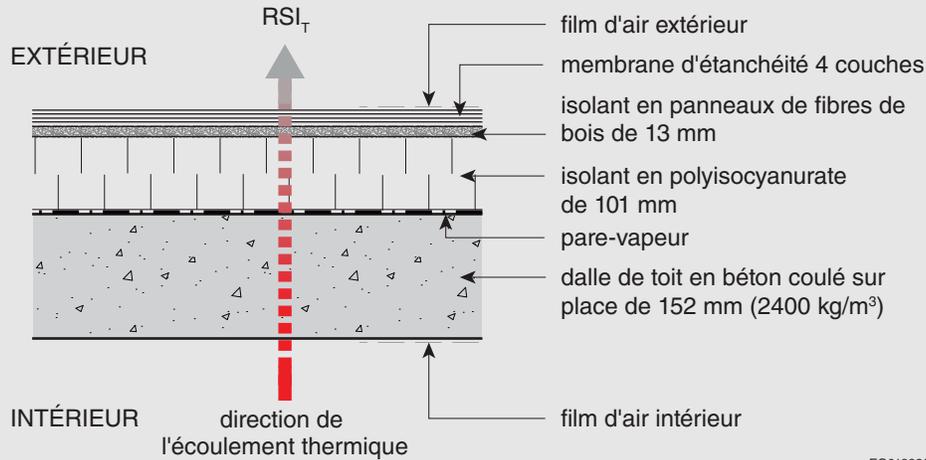
Représentation graphique de l'écoulement thermique au travers d'un toit plat – membrane d'étanchéité 4 couches et platelage en acier (vue en section)

Puisque l'ensemble renferme seulement des matériaux continus et que le platelage en métal ne pénètre pas l'isolant thermique, la méthode des plans isothermes est utilisée pour le calcul du coefficient de transmission thermique globale. On peut tirer les valeurs RSI de tous les composants de l'ensemble des tableaux 3-4 à 3-8 (voir le paragraphe 88), en tenant compte de l'épaisseur des matériaux et des valeurs RSI des films d'air intérieur et extérieur. Si l'isolant du toit est incliné pour permettre le drainage du toit, l'épaisseur moyenne de l'isolant serait prise en compte dans les calculs. Le coefficient de transmission thermique globale, U_T , peut être calculé comme suit :

| Composants de l'ensemble | RSI, en (m ² ·xK)/W |
|--|--------------------------------|
| Film d'air extérieur | 0,03 |
| Membrane d'étanchéité 4 couches (étanchéité multicouche, 10 mm) | 0,06 |
| Isolant en panneaux de fibres de bois de 25 mm (panneaux de fibres isolants) | 0,40 |
| Isolant en polyisocyanurate de 127 mm | 4,85 |
| Pare-vapeur | 0,00 |
| Platelage en acier | 0,00 |
| Film d'air intérieur | 0,11 |
| RSI_T | 5,45 |
| $U_T = 1/RSI_T$ | 0,183 |

Exemple 3-4 – Toit : Toit plat (membrane d'étanchéité 4 couches et dalle de toit en béton coulé sur place)

La figure A montre la direction de l'écoulement thermique au travers d'un toit avec membrane d'étanchéité 4 couches et dalle de toit en béton coulé sur place.



FG01338C

Figure A

Représentation graphique de l'écoulement thermique au travers d'un toit plat – membrane d'étanchéité 4 couches et dalle de toit en béton (vue en section)

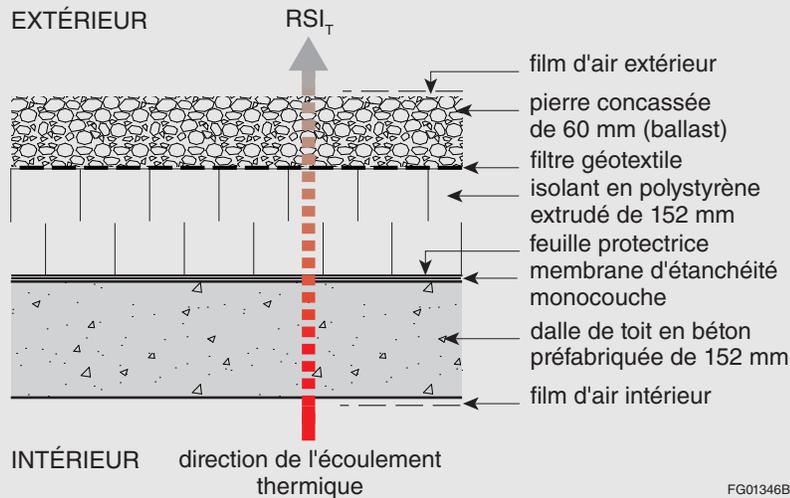
Puisque l'ensemble renferme seulement des matériaux continus, la méthode des plans isothermes est utilisée pour le calcul du coefficient de transmission thermique globale. On peut tirer les valeurs RSI de tous les composants de l'ensemble des tableaux 3-4 à 3-8 (voir le paragraphe 88), en tenant compte de l'épaisseur des matériaux et des valeurs RSI des films d'air intérieur et extérieur. Le coefficient de transmission thermique globale, U_T , peut être calculé comme suit :

| Composants de l'ensemble | RSI, en (m ² ·K)/W |
|--|-------------------------------|
| Film d'air extérieur | 0,03 |
| Membrane d'étanchéité 4 couches (étanchéité multicouche, 10 mm) | 0,06 |
| Isolant en panneaux de fibres de bois de 13 mm (panneaux de fibres isolants) | 0,21 |
| Isolant en polyisocyanurate de 101 mm (surface perméable) | 3,86 |
| Pare-vapeur | 0,00 |
| Dalle de toit en béton coulé sur place de 152 mm | 0,06 |
| Film d'air intérieur | 0,11 |
| RSI_T | 4,33 |
| U_T = 1/RSI_T | 0,231 |

Commentaire sur la partie 3

Exemple 3-5 – Toit : Toit plat (membrane protégée et dalle de béton préfabriquée)

La figure A montre la direction de l'écoulement thermique au travers d'un toit avec membrane protégée et dalle de béton préfabriquée.



FG01346B

Figure A

Représentation graphique de l'écoulement thermique au travers d'un toit plat – membrane monocouche et dalle de béton (vue en section)

Puisque l'ensemble renferme seulement des matériaux continus, la méthode des plans isothermes est utilisée pour le calcul du coefficient de transmission thermique globale. On peut tirer les valeurs RSI de tous les composants de l'ensemble des tableaux 3-4 à 3-8 (voir le paragraphe 88), en tenant compte de l'épaisseur des matériaux et des valeurs RSI des films d'air intérieur et extérieur. Le coefficient de transmission thermique globale, U_T , peut être calculé comme suit :

| Composants de l'ensemble | RSI, en (m ² ·K)/W |
|---|-------------------------------|
| Film d'air extérieur | 0,03 |
| Pierre concassée de 60 mm (ballast) | 0,04 |
| Filtre géotextile | 0,00 |
| Isolant en polystyrène extrudé de 152 mm | 5,32 |
| Membrane d'étanchéité monocouche | 0,00 |
| Feuille protectrice | 0,00 |
| Dalle de toit en béton préfabriquée de 152 mm | 0,06 |
| Film d'air intérieur | 0,11 |
| RSI_T | 5,56 |
| $U_T = 1/RSI_T$ | 0,180 |

Calcul du coefficient U pour la construction à ossature de bois – méthode de calcul des plans isothermes et du flux thermique parallèle

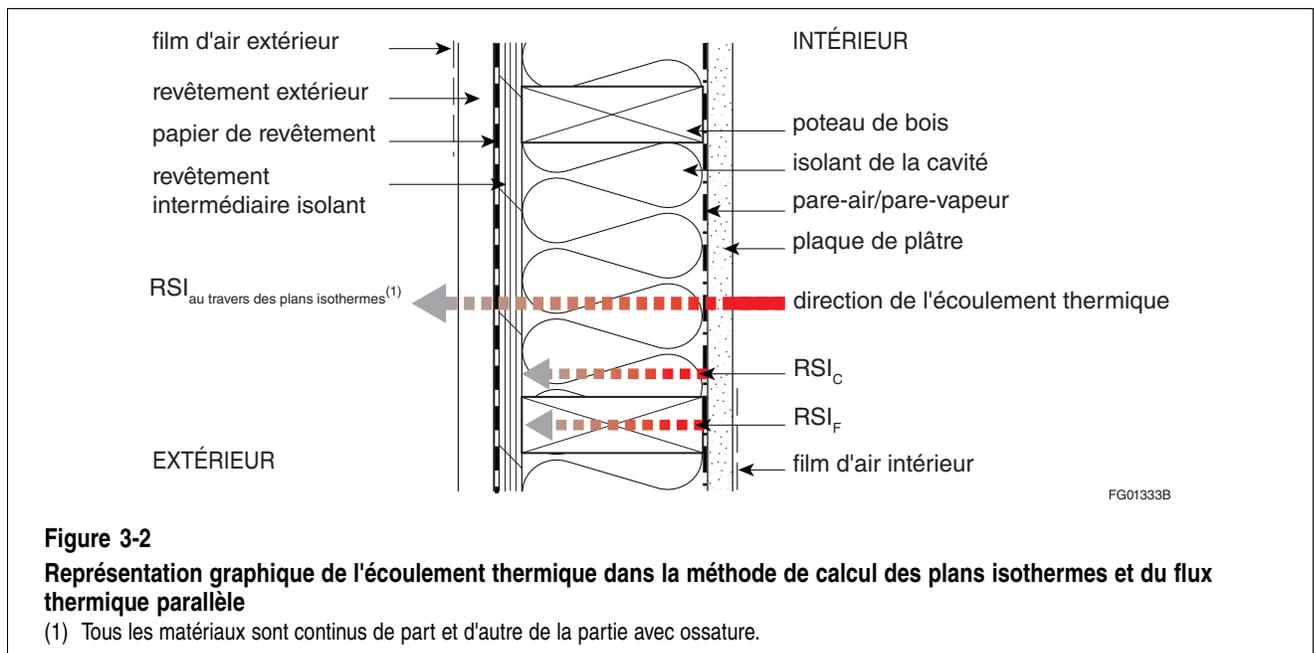
35. Pour les ensembles de construction qui utilisent la construction à ossature de bois, le coefficient U peut être calculé au moyen de la méthode des plans isothermes pour les couches de matériau continues et à l'aide de la méthode du flux thermique parallèle pour la partie avec ossature de l'ensemble. La méthode consiste à additionner les résistances thermiques des différents composants de l'ensemble pour les couches de matériau continues et à utiliser la méthode du flux thermique parallèle pour calculer la résistance thermique de l'ensemble le long de la ligne qui traverse la partie avec ossature de l'ensemble ainsi que le long de la ligne qui traverse la partie sans ossature de l'ensemble. Pour la méthode du flux thermique parallèle, les valeurs sont combinées proportionnellement aux aires relatives de l'ossature et de l'isolation en vue du calcul de la valeur RSI effective.
36. La résistance thermique effective (c.-à-d. globale), RSI_T , est calculée comme suit au moyen de la méthode du flux thermique parallèle :

$$RSI_T = \frac{100}{(\% \text{ aire avec ossature} / RSI_F) + (\% \text{ aire sans ossature} / RSI_C)}$$

où

RSI_F = résistance thermique de la partie avec ossature de l'ensemble; et
 RSI_C = résistance thermique de la partie sans ossature de l'ensemble.

37. Les valeurs des pourcentages de l'aire avec ossature et de l'aire sans ossature peuvent être tirées du tableau 3-9 (voir le paragraphe 88) ou être calculées en fonction de la construction réelle. La réciproque de RSI_T est le coefficient U global de l'ensemble, U_T .
38. La figure 3-2 montre une représentation graphique de l'écoulement thermique au travers d'un mur à ossature de bois conformément à la méthode de calcul des plans isothermes et du flux thermique parallèle.

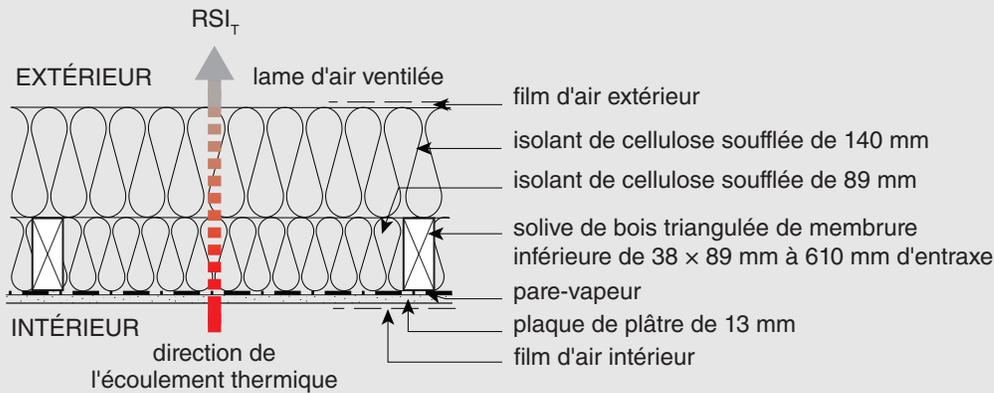


39. Pour des exemples de calcul du coefficient U au moyen de la méthode de calcul des plans isothermes et du flux thermique parallèle, se reporter aux exemples 3-6 à 3-8.

Commentaire sur la partie 3

Exemple 3-6 – Toit : Solive en bois triangulée de type ferme de comble

La figure A montre la direction de l'écoulement thermique au travers d'une solive en bois triangulée de type ferme de comble.



FG01348B

Figure A

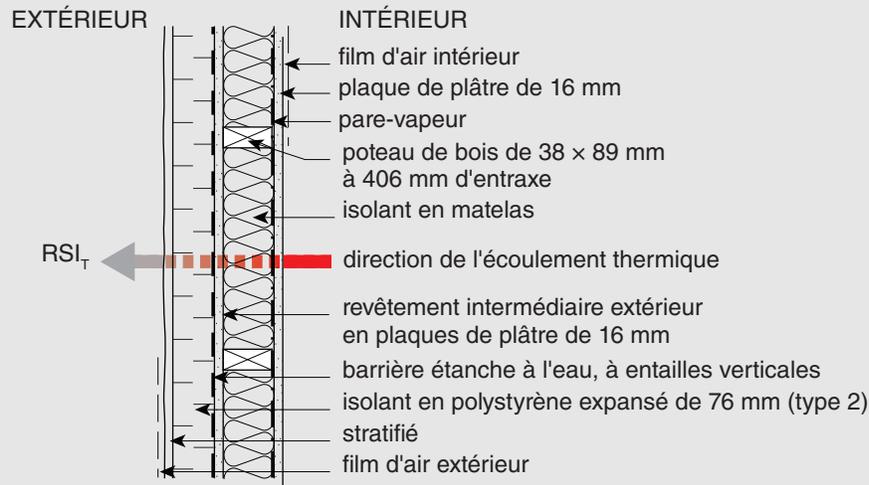
Représentation graphique de l'écoulement thermique au travers d'une solive en bois triangulée de type ferme de comble (vue en section)

Puisque l'ensemble renferme une ossature de bois, la méthode de calcul des plans isothermes et du flux thermique parallèle est utilisée pour le calcul du coefficient de transmission thermique globale. On peut tirer les valeurs RSI de tous les composants de l'ensemble des tableaux 3-4 à 3-8 (voir le paragraphe 88), en tenant compte de l'épaisseur des matériaux et des valeurs RSI des films d'air intérieur et extérieur. Les pourcentages de l'aire avec ossature peuvent être tirés du tableau 3-9 (voir le paragraphe 88). Le coefficient de transmission thermique globale, U_T , peut être calculé comme suit :

| Composants de l'ensemble | | | RSI, en (m ² ×K)/W |
|---|---|--|-------------------------------|
| Lame d'air du toit (film d'air extérieur) | | | 0,03 |
| Isolant de cellulose soufflée | | | 3,50 |
| | % de l'aire avec ossature | % de l'aire sans ossature | |
| Pourcentages de l'aire avec ossature (solives en bois triangulées à 610 mm d'entraxe) | 11 | 89 | |
| | RSI _F au travers de la membrure inférieure, en (m ² ×K)/W | RSI _C au travers de la cavité, en (m ² ×K)/W | |
| Membrure inférieure (89 mm × 0,0085 RSI/mm) | 0,757 | – | 1,78 |
| Isolant de cellulose soufflée | – | 2,14 | |
| Pare-vapeur | | | 0,00 |
| Plaque de plâtre de 13 mm | | | 0,08 |
| Film d'air intérieur | | | 0,11 |
| RSI _T | | | 5,50 |
| $U_T = 1/RSI_T$ | | | 0,182 |

Exemple 3-7 – Mur : Mur à ossature de bois (système d'isolation par l'extérieur avec enduit de finition)

La figure A montre la direction de l'écoulement thermique au travers d'un mur à ossature de bois comportant un système d'isolation par l'extérieur avec enduit de finition (SIEEF).



FG01350B

Figure A
Représentation graphique de l'écoulement thermique au travers d'un mur à ossature de bois comportant un SIEEF (vue en plan)

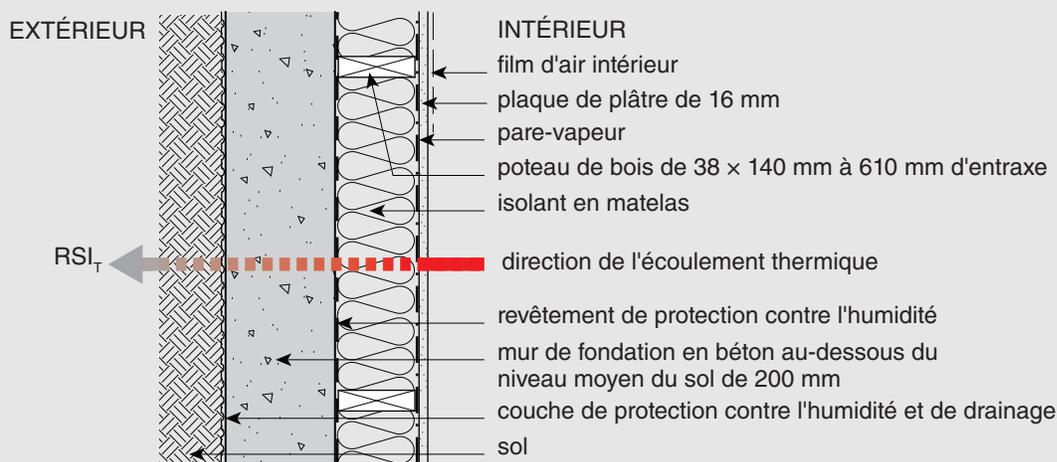
Puisque l'ensemble renferme une ossature de bois, la méthode de calcul des plans isothermes et du flux thermique parallèle est utilisée pour le calcul du coefficient de transmission thermique globale. On peut tirer les valeurs RSI de tous les composants de l'ensemble des tableaux 3-4 à 3-8 (voir le paragraphe 88), en tenant compte de l'épaisseur des matériaux et des valeurs RSI des films d'air intérieur et extérieur. Les pourcentages de l'aire avec ossature peuvent être tirés du tableau 3-9 (voir le paragraphe 88). Le coefficient de transmission thermique globale, U_T , peut être calculé comme suit :

| Composants de l'ensemble | RSI, en (m ² ×K)/W | |
|---|---|--|
| Film d'air extérieur | 0,03 | |
| Stratifié | – | |
| Isolant en polystyrène expansé de 76 mm (type 2) | 2,13 | |
| Barrière étanche à l'eau (à entailles verticales) | 0,00 | |
| Revêtement intermédiaire extérieur en plaques de plâtre de 16 mm | 0,101 | |
| | % de l'aire avec ossature | % de l'aire sans ossature |
| Pourcentages de l'aire avec ossature (poteaux de bois à 406 mm d'entraxe) | 23 | 77 |
| | RSI _F au travers du poteau, en (m ² ×K)/W | RSI _C au travers de la cavité, en (m ² ×K)/W |
| Poteaux de bois (89 mm × 0,0085 RSI/mm) | 0,757 | – |
| Isolant en matelas | – | 2,47 |
| Pare-vapeur | – | |
| Plaque de plâtre de 16 mm | 0,098 | |
| Film d'air intérieur | 0,12 | |
| RSI _T | 4,10 | |
| U _T = 1/RSI _T | 0,244 | |

Commentaire sur la partie 3

Exemple 3-8 – Mur : Mur en contact avec le sol (mur de béton avec ossature de bois)

La figure A montre la direction de l'écoulement thermique au travers d'un mur de béton avec ossature de bois en contact avec le sol.



FG01351B

Figure A

Représentation graphique de l'écoulement thermique au travers d'un mur en contact avec le sol – ossature de bois intérieure (vue en plan)

Puisque l'ensemble renferme une ossature de bois, la méthode de calcul des plans isothermes et du flux thermique parallèle est utilisée pour le calcul du coefficient de transmission thermique globale. On peut tirer les valeurs RSI de tous les composants de l'ensemble des tableaux 3-4 à 3-8 (voir le paragraphe 88), en tenant compte de l'épaisseur des matériaux et des valeurs RSI des films d'air intérieur et extérieur. Les pourcentages de l'aire avec ossature peuvent être tirés du tableau 3-9 (voir le paragraphe 88). Le coefficient de transmission thermique globale, U_T , peut être calculé comme suit :

| Composants de l'ensemble | RSI, en (m ² ×K)/W | |
|---|---|--|
| Couche de protection contre l'humidité et de drainage | 0,00 | |
| Béton de 200 mm | 0,08 | |
| Revêtement de protection contre l'humidité | 0,00 | |
| | % de l'aire avec ossature | % de l'aire sans ossature |
| Pourcentages de l'aire avec ossature (poteaux de bois à 610 mm d'entraxe) | 13 | 87 |
| | RSI _F au travers du poteau, en (m ² ×K)/W | RSI _C au travers de la cavité, en (m ² ×K)/W |
| Poteaux de bois (140 mm × 0,0085 RSI/mm) | 1,19 | – |
| Isolant en matelas | – | 4,23 |
| Pare-vapeur | 0,00 | |
| Plaque de plâtre de 16 mm | 0,098 | |
| Film d'air intérieur | 0,12 | |
| RSI _T | 3,48 | |
| $U_T = 1/RSI_T$ | 0,287 | |

Calcul du coefficient U pour la construction à ossature de métal – variante de la méthode des plans isothermes

40. Pour les ensembles de construction qui utilisent la construction à ossature de métal, une variante de la méthode des plans isothermes peut être utilisée, variante dans laquelle la partie avec ossature est traitée comme une couche continue puisque sa résistance thermique effective est connue. La résistance thermique effective de l'isolant/ossature est tirée des tableaux 3-2 et 3-3 pour la partie avec ossature de l'ensemble et additionnée à la somme des valeurs de résistance thermique des différents composants de l'ensemble de manière à obtenir la résistance thermique globale de l'ensemble. L'utilisation des tableaux 3-2 et 3-3 devrait être limitée à la valeur RSI nominale de l'isolant indiquée dans le tableau et à l'interpolation entre les valeurs du tableau. Les valeurs ne doivent pas être extrapolées, car le résultat obtenu ne serait pas exact.

Tableau 3-2

Valeurs RSI effectives de la couche d'isolant/ossature dans les toits et les planchers à ossature de métal (entraxe de 1,2 m)⁽¹⁾

| Valeur RSI nominale de l'isolant | Coefficient de correction | Valeur RSI effective de l'ossature/cavité |
|----------------------------------|---------------------------|---|
| 0,00 | 1,00 | 0,00 |
| 0,70 | 0,97 | 0,68 |
| 0,88 | 0,96 | 0,85 |
| 1,41 | 0,94 | 1,32 |
| 1,76 | 0,92 | 1,62 |
| 1,94 | 0,91 | 1,76 |
| 2,11 | 0,90 | 1,90 |
| 2,29 | 0,90 | 2,06 |
| 2,64 | 0,88 | 2,32 |
| 2,82 | 0,87 | 2,45 |
| 3,35 | 0,86 | 2,88 |
| 3,52 | 0,85 | 2,99 |
| 3,70 | 0,84 | 3,11 |
| 4,23 | 0,82 | 3,46 |
| 4,40 | 0,81 | 3,57 |
| 5,28 | 0,79 | 4,17 |
| 6,16 | 0,76 | 4,68 |
| 6,69 | 0,74 | 4,95 |
| 7,04 | 0,73 | 5,14 |
| 7,92 | 0,71 | 5,63 |
| 8,80 | 0,69 | 6,07 |
| 9,68 | 0,67 | 6,49 |

⁽¹⁾ Le présent tableau est tiré du tableau A9.2-1 de la norme ANSI/ASHRAE/IES 90.1 avec l'autorisation de l'organisation concernée (©ASHRAE, www.ashrae.org).

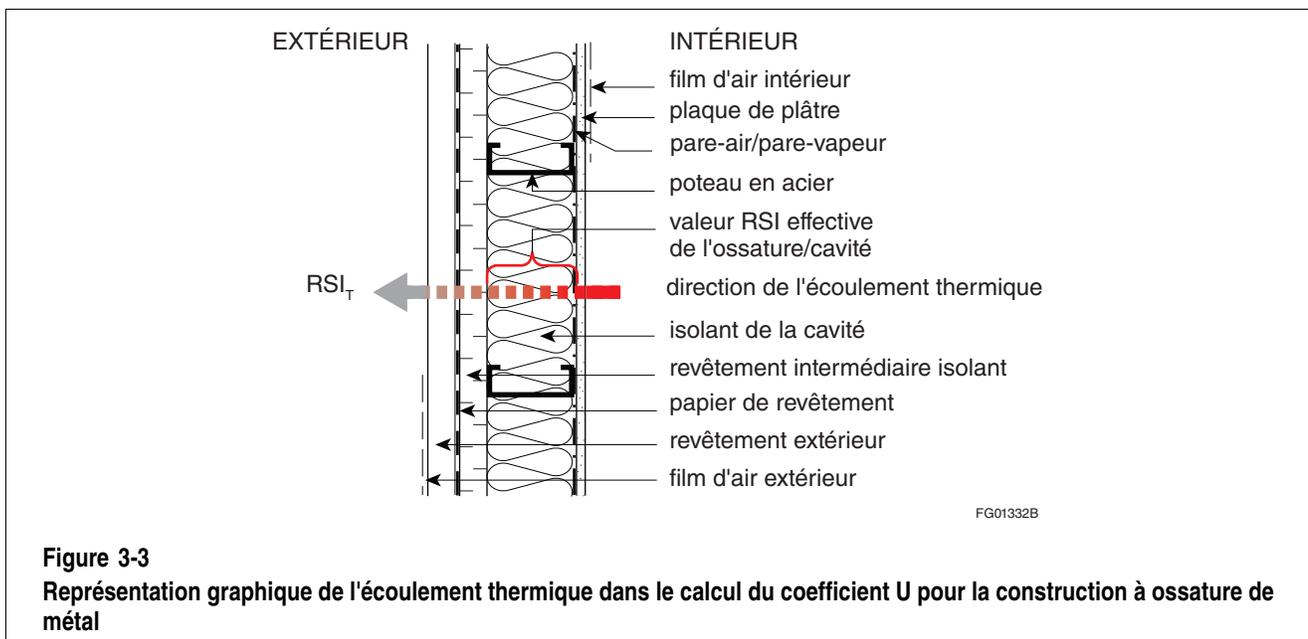
Commentaire sur la partie 3

Tableau 3-3
Valeurs RSI effectives de la couche d'isolant/ossature dans les murs à ossature de métal⁽¹⁾

| Profondeur nominale de la cavité, en mm | Profondeur réelle de la cavité, en mm | Valeur RSI nominale de la lame d'air ou de l'isolant | Valeur RSI effective de l'ossature/cavité à 406 mm d'entraxe | Valeur RSI effective de l'ossature/cavité à 610 mm d'entraxe |
|---|---------------------------------------|--|--|--|
| Cavité vide, sans isolant | | | | |
| 100 | 89 | 0,16 | 0,14 | 0,16 |
| Cavité isolée | | | | |
| 100 | 89 | 1,94 | 0,97 | 1,16 |
| 100 | 89 | 2,29 | 1,06 | 1,27 |
| 100 | 89 | 2,64 | 1,13 | 1,37 |
| 150 | 152 | 3,35 | 1,25 | 1,51 |
| 150 | 152 | 3,70 | 1,30 | 1,58 |
| 200 | 203 | 4,40 | 1,37 | 1,69 |

(1) Le présent tableau est tiré du tableau A9.2-2 de la norme ANSI/ASHRAE/IES 90.1 avec l'autorisation de l'organisation concernée (©ASHRAE, www.ashrae.org).

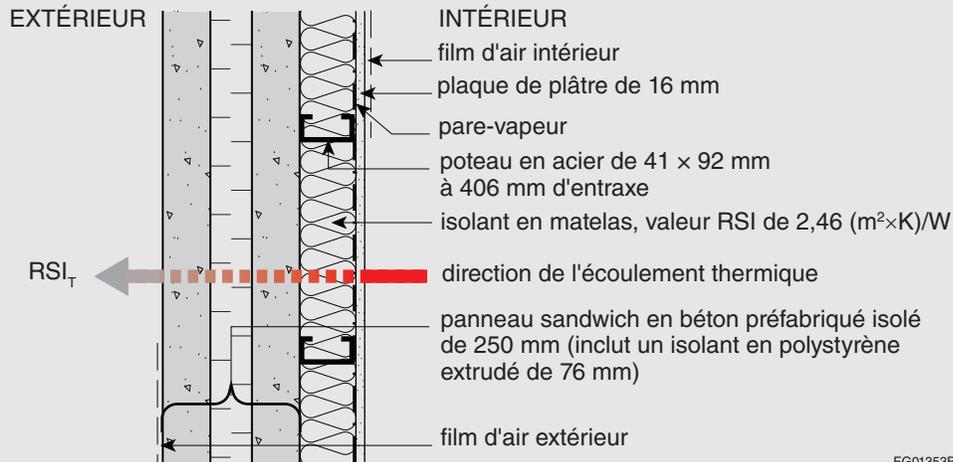
41. La figure 3-3 montre une représentation graphique de l'écoulement thermique dans le calcul du coefficient U pour la construction à ossature de métal.



42. Pour un exemple de calcul du coefficient U d'un ensemble de construction à ossature de métal, se reporter à l'exemple 3-9.

Exemple 3-9 – Mur : Mur à ossature de métal (panneaux en béton préfabriqués isolés)

La figure A montre la direction de l'écoulement thermique au travers d'un mur à ossature de métal comportant des panneaux en béton préfabriqués isolés.



FG01353B

Figure A
Représentation graphique de l'écoulement thermique au travers d'un mur à ossature de métal – panneaux en béton préfabriqués isolés (vue en plan)

Puisque l'ensemble renferme une ossature de métal, la méthode des plans isothermes pour le calcul du coefficient de transmission thermique globale est utilisée, les coefficients U effectifs de la couche d'isolant/ossature étant tirés des tableaux 3-2 et 3-3 (voir le paragraphe 38) pour la partie avec ossature de l'ensemble. On peut tirer la valeur RSI des autres composants de l'ensemble des tableaux 3-4 à 3-8 (voir le paragraphe 88), en tenant compte de l'épaisseur des matériaux et des valeurs RSI des films d'air intérieur et extérieur. Le coefficient de transmission thermique globale, U_T , peut être calculé comme suit :

| Composants de l'ensemble | RSI, en (m ² xK)/W |
|--|-------------------------------|
| Film d'air extérieur | 0,03 |
| Panneau sandwich en béton préfabriqué de 250 mm (inclut le polystyrène extrudé de 76 mm) | 2,73 |
| Valeur RSI effective des poteaux en acier/isolants en matelas interpolée à partir du tableau 3-3, isolants en matelas = 2,46 (m ² xK)/W | 1,094 |
| Pare-vapeur | 0,00 |
| Plaque de plâtre de 16 mm | 0,098 |
| Film d'air intérieur | 0,12 |
| RSI_T | 4,072 |
| U_T = 1/RSI_T | 0,246 |

43. Dans le cas d'ensembles de construction plus complexes, comme les murs-rideaux en verre et en métal, les ponts thermiques qui se forment en raison des meneaux et d'autres composants doivent être pris en considération dans la détermination du coefficient U. Pour les ensembles complexes, une analyse par ordinateur ou des essais en laboratoire assureront une plus grande exactitude dans la détermination du coefficient U.

Commentaire sur la partie 3

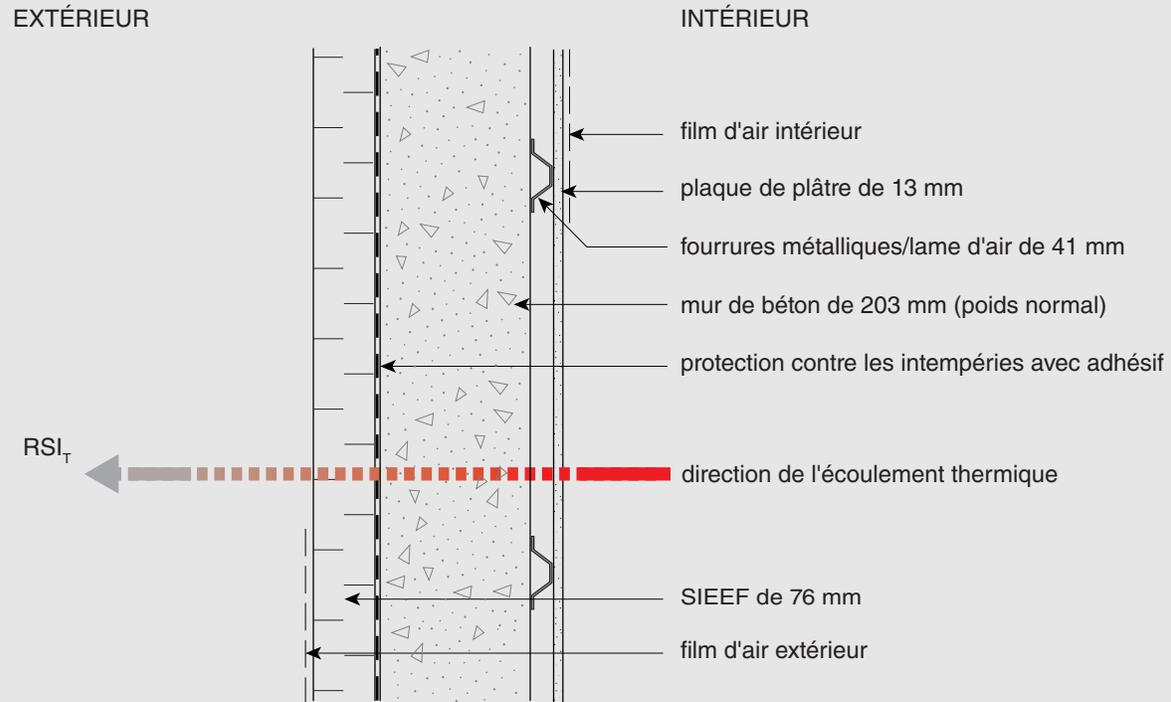
44. Dans les ensembles à ossature de bois ou de métal, le transfert de chaleur dans la partie de l'ensemble qui inclut les éléments d'ossature est plus élevé que dans la partie qui est isolée (cavité entre poteaux). Ces éléments d'ossature réduisent l'efficacité thermique globale de l'ensemble et l'impact peut être substantiel du fait que les matériaux d'ossature peuvent constituer 20 % ou plus de la surface d'un ensemble. Cet effet de pont thermique dépend du type d'ensemble, du type de matériau d'ossature utilisé et de l'espacement des éléments d'ossature. Ces facteurs sont pris en considération dans le calcul du coefficient U. Les valeurs des pourcentages de l'aire avec ossature pour des ensembles en bois types sont fournies au tableau 3-9. Les valeurs RSI effectives de l'isolant/ossature, dans le cas d'une ossature de métal, sont fournies aux tableaux 3-2 et 3-3.
45. L'ossature évoluée est une technique utilisée pour réduire la quantité de matériaux employés dans une construction à ossature de bois en modifiant chaque élément d'ossature plutôt qu'en utilisant des détails d'ossature standard. Étant donné qu'un moins grand nombre d'éléments d'ossature sont requis, les effets de pont thermique sont réduits et la résistance thermique effective de l'ensemble s'améliore. L'ossature évoluée est une solution de rechange écoénergétique aux méthodes à ossature de bois standard. Les pourcentages de l'aire avec ossature liés à l'ossature évoluée sont également indiqués au tableau 3-9.

Calcul du coefficient U pour les murs en maçonnerie ou en béton

46. Pour les ensembles de construction qui utilisent du béton coulé sur place, des éléments de maçonnerie en béton (à âme pleine ou creuse) ou des éléments de maçonnerie pleins (comme des briques d'argile dans une construction à parois multiples), avec ou sans ossature de bois ou de métal, le coefficient U de l'ensemble est calculé au moyen de la méthode la mieux adaptée au type de construction. Si l'ensemble utilise une ossature de bois à l'intérieur, la méthode de calcul des plans isothermes et du flux thermique parallèle peut être utilisée; si l'ensemble utilise une ossature de métal ou n'utilise pas d'ossature, la méthode des plans isothermes peut être utilisée.
47. Pour un exemple de calcul du coefficient U d'un mur en béton coulé sur place comportant un système d'isolation par l'extérieur avec enduit de finition (SIEEF), se reporter à l'exemple 3-10.

Exemple 3-10 – Mur : SIEEF installé sur un mur en béton coulé sur place

La figure A montre la direction de l'écoulement thermique au travers d'un mur en béton coulé sur place comportant un SIEEF.



FG01347C

Figure A
Représentation graphique de l'écoulement thermique au travers d'un mur en béton comportant un SIEEF (vue en plan)

Cet exemple montre comment déterminer le coefficient U surfacique d'un ensemble à l'aide du BETB Guide. L'ensemble correspond de près à celui du BETB Guide de 2014, version 1.0, détail 6.1.1, dont le SIEEF présente une valeur RSI de 2,64 (m²×K)/W, ce qui correspondrait à un coefficient U surfacique, U_T, de 0,323 W/(m²×K) (valeur RSI_T de 3,10 (m²×K)/W).

Méthode de conformité par la voie prescriptive (section 3.2.)

48. La méthode de conformité par la voie prescriptive établit les exigences de performance thermique acceptables minimales pour l'enveloppe du bâtiment et inclut des exigences spécifiques d'efficacité énergétique. Elle comprend des exigences générales relatives à la protection des matériaux isolants, à la continuité de l'isolation, et au rapport entre l'aire totale maximale admissible du fenêtrage vertical et des portes et l'aire brute des murs (FDWR). La méthode prescriptive renferme également des exigences spécifiques relatives aux caractéristiques thermiques des composants hors sol de l'enveloppe du bâtiment, aux ensembles de construction en contact avec le sol et au contrôle des fuites d'air. Avec la méthode prescriptive, la conformité de l'enveloppe du bâtiment est atteinte lorsque toutes les exigences de la section 3.2. du CNÉB sont respectées.
49. Les exigences relatives aux composants hors sol de l'enveloppe du bâtiment incluent des critères spécifiques pour les vestibules, des critères d'économie d'énergie pour les ensembles de construction opaques hors sol (murs extérieurs, toits et planchers exposés) et des critères d'économie d'énergie pour le fenêtrage, les portes et les trappes de visite. Les critères d'économie d'énergie sont exprimés en fonction du coefficient de transmission thermique globale (coefficient U) maximal, lequel est basé sur les degrés-jours de chauffage pour l'emplacement du bâtiment.

Commentaire sur la partie 3

50. Le paragraphe 3.2.1.1. 1) du CNÉB exige que l'enveloppe du bâtiment soit conçue de manière à limiter les facteurs clés qui influent sur la performance sur le terrain de l'isolation thermique. Les conditions découlant des environnements intérieur et extérieur de l'enveloppe du bâtiment, y compris les fuites d'air et la convection, le mouillage et l'humidité contournant le plan de résistance thermique, ont une incidence sur la performance des matériaux de l'enveloppe du bâtiment. Une conception minutieuse des détails en vue de la gestion de l'eau, de la vapeur d'eau et des transferts thermiques dans les ensembles de construction est requise pour assurer la performance globale et la résistance aux mécanismes de détérioration de ces ensembles.
51. Bien que les transferts de chaleur, d'air et d'humidité au travers de l'enveloppe du bâtiment soient des processus distincts, ils se produisent de façon simultanée. Par conséquent, tous les matériaux, composants et ensembles de l'enveloppe du bâtiment doivent être conçus de façon à présenter une capacité et une intégrité suffisantes pour s'adapter et résister adéquatement à ces charges simultanées de transfert. Les différents composants de l'enveloppe du bâtiment remplissent des fonctions différentes, mais interreliées. Si l'isolation thermique, par exemple, sert à réduire les transferts thermiques, elle peut également réduire la probabilité de condensation dans la cavité d'un mur. Le contrôle de la chaleur, de l'air et de l'humidité au travers des ensembles de l'enveloppe du bâtiment, conformément à la partie 5 du CNB, influe directement sur la performance thermique de ces ensembles.
52. Les matériaux d'isolation sont d'une efficacité maximale lorsqu'ils sont installés conformément aux recommandations du fabricant et d'une manière permettant d'atteindre la résistance thermique escomptée de l'isolant. Par exemple, comprimer un isolant en réduit la résistance thermique effective et augmente par conséquent le coefficient U de l'enveloppe du bâtiment.

Espaces chauffés à des températures différentes (article 3.2.1.3.)

53. On trouvera au paragraphe 3.2.1.3. 1) du CNÉB l'équation permettant de calculer le coefficient U maximal admissible pour les situations où un ensemble de construction sépare des espaces intérieurs climatisés qui seront simultanément chauffés à des températures présentant un écart de plus de 10 °C, comme des murs séparant un espace de bureaux d'un entrepôt réfrigéré, tel qu'il est présenté dans l'exemple 3-11.
54. Pour les calculs de l'écoulement thermique et le dimensionnement de l'installation de chauffage, les conditions extérieures les plus rigoureuses susceptibles de survenir sont utilisées. Pour la valeur de t_0 dans l'équation du paragraphe 3.2.1.3. 1) du CNÉB, la température de calcul de janvier à 2,5 % est utilisée comme température extérieure de calcul, laquelle représente une condition qui se produit en tout temps sauf 2,5 % du temps. Cela signifie que 2,5 % du temps, l'enveloppe du bâtiment sera probablement exposée à des températures plus froides. Si les installations de chauffage sont étroitement dimensionnées en fonction des résultats de pertes de chaleur calculés et que les températures extérieures réelles chutent sous la valeur de calcul hivernale, l'installation ne maintiendra pas les températures intérieures requises. Il est assez peu probable que cette situation se produise en pratique, car les chaudières et les autres appareils de chauffage sont seulement fabriqués dans certaines fourchettes de dimensions et peuvent donc être légèrement surdimensionnés. Le tableau C-1 du CNÉB fournit les valeurs de température de calcul de janvier à 1 % et à 2,5 %. La température de calcul à 2,5 % est normalement utilisée. Toutefois, s'il est essentiel de maintenir les températures intérieures, la température à 1 % (ou une température de calcul encore plus rigoureuse) pourrait être utilisée.

Exemple 3-11 – Coefficient de transmission thermique globale maximal des ensembles séparant des espaces chauffés à des températures différentes ($\Delta > 10$ °C)

Une entreprise de distribution de produits alimentaires située à Winnipeg (Manitoba) construit un entrepôt avec espace de bureaux. L'entrepôt sera maintenu à une température de 10 °C afin de prévenir la détérioration des aliments et le gonflement des aliments en conserves; la température de l'espace de bureaux sera maintenue à 22 °C. L'entrepôt et l'espace de bureaux ont un mur mitoyen.

Selon le tableau C-1 du CNÉB, Winnipeg compte 5670 degrés-jours de chauffage sous 18 °C, ce qui correspond à la zone 7A (voir le tableau 3-1 au paragraphe 13). Le coefficient de transmission thermique globale (coefficient U) maximal des murs opaques hors sol dans la zone 7A est de 0,215 W/(m²×K) selon le tableau 3.2.2.2. du CNÉB (il convient de noter que le paragraphe 3.2.2.2. 2) du CNÉB prévoit un léger assouplissement pour les bâtiments semi-chauffés; voir les paragraphes 65 à 67 et l'exemple 3-15).

Le coefficient U maximal admissible du mur séparant l'entrepôt et les espaces de bureaux est calculé comme suit au moyen de l'équation figurant au paragraphe 3.2.1.3. 1) du CNÉB :

$$U_1 = \left[\frac{(t_2 - t_0)}{(t_2 - 0,5 \times t_1 - 0,5 \times t_0)} \right] \times U$$
$$U_1 = \left[\frac{(22 - (-33))}{(22 - (0,5 \times 10) - (0,5 \times (-33)))} \right] \times 0,215$$
$$U_1 = 0,353 \text{ W} / (\text{m}^2 \times \text{K})$$

Ainsi, le coefficient de transmission thermique globale maximal du mur séparant l'entrepôt et les espaces de bureaux est de 0,353 W/(m²×K).

Aire admissible du fenêtrage et des portes (article 3.2.1.4.)

55. Puisque les composants du fenêtrage et des portes peuvent avoir un impact important sur la performance thermique globale de l'enveloppe du bâtiment, un rapport entre l'aire totale maximale admissible du fenêtrage vertical et des portes et l'aire brute des murs (FDWR) est prescrit dans la méthode prescriptive en fonction des degrés-jours de chauffage pour l'emplacement du bâtiment. Pour les emplacements comptant entre 4000 et 7000 degrés-jours de chauffage, le FDWR est déterminé au moyen d'une équation linéaire fournie au paragraphe 3.2.1.4. 1) du CNÉB. Le FDWR maximal admissible est inversement proportionnel au nombre de degrés-jours de chauffage. Le FDWR maximal admissible est une valeur fixe pour les emplacements présentant moins de 4000 et plus de 7000 degrés-jours de chauffage.
56. La figure 3-4 montre une représentation graphique des équations de FDWR.

Commentaire sur la partie 3

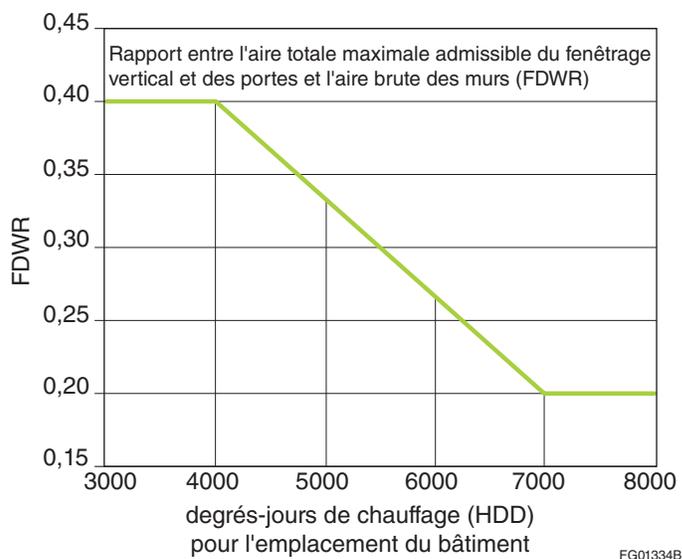


Figure 3-4
Graphique montrant les équations de FDWR

Exemple 3-12 – Calcul du FDWR maximal admissible

Afin de connaître les degrés-jours de chauffage pour un emplacement donné, consulter le tableau C-1 du CNÉB. Ainsi, pour Flin Flon (Manitoba), il faut compter 6440 degrés-jours de chauffage. Le FDWR peut ensuite être calculé au moyen de l'équation suivante tirée du paragraphe 3.2.1.4. 1) du CNÉB :

$$FDWR = (2000 - 0,2 \times HDD) / 3000$$

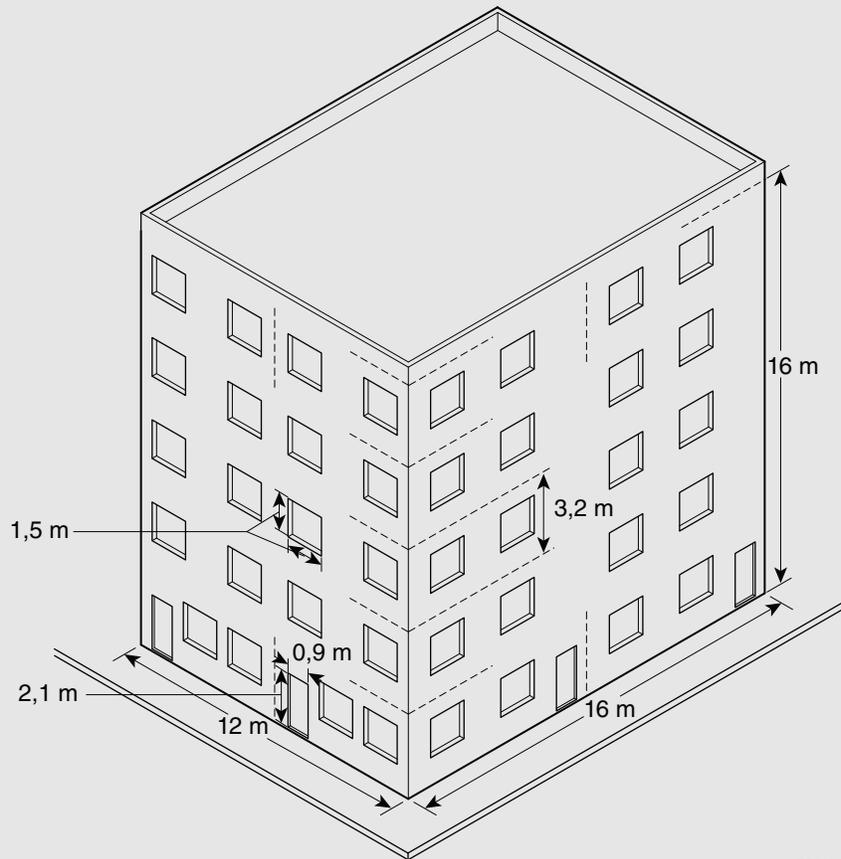
$$FDWR = (2000 - 0,2 \times 6440) / 3000$$

$$FDWR = 0,24$$

Le FDWR maximal admissible pour un bâtiment situé à Flin Flon (Manitoba) est de 0,24.

Exemple 3-13 – Détermination de la conformité du FDWR aux exigences prescriptives

Un immeuble d'habitation en copropriété de cinq étages est proposé pour Richmond (Colombie-Britannique). L'immeuble mesure 12 m de largeur, 16 m de longueur et 16 m de hauteur. Il y a quatre unités par étage. Le concepteur propose que chaque unité comporte deux fenêtres sur chacun de ses deux murs extérieurs. Chaque fenêtre mesure 1,5 m de largeur sur 1,5 m de hauteur. Au rez-de-chaussée, chaque façade inclut deux portes mesurant chacune 2,1 m de hauteur sur 0,9 m de largeur. La hauteur de plancher à plancher est de 3,2 m. La figure A montre un croquis de l'immeuble.



FG01335B

Figure A
Croquis d'immeuble

Selon le tableau C-1 du CNÉB, Richmond compte 2800 degrés-jours de chauffage sous 18 °C, et selon les exigences prescriptives du paragraphe 3.2.1.4. 1) du CNÉB, le FDWR maximal admissible est de 0,40.

Pour déterminer si le bâtiment proposé satisfait aux exigences prescriptives touchant le FDWR, il faut calculer l'aire brute des murs du bâtiment de la façon décrite au paragraphe 3.1.1.6. 3) du CNÉB.

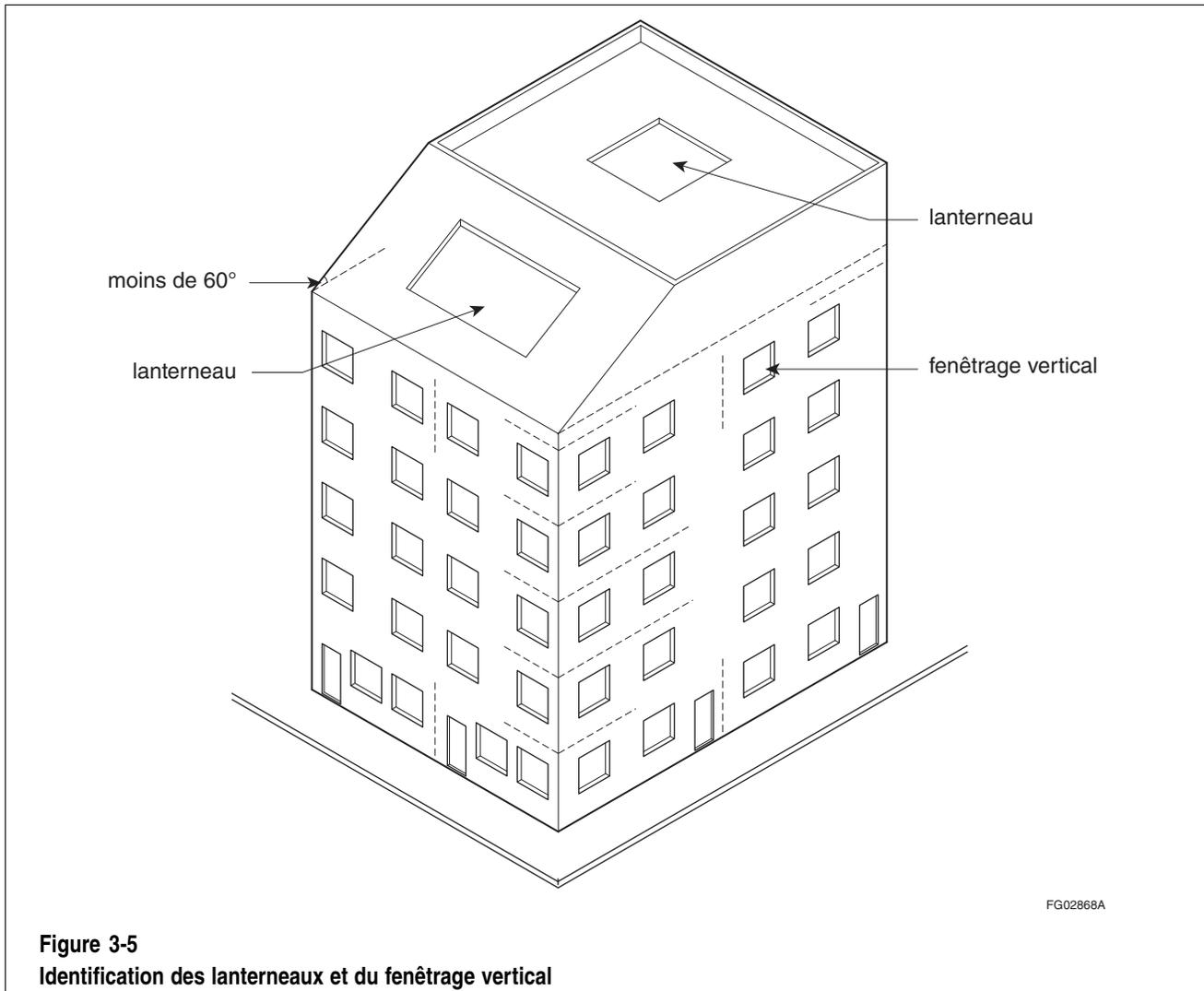
Selon les calculs, l'aire brute des murs est égale à 896 m². Le FDWR maximal admissible étant de 0,40 selon la méthode prescriptive, cette valeur est multipliée par l'aire brute des murs, ce qui donne une aire maximale admissible du fenêtrage et des portes de 358 m². Selon les calculs, l'aire brute des fenêtres et des portes proposées est de 195 m².

Le FDWR pour cet exemple est de 0,22 (195 m²/896 m²). Étant donné que le FDWR est inférieur au FDWR prescriptif, le bâtiment satisfait aux exigences prescriptives.

Commentaire sur la partie 3

Caractéristiques thermiques du fenêtrage et des portes (articles 3.2.2.3. et 3.2.2.4.)

57. La performance énergétique du fenêtrage et des portes a un impact considérable sur l'efficacité énergétique d'un bâtiment. En raison de leur nature et de leur fonction, ces composants de l'enveloppe du bâtiment sont typiquement moins écoénergétiques que d'autres ensembles hors sol. Une sélection appropriée joue donc un rôle important dans l'amélioration de la performance énergétique de l'enveloppe du bâtiment dans son ensemble.
58. Les exigences de la partie 3 du CNÉB relatives au coefficient U maximal du fenêtrage vertical, des lanterneaux et des portes varient en fonction de la catégorie applicable de degrés-jours de chauffage du bâtiment, comme pour les ensembles de construction opaques. Le fenêtrage vertical inclut les fenêtres, les claires-voies (fenêtres hautes), les panneaux muraux translucides, les murs en briques de verre, les impostes, les panneaux latéraux translucides, les portes vitrées (coulissantes, basculantes ou battantes), les vitrages dans les portes et d'autres ensembles de fenêtrage vertical (y compris leurs cadres) qui laissent filtrer la lumière visible, comme les murs-rideaux, les façades de magasin et les murs-fenêtres. Le terme « lanterneau » désigne les lanterneaux, les structures architecturales vitrées, les tabatières, les puits de lumière tubulaires ainsi que d'autres ensembles de fenêtrage qui sont inclinés à moins de 60° par rapport à l'horizontale (voir la figure 3-5). Les portes incluent les trappes de visite. Il n'existe pas d'exigences thermiques pour les contre-portes, les portes coulissantes automatiques, les portes en verre, les portes tournantes et les rideaux coupe-feu puisque ces types de portes ne peuvent généralement pas atteindre les niveaux de performance d'autres portes en raison de leur fonction et de leurs propriétés.



59. Les nombreuses options de conception du fenêtrage et des portes – comme le type de matériau d'ossature, la couleur du cadre, le nombre d'épaisseurs de vitrage, le type de verre, les systèmes d'intercalaires, les teintés, les enduits, les films et le remplissage au gaz – sont des variables qui ont une incidence sur la performance énergétique.
60. Le coefficient U et le coefficient de gain solaire sont deux propriétés qui sont utilisées pour décrire la performance thermique du fenêtrage et des portes. Le coefficient U est une mesure du transfert thermique global au travers de l'ensemble du produit de fenêtrage ou de porte, y compris le cadre, le pourtour du verre et le centre du verre. Il représente le taux global de transfert thermique au travers de tous ces composants et se mesure en $W/(m^2 \times K)$. Si le CNEB n'inclut pas d'exigences spécifiques pour le coefficient de gain solaire, la sélection de produits de fenêtrage et de porte présentant des coefficients appropriés pour un bâtiment donné a un impact sur les charges de chauffage et de refroidissement du bâtiment. Le coefficient de gain solaire représente la quantité de rayonnement solaire incident transférée au travers d'un produit, exprimé en fraction décimale comprise entre 0,0 et 1,0. Plus le coefficient de gain solaire est bas, plus faible est l'apport de rayonnement solaire. Un fenêtrage qui présente un coefficient de gain solaire élevé peut aider à réduire les coûts de chauffage, tandis que les produits ayant un faible coefficient de gain solaire peuvent aider à réduire les coûts de refroidissement. Pour un choix approprié des produits de fenêtrage et de porte, il est nécessaire de prendre en considération la conception du bâtiment dans son ensemble, y compris l'emplacement, l'orientation, l'ombrage extérieur, les propriétés thermiques et l'aire du fenêtrage et des portes.
61. Les exigences prescriptives relatives au coefficient U du fenêtrage vertical varient de $1,9 W/(m^2 \times K)$ pour des emplacements de la zone 4 à $1,44 W/(m^2 \times K)$ pour des emplacements de la zone 8. Les exigences prescriptives relatives au coefficient U des lanterneaux varient de $2,69 W/(m^2 \times K)$ pour des emplacements de la zone 4 à $2,01 W/(m^2 \times K)$ pour des emplacements de la zone 8. Les exigences prescriptives relatives au coefficient U des portes varient de $2,12 W/(m^2 \times K)$ pour des emplacements de la zone 4 à $1,44 W/(m^2 \times K)$ pour des emplacements de la zone 8.
62. Un large éventail de produits de fenêtrage vertical et de porte satisfait aux exigences prescriptives du CNEB. Dans le cas d'un fenêtrage vertical, un coefficient U de $1,9 W/(m^2 \times K)$ peut généralement être obtenu au moyen, par exemple, d'un cadre en aluminium avec coupure thermique, de vitrages doubles revêtus d'un enduit à faible émissivité, d'intercalaires non métalliques et d'un remplissage d'argon. Un coefficient U de $1,44 W/(m^2 \times K)$ peut généralement être obtenu au moyen, par exemple, d'un cadre en aluminium avec coupure thermique, de vitrages triples revêtus d'un enduit à faible émissivité, d'intercalaires non métalliques et d'un remplissage d'argon.
63. L'orientation des ensembles de construction peut influencer sur les caractéristiques de transfert thermique de ces derniers. Par exemple, le même type de vitrage pourrait entraîner des pertes de chaleur plus importantes dans une application horizontale ou faiblement inclinée (p. ex., dans les lanterneaux) que dans une application verticale, en raison de la convection accrue entre les panneaux de verre.
64. Le paragraphe 1.4.1.2. 1) de la division A du CNEB définit le terme « lanterneau » comme un « type de fenêtrage incliné à moins de 60° par rapport à l'horizontale ». Par conséquent, tout fenêtrage incliné à au moins 60° par rapport à l'horizontale est considéré comme un fenêtrage vertical.

Exigences thermiques des bâtiments semi-chauffés (sous-sections 3.2.2. et 3.2.3.)

65. Un bâtiment semi-chauffé ayant une température de consigne réglée à moins de $15^\circ C$ n'est pas tenu de répondre à des exigences relatives à l'enveloppe du bâtiment aussi rigoureuses que celles relatives à un bâtiment standard, à condition que sa consommation annuelle d'énergie soit égale ou inférieure à la consommation cible d'énergie du bâtiment de référence, lequel utilise une température de consigne de $18^\circ C$. Parmi les exemples de bâtiments semi-chauffés, on retrouve, sans s'y limiter, les entrepôts, les patinoires et les installations de stockage libre-service.
66. Lorsque la méthode prescriptive est utilisée pour déterminer les caractéristiques thermiques des ensembles de l'enveloppe des bâtiments semi-chauffés, les données de calcul tirées du tableau C-1 du CNEB pour les degrés-jours de chauffage sous $15^\circ C$ s'appliquent. Un nombre inférieur de degrés-jours de chauffage pour les bâtiments semi-chauffés comparativement aux bâtiments standard signifie que, pour bon nombre de localités au Canada, des coefficients de transmission thermique globale (coefficients U) moins rigoureux peuvent être utilisés.

Commentaire sur la partie 3

67. L'exemple 3-14 compare les coefficients U maximaux pour un bâtiment semi-chauffé et un bâtiment standard d'une même localité.

Exemple 3-14 – Détermination du coefficient de transmission thermique globale maximal des ensembles de l'enveloppe du bâtiment dans un bâtiment semi-chauffé

Un bâtiment semi-chauffé est proposé pour Nelson (Colombie-Britannique). Selon le tableau C-1 du CNÉB, Nelson compte 2600 degrés-jours de chauffage sous 15 °C et 3500 degrés-jours de chauffage sous 18 °C, ce qui correspond aux zones 4 et 5, respectivement (voir le tableau 3-1 au paragraphe 13). Selon les tableaux 3.2.2.2., 3.2.2.3., 3.2.2.4. et 3.2.3.1. du CNÉB, les coefficients de transmission thermique globale suivants s'appliquent aux ensembles de l'enveloppe du bâtiment dans ces zones climatiques :

| Ensembles/composants de l'enveloppe du bâtiment | Degrés-jours de chauffage pour l'emplacement du bâtiment, en degrés-jours Celsius | |
|---|---|--|
| | Zone 4 : < 3000 (bâtiment semi-chauffé) | Zone 5 : 3000 à 3999 (bâtiment standard) |
| | Coefficient de transmission thermique globale maximal, en W/(m ² ×K) | |
| Ensembles hors sol | | |
| murs | 0,290 | 0,265 |
| toits | 0,164 | 0,156 |
| planchers | 0,193 | 0,175 |
| Fenêtrage vertical | 1,90 | 1,90 |
| Lanterneaux | 2,69 | 2,69 |
| Portes | 2,12 | 1,90 |
| Ensembles en contact avec le sol | | |
| murs | 0,568 | 0,379 |
| toits | 0,568 | 0,379 |
| planchers (pour 1,2 m) | 0,757 | 0,757 |

Selon le paragraphe 3.2.2.2. 2) du CNÉB, pour un bâtiment semi-chauffé situé à Nelson (Colombie-Britannique), il est possible d'utiliser les coefficients U maximaux de la zone 4 pour les ensembles de l'enveloppe du bâtiment plutôt que les coefficients plus rigoureux de la zone 5 (bâtiment standard).

Dans certaines localités, la zone climatique qui s'applique aux bâtiments standard et aux bâtiments semi-chauffés est la même. Par exemple, à Abbotsford (Colombie-Britannique), les degrés-jours de chauffage sous 15 °C et sous 18 °C (2000 et 2860, respectivement) correspondent dans les deux cas à la zone climatique 4. De même, à Kuujuaq (Québec), les degrés-jours de chauffage sous 15 °C et sous 18 °C (7520 et 8550, respectivement) correspondent dans les deux cas à la zone climatique 8. Dans de tels cas, les coefficients de transmission thermique globale maximaux des ensembles de l'enveloppe du bâtiment, du fenêtrage et des portes sont les mêmes tant pour les bâtiments semi-chauffés que pour les bâtiments standard.

Dans d'autres localités, la zone climatique qui s'applique aux bâtiments semi-chauffés a un écart de plus d'une zone par rapport à la zone climatique qui s'applique aux bâtiments standard. Par exemple, à Smith River (Colombie-Britannique), les degrés-jours de chauffage sous 15 °C (5980) et sous 18 °C (7100) correspondent aux zones 7A et 8, respectivement, ce qui constitue une baisse de deux zones climatiques au moment de déterminer les coefficients de transmission thermique globale maximaux des ensembles de l'enveloppe du bâtiment pour les bâtiments semi-chauffés.

Étanchéité à l'air (sous-section 3.2.4.)

68. De nombreuses fonctions de l'enveloppe du bâtiment dépendent d'un contrôle adéquat des fuites d'air. Le paragraphe 3.2.4.1. 1) du CNÉB exige que l'enveloppe du bâtiment comporte un système d'étanchéité à l'air continu pour prévenir les infiltrations d'air dans l'espace climatisé et les exfiltrations d'air hors de cet espace. L'exfiltration ou l'infiltration d'air incontrôlée au travers de l'enveloppe du bâtiment peut mener à des charges de chauffage et de refroidissement accrues.

Un système d'étanchéité à l'air efficace est continu et réduit au minimum les fuites d'air, et peut diminuer l'énergie nécessaire au chauffage et au refroidissement.

69. Deux options permettent de démontrer la conformité à cette exigence de contrôle des fuites d'air :
 - 1) effectuer un essai d'étanchéité à l'air sur toute l'enveloppe du bâtiment, conformément à l'article 3.2.4.2. du CNÉB; ou
 - 2) construire l'enveloppe du bâtiment au moyen d'ensembles de construction opaques, de fenêtrage et de portes mis à l'essai, reliés de façon étanche, conformément à l'article 3.2.4.3. du CNÉB.
70. Pour les essais d'étanchéité à l'air effectués sur toute l'enveloppe du bâtiment, l'article 3.2.4.2. du CNÉB exige que le taux de fuite d'air soit mesuré dans des conditions de pressurisation et de dépressurisation. Le taux de fuite d'air normalisé ne doit pas dépasser $1,50 \text{ L}/(\text{s}\times\text{m}^2)$ lorsque l'enveloppe du bâtiment est soumise à l'essai conformément à la norme ASTM E3158, « Standard Test Method for Measuring the Air Leakage Rate of a Large or Multizone Building », sous une pression différentielle de 75 Pa. Il est à noter que les agrandissements de bâtiments existants exigent une attention particulière lors de la préparation d'un essai d'étanchéité à l'air : il est nécessaire d'isoler complètement l'agrandissement du reste du bâtiment existant aux fins de l'essai, ce qui pourrait s'avérer difficile dans certaines circonstances.
71. La norme ASTM E3158 décrit une procédure quantitative d'essai sur le terrain et une méthode de calcul permettant de déterminer l'étanchéité à l'air d'une enveloppe de bâtiment au moyen d'un infiltromètre ou d'un équipement équivalent. Des essais effectués conformément à cette norme constituent l'une des options pour démontrer la conformité à la sous-section 3.2.4. du CNÉB.
72. La norme ASTM E3158 s'applique à tous les grands bâtiments ou bâtiments à zones multiples, de même qu'à des parties de tels bâtiments. La norme s'applique également à la mise à l'essai de zones uniques dans un bâtiment. Toutefois, le paragraphe 3.2.4.2. 1) du CNÉB prévoit que la totalité de l'enveloppe du bâtiment soit mise à l'essai.
73. La norme fournit des instructions spécifiques de préparation pour les essais menés sur des enveloppes de bâtiment comportant des ouvertures intentionnelles (comme les grilles, les ailettes inclinées et les registres des installations CVCA) qui sont étanchéisées ou non. En général, lors d'un essai d'étanchéité à l'air, ces ouvertures sont étanchéisées de sorte que seules les fuites d'air non prévues au travers de l'enveloppe du bâtiment sont mesurées. Pour certains projets, on peut choisir de ne pas étanchéiser les ouvertures intentionnelles, ce qui facilite la réalisation de l'essai sur le plan logistique et fournit une estimation prudente de l'infiltration dans le bâtiment. Il est très important de suivre attentivement les instructions de préparation en vue de l'essai, le non-respect de ces instructions pouvant influencer considérablement sur les résultats finaux.
74. La procédure d'essai décrite dans la norme ASTM E3158 permet de déterminer le taux de fuite d'air de l'enveloppe du bâtiment, mais n'exige pas de déterminer l'emplacement des fuites d'air. Selon la norme, les essais peuvent être effectués dans des conditions de pressurisation, de dépressurisation ou d'une combinaison des deux. Toutefois, le paragraphe 3.2.4.2. 1) du CNÉB exige que les essais d'étanchéité à l'air soient menés dans des conditions de pressurisation et de dépressurisation. On calcule ensuite la moyenne des résultats de ces deux essais afin de la comparer à la valeur exigée, soit $1,50 \text{ L}/(\text{s}\times\text{m}^2)$.
75. Il est à noter que les ensembles et les matériaux d'étanchéité à l'air doivent respecter les exigences du CNÉB (par rapport à l'énergie) ainsi que celles de la section 5.4. du CNB (par rapport à la séparation des milieux différents) dans le cadre d'une conception globale. Les pare-air sont constitués de matériaux et d'accessoires combinés pour former des ensembles destinés à être reliés de manière continue dans toute l'enveloppe du bâtiment afin d'assurer une barrière efficace contre les fuites d'air.
76. Comme l'indique l'article 5.4.1.2. du CNB, les ensembles d'étanchéité à l'air doivent être conformes à la norme CAN/ULC-S742, « Norme sur les ensembles d'étanchéité à l'air – Spécification », ou comporter au moins un matériau d'étanchéité à l'air satisfaisant aux exigences de la norme CAN/ULC-S741, « Norme sur les matériaux d'étanchéité à l'air – Spécification ». Les ensembles d'étanchéité à l'air doivent également être conformes à la classe de performance sélectionnée du tableau 5.4.1.1. du CNB. Le paragraphe 3.2.4.3. 1) du CNÉB exige que les ensembles d'étanchéité à l'air présentent un taux de fuite d'air ne dépassant pas $0,2 \text{ L}/(\text{s}\times\text{m}^2)$ mesuré sous une pression différentielle de 75 Pa. Le paragraphe 3.2.4.3. 2) du CNÉB exige que ces ensembles soient conformes

Commentaire sur la partie 3

à la norme CAN/ULC-S742 ou qu'ils respectent trois critères de conformité qui ne nécessitent pas la mise à l'essai de l'ensemble.

77. De nombreux ensembles d'étanchéité à l'air sur le marché ont été mis à l'essai et sont conformes à la norme CAN/ULC-S742, ou ont été conçus, évalués et construits de façon à fournir la résistance principale aux fuites d'air. Un essai normalisé ne peut pas s'appliquer à tous les ensembles de construction possibles. La mise à l'essai d'un ensemble non normalisé peut être effectuée à l'aide de la même méthode d'essai que celle utilisée pour les ensembles normalisés si l'échantillon de l'essai est modifié de manière à reproduire l'ensemble non normalisé, ce qui pourrait nécessiter le recours à des dimensions, matériaux ou méthodes de construction de l'échantillon qui sont plus représentatifs, mais qui ne sont pas abordés dans la norme.
78. Bien que le CNÉB n'exige pas que le bâtiment entier subisse un essai d'étanchéité à l'air, une attention particulière devrait être accordée à l'étanchéité des jonctions entre les ensembles. Un essai d'étanchéité à l'air effectué sur toute l'enveloppe du bâtiment conformément à la norme ASTM E3158 est une option possible pour démontrer la conformité.
79. Les paragraphes 3.2.4.3. 3) à 9) du CNÉB indiquent les taux de fuite d'air maximaux admissibles pour les produits de fenêtrage, y compris les murs-rideaux en métal et en verre, les fenêtres et les lanterneaux fixes, et les fenêtres et les lanterneaux mobiles, ainsi que pour les portes, y compris les portes tournantes et les portes coulissantes commerciales automatiques, les portes basculantes et les portes extérieures d'entrée principale.

Méthode simple des solutions de remplacement (sous-section 3.3.1.)

80. La méthode simple des solutions de remplacement procure une souplesse aux concepteurs afin de satisfaire aux exigences du CNÉB relatives à l'enveloppe du bâtiment. Dans cette méthode, le bâtiment de référence est défini comme un bâtiment dont l'enveloppe est conforme aux exigences prescriptives du CNÉB.
81. La méthode simple des solutions de remplacement ne s'applique qu'aux bâtiments neufs. Le CNÉB ne permet pas l'utilisation de la méthode simple des solutions de remplacement pour les agrandissements de bâtiments existants ou pour les bâtiments semi-chauffés.
82. La conformité à la méthode simple des solutions de remplacement est déterminée au moyen de l'équation du paragraphe 3.3.1.2. 2) du CNÉB. Cette équation permet de démontrer que, pour le bâtiment proposé, la somme des aires de tous les ensembles hors sol de l'enveloppe du bâtiment multipliée par leurs coefficients U respectifs ne dépasse pas la même somme calculée pour le bâtiment de référence (sur la base des limites prescrites dans la méthode prescriptive). Ce calcul de conformité permet de s'assurer que la transmission de chaleur moyenne du bâtiment proposé ne dépasse pas celle du bâtiment de référence. Il est à noter que la somme des aires des ensembles pour le bâtiment proposé et le bâtiment de référence doit être égale.
83. La méthode simple des solutions de remplacement s'intéresse seulement aux écarts de conception dans le bâtiment proposé par rapport aux coefficients de transmission thermique globale maximaux des ensembles hors sol et aux aires admissibles du fenêtrage et des portes (selon le rapport entre l'aire totale du fenêtrage vertical et des portes et l'aire brute des murs, ou FDWR), tels que prescrits pour le bâtiment de référence dans la méthode prescriptive. Les deux paramètres d'entrée sont les coefficients U et les aires des ensembles, et ces deux paramètres peuvent varier pour le bâtiment proposé conformément aux règles de la méthode simple des solutions de remplacement.
84. La méthode simple des solutions de remplacement peut être utilisée de plusieurs façons. Par exemple, le bâtiment proposé peut présenter un FDWR supérieur à la valeur maximale admissible prescrite pour le bâtiment de référence si les ensembles opaques hors sol du bâtiment proposé ont des coefficients U plus rigoureux pour compenser. Ou encore, dans un bâtiment proposé dont le FDWR est inférieur à la valeur maximale admissible, il est permis d'utiliser des murs opaques dont les coefficients U dépassent les valeurs maximales admissibles prescrites pour le bâtiment de référence. Les coefficients U des ensembles hors sol peuvent également faire l'objet de solutions de remplacement les uns par rapport aux autres. Par exemple, le bâtiment proposé peut comporter un mur opaque extérieur hors sol dont le coefficient U dépasse la valeur maximale admissible prescrite pour le bâtiment de référence si un système de fenêtrage présentant un coefficient U

plus faible (c.-à-d. plus rigoureux) est utilisé pour compenser les pertes de chaleur additionnelles au travers du mur opaque.

85. Cette méthode de conformité inclut des restrictions touchant le type de solutions de remplacement permises : les ensembles de construction verticaux hors sol peuvent seulement faire l'objet de solutions de remplacement par rapport à d'autres ensembles verticaux hors sol; les ensembles horizontaux hors sol peuvent seulement faire l'objet de solutions de remplacement par rapport à d'autres parties horizontales hors sol; et les solutions de remplacement ne sont pas permises pour les ensembles en contact avec le sol. Par exemple, un plancher exposé hors sol peut avoir un coefficient de transmission thermique globale supérieur à celui qui est prescrit dans la méthode prescriptive si le concepteur peut démontrer, à l'aide des calculs de la méthode, qu'il peut compenser cet écart en choisissant un toit ayant un coefficient de transmission thermique globale inférieur à celui qui est prescrit dans la méthode prescriptive. Les solutions de remplacement entre le FDWR et les coefficients U sont seulement possibles pour des éléments verticaux (c.-à-d. FDWR par rapport au coefficient U des murs, des fenêtres ou des portes).
86. Pour des exemples de calcul selon la méthode simple des solutions de remplacement, se reporter aux exemples 3-15 et 3-16.

Commentaire sur la partie 3

Exemple 3-15 – Calcul selon la méthode simple des solutions de remplacement pour un centre communautaire

Un centre communautaire de 1 étage est proposé pour Winnipeg (Manitoba). Le bâtiment présente une aire brute des murs de 560 m². Selon le tableau C-1 du CNÉB, Winnipeg compte 5670 degrés-jours de chauffage (HDD) sous 18 °C, ce qui correspond à la zone 7A (voir le tableau 3-1 au paragraphe 13). Conformément à la méthode prescriptive, le FDWR maximal admissible prescrit à l'article 3.2.1.4. du CNÉB pour un bâtiment situé à Winnipeg est de 0,289 (FDWR = (2000 – 0,2 × HDD)/3000); toutefois, étant donné les exigences du propriétaire, le bâtiment proposé a un FDWR de 0,320.

Selon les exigences prescriptives pour la zone 7A, les murs hors sol doivent avoir un coefficient de transmission thermique globale (coefficient U) d'au plus 0,215 W/(m²×K), tandis que le fenêtrage vertical et les portes doivent avoir un coefficient U d'au plus 1,73 W/(m²×K) et 1,90 W/(m²×K), respectivement. En utilisant le FDWR maximal admissible de 0,289, la somme des produits UA (ΣUA) du bâtiment de référence est calculée comme suit :

Méthode prescriptive (bâtiment de référence)

| Ensemble de l'enveloppe du bâtiment | Coefficient U selon la méthode prescriptive (U _{ir}), en W/(m ² ×K) | Rapport des aires résultant du FDWR maximal | Aire (A _{ir}), en m ² | UA (U _{ir} × A _{ir}), en W/K |
|-------------------------------------|--|---|--|---|
| Murs | 0,215 | 0,711 | 398,16 | 85,60 |
| Fenêtrage vertical | 1,73 | 0,257 | 143,92 | 248,98 |
| Portes | 1,90 | 0,032 | 17,92 | 34,05 |
| Totaux : | | 1 | 560 | 368,63 (369) |

Il est à noter que la somme des rapports des aires pour le fenêtrage vertical et les portes est égale au FDWR maximal admissible.

Selon la méthode simple des solutions de remplacement, la demande du propriétaire pour un FDWR plus élevé peut être compensée par les coefficients U du fenêtrage vertical, des portes ou des murs, puisque ces ensembles sont des parties verticales hors sol de l'enveloppe du bâtiment, à condition que la somme ΣUA du bâtiment proposé ne dépasse pas celle du bâtiment de référence (369 W/K dans cet exemple).

Afin de démontrer la conformité en utilisant le FDWR proposé de 0,320, le concepteur applique les calculs de la méthode simple des solutions de remplacement en utilisant un fenêtrage vertical présentant un coefficient U plus faible (c.-à-d. offrant une meilleure performance que les exigences prescriptives). Comme il est montré dans l'option 1, si un fenêtrage présentant un coefficient U de 1,55 W/(m²×K) est utilisé, la somme ΣUA du bâtiment proposé (366 W/K) demeure inférieure à celle du bâtiment de référence (369 W/K). La conception est donc conforme à la méthode des solutions de remplacement.

Option 1 – Méthode simple des solutions de remplacement (bâtiment proposé)

| Ensemble de l'enveloppe du bâtiment | Coefficient U requis (U _{ip}), en W/(m ² ×K) | Rapport des aires résultant des exigences de conception | Aire (A _{ip}), en m ² | UA (U _{ip} × A _{ip}), en W/K |
|-------------------------------------|---|---|--|---|
| Murs | 0,215 | 0,680 | 380,80 | 81,87 |
| Fenêtrage vertical | 1,55 | 0,285 | 159,60 | 247,38 |
| Portes | 1,90 | 0,035 | 19,60 | 37,24 |
| Totaux : | | 1 | 560 | 366,49 (366) |

Exemple 3-15 – Calcul selon la méthode simple des solutions de remplacement pour un centre communautaire (suite)

Le concepteur pourrait également utiliser une combinaison de mesures pour abaisser le coefficient U du bâtiment proposé, par exemple en modifiant les coefficients U des murs, du fenêtrage vertical et des portes. Dans le calcul de l'option 2, les coefficients U du fenêtrage vertical et des portes sont diminués, ce qui permet des coefficients U plus élevés pour les murs.

Option 2 – Méthode simple des solutions de remplacement (bâtiment proposé)

| Ensemble de l'enveloppe du bâtiment | Coefficient U requis (U_{ip}), en $W/(m^2 \times K)$ | Rapport des aires résultant des exigences de conception | Aire (A_{ip}), en m^2 | UA ($U_{ip} \times A_{ip}$), en W/K |
|-------------------------------------|--|---|-----------------------------|---------------------------------------|
| Murs de type 1 | 0,284 | 0,430 | 240,8 | 68,39 |
| Murs de type 2 | 0,227 | 0,250 | 140,0 | 31,78 |
| Fenêtrage vertical | 1,45 | 0,285 | 159,6 | 231,42 |
| Portes | 1,80 | 0,035 | 19,6 | 35,28 |
| Totaux : | | 1 | 560 | 366,87 (367) |

Commentaire sur la partie 3

Exemple 3-16 – Calcul selon la méthode simple des solutions de remplacement pour un entrepôt

Un entrepôt présentant une aire brute des murs de 2310 m² et un FDWR de 0,082 (8,2 %) est proposé pour Winnipeg (Manitoba). Selon le tableau C-1 du CNÉB, Winnipeg compte 5670 degrés-jours de chauffage, ce qui correspond à la zone 7A (voir le tableau 3-1 au paragraphe 13). Étant donné que le FDWR est inférieur à la valeur maximale admissible pour Winnipeg (0,289), le concepteur veut remplacer un ensemble plus performant par le coefficient U du fenêtrage vertical, des portes ou des murs hors sol.

En utilisant le FDWR maximal admissible de 0,289, la somme ΣUA du bâtiment de référence est calculée comme suit :

Méthode prescriptive (bâtiment de référence)

| Ensemble de l'enveloppe du bâtiment | Coefficient U selon la méthode prescriptive (U_{ir}), en W/(m ² ×K) | Rapport des aires résultant du FDWR maximal | Aire (A_{ir}), en m ² | UA ($U_{ir} \times A_{ir}$), en W/K |
|-------------------------------------|--|---|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Murs | 0,215 | 0,711 | 1642,41 | 353,12 |
| Fenêtrage vertical | 1,73 | 0,078 | 180,18 | 311,71 |
| Portes | 1,90 | 0,211 | 487,41 | 926,08 |
| Totaux : | | 1 | 2310 | 1590.91 (1591) |

Il est à noter que la somme des rapports des aires pour le fenêtrage vertical et les portes est égale au FDWR maximal admissible.

Selon la méthode simple des solutions de remplacement, le FDWR proposé, qui est inférieur à la valeur maximale admissible, peut être compensé par les coefficients U du fenêtrage vertical, des portes ou des murs, puisque ces ensembles sont des parties verticales hors sol de l'enveloppe du bâtiment, à condition que la somme ΣUA du bâtiment proposé ne dépasse pas celle du bâtiment de référence (1591 W/K dans cet exemple).

Le concepteur applique les calculs de la méthode simple des solutions de remplacement en utilisant seulement un coefficient U des murs qui est plus élevé (moins performant) que celui de l'exigence prescriptive du CNÉB. Comme il est montré dans l'option 1, si des murs présentant un coefficient U maximal de 0,584 W/(m²×K) sont utilisés, la somme ΣUA du bâtiment proposé (1590 W/K) demeure inférieure à celle du bâtiment de référence (1591 W/K). La conception est donc conforme à la méthode des solutions de remplacement.

Option 1 – Méthode simple des solutions de remplacement (bâtiment proposé)

| Ensemble de l'enveloppe du bâtiment | Coefficient U requis (U_{ip}), en W/(m ² ×K) | Rapport des aires résultant des exigences de conception | Aire (A_{ip}), en m ² | UA ($U_{ip} \times A_{ip}$), en W/K |
|-------------------------------------|---|---|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Murs | 0,584 | 0,918 | 2120,58 | 1238,42 |
| Fenêtrage vertical | 1,73 | 0,022 | 50,82 | 87,92 |
| Portes | 1,90 | 0,060 | 138,60 | 263,34 |
| Totaux : | | 1 | 2310 | 1589,68 (1590) |

Exemple 3-16 – Calcul selon la méthode simple des solutions de remplacement pour un entrepôt (suite)

Le concepteur pourrait également utiliser une combinaison de mesures pour augmenter le coefficient U du bâtiment proposé, par exemple en modifiant les coefficients U des murs, du fenêtrage vertical et des portes. Le calcul de l'option 2 montre le remplacement d'un FDWR plus faible par des murs, un fenêtrage vertical et des portes moins performants.

Option 2 – Méthode simple des solutions de remplacement (bâtiment proposé)

| Ensemble de l'enveloppe du bâtiment | Coefficient U requis (U_{ip}), en $W/(m^2 \times K)$ | Rapport des aires résultant des exigences de conception | Aire (A_{ip}), en m^2 | UA ($U_{ip} \times A_{ip}$), en W/K |
|-------------------------------------|--|---|-----------------------------|---|
| Murs | 0,473 | 0,918 | 2120,58 | 1003,03 |
| Fenêtrage vertical | 2,20 | 0,022 | 50,82 | 111,80 |
| Portes | 3,40 | 0,060 | 138,60 | 471,24 |
| Totaux : | | 1 | 2310 | 1586,07 (1586) |

Méthode de conformité par la performance (section 3.4.)

87. L'option de la méthode de performance est décrite à la partie 8 du CNÉB. Cette méthode utilise une approche axée sur le bâtiment entier pour démontrer la conformité de l'enveloppe du bâtiment. Le bâtiment proposé et le bâtiment de référence sont tous les deux modélisés de façon identique à l'aide d'un taux de fuite d'air global de $1,50 L/(s \times m^2)$ sous une pression différentielle de 75 Pa, lequel est converti en un taux de fuite d'air rajusté par rapport à l'aire des murs hors sol sous une pression différentielle de 5 Pa (voir l'article 8.4.2.9. du CNÉB). Cette option permet des remplacements non seulement entre des ensembles de l'enveloppe du bâtiment, mais également entre tous les paramètres du bâtiment, y compris les installations CVCA, l'éclairage et d'autres systèmes ou installations techniques du bâtiment. Par exemple, une enveloppe du bâtiment moins performante est permise avec une plus grande efficacité des installations CVCA. Les restrictions relatives à l'enveloppe du bâtiment dans le contexte de la méthode de performance sont décrites à l'article 3.4.1.2. du CNÉB.

Tableaux à utiliser avec les exemples 3-1 à 3-10

88. Les valeurs de résistance thermique fournies aux tableaux 3-4 à 3-7 sont des valeurs génériques et approximatives pour les matériaux indiqués. Les valeurs ont été obtenues en multipliant les valeurs de résistance thermique (RSI) par millimètre d'épaisseur fournies au tableau 3-8 par l'épaisseur du matériau. Les valeurs publiées par les fabricants pour leurs matériaux exclusifs peuvent donc être différentes. Dans la mesure du possible, les valeurs RSI doivent être obtenues auprès des fabricants des produits et avoir été déterminées conformément aux normes de matériaux applicables. Les données peuvent également provenir du Recueil d'examens de produits du Centre canadien de matériaux de construction ou du manuel « ASHRAE Handbook – Fundamentals ».

89. Toutes les données des tableaux 3-4 à 3-8 valent pour une température de $24 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ($75 \pm 2 \text{ }^\circ\text{F}$).

Tableau 3-4

Valeurs de résistance thermique de matériaux d'isolation courants : panneaux isolants, dalles et revêtements intermédiaires

| Matériaux d'isolation | RSI/mm | Valeurs RSI pour l'épaisseur des matériaux de panneaux isolants, de dalles et de revêtements intermédiaires | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | Épaisseur du matériau, en mm | | | | | | | | | | | |
| | | 13 | 16 | 19 | 25 | 38 | 51 | 64 | 76 | 89 | 101 | 127 | 152 |
| Polystyrène expansé | | | | | | | | | | | | | |
| Type 1 | 0,026 | 0,34 | 0,42 | 0,49 | 0,65 | 0,99 | 1,33 | 1,66 | 1,98 | 2,31 | 2,63 | 3,30 | 3,95 |
| Type 2 | 0,028 | 0,36 | 0,45 | 0,53 | 0,71 | 1,06 | 1,43 | 1,79 | 2,13 | 2,49 | 2,83 | 3,56 | 4,26 |
| Type 3 | 0,030 | 0,39 | 0,48 | 0,57 | 0,76 | 1,14 | 1,53 | 1,92 | 2,28 | 2,67 | 3,03 | 3,81 | 4,56 |
| Polystyrène extrudé – types 2, 3 et 4 | 0,035 | 0,46 | 0,56 | 0,67 | 0,88 | 1,33 | 1,79 | 2,24 | 2,66 | 3,12 | 3,54 | 4,45 | 5,32 |

Commentaire sur la partie 3

Tableau 3-4 (suite)

| Matériaux d'isolation | RSI/mm | Valeurs RSI pour l'épaisseur des matériaux de panneaux isolants, de dalles et de revêtements intermédiaires | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Épaisseur du matériau, en mm | | | | | | | | | | | |
| | | 13 | 16 | 19 | 25 | 38 | 51 | 64 | 76 | 89 | 101 | 127 | 152 |
| Fibre minérale semi-rigide ⁽¹⁾ | 0,0298 | 0,39 | 0,48 | 0,57 | 0,75 | 1,13 | 1,52 | 1,91 | 2,26 | 2,65 | 3,01 | 3,78 | 4,53 |
| Panneaux de fibres isolants | 0,016 | 0,21 | 0,26 | 0,30 | 0,40 | 0,61 | 0,82 | 1,02 | 1,22 | 1,42 | 1,62 | 2,03 | 2,43 |
| Polyisocyanurate/polyuréthane – surface perméable, types 1, 2 et 3 | 0,03818 | 0,50 | 0,61 | 0,73 | 0,97 | 1,45 | 1,90 | 2,44 | 2,90 | 3,40 | 3,86 | 4,85 | 5,80 |
| Polyisocyanurate/polyuréthane – surface imperméable, types 1, 2 et 3 | 0,03937 | 0,51 | 0,63 | 0,75 | 0,98 | 1,50 | 2,00 | 2,52 | 2,99 | 3,50 | 3,98 | 5,00 | 5,98 |
| Revêtement intermédiaire en plaques de plâtre | 0,0063 | 0,082 | 0,101 | 0,120 | 0,158 | 0,239 | 0,321 | 0,403 | 0,479 | 0,561 | 0,636 | 0,800 | 0,958 |
| Panneaux de particules – faible masse volumique (593 kg/m ³ = 37 lb/pi ³) | 0,0098 | 0,127 | 0,157 | 0,186 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Panneaux de particules – masse volumique moyenne (800 kg/m ³ = 50 lb/pi ³) | 0,0077 | 0,100 | 0,123 | 0,146 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Panneaux de particules – masse volumique élevée (993 kg/m ³ = 62 lb/pi ³) | 0,0059 | 0,077 | 0,094 | 0,112 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Contreplaqué – bois tendre générique | 0,0087 | 0,109 | 0,135 | 0,161 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Contreplaqué – sapin de Douglas | 0,0111 | 0,139 | 0,172 | 0,205 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Panneau de copeaux – 705 kg/m ³ | 0,0095 | 0,124 | 0,152 | 0,181 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Panneau de copeaux orientés (OSB) | 0,0098 | 0,127 | 0,157 | 0,186 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |

(1) La fibre minérale semi-rigide inclut tant la fibre de verre que la fibre de laine de roche.

Tableau 3-5
Valeurs de résistance thermique de matériaux d'isolation courants : matelas isolants

| Matériaux d'isolation | Valeurs RSI pour l'épaisseur des matériaux de matelas isolants | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------|------|------|---------|-------|---------|---------|------|------|---------|--|
| | Épaisseur du matériau, en mm | | | | | | | | | | | |
| | 89/92 | 89/92 | 140 | 152 | 140/152 | 152 | 140/152 | 178/216 | 241 | 267 | 279/300 | |
| | Valeur R du matériau | | | | | | | | | | | |
| | R12 | R14 | R19 | R20 | R22 | R22,5 | R24 | R28 | R31 | R35 | R40 | |
| Matelas isolant : fibre minérale (roche ou verre) | 2,11 | 2,46 | 3,34 | 3,52 | 3,87 | 3,96 | 4,23 | 4,93 | 5,46 | 6,16 | 7,04 | |

Tableau 3-6
Valeurs de résistance thermique de matériaux d'isolation courants : isolants pulvérisés

| Matériaux d'isolation | RSI/mm | Valeurs RSI pour l'épaisseur des matériaux d'isolants pulvérisés | | | | | | | | | |
|---|--------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | | Épaisseur du matériau, en mm | | | | | | | | | |
| | | 51 | 76 | 89 | 101 | 127 | 140 | 152 | 202 | 254 | 305 |
| Fibre de cellulose pulvérisée – épaisseur une fois tassée | 0,024 | – | – | 2,14 | – | – | 3,36 | – | – | – | – |
| Fibre de verre pulvérisée – densité de 16 kg/m ³ | 0,025 | – | – | 2,23 | – | – | 3,50 | – | – | – | – |
| Fibre de verre pulvérisée – densité de 28,8 kg/m ³ | 0,029 | – | – | 2,58 | – | – | 4,06 | – | – | – | – |
| Mousse de polyuréthane pulvérisée – densité moyenne | 0,036 | 1,84 | 2,74 | 3,20 | 3,64 | 4,57 | 5,04 | 5,47 | 7,27 | 9,14 | 10,98 |
| Mousse de polyuréthane pulvérisée – faible densité | 0,0255 | 1,30 | 1,94 | 2,27 | 2,58 | 3,24 | 3,57 | 3,88 | 5,15 | 6,48 | 7,78 |

Tableau 3-7
Valeurs de résistance thermique de matériaux d'isolation courants : isolants en vrac

| Matériaux d'isolation | RSI/mm | Valeurs RSI pour l'épaisseur des matériaux d'isolants en vrac | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------|---|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | | Épaisseur du matériau, en mm | | | | | | | | | |
| | | 89 | 140 | 152 | 202 | 254 | 305 | 356 | 406 | 457 | 508 |
| Cellulose | 0,025 | 2,23 | 3,50 | 3,80 | 5,05 | 6,35 | 7,63 | 8,90 | 10,15 | 11,43 | 12,70 |
| Fibre minérale pour combles | 0,01875 | 1,67 | 2,63 | 2,85 | 3,79 | 4,76 | 5,72 | 6,68 | 7,61 | 8,57 | 9,53 |
| Fibre minérale pour murs | 0,02865 | 2,55 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Fibre minérale pour murs | 0,0289 | – | 4,05 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Isolant à épandre pour combles | 0,0200 | 1,78 | 2,80 | 3,04 | 4,04 | 5,08 | 6,10 | 7,12 | 8,12 | 9,14 | 10,16 |
| Perlite | 0,019 | 1,69 | 2,66 | 2,89 | 3,84 | 4,83 | 5,80 | 6,76 | 7,71 | 8,68 | 9,65 |
| Vermiculite | 0,015 | 1,34 | 2,10 | 2,28 | 3,03 | 3,81 | 4,58 | 5,34 | 6,09 | 6,86 | 7,62 |

Tableau 3-8
Caractéristiques thermiques types de matériaux de construction courants⁽¹⁾

| Films d'air | Épaisseur du matériau | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W par mm | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W pour l'épaisseur indiquée | |
|---|--|---|--|------|
| Extérieur | | | | |
| Plafonds, planchers et murs : vent de 6,7 m/s (hiver) | – | – | 0,03 | |
| Intérieur | | | | |
| Plafonds (écoulement thermique ascendant) | – | – | 0,11 | |
| Planchers (écoulement thermique descendant) | – | – | 0,16 | |
| Murs (écoulement thermique horizontal) | – | – | 0,12 | |
| Lames d'air⁽²⁾⁽³⁾ | Épaisseur de la lame d'air | Résistance thermique (RSI), (m²×K)/W par mm | Résistance thermique (RSI), (m²×K)/W pour l'épaisseur indiquée | |
| Plafonds (écoulement thermique ascendant) : entre matériaux non réfléchissants ⁽⁴⁾ | 13 mm | – | 0,15 | |
| | 20 mm | – | 0,15 | |
| | 40 mm | – | 0,16 | |
| | 90 mm | – | 0,16 | |
| Planchers (écoulement thermique descendant) : entre matériaux non réfléchissants ⁽⁴⁾ | 13 mm | – | 0,16 | |
| | 20 mm | – | 0,18 | |
| | 40 mm | – | 0,20 | |
| | 90 mm | – | 0,22 | |
| Murs (écoulement thermique horizontal) : entre matériaux non réfléchissants ⁽⁴⁾ | 9,5 mm | – | 0,15 | |
| | 13 mm | – | 0,16 | |
| | 20 mm | – | 0,18 | |
| | 40 mm | – | 0,18 | |
| | 90 mm | – | 0,18 | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Matériaux de revêtement extérieur | Épaisseur du matériau | Résistance thermique (RSI), (m²×K)/W par mm | Résistance thermique (RSI), (m²×K)/W pour l'épaisseur indiquée | |
| Brique | | | | |
| | Argile cuite (2400 kg/m ³) | 100 mm | 0,0007 | 0,07 |
| | Béton : sable et gravier ou pierre (2400 kg/m ³) | 100 mm | 0,0004 | 0,04 |
| Mortier et stucco, ciment et chaux | – | 0,0009 | – | |

Commentaire sur la partie 3

Tableau 3-8 (suite)

| Matériaux de revêtement extérieur | Épaisseur du matériau | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W par mm | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W pour l'épaisseur indiquée |
|---|-----------------------|--|---|
| Bardeaux de bois | | | |
| 400 mm, pureau de 190 mm | – | – | 0,15 |
| 400 mm, pureau double de 300 mm | – | – | 0,21 |
| Support isolant | 8 mm | – | 0,25 |
| Bardage | | | |
| Bardage de métal ou de vinyle sur un revêtement intermédiaire | | | |
| Endos à âme évidée | – | – | 0,11 |
| Endos isolant | 9,5 mm nominal | – | 0,32 |
| Avec papier d'aluminium | 9,5 mm nominal | – | 0,52 |
| Bardage de bois | | | |
| À clin, 200 mm, joints à recouvrement | 13 mm | – | 0,14 |
| À clin, 250 mm, joints à recouvrement | 20 mm | – | 0,18 |
| À mi-bois, 200 mm | 20 mm | – | 0,14 |
| Panneaux de fibres durs | 11 mm | – | 0,12 |
| Contreplaqué, joints à recouvrement | 9,5 mm | – | 0,10 |
| Pierre | | | |
| Quartzite et grès (2240 kg/m ³) | – | 0,0003 | – |
| Calcite, dolomite, calcaire, marbre et granit (2240 kg/m ³) | – | 0,0004 | – |
| Bardage de fibro-ciment : ciment de cellulose renforcé de fibres, simple face | 6,35 mm | 0,003 | 0,023 |
| | 8 mm | 0,003 | 0,026 |
| Matériaux de toiture ⁽⁵⁾ | Épaisseur du matériau | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W par mm | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W pour l'épaisseur indiquée |
| Toiture d'asphalte en rouleau | – | – | 0,03 |
| Asphalte/goudron | – | 0,0014 | – |
| Toiture à étanchéité multicouche | 10 mm | – | 0,06 |
| Pierre concassée | – | 0,0006 | – |
| Platelage d'acier | – | – | négligeable |
| Bardeaux | | | |
| Bitumés | – | – | 0,08 |
| De bois | – | – | 0,17 |
| Ardoise | 13 mm | – | 0,01 |
| Matériaux de revêtement intermédiaire | Épaisseur du matériau | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W par mm | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W pour l'épaisseur indiquée |
| Plaques de plâtre | 12,7 mm | 0,0063 | 0,08 |
| Panneaux de fibres isolants | – | 0,016 | – |
| Panneaux de particules | | | |
| Faible masse volumique (593 kg/m ³) | – | 0,0098 | – |
| Masse volumique moyenne (800 kg/m ³) | – | 0,0077 | – |
| Masse volumique élevée (993 kg/m ³) | – | 0,0059 | – |
| Contreplaqué – bois tendre générique | 9,5 mm | | 0,083 |
| | 11 mm | | 0,096 |
| | 12,5 mm | 0,0087 | 0,109 |
| | 15,5 mm | | 0,135 |
| | 18,5 mm | | 0,161 |

Tableau 3-8 (suite)

| Matériaux de revêtement intermédiaire | Épaisseur du matériau | Résistance thermique (RSI), (m²×K)/W par mm | Résistance thermique (RSI), (m²×K)/W pour l'épaisseur indiquée |
|--|------------------------------|---|--|
| Contreplaqué – sapin de Douglas | 9,5 mm | 0,0111 | 0,105 |
| | 11 mm | | 0,122 |
| | 12,5 mm | | 0,139 |
| | 15,5 mm | | 0,172 |
| | 18,5 mm | | 0,205 |
| Matériaux en feuilles | | | |
| Feutre perméable | – | – | 0,011 |
| 2 couches de feutre avec bitume (0,73 kg/m ³) | – | – | 0,210 |
| Membrane plastique | – | – | négligeable |
| Panneau de copeaux (705 kg/m ³) | – | 0,0095 | – |
| Panneau de copeaux orientés (OSB) | 9,5 mm | 0,0098 | 0,093 |
| | 11 mm | | 0,108 |
| Matériaux d'isolation⁽⁶⁾ | Épaisseur du matériau | Résistance thermique (RSI), (m²×K)/W par mm | Résistance thermique (RSI), (m²×K)/W pour l'épaisseur indiquée |
| Matelas isolant : fibre minérale de roche ou de verre | | | |
| R12 | 89/92 mm | – | 2,11 |
| R14 | 89/92 mm | – | 2,46 |
| R19 ⁽⁷⁾ (R20 comprimé) | 140 mm | – | 3,34 |
| R20 | 152 mm | – | 3,52 |
| R22 | 140/152 mm | – | 3,87 |
| R22,5 | 152 mm | – | 3,96 |
| R24 | 140/152 mm | – | 4,23 |
| R28 | 178/216 mm | – | 4,93 |
| R31 | 241 mm | – | 5,46 |
| R35 | 267 mm | – | 6,16 |
| R40 | 279/300 mm | – | 7,04 |
| Panneaux et dalles | | | |
| Pour toiture | – | 0,018 | – |
| Pour murs ou plafonds (carreaux) | – | 0,016 | – |
| Revêtement intermédiaire de polyisocyanurate ou de polyuréthane, revêtus : types 1, 2 et 3 | | | |
| Surface perméable | 25 mm | 0,03818 | 0,97 |
| | 50 mm | 0,0360 | 1,80 |
| Surface imperméable | 25 mm | 0,03937 | 1,00 |
| | 50 mm | 0,0374 | 1,87 |
| Polystyrène expansé ⁽⁸⁾ | | | |
| Type 1 | 25 mm | 0,026 | 0,65 |
| Type 2 | 25 mm | 0,028 | 0,71 |
| Type 3 | 25 mm | 0,030 | 0,76 |
| Polystyrène extrudé : types 2, 3 et 4 | | | |
| | 25 mm | 0,035 | 0,88 |
| | 50 mm | 0,0336 | 1,68 |
| Fibre minérale semi-rigide ⁽⁹⁾ | 25 mm | 0,0298 | 0,757 |
| Isolants en vrac | | | |
| Cellulose | – | 0,025 | – |
| Fibre minérale pour combles | 112 à 565 mm | 0,01875 | – |
| Fibre minérale pour murs | 89 mm | 0,02865 | 2,55 |
| | 140 mm | 0,0289 | 4,05 |

Commentaire sur la partie 3

Tableau 3-8 (suite)

| Matériaux d'isolation ⁽⁶⁾ | Épaisseur du matériau | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W par mm | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W pour l'épaisseur indiquée |
|--|---------------------------|--|---|
| Isolants en vrac (suite) | | | |
| Isolant à épandre pour combles | – | 0,0200 | – |
| Perlite | – | 0,019 | – |
| Vermiculite | – | 0,015 | – |
| Isolants pulvérisés | | | |
| Mousse de polyuréthane pulvérisée | | | |
| Densité moyenne | 25 mm | 0,036 | 0,90 |
| | 50 mm | 0,036 | 1,80 |
| Faible densité | 25 mm | 0,0255 | 0,60 |
| Fibre de cellulose pulvérisée | | | |
| | épaisseur une fois tassée | 0,024 | – |
| Fibre de verre pulvérisée | | | |
| Densité : 16 kg/m ³ | 89 mm | 0,025 | 2,30 |
| | 140 mm | 0,025 | 3,53 |
| Densité : 28,8 kg/m ³ | 89 mm | 0,029 | 2,64 |
| | 140 mm | 0,029 | 4,06 |
| Matériaux structuraux | Épaisseur du matériau | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W par mm | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W pour l'épaisseur indiquée |
| Béton | | | |
| Granulats de faible densité | | | |
| Schiste, argile ou ardoise expansés, cendre, laitiers expansés (1600 kg/m ³) | – | 0,0013 | – |
| Perlite, vermiculite et billes de polystyrène (480 kg/m ³) | – | 0,0063 | – |
| Granulats de densité normale | | | |
| Granulats de sable et gravier ou de pierre (2400 kg/m ³) | – | 0,0004 | – |
| Bois durs⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾ | | | |
| Frêne | – | 0,0063 | – |
| Bouleau | – | 0,0055 | – |
| Érable | – | 0,0063 | – |
| Chêne | – | 0,0056 | – |
| Bois tendres⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾ | | | |
| Sapin gracieux | – | 0,0080 | – |
| Séquoia de Californie | – | 0,0089 | – |
| Sapin de Douglas-mélèze | – | 0,0069 | – |
| Cèdre blanc | – | 0,0099 | – |
| Pin blanc | – | 0,0092 | – |
| Pruche | – | 0,0084 | – |
| Pin lodgepole | – | 0,0082 | – |
| Pin rouge | – | 0,0077 | – |
| Pruche de l'Ouest | – | 0,0074 | – |
| Thuya géant | – | 0,0102 | – |
| Épinette blanche | – | 0,0097 | – |
| Cyprés jaune | – | 0,0077 | – |

Tableau 3-8 (suite)

| Matériaux structuraux | Épaisseur du matériau | Résistance thermique (RSI), (m ² ·K)/W par mm | Résistance thermique (RSI), (m ² ·K)/W pour l'épaisseur indiquée | | |
|--|---|--|---|---|------|
| Bois pour éléments d'ossature, groupe Spruce-Pine-Fir ⁽¹²⁾ | – | 0,0085 | – | | |
| Acier, feuille galvanisée, contenant 0,14 % de carbone | – | 0,0000161 | – | | |
| Blocs de béton | Épaisseur du matériau | Résistance thermique (RSI), (m ² ·K)/W par mm | Résistance thermique (RSI), (m ² ·K)/W pour l'épaisseur indiquée | | |
| Granulats de pierres calcaires – 2 alvéoles Alvéoles remplies de perlite | 190 mm | – | 0,37 | | |
| | 290 mm | – | 0,65 | | |
| Granulats de faible densité (granulats de schiste, argile, ardoise ou laitiers expansés) – 2 ou 3 alvéoles | Alvéoles sans isolant | 90 mm | – | 0,24 | |
| | | 140 mm | – | 0,30 | |
| | | 190 mm | – | 0,32 | |
| | | 240 mm | – | 0,33 | |
| | | 290 mm | – | 0,41 | |
| | Alvéoles remplies de perlite | 140 mm | – | 0,74 | |
| | | 190 mm | – | 0,99 | |
| | | 290 mm | – | 1,35 | |
| | Alvéoles remplies de vermiculite | 140 mm | – | 0,58 | |
| | | 190 mm | – | 0,81 | |
| | | 240 mm | – | 0,98 | |
| | | 290 mm | – | 1,06 | |
| | Alvéoles remplies de billes de polystyrène expansé moulé | 190 mm | – | 0,85 | |
| | | 190 mm | – | 0,62 | |
| | Granulats de densité moyenne (combinaison de granulats de densités normale et faible) – 2 ou 3 alvéoles | Alvéoles sans isolant | 190 mm | – | 0,26 |
| | | | 190 mm | – | 0,56 |
| Alvéoles remplies de billes de polystyrène expansé moulé | | 190 mm | – | 0,47 | |
| | | 190 mm | – | 0,53 | |
| Alvéoles remplies de perlite | | 190 mm | – | 0,58 | |
| | | 190 mm | – | 0,58 | |
| Granulats de densité normale (granulats de sable et de gravier) – 2 ou 3 alvéoles | Alvéoles sans isolant | 90 mm | – | 0,17 | |
| | | 140 mm | – | 0,19 | |
| | | 190 mm | – | 0,21 | |
| | | 240 mm | – | 0,24 | |
| | | 290 mm | – | 0,26 | |
| | Alvéoles remplies de perlite | 190 mm | – | 0,35 | |
| | | 140 mm | – | 0,40 | |
| | | 190 mm | – | 0,51 | |
| | Alvéoles remplies de vermiculite | 240 mm | – | 0,61 | |
| | | 290 mm | – | 0,69 | |
| | Briques d'argile creuses | Épaisseur du matériau | Résistance thermique (RSI), (m ² ·K)/W par mm | Résistance thermique (RSI), (m ² ·K)/W pour l'épaisseur indiquée | |
| | Plusieurs alvéoles : alvéoles sans isolant | 90 mm | – | 0,27 | |
| | Rectangulaires, 2 alvéoles Alvéoles sans isolant | 140 mm | – | 0,39 | |
| 190 mm | | – | 0,41 | | |

Commentaire sur la partie 3

Tableau 3-8 (suite)

| Briques d'argile creuses | Épaisseur du matériau | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W par mm | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W pour l'épaisseur indiquée | | |
|--|--|--|---|---|---|
| Alvéoles remplies de vermiculite | 290 mm | – | 0,47 | | |
| | 140 mm | – | 0,65 | | |
| | 190 mm | – | 0,86 | | |
| | 290 mm | – | 1,29 | | |
| Rectangulaires, 3 alvéoles Alvéoles sans isolant | 90 mm | – | 0,35 | | |
| | 140 mm | – | 0,38 | | |
| | 190 mm | – | 0,41 | | |
| | 240 mm | – | 0,43 | | |
| | 290 mm | – | 0,45 | | |
| | Alvéoles remplies de vermiculite | 140 mm | – | 0,68 | |
| | | 190 mm | – | 0,86 | |
| | | 240 mm | – | 1,06 | |
| | | 290 mm | – | 1,19 | |
| | Matériaux de finition intérieurs⁽¹³⁾ | Épaisseur du matériau | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W par mm | Résistance thermique (RSI), (m ² ×K)/W pour l'épaisseur indiquée | |
| Plaques de plâtre | – | 0,0061 | – | | |
| Panneaux de fibres durs : masse volumique moyenne (800 kg/m ³) | – | 0,0095 | – | | |
| Panneaux intérieurs de finition (carreaux ou planches) | – | 0,0198 | – | | |
| Panneaux de particules | Faible masse volumique (590 kg/m ³) | – | 0,0098 | – | |
| | | – | 0,0074 | – | |
| | | – | 0,0059 | – | |
| | Sous-couche | 15,9 mm | – | 0,140 | |
| Contreplaqué | – | 0,0087 | – | | |
| Revêtements de sol | Tapis avec thibaude de fibres | – | – | 0,370 | |
| | Tapis avec thibaude de caoutchouc | – | – | 0,220 | |
| | Carreau de liège | 3,2 mm | – | 0,049 | |
| | Bois dur | 19 mm | – | 0,120 | |
| | Terrazzo | 25 mm | – | 0,014 | |
| | Carreaux – linoléum, vinyle, caoutchouc | – | – | 0,009 | |
| | Carreaux – céramique | 9,5 mm | – | 0,005 | |
| | Support de revêtement de sol en bois | 19 mm | – | 0,170 | |
| | Enduit | Ciment : granulats de sable | – | 0,0014 | – |
| Plâtre de gypse | | Granulats de faible densité | – | 0,0044 | – |
| | | Granulats de sable | – | 0,0012 | – |

(1) Les valeurs de résistance thermique fournies au tableau 3-8 sont des valeurs génériques pour les matériaux énumérés ou des valeurs minimales acceptables tirées des normes relatives aux produits. Les valeurs publiées par les fabricants pour leurs matériaux exclusifs peuvent différer légèrement, mais elles peuvent être utilisées, à condition qu'elles aient été obtenues conformément aux normes de matériaux applicables. Pour les matériaux ne figurant pas dans ce tableau, ou si la valeur indiquée ne correspond pas à l'épaisseur du produit, la valeur de résistance thermique doit être calculée en divisant l'épaisseur du matériau, en m, par sa conductivité, en W/(m×K). On trouvera ces valeurs dans la documentation du fabricant.

(2) Les valeurs RSI peuvent être interpolées pour les lames d'air de 13 à 90 mm, et extrapolées modérément pour les lames d'air de plus de 90 mm. Cependant, les lames d'air de moins de 13 mm ne peuvent pas être incluses dans le calcul de la résistance thermique effective d'un ensemble.

(3) En présence de lattes continues, utiliser la valeur RSI d'une couche d'air d'épaisseur équivalente.

Tableau 3-8 (suite)

- (4) Un matériau isolant réfléchissant peut contribuer aux propriétés thermiques d'un ensemble, selon son emplacement et la manière dont il est installé dans cet ensemble. Si une valeur est obtenue par évaluation, elle peut être incluse dans le calcul de la résistance ou de la transmission thermique de l'ensemble considéré.
- (5) Les matériaux installés à l'extérieur d'une lame d'air ventilée dans un toit ne peuvent pas être inclus dans le calcul du coefficient de transmission thermique globale du toit.
- (6) Tous les types d'isolants faits de mousses cellulaires qui sont conçus pour retenir un agent de gonflement, autre que l'air, pendant plus de 180 jours doivent être soumis à des essais de résistance thermique à long terme conformément à la norme CAN/ULC-S770, « Méthode d'essai normalisée pour la détermination de la résistance thermique à long terme des mousses isolantes thermiques à alvéoles fermés ». Cette valeur de résistance thermique doit être entrée comme valeur de résistance thermique de calcul aux fins des calculs énergétiques. Les normes relatives aux produits indiquent une valeur de résistance thermique à long terme de référence pour une épaisseur de 50 mm, utilisée pour calculer la valeur de résistance thermique à long terme des autres épaisseurs.
- (7) Un matelas isolant présentant une valeur RSI de 3,52 (R20) comprimé dans une cavité de 140 mm a une valeur de résistance thermique de 3,34 (R19), alors que s'il est placé dans une cavité de 152 mm (formée par des poteaux en métal, par exemple) sans être comprimé, il conservera sa pleine résistance thermique de 3,52 (m²·K)/W.
- (8) L'isolant de polystyrène expansé n'est pas conçu pour retenir un agent de gonflement; les exigences relatives à la résistance thermique à long terme ne s'appliquent donc pas.
- (9) La fibre minérale semi-rigide inclut tant la fibre de verre que la fibre de laine de roche.
- (10) La résistance thermique des essences de bois est calculée en fonction d'une teneur en eau de 12 %. Au Canada, la teneur en eau d'équilibre du bois dans les bâtiments se situe entre 8 et 14 %. Les valeurs de résistance thermique pour les essences de bois dont la teneur en eau est de 12 % sont faciles à obtenir. La différence entre les propriétés thermiques des essences de bois dont la teneur en eau est de 12 % et celles dont la teneur en eau est de 14 % est négligeable.
- (11) Pour les essences de bois non mentionnées dans le présent tableau, la valeur RSI d'une essence de bois de masse volumique égale ou supérieure peut être utilisée puisque la résistance thermique du bois est directement liée à sa masse volumique (le bois de masse volumique élevée présente une plus faible résistance thermique).
- (12) La valeur de 0,0085 est considérée comme une valeur courante pour les éléments d'ossature en bois tendre (S-P-F).
- (13) Les matériaux installés à l'intérieur d'un espace climatisé ne peuvent pas être inclus dans le calcul de la résistance thermique effective d'un ensemble.

Tableau 3-9

Pourcentages de l'aire avec ossature et de l'aire sans ossature pour des ensembles à ossature de bois types

| Ensemble à ossature de bois | | Espacement entre axes des éléments d'ossature, en mm | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 304 | | 406 | | 488 | | 610 | | 1220 | |
| | | % de l'aire (avec ou sans ossature) | | | | | | | | | |
| | | Avec | Sans | Avec | Sans | Avec | Sans | Avec | Sans | Avec | Sans |
| Planchers | solives en bois d'œuvre | – | – | 13 | 87 | 11,5 | 88,5 | 10 | 90 | – | – |
| | solives en I et solives triangulées | – | – | 9 | 91 | 7,5 | 92,5 | 6 | 94 | – | – |
| Toits/ plafonds | plafonds à fermes types | – | – | 14 | 86 | 12,5 | 87,5 | 11 | 89 | – | – |
| | plafonds à fermes à chevrons relevés | – | – | 10 | 90 | 8,5 | 91,5 | 7 | 93 | – | – |
| | toits à chevrons en bois d'œuvre et plafonds à solives en bois d'œuvre | – | – | 13 | 87 | 11,5 | 88,5 | 10 | 90 | – | – |
| | toits à chevrons de type solive en I et plafonds à solives en I | – | – | 9 | 91 | 7,5 | 92,5 | 6 | 94 | – | – |
| | toits à panneaux structuraux isolés | – | – | – | – | – | – | – | – | 9 | 91 |
| Murs | à ossature de bois type | 24,5 | 75,5 | 23 | 77 | 21,5 | 78,5 | 20 | 80 | – | – |
| | à ossature de bois évoluée avec sablière jumelée | – | – | 19 | 81 | 17,5 | 82,5 | 16 | 84 | – | – |
| | à panneaux structuraux isolés | – | – | – | – | – | – | – | – | 14 | 86 |
| | de sous-sol à ossature de bois à l'intérieur d'un mur de fondation en béton | – | – | 16 | 84 | 14,5 | 85,5 | 13 | 87 | – | – |

Commentaire sur la partie 4

Éclairage

Objet (article 4.1.1.1.)

1. La partie 4 du CNÉB s'applique aux composants et aux systèmes d'éclairage intérieur et extérieur qui sont raccordés au réseau d'alimentation électrique du bâtiment. Les exigences portent sur quatre aspects : puissance de l'éclairage intérieur, commandes de l'éclairage intérieur, puissance de l'éclairage extérieur et commandes de l'éclairage extérieur.
2. Les systèmes d'éclairage suivants sont exemptés de ces exigences :
 - l'éclairage de sécurité qui est automatiquement fermé pendant l'exploitation normale d'un bâtiment; et
 - l'éclairage dans les logements.

Également, s'il peut être démontré à l'autorité compétente que la nature de l'usage du bâtiment rend impraticable la mise en application des exigences de la partie 4 du CNÉB, l'éclairage peut être exempté de la conformité à cette partie (par exemple, les systèmes d'éclairage qui sont conçus pour répondre à des exigences réglementaires de santé ou de sécurité, comme ceux qui sont utilisés dans les hôpitaux ou les établissements de soins de santé complémentaires pour générer les niveaux d'éclairage supérieurs prescrits par l'administration ou l'autorité sanitaire locales).

Conformité (article 4.1.1.3.)

3. La conformité à la partie 4 du CNÉB peut être assurée au moyen d'une des méthodes suivantes :
 - la méthode prescriptive décrite à la section 4.2. du CNÉB, qui est une approche simple dans le cadre de laquelle le concepteur applique les exigences telles qu'elles sont énoncées pour assurer la conformité de l'éclairage intérieur et extérieur;
 - la méthode des solutions de remplacement décrite à la section 4.3. du CNÉB, qui offre plus de souplesse en vue de la conformité aux exigences relatives à la puissance et aux commandes de l'éclairage intérieur (cette méthode ne peut pas être utilisée pour démontrer la conformité aux exigences d'éclairage extérieur); et
 - la méthode de performance décrite à la partie 8 du CNÉB, qui est une approche nécessitant la modélisation du bâtiment entier (si cette méthode est choisie, elle doit être suivie pour tous les paramètres du bâtiment visés par le CNÉB, c'est-à-dire l'enveloppe du bâtiment, l'éclairage, les installations CVCA, le chauffage de l'eau sanitaire ainsi que les systèmes de distribution d'électricité et moteurs électriques).

Les organigrammes des figures A-4.1.1.3. 1)-A et A-4.1.1.3. 1)-B du CNÉB montrent les méthodes de conformité pour l'éclairage intérieur et l'éclairage extérieur, respectivement.

Méthode prescriptive (section 4.2.)

4. Les exigences de la méthode prescriptive sont dérivées des exigences relatives à l'éclairage contenues dans la norme ANSI/ASHRAE/IES 90.1, « Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings ».
5. Les ampoules à DEL (diode électroluminescente) assurent un éclairage écoénergétique de grande qualité à un coût minimal. En outre, elles ont une durée de vie utile bien plus longue que celle des ampoules fluorescentes, ce qui se traduit par des coûts d'entretien réduits, et sont disponibles dans presque n'importe quelle température de couleur, ne contiennent pas de mercure et émettent très peu de chaleur.

Commentaire sur la partie 4

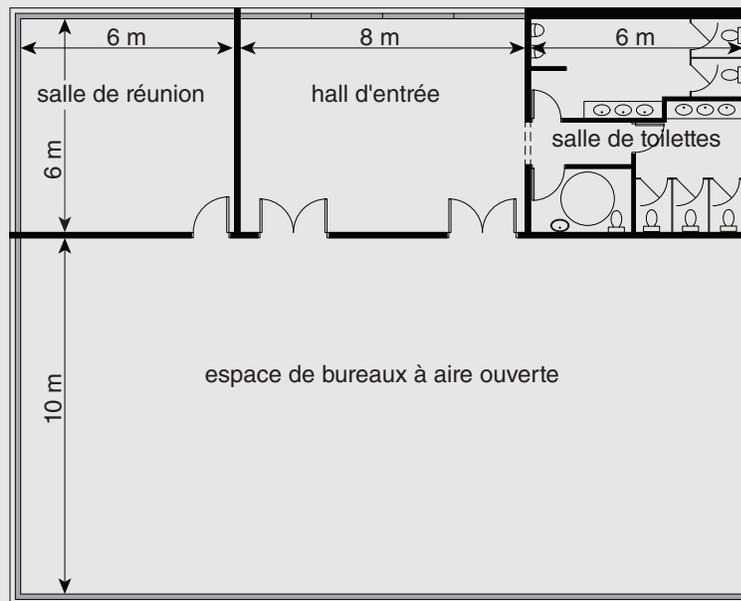
- Les concepteurs doivent porter attention aux situations et aux endroits où un éclairage adéquat est requis pour des raisons de sécurité, et se reporter aux exigences appropriées du CNB et du CNÉB lors de l'élaboration d'un projet d'éclairage : la conservation d'énergie ne doit pas se faire au détriment de la sécurité.

Puissance de l'éclairage intérieur (sous-section 4.2.1.)

- Un projet d'éclairage pour un bâtiment est conforme aux exigences prescriptives de puissance de l'éclairage intérieur du CNÉB si la puissance de l'éclairage intérieur installé ne dépasse pas la puissance de l'éclairage intérieur admissible. Cette dernière peut être déterminée au moyen de la méthode de l'aire du bâtiment ou de la méthode espace par espace. La méthode de l'aire du bâtiment fournit une moyenne pour un bâtiment type, tandis que la méthode espace par espace est une approche plus détaillée de calcul de la puissance de l'éclairage intérieur admissible.
- L'exemple 4-1 démontre comment calculer la puissance de l'éclairage intérieur au moyen de la méthode de l'aire du bâtiment et de la méthode espace par espace, et illustre comment se conformer aux exigences relatives aux commandes de l'éclairage.

Exemple 4-1 – Puissance de l'éclairage intérieur

Cet exemple utilise un espace renfermant quatre types d'espace : une salle de réunion, un hall d'entrée, une salle de toilettes et un espace de bureaux à aire ouverte (voir la figure A). À l'exception de la salle de toilettes, tous les espaces ont accès à la lumière naturelle grâce à des fenêtres à double vitrage.



FG01339B

Figure A
Plan de l'espace

Exemple 4-1 – Puissance de l'éclairage intérieur (suite)

Toutes les mesures correspondent aux dimensions intérieures mur à mur, c'est-à-dire que l'épaisseur des murs n'est pas prise en compte. L'aire brute éclairée de chaque espace peut ainsi être déterminée à l'aide des dimensions données.

Le concepteur choisit d'éclairer chaque espace au moyen de luminaires à DEL encastrés de 2 pi × 4 pi (0,61 × 1,2 m) ayant une puissance nominale de fonctionnement de 42 W, qui est la puissance d'éclairage raccordée par luminaire. Le projet d'éclairage comporte également des signalisations d'issues, mais celles-ci n'ont pas à être incluses dans le calcul conformément à l'alinéa 4.2.1.4. 4)) du CNÉB.

Le tableau suivant fournit de l'information sur le projet d'éclairage qui permet le calcul de la puissance de l'éclairage intérieur installé.

Calcul de la puissance d'éclairage

| Type d'espace | Nombre de luminaires | Puissance d'éclairage raccordée par luminaire, en W | Puissance de l'éclairage intérieur installé, en W |
|------------------------|----------------------|---|---|
| Salle de réunion | 10 | 42 | 420 |
| Hall d'entrée | 8 | 42 | 336 |
| Salle de toilettes | 5 | 42 | 210 |
| Bureaux à aire ouverte | 28 | 42 | 1176 |
| | | | Total : 2142 |

Méthode de l'aire du bâtiment (4.2.1.5.)

La totalité de l'espace dans l'exemple 4-1 pouvant être considérée comme un espace de bureaux, on peut utiliser la méthode de l'aire du bâtiment pour déterminer la puissance de l'éclairage intérieur admissible. Il est à noter que la méthode de l'aire du bâtiment pourrait être utilisée même si jusqu'à 10 % de l'aire brute éclairée était considéré d'un type autre que « bureaux » (voir le paragraphe 4.2.1.5. 3) du CNÉB). La densité de puissance d'éclairage (LPD) indiquée au tableau 4.2.1.5. du CNÉB pour un bâtiment de type « bureaux » est de 6,9 W/m². L'aire brute éclairée de l'espace – qui est égale à l'aire réelle de l'espace dans ce cas – est de 320 m² (20 m × 16 m).

La puissance de l'éclairage intérieur admissible peut maintenant être calculée comme suit :

$$\begin{aligned}
 \text{Puissance de l'éclairage intérieur admissible}_{\text{méthode de l'aire du bâtiment}} &= \text{LPD} \times \text{aire brute éclairée} \\
 &= 6,9 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times 320 \text{ m}^2 \\
 &= 2208 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Commentaire sur la partie 4

Exemple 4-1 – Puissance de l'éclairage intérieur (suite)

Méthode espace par espace (4.2.1.6.)

Même si l'espace satisfait aux critères d'application de la méthode de l'aire du bâtiment, la méthode espace par espace, qui prévoit que la puissance de l'éclairage admissible pour chacun des quatre espaces soit additionnée, peut également être utilisée. Le tableau suivant fournit les résultats des calculs.

Puissance de l'éclairage admissible au moyen de la méthode espace par espace

| Type d'espace | Aire brute éclairée, en m ² | LPD tirée du tableau 4.2.1.6. du CNÉB, en W/m ² | Puissance de l'éclairage intérieur admissible, en W |
|------------------------|--|--|---|
| Salle de réunion | 36 | 10,5 ⁽¹⁾ | 378,0 |
| Hall d'entrée | 48 | 9,0 ⁽²⁾ | 432,0 |
| Salle de toilettes | 36 | 6,8 ⁽³⁾ | 244,8 |
| Bureaux à aire ouverte | 200 | 6,6 ⁽⁴⁾ | 1320,0 |
| | | | Total : 2374,8 |

(1) LPD pour le type d'espace « salles de conférence/de réunion/polyvalentes ».

(2) LPD pour le type d'espace « halls – autres ».

(3) LPD pour le type d'espace « salle de toilettes – autres ».

(4) LPD pour le type d'espace « bureaux – à aire ouverte ».

La puissance de l'éclairage intérieur admissible déterminée au moyen de la méthode espace par espace est de 2374,8 W.

Conclusion

La puissance de l'éclairage intérieur installé et les puissances de l'éclairage intérieur admissibles se comparent comme suit :

$$\text{Puissance de l'éclairage intérieur installé} = 2142 \text{ W}$$

$$\text{Puissance de l'éclairage intérieur admissible}_{\text{méthode de l'aire du bâtiment}} = 2208 \text{ W}$$

$$\text{Puissance de l'éclairage intérieur admissible}_{\text{méthode espace par espace}} = 2375 \text{ W}$$

Le projet d'éclairage dans cet exemple serait conforme à la méthode prescriptive autant selon la méthode de l'aire du bâtiment que selon la méthode espace par espace.

Il est à noter que si la puissance de l'éclairage intérieur installé pour la salle de réunion (420 W) dépasse la puissance de l'éclairage intérieur admissible pour ce type d'espace (378 W), cela ne signifie pas que le projet d'éclairage global est jugé non conforme. Aux fins de la démonstration de la conformité, la puissance de l'éclairage peut être distribuée de n'importe quelle façon, dans n'importe lequel des espaces, à condition que la puissance de l'éclairage intérieur installé totale (2142 W) ne dépasse pas la puissance de l'éclairage intérieur admissible totale (2208 W si la méthode de l'aire du bâtiment est utilisée, ou 2375 W si la méthode espace par espace est utilisée) (voir le paragraphe 4.2.1.3. 2) du CNÉB).

Si la méthode de l'aire du bâtiment requiert un calcul plus simple, elle mène généralement à une puissance admissible plus basse. La méthode espace par espace peut présenter des avantages par rapport à la méthode de l'aire du bâtiment parce qu'elle tient compte de la répartition des types d'espace pondérée en fonction de leurs aires individuelles, tandis que la méthode de l'aire du bâtiment suppose une répartition standard des types d'espace pour établir un niveau de LPD moyen, ce qui pourrait ne pas être aussi représentatif de la conception du bâtiment dans certains cas.

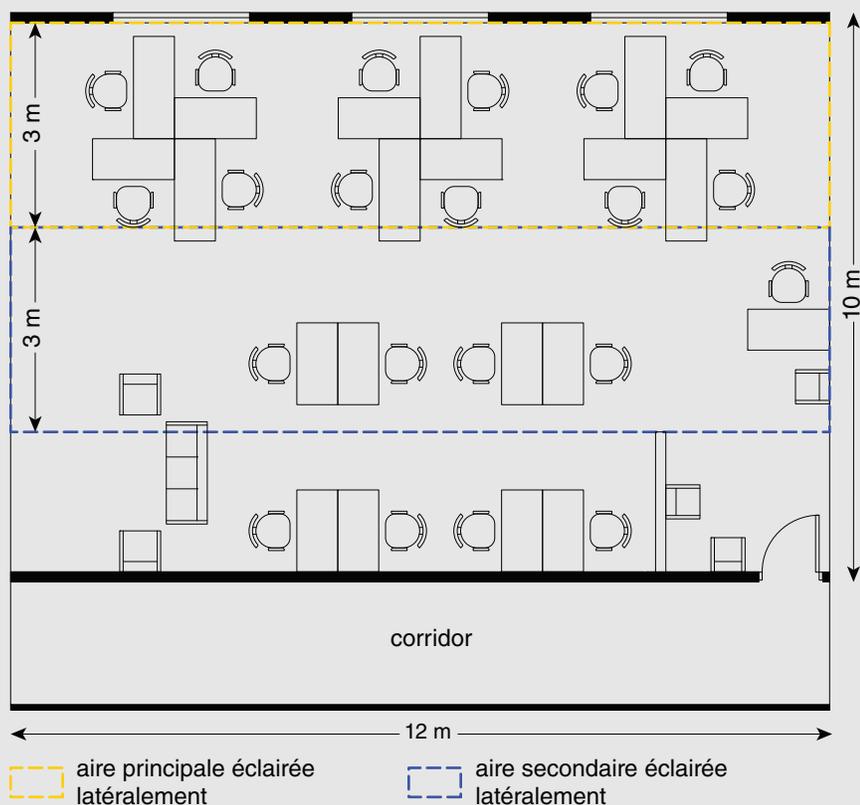
Commandes de l'éclairage intérieur (sous-section 4.2.2.)

9. La méthode prescriptive de la section 4.2. du CNÉB définit également les exigences relatives aux commandes de l'éclairage intérieur. Ces exigences tiennent compte de l'orientation sur les technologies et les pratiques courantes énoncée dans la norme ANSI/ASHRAE/IES 90.1. Le tableau 4.2.1.6. du CNÉB énumère les types de commandes de l'éclairage requises et facultatives pour chaque type d'espace.
10. L'exemple 4-2 compare le projet d'éclairage pour un espace de bureaux à aire ouverte avec les exigences du CNÉB relatives aux commandes de l'éclairage intérieur.

Commentaire sur la partie 4

Exemple 4-2 – Commandes de l'éclairage intérieur

Dans cet exemple, un concepteur élabore un projet d'éclairage pour un espace de bureaux à aire ouverte de 120 m² comportant des postes de travail et qui est occupé pendant des heures normales la semaine (voir la figure A).



FG02716A

Figure A
Espace de bureaux à aire ouverte comportant des postes de travail

Le projet d'éclairage proposé pour l'espace de bureaux illustré à la figure A est le suivant :

- la puissance de l'éclairage intérieur installé est de 750 W;
- un dispositif de commande manuelle de l'éclairage est adjacent à la porte d'entrée;
- des détecteurs d'occupant allument tous les appareils d'éclairage lorsque des occupants sont détectés;
- des photocommandes (détecteurs de lumière naturelle) sont installées près de chacune des trois fenêtres; et
- une commande de type « mise hors circuit programmée » fonctionne selon l'heure du jour et la journée de la semaine (les appareils d'éclairage sont programmés pour s'éteindre de 20 h à 7 h lorsque l'espace de bureaux est inoccupé).

Conformité de la puissance de l'éclairage

D'après le tableau 4.2.1.6. du CNÉB, la densité de puissance d'éclairage pour un espace de type « bureaux – à aire ouverte » est limitée à 6,6 W/m². La puissance de l'éclairage maximale admissible calculée conformément à l'alinéa 4.2.1.6. 1)c) du CNÉB est, par conséquent, de 792 W (10 m × 12 m × 6,6 W/m²), ce qui est supérieur à la puissance de l'éclairage intérieur de 750 W pour le projet d'éclairage. La puissance de l'éclairage intérieur proposé est donc conforme au CNÉB.

Exemple 4-2 – Commandes de l'éclairage intérieur (suite)

Conformité des commandes de l'éclairage

Le tableau suivant compare les exigences relatives aux commandes de l'éclairage intérieur mentionnées au tableau 4.2.1.6. et à l'article 4.2.2.1. du CNÉB avec le projet d'éclairage proposé pour l'espace de bureaux à aire ouverte illustré à la figure A.

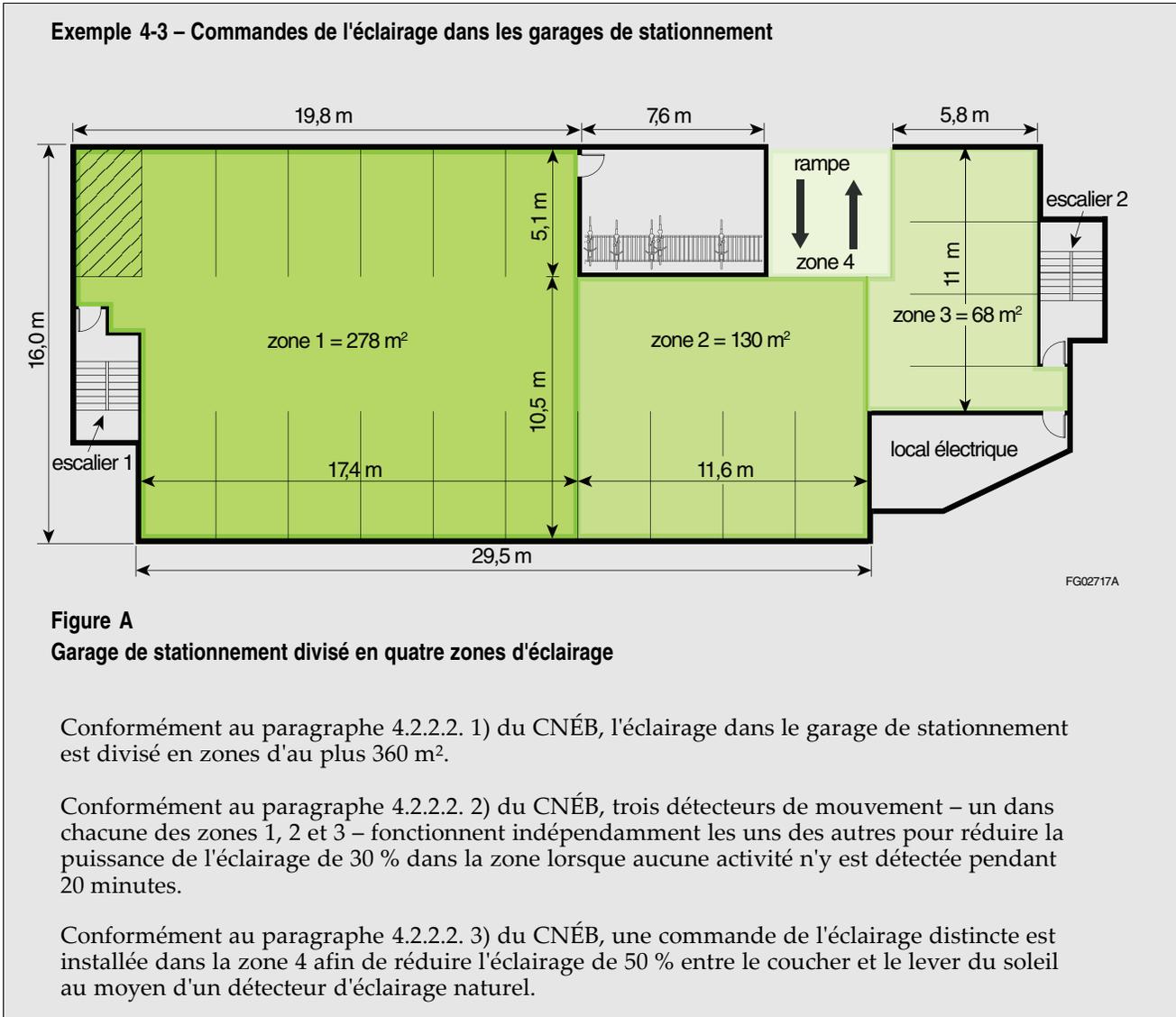
| Exigences relatives aux commandes de l'éclairage tirées du tableau 4.2.1.6. du CNÉB | | Description du projet d'éclairage proposé et des commandes de l'éclairage | Conformité du projet d'éclairage proposé avec le tableau 4.2.1.6. et l'article 4.2.2.1. du CNÉB |
|---|--|--|---|
| Type de commande de l'éclairage | Exigence applicable à un espace de type « bureaux – à aire ouverte » | | |
| Manuelle | Requis | Espace de bureaux d'une aire de 120 m ² et interrupteur d'éclairage manuel installé à l'entrée. | Conception conforme, respectant les exigences du tableau 4.2.1.6., de l'alinéa 4.2.2.1. 3)a) et du paragraphe 4.2.2.1. 4). |
| Limitée à la mise en circuit manuelle Limitée à la mise en circuit automatique partielle | Au moins l'un de ces deux types de commandes de l'éclairage doit être installé | Des détecteurs d'occupant allument tous les appareils d'éclairage lorsque des occupants sont détectés. | Conception non conforme, ne respectant pas les exigences du tableau 4.2.1.6. ni celles des paragraphes 4.2.2.1. 6) et 8). La conformité pourrait être atteinte en exigeant que les appareils d'éclairage soient allumés manuellement ou en programmant les détecteurs d'occupant pour que 50 % des appareils d'éclairage s'allument plutôt que la totalité. |
| À deux niveaux | Requis | Non inclus dans la conception. | Conception non conforme, ne respectant pas les exigences du tableau 4.2.1.6. ni celles du paragraphe 4.2.2.1. 9). La conformité pourrait aussi être atteinte en installant des commandes de l'éclairage « limitées à la mise en circuit automatique partielle ». |
| Réagissant automatiquement à la lumière naturelle pour l'éclairage latéral | Requis | Emplacement des détecteurs et des luminaires commandés non déterminé dans la conception. | Conception partiellement conforme, respectant les exigences du tableau 4.2.1.6., mais pas celles des paragraphes 4.2.2.1. 10) et 11). |
| Réagissant automatiquement à la lumière naturelle pour l'éclairage zénithal | Requis | Aucun lanterneau ou lanterneau continu n'est inclus dans la conception. | La conformité au tableau 4.2.1.6. et au paragraphe 4.2.2.1. 13) ne s'applique pas. |
| Mise hors circuit automatique partielle | Non requis | Non inclus dans la conception. | La conformité au tableau 4.2.1.6. et au paragraphe 4.2.2.1. 16) est facultative. |
| Mise hors circuit automatique complète Mise hors circuit programmée | Au moins l'un de ces deux types de commandes de l'éclairage doit être installé | Commande de type « mise hors circuit programmée » incluse dans la conception. | Conception conforme, respectant les exigences du tableau 4.2.1.6. et du paragraphe 4.2.2.1. 20). La conformité pourrait aussi être atteinte en installant des détecteurs d'absence pour des commandes de type « mise hors circuit automatique complète », conformément au paragraphe 4.2.2.1. 18). |

Comme il est mentionné dans le tableau ci-dessus, la conception proposée des commandes de l'éclairage intérieur pour l'espace de bureaux à aire ouverte ne répond pas entièrement aux exigences du tableau 4.2.1.6. ou de l'article 4.2.2.1. du CNÉB, à moins que les éléments non conformes ou partiellement conformes ne soient corrigés.

Commentaire sur la partie 4

Commandes de l'éclairage dans les garages de stationnement (article 4.2.2.2.)

11. Les exigences du CNÉB relatives aux commandes de l'éclairage dans les garages de stationnement tiennent compte des exigences correspondantes de la norme ANSI/ASHRAE/IES 90.1, ce qui facilite la conception et la mise en application pour les administrations qui renvoient à ces deux documents.
12. L'exemple 4-3 illustre comment les exigences relatives aux commandes de l'éclairage dans les garages de stationnement énoncées à l'article 4.2.2.2. du CNÉB s'appliquent au garage de stationnement de la figure A.



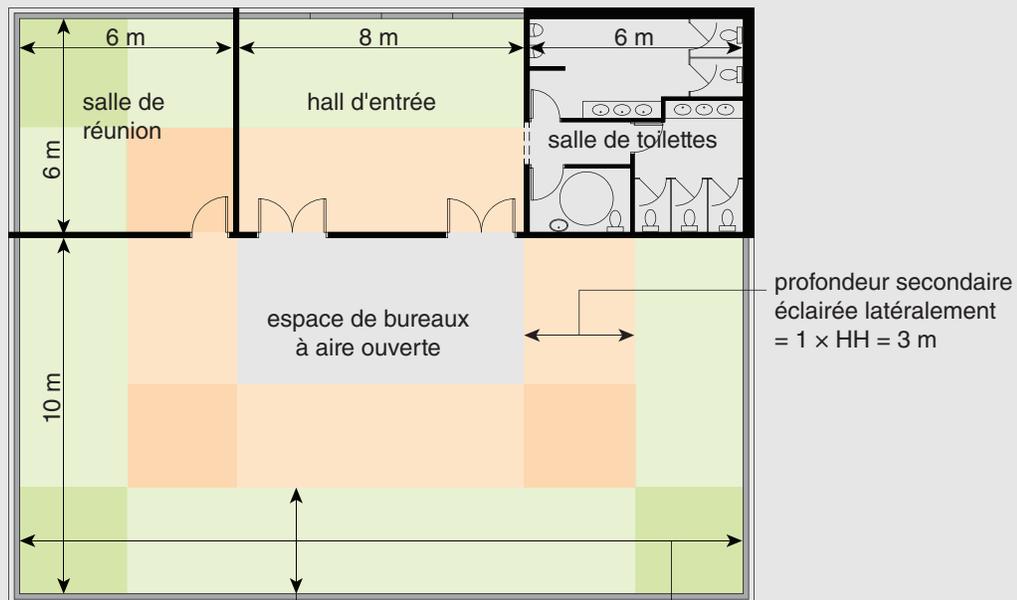
Détermination des aires principales et secondaires éclairées latéralement (article 4.2.2.3.)

13. La mise en œuvre de stratégies liées à l'éclairage naturel réduit la consommation d'énergie de l'éclairage intérieur. Les dispositions relatives aux commandes de l'éclairage naturel présentées à l'article 4.2.2.1. du CNÉB permettent d'assurer que les aires principales et secondaires éclairées latéralement sont prises en compte au moyen des méthodes de calcul de l'article 4.2.2.3. du CNÉB.

14. Dans le calcul des aires principales et secondaires éclairées latéralement d'une pièce, les aires qui sont éclairées par la lumière de plus d'une fenêtre ne doivent pas être comptées en double. La figure A de l'exemple 4-4 montre les aires principales et secondaires éclairées latéralement ainsi que les aires de chevauchement correspondantes pour les espaces de l'exemple 4-1.
15. L'exemple 4-4 illustre le calcul des aires principales et secondaires éclairées latéralement.

Exemple 4-4 – Calcul des aires principales et secondaires éclairées latéralement

Dans cet exemple, les fenêtres s'étendent sur la pleine largeur de la salle de réunion, du hall d'entrée et de l'espace de bureaux, et vont de la hauteur de l'appui de fenêtre de 1 m à la hauteur sous plafond de 3 m. Il n'existe pas d'obstructions verticales (p. ex., des cloisons) de plus de 1,5 m de hauteur.



profondeur principale éclairée latéralement = $1 \times HH = 3 \text{ m}$
 puisque aucune obstruction n'est supérieure à 1,5 m

largeur principale éclairée latéralement = largeur totale des fenêtres

- = aires principales éclairées latéralement
- = aires principales de chevauchement éclairées latéralement
- = aires secondaires éclairées latéralement
- = aires secondaires de chevauchement éclairées latéralement

FG01340B

Figure A
Aires principales, secondaires et de chevauchement éclairées latéralement

Toutes les fenêtres dans la figure A s'étendent sur la pleine longueur d'un mur de sorte que la largeur éclairée latéralement est la même que la longueur du mur correspondant. La hauteur de tête (HH) des fenêtres, soit la distance du plancher au haut du vitrage, est de 3 m puisque les fenêtres vont jusqu'au plafond, ce qui définit la profondeur éclairée latéralement ($1 \times HH$) puisqu'il n'y a aucune obstruction supérieure à 1,5 m dans les espaces.

Commentaire sur la partie 4

Exemple 4-4 – Calcul des aires principales et secondaires éclairées latéralement (suite)

Dans l'espace de bureaux à aire ouverte, les aires principales éclairées latéralement, $A_{DL,OOS}$, se chevauchent sur 3 m dans deux des coins. La valeur de $A_{DL,OOS}$ est calculée comme suit :

$$\begin{aligned}
 A_{DL,OOS} &= \text{aires principales éclairées latéralement} - \text{aires principales de chevauchement éclairées latéralement} \\
 &= A + B + C - \text{aires principales de chevauchement éclairées latéralement} \\
 &= (10 \text{ m} \times 3 \text{ m}) + (20 \text{ m} \times 3 \text{ m}) + (10 \text{ m} \times 3 \text{ m}) - [(3 \text{ m} \times 3 \text{ m}) + (3 \text{ m} \times 3 \text{ m})] \\
 &= 120 \text{ m}^2 - 18 \text{ m}^2 \\
 &= 102 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Les aires principales et secondaires éclairées latéralement sont calculées comme suit pour les types d'espace de la figure A :

| Type d'espace | Aire principale éclairée latéralement, en m ² | Aire secondaire éclairée latéralement, en m ² |
|------------------------|--|--|
| Salle de réunion | 27 | 9 |
| Hall d'entrée | 24 | 24 |
| Salle de toilettes | 0 ⁽¹⁾ | 0 ⁽¹⁾ |
| Bureaux à aire ouverte | 102 | 66 |

(1) La salle de toilettes ne comporte pas de fenêtres; il n'y a donc pas d'éclairage latéral.

16. Aucune des trois conditions d'exemption énoncées au paragraphe 4.2.2.1. 12) du CNÉB ne s'applique à l'exemple 4-4 puisque :
- il n'y a aucune structure adjacente;
 - le vitrage mesure au moins 2 m²; et
 - aucun des espaces n'est un établissement de vente au détail.

Détermination de l'aire à éclairage naturel sous des lanterneaux continus (article 4.2.2.4.)

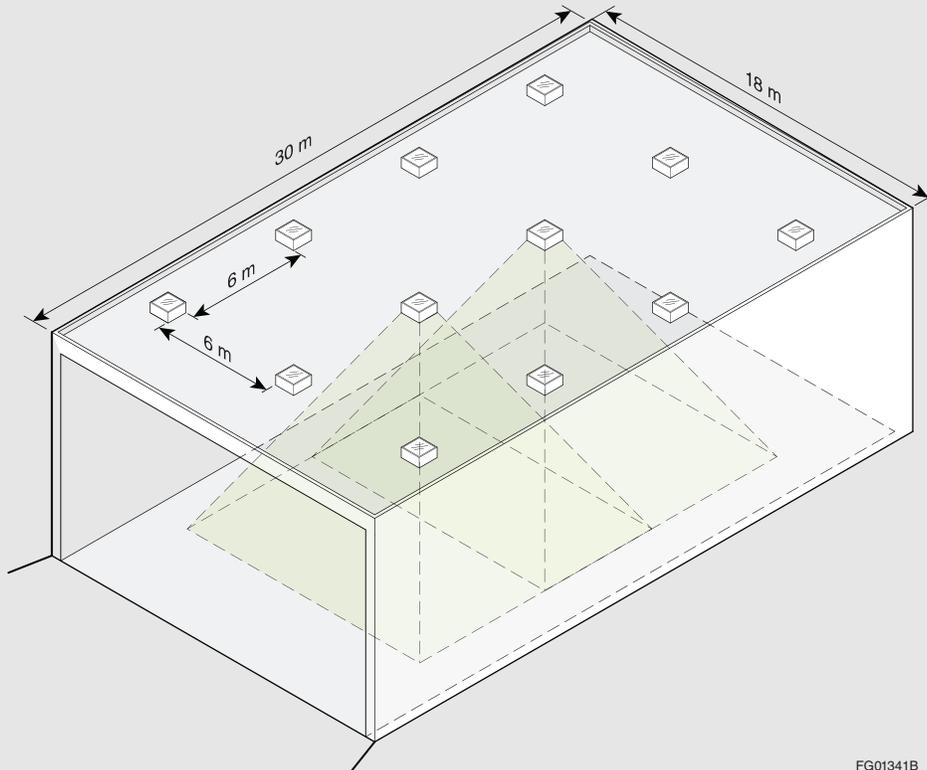
17. Les critères du CNÉB sur la façon de calculer l'aire à éclairage naturel sous des lanterneaux continus tiennent compte des critères correspondants de la norme ANSI/ASHRAE/IES 90.1, ce qui facilite la conception et la mise en application pour les administrations qui renvoient à ces deux documents.

La méthode de détermination de l'aire à éclairage naturel sous des lanterneaux continus est semblable à celle utilisée pour les lanterneaux standard (voir l'exemple 4-5).

Détermination de l'aire à éclairage naturel sous des lanterneaux (article 4.2.2.5.)

Exemple 4-5 – Détermination de l'aire à éclairage naturel sous des lanterneaux

L'éclairage naturel d'un garage de véhicules de pompier est assuré par 15 lanterneaux à double vitrage espacés également de 6 m dans les deux directions sur toute la toiture (voir la figure A). Chaque lanternneau mesure 1 m × 1 m et a une profondeur de puits de 0,5 m. La hauteur sous plafond du garage de véhicules de pompier est de 10 m et il n'y a pas d'obstructions verticales dans l'espace.



FG01341B

Figure A Répartition des lanterneaux dans un garage de véhicules de pompier (vue en plan)

Commentaire sur la partie 4

Exemple 4-5 – Détermination de l'aire à éclairage naturel sous des lanterneaux (suite)

La figure A-4.2.2.5. 2) du CNÉB montre comment calculer l'aire à éclairage naturel sous des lanterneaux, laquelle aire doit être évaluée pour chaque lanterneau à partir de la lumière projetée. L'étendue de l'aire à éclairage naturel dans chaque direction au-delà de la simple projection sur l'aire directement sous le lanterneau est définie comme la plus petite des distances suivantes (voir les alinéas 4.2.2.5. 2)a) à c)) du CNÉB) :

- a) 70 % de la hauteur sous plafond;
- b) la distance par rapport à toute autre aire à éclairage naturel; et
- c) la distance par rapport à la face la plus proche de toute obstruction verticale éloignée de plus de 70 % de la distance entre le dessus de l'obstruction verticale et le plafond.

Dans cet exemple, l'aire à éclairage naturel de chaque lanterneau chevauche l'aire à éclairage naturel des lanterneaux adjacents (les lanterneaux sont espacés de 6 m et la distance a) est égale à 7 m) et les aires à éclairage naturel des lanterneaux du périmètre sont délimitées par les murs extérieurs (obstructions verticales). On peut donc en conclure que la totalité de l'aire du garage de véhicules de pompier constitue l'aire à éclairage naturel totale :

$$\begin{aligned} A_{DL,skylight} &= A_{\text{engine room}} \\ &= 30 \text{ m} \times 18 \text{ m} \\ &= 540 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Applications d'éclairage particulières (article 4.2.2.6.)

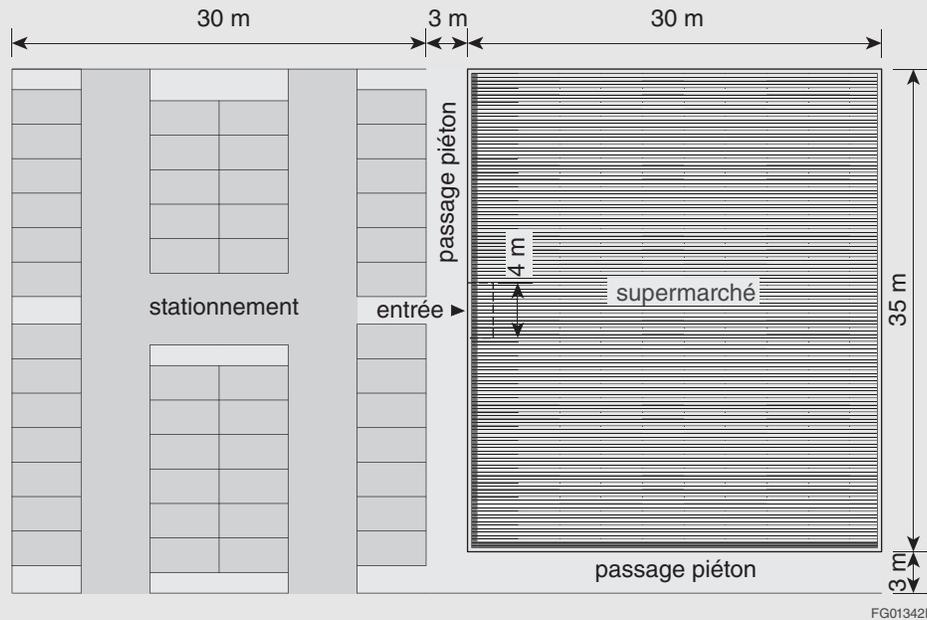
18. Le CNÉB exige que certaines applications d'éclairage particulières soient commandées séparément de l'éclairage général et que l'éclairage des chambres et des suites d'hébergement temporaire commercial soit commandé automatiquement. Ces exigences tiennent compte des exigences correspondantes de la norme ANSI/ASHRAE/IES 90.1, ce qui facilite la conception et la mise en application pour les administrations qui renvoient à ces deux documents.

Puissance de l'éclairage extérieur et commandes de l'éclairage extérieur (sous-sections 4.2.3. et 4.2.4.)

19. Les exigences du CNÉB qui limitent la quantité d'énergie admissible aux fins de l'éclairage extérieur tiennent compte des exigences correspondantes de la norme ANSI/ASHRAE/IES 90.1, ce qui facilite la conception et la mise en application pour les administrations qui renvoient à ces deux documents.
20. Les puissances de l'éclairage extérieur admissibles énumérées dans les éditions de 2011 et de 2015 du CNÉB étaient fondées sur l'utilisation d'une combinaison de technologies d'éclairage moins efficaces comme les appareils d'éclairage à décharge à haute intensité (DHI), les appareils d'éclairage aux halogénures métalliques et les appareils d'éclairage à vapeur de sodium à haute pression. Toutefois, les technologies en matière d'éclairage ont évolué rapidement au cours des dernières années; ainsi, les puissances de l'éclairage admissibles de l'édition de 2020 du CNÉB sont fondées sur l'utilisation d'appareils d'éclairage à DEL, qui sont maintenant largement répandus. Les ampoules à DEL assurent un éclairage écoénergétique de grande qualité à un coût minimal. En outre, elles ont une durée de vie utile bien plus longue que celle des ampoules fluorescentes, ce qui se traduit par des coûts d'entretien réduits, et sont disponibles dans presque n'importe quelle température de couleur, ne contiennent pas de mercure et émettent très peu de chaleur.
21. L'éclairage de façade et l'éclairage paysager peuvent être programmés pour s'éteindre automatiquement en fonction des heures d'ouverture du bâtiment afin de réduire la consommation d'énergie lorsqu'un éclairage extérieur n'est pas requis.
22. L'exemple 4-6 porte sur les exigences relatives aux systèmes d'éclairage extérieur en ce qui a trait à la puissance de l'éclairage (sous-section 4.2.3. du CNÉB) et aux commandes d'éclairage (sous-section 4.2.4. du CNÉB).

Exemple 4-6 – Puissance de l'éclairage extérieur

Dans cet exemple, un concepteur élabore le projet d'éclairage extérieur pour un supermarché doté d'un stationnement ouvert adjacent. Le bâtiment mesure 10 m de hauteur et comporte un passage piéton de 3 m de largeur le long de deux de ses façades. L'entrée principale mesure 4 m de largeur et fait face au stationnement. Le bâtiment est situé dans un district commercial à activité modérée (voir la figure A).



FG01342B

Figure A
Plan du supermarché et du stationnement

Le concepteur veut installer des luminaires pour les quatre applications extérieures suivantes :

- 1) façades : six luminaires éclairant le mur de l'entrée principale
- 2) entrée principale : deux luminaires
- 3) passages piétons : sept luminaires
- 4) stationnement : huit luminaires

Puissance de l'éclairage extérieur (4.2.3.)

La puissance admissible de l'éclairage extérieur varie en fonction de la zone d'éclairage dans laquelle le bâtiment sera situé (il est à noter que ces zones sont différentes des zones climatiques mentionnées à la partie 3 du CNÉB). Dans cet exemple, le supermarché sera situé dans un district commercial qui n'est pas un secteur à activité élevée; donc, selon le tableau 4.2.3.1.-A du CNÉB, les puissances admissibles de l'éclairage extérieur de la zone 3 s'appliqueront.

La puissance admissible de l'éclairage extérieur est une combinaison de trois valeurs admissibles : la puissance admissible de base du site, les puissances admissibles de l'éclairage pour des applications extérieures spécifiques et les puissances admissibles de l'éclairage pour des applications extérieures générales. La puissance admissible de base du site indiquée au tableau 4.2.3.1.-B du CNÉB peut être utilisée pour toute application d'éclairage – spécifique ou générale. Les puissances admissibles spécifiques du tableau 4.2.3.1.-C du CNÉB peuvent seulement être utilisées pour l'application d'éclairage à laquelle elles sont destinées, de sorte que toute puissance admissible restante est perdue. Les puissances admissibles générales du tableau 4.2.3.1.-D du CNÉB peuvent être utilisées pour toutes les applications d'éclairage générales, de sorte que toute puissance admissible restante peut être utilisée pour d'autres applications extérieures générales.

Commentaire sur la partie 4

Exemple 4-6 – Puissance de l'éclairage extérieur (suite)

Puissance admissible de base du site pour l'éclairage extérieur

La puissance admissible de base du site pour l'éclairage extérieur dans la zone 3 est de 500 W.

Puissances admissibles de l'éclairage extérieur pour des applications extérieures spécifiques

La façade prise en compte dans cet exemple peut être désignée comme une application extérieure spécifique. Le projet d'éclairage prévoit six luminaires équipés dans chaque cas d'une lampe aux halogénures métalliques (HM) de 50 W. La combinaison lampe-ballast consomme une puissance de 70 W. La puissance raccordée de l'éclairage extérieur pour la façade est calculée comme suit :

$$\text{Puissance raccordée de l'éclairage extérieur}_{\text{façade}} = 6 \text{ luminaires} \times 70 \frac{\text{W}}{\text{luminaire}} = 420 \text{ W}$$

Conformément au tableau 4.2.3.1.-C du CNÉB, la puissance admissible de l'éclairage extérieur pour les façades est de 1,6 W/m² pour chaque aire éclairée d'un mur ou d'une surface, ou de 12,3 W/m pour chaque longueur de mur ou de surface éclairée. Les résultats pour chacun de ces calculs sont les suivants :

$$\text{Puissance admissible de l'éclairage extérieur}_{\text{façade,aire}} = 1,6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} (35 \text{ m} \times 10 \text{ m}) = 560 \text{ W}$$

$$\text{Puissance admissible de l'éclairage extérieur}_{\text{façade,linéaire}} = 12,3 \frac{\text{W}}{\text{m}} \times 35 \text{ m} = 430,5 \text{ W}$$

Le tableau suivant compare la puissance admissible spécifique de l'éclairage extérieur à la puissance raccordée de l'éclairage extérieur. Le projet d'éclairage pour la façade consomme moins de puissance que la puissance admissible et est donc conforme au CNÉB. Étant donné que la façade est une application extérieure spécifique, la différence entre la puissance raccordée et la puissance admissible ne peut pas être utilisée pour d'autres applications d'éclairage extérieur.

| Application d'éclairage extérieur | Puissance raccordée de l'éclairage extérieur, en W | Puissance admissible spécifique de l'éclairage extérieur, en W |
|-----------------------------------|--|--|
| Façade | 420 | 560 |

Si la puissance raccordée de l'éclairage extérieur avait été supérieure à la puissance admissible spécifique de l'éclairage extérieur pour une ou plusieurs des applications extérieures, le concepteur aurait pu appliquer une partie ou la totalité de la puissance admissible de base du site pour l'éclairage extérieur dans la zone 3 (500 W) à n'importe laquelle de ces applications afin de réaliser un projet d'éclairage extérieur conforme. Si une partie de la puissance admissible de base du site est utilisée pour une application spécifique, la puissance admissible de base du site est réduite en conséquence. Dans le cas présent, la totalité de la puissance admissible de base du site pour l'éclairage extérieur demeure disponible pour le reste des applications d'éclairage extérieur.

Exemple 4-6 – Puissance de l'éclairage extérieur (suite)

Puissances admissibles de l'éclairage pour des applications extérieures générales

Le calcul des puissances admissibles générales de l'éclairage extérieur est semblable au calcul des puissances admissibles spécifiques de l'éclairage extérieur. Le paramètre requis est l'aire de la surface ou la longueur de l'application extérieure à éclairer. Le tableau suivant indique la puissance raccordée de l'éclairage extérieur et les puissances admissibles générales de l'éclairage extérieur applicables à l'exemple 4-6 d'après le tableau 4.2.3.1.-D du CNÉB.

| Application d'éclairage extérieur | Nombre de luminaires | Puissance totale de la combinaison lampe-ballast par luminaire | Puissance raccordée de l'éclairage extérieur | Dimensions de la surface ou du mur éclairé | Puissance admissible de l'éclairage pour des applications extérieures générales | Puissance admissible générale de l'éclairage extérieur |
|-----------------------------------|----------------------|--|--|---|---|--|
| Entrée principale | 2 | 90 W (70 W HM) | 180 W | 4 m | 69 W/m | 276 W |
| Passages piétons | 5 | 90 W (70 W HM) | 450 W | 204 m ² ((35 m + 3 m + 30 m) × 3 m) | 1,2 W/m ² | 245 W |
| Stationnement | 6 | 180 W (150 W HM) | 1080 W | 1140 m ² (38 m × 30 m) | 0,65 W/m ² | 741 W |
| | | | Total : 1710 W | | | Total : 1262 W |

Dans cet exemple, la puissance raccordée totale de l'éclairage extérieur de 1710 W est supérieure à la puissance admissible générale totale de l'éclairage extérieur de 1262 W. La puissance admissible de base du site pour l'éclairage extérieur de 500 W n'ayant pas encore été utilisée, elle peut être additionnée à la puissance admissible générale de l'éclairage extérieur de manière à obtenir une puissance admissible totale de 1762 W, laquelle est maintenant supérieure à la puissance raccordée totale de l'éclairage extérieur, ce qui rend le projet d'éclairage extérieur conforme aux exigences de la sous-section 4.2.3. du CNÉB.

Il est à noter que les passages piétons et le stationnement ont des valeurs de puissance raccordée de l'éclairage plus élevées que la puissance admissible de l'éclairage extérieur applicable. Toutefois, comme toutes les applications dans cet exemple sont des applications générales d'éclairage extérieur, les puissances admissibles, y compris la puissance admissible de base du site, pour chaque application peuvent être utilisées pour d'autres applications, ce qui est une approche semblable à la méthode espace par espace pour la puissance de l'éclairage intérieur.

Commandes de l'éclairage extérieur (4.2.4.)

Les applications d'éclairage extérieur requièrent des commandes d'éclairage, conformément au paragraphe 4.2.4.1. 1) du CNÉB, puisqu'elles ne satisfont pas aux conditions d'exemption énoncées aux paragraphes 4.2.4.1. 2) et 3) du CNÉB :

- l'éclairage extérieur n'est pas conçu pour un fonctionnement nocturne; et
- les applications d'éclairage extérieur ne visent pas des entrées extérieures ou des issues extérieures couvertes pour véhicules.

Le concepteur décide d'utiliser une combinaison de photodétecteurs et de minuteries d'arrêt. Une source d'alimentation de secours est en outre intégrée à la conception afin de satisfaire aux exigences du paragraphe 4.2.4.1. 6) du CNÉB.

Le projet d'éclairage extérieur de cet exemple est maintenant conforme à la sous-section 4.2.4. du CNÉB.

Commentaire sur la partie 4

Méthode des solutions de remplacement (section 4.3.)

23. La méthode des solutions de remplacement pour l'éclairage est une autre méthode de conformité à la partie 4 du CNÉB qui s'applique seulement à la puissance de l'éclairage intérieur et aux commandes de l'éclairage intérieur (voir l'article 4.3.1.2. du CNÉB pour les restrictions touchant l'application de cette méthode; voir aussi la figure A-4.1.1.3. 1)-B du CNÉB). Comme le montre la figure 4-1, dans la méthode des solutions de remplacement, la consommation d'énergie estimée pour les systèmes d'éclairage intérieur d'un projet donné est comparée à la consommation d'énergie de référence estimée pour une conception élaborée selon la méthode prescriptive : ces deux valeurs correspondent à l'énergie de l'éclairage intérieur installé (IILE) et à l'énergie admissible de l'éclairage intérieur (ILEA), respectivement. La valeur de l'IILE doit être égale ou inférieure à la valeur de l'ILEA pour que le projet d'éclairage intérieur soit jugé conforme.

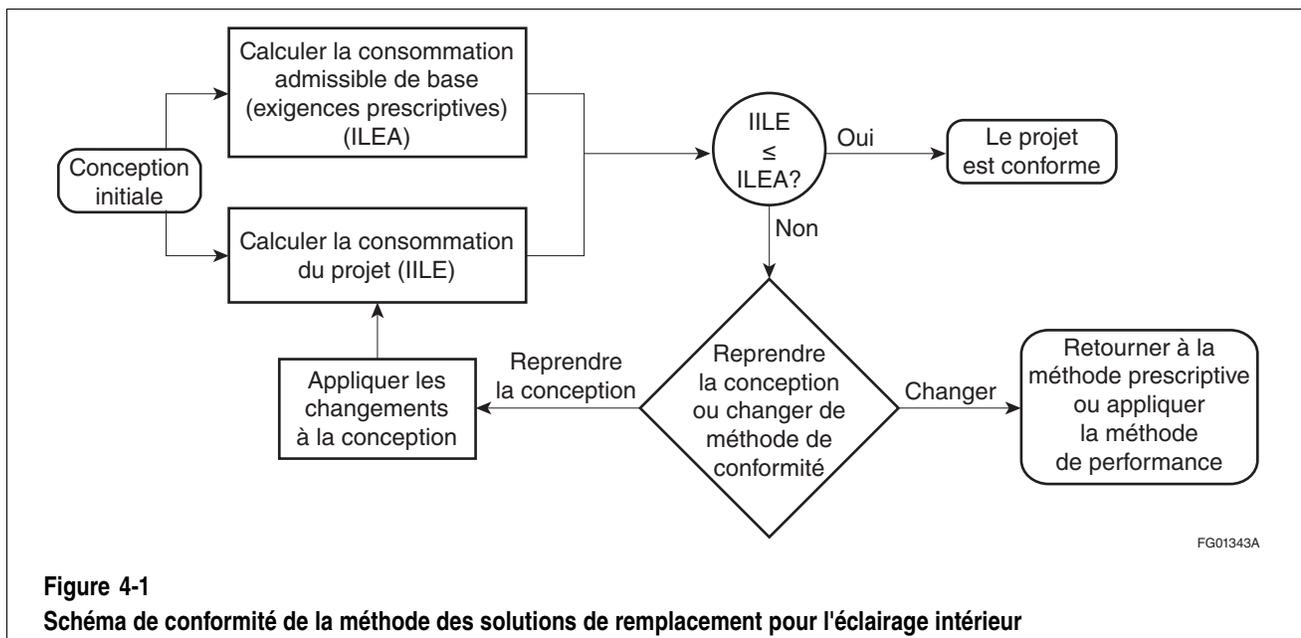


Figure 4-1

Schéma de conformité de la méthode des solutions de remplacement pour l'éclairage intérieur

24. La méthode des solutions de remplacement pour l'éclairage offre deux options de conformité : la conformité aux sous-sections 4.3.2. et 4.3.3. du CNÉB ou la conformité à certaines dispositions du CNÉB combinées à celles de la norme CSA C873.4, « Building energy estimation methodology – Part 4 – Energy consumption for lighting » (appelée communément « BEEM »).
25. La méthode combinée CNÉB/BEEM présente une approche simplifiée du calcul de la consommation d'énergie de l'éclairage en utilisant des moyennes mensuelles au lieu des équations dynamiques utilisées dans un logiciel fondé sur des intervalles de temps horaires. Cette méthode autorise trois systèmes de commande de l'éclairage naturel – systèmes standard, systèmes à éclairage dirigé et ombrage permanent – de même que trois intervalles de latitude (de 30° à 45°, de 45° à 60° et de 60° à 75°).
26. Même s'il est courant de relever certains écarts entre les résultats des calculs de l'éclairage naturel réalisés au moyen des sous-sections 4.3.2. et 4.3.3. du CNÉB et ceux calculés au moyen de la méthode CNÉB/BEEM, les résultats devraient néanmoins être comparables.
27. La densité de puissance de l'éclairage installé et l'influence des commandes d'éclairage tant dans les aires éclairées naturellement que dans les aires non éclairées naturellement d'un espace doivent être considérées dans l'estimation de la consommation énergétique d'un projet de système d'éclairage. La consommation estimée globale est la somme des estimations pour chacun des espaces d'un bâtiment. La figure 4-2 est une représentation graphique du calcul de la consommation d'énergie estimée pour l'éclairage d'un espace (voir les équations des paragraphes 4.3.2.1. 2) et 4.3.3.1. 2) du CNÉB).

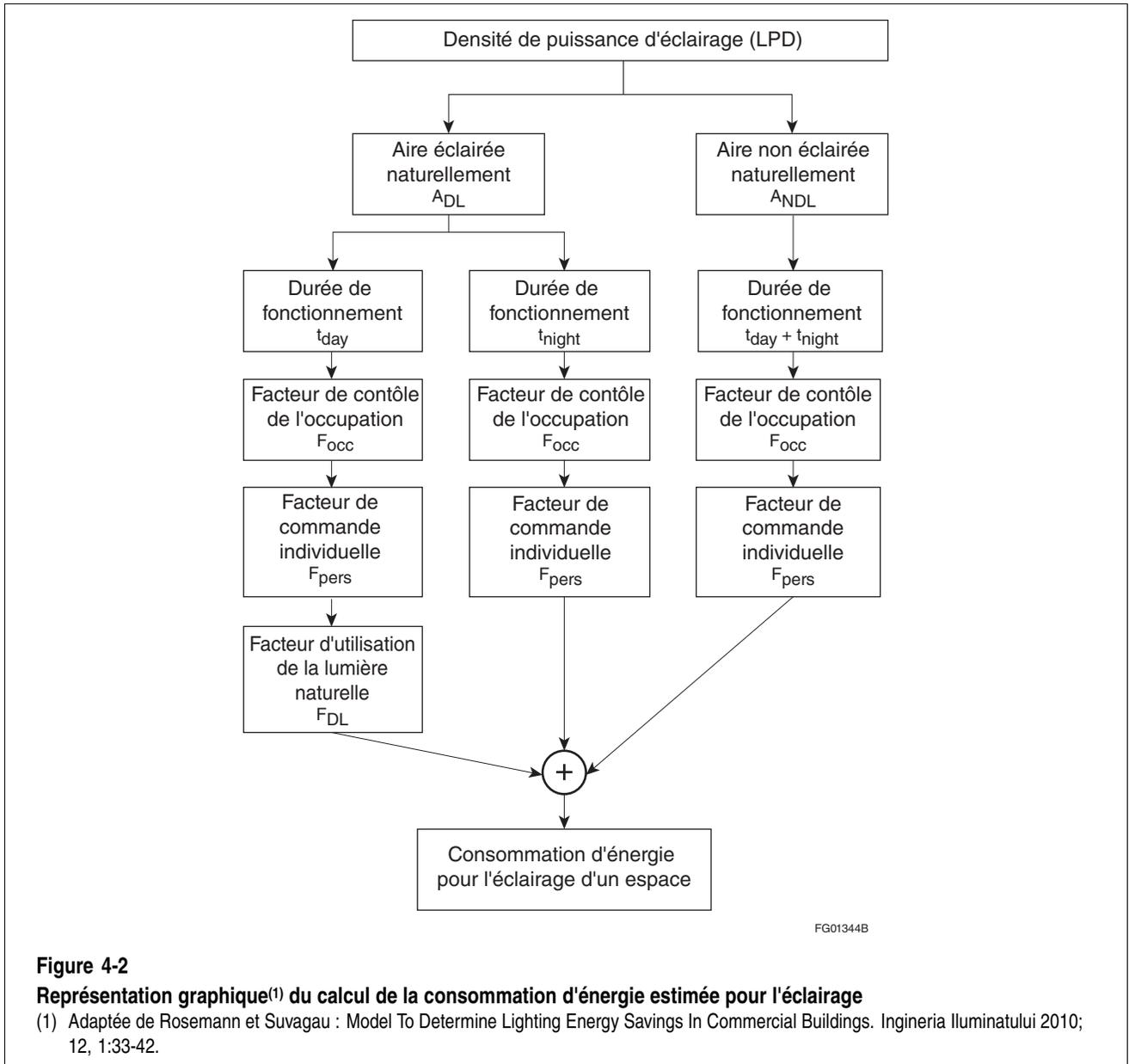


Figure 4-2

Représentation graphique⁽¹⁾ du calcul de la consommation d'énergie estimée pour l'éclairage

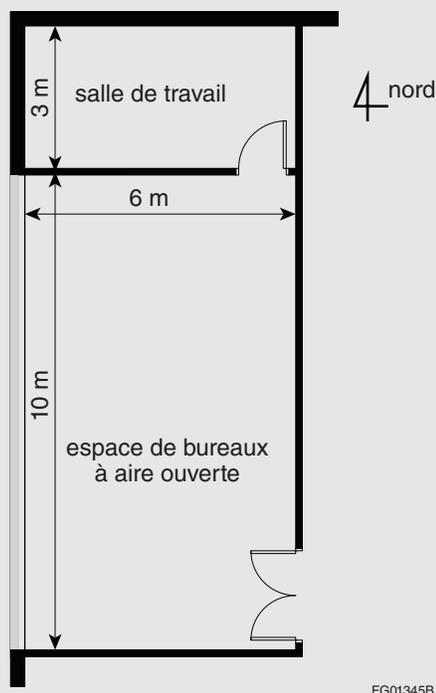
(1) Adaptée de Rosemann et Suvagau : Model To Determine Lighting Energy Savings In Commercial Buildings. Ingeria Illuminatului 2010; 12, 1:33-42.

28. L'exemple 4-7 présente les calculs utilisés dans la méthode des solutions de remplacement pour l'éclairage au moyen d'un scénario dans lequel les demandes du propriétaire du bâtiment font en sorte qu'il est difficile pour le concepteur de se conformer aux exigences prescriptives du CNÉB touchant l'éclairage intérieur. L'exemple montre que la méthode des solutions de remplacement offre au concepteur une façon de répondre aux attentes du propriétaire tout en se conformant aux objectifs des exigences prescriptives.

Commentaire sur la partie 4

Exemple 4-7 – Calculs de la méthode des solutions de remplacement

Cet exemple porte sur le projet d'éclairage d'une salle de travail et d'un espace de bureaux à aire ouverte. La salle de travail ne comporte aucune fenêtre (donc aucune aire éclairée naturellement). L'espace de bureaux à aire ouverte possède une fenêtre à double vitrage orientée vers l'ouest qui s'étend sur toute la largeur de l'espace et jusqu'au plafond de 3 m de hauteur. Les espaces seront utilisés de 8 h à 17 h, du lundi au vendredi, 250 jours par année (les espaces sont inutilisés deux semaines par année). Le bâtiment où se trouvent ces espaces ne comporte pas d'obstructions extérieures du point de vue de l'éclairage naturel.



FG01345B

Figure A
Plan des espaces

Le propriétaire du bâtiment a besoin d'une densité de puissance d'éclairage (LPD) de $9,0 \text{ W/m}^2$ dans la salle de travail en raison des exigences plus élevées de rendu des couleurs et d'éclairement des activités qui y sont menées. Le propriétaire insiste également sur la nécessité d'une LPD de $7,0 \text{ W/m}^2$ dans l'espace de bureaux à aire ouverte afin d'obtenir un éclairement de 500 lux sur la surface de travail. Le projet inclut des commandes d'occupation dans les deux espaces, mais n'inclut pas de commandes tributaires de l'éclairage naturel ni de commandes de gradation individuelles.

Les demandes du propriétaire quant à la LPD dépassent les valeurs de LPD admissibles déterminées à l'aide de la méthode de l'aire du bâtiment ($6,9 \text{ W/m}^2$ pour un bâtiment de type « bureaux » dans le tableau 4.2.1.5. du CNÉB) ou de la méthode espace par espace ($7,6 \text{ W/m}^2$ pour un espace de type « salles de classe/auditoriums/salles de formation » et $6,6 \text{ W/m}^2$ pour un espace de type « bureaux – à aire ouverte » dans le tableau 4.2.1.6. du CNÉB). La conception n'est donc pas conforme aux exigences prescriptives; toutefois, le concepteur peut régler la situation en utilisant la méthode des solutions de remplacement. Ce faisant, l'accent passe de la puissance installée pour l'éclairage à la consommation d'énergie, c'est-à-dire au fonctionnement du système d'éclairage.

Exemple 4-7 – Calculs de la méthode des solutions de remplacement (suite)

Si les valeurs de LPD ne peuvent pas être changées en raison de l'éclairage nécessaire aux activités qui se déroulent dans ces espaces, des commandes peuvent être ajoutées afin de réduire la consommation d'énergie à un niveau égal ou inférieur à la consommation d'énergie définie par l'approche prescriptive. L'exemple 4-7 montre que le concepteur peut assurer la conformité aux objectifs de la section 4.2. du CNÉB et répondre aux besoins du propriétaire en appliquant la méthode des solutions de remplacement.

Selon la méthode des solutions de remplacement, la conformité est atteinte lorsque l'énergie de l'éclairage intérieur installé (IILE) est égale ou inférieure à l'énergie admissible de l'éclairage intérieur (ILEA).

Calcul de la consommation annuelle d'énergie et de la consommation annuelle d'énergie admissible pour l'éclairage intérieur dans la salle de travail

La valeur de l'IILE est la somme de la consommation annuelle d'énergie de l'éclairage intérieur proposé dans les espaces considérés et est calculée conformément à la sous-section 4.3.2. du CNÉB. Les étapes du calcul de la consommation annuelle d'énergie de l'éclairage intérieur proposé dans la salle de travail, $E_{1,proposed}$, sont présentées ci-dessous.

Énergie de l'éclairage intérieur installé (4.3.2.)

$E_{1,proposed}$: Détermination de la densité de puissance d'éclairage (4.3.2.2.)

La conception proposée utilise une densité de puissance d'éclairage, $p_{1,proposed}$, de 9,0 W/m².

$E_{1,proposed}$: Détermination des aires éclairées naturellement et des aires non éclairées naturellement (4.3.2.3. et 4.3.2.4.)

Étant donné qu'il n'y a pas de fenêtres dans la salle de travail, l'aire éclairée naturellement, $A_{DL,1}$, est égale à 0 m². La totalité de l'aire de la salle de travail est donc l'aire non éclairée naturellement, $A_{NDL,1}$, calculée comme suit :

$$\begin{aligned} A_{NDL,1} &= A_1 - A_{DL,1} \\ &= (3 \text{ m} \times 6 \text{ m}) - 0 \text{ m}^2 \\ &= 18 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$E_{1,proposed}$: Détermination des durées de fonctionnement de l'éclairage (4.3.2.6.)

D'après les heures pendant lesquelles l'espace est utilisé (de 8 h à 17 h, du lundi au vendredi, moins deux semaines par année), les durées de fonctionnement de l'éclairage diurne, t_{day} , et nocturne, t_{night} , peuvent être déterminées à partir des tableaux 4.3.2.6.-A et 4.3.2.6.-B du CNÉB :

$$\begin{aligned} t_{day,1} &= 2217 \text{ h/a} \\ t_{night,1} &= 33 \text{ h/a} \end{aligned}$$

Puisque l'espace est utilisé 250 jours par année, il n'est pas nécessaire d'ajuster les valeurs de $t_{day,1}$ et $t_{night,1}$ conformément au paragraphe 4.3.2.6. 3) du CNÉB.

$E_{1,proposed}$: Détermination du facteur d'utilisation de la lumière naturelle (4.3.2.7.)

Étant donné que la salle de travail n'a pas de fenêtres, le facteur d'utilisation de la lumière naturelle, $F_{DL,1}$, est fixé à 0, conformément à l'article 4.3.2.7. du CNÉB.

$E_{1,proposed}$: Détermination des facteurs de contrôle de l'occupation et de commande individuelle (4.3.2.10.)

Pour déterminer le facteur de contrôle de l'occupation, $F_{occ,1}$, il faut d'abord trouver le facteur tenant compte de l'absence relative des occupants, $C_{A,1}$, dans le tableau 4.3.2.10.-A du CNÉB pour le type d'espace « salles de classe/auditoriums/salles de formation », soit le type d'espace qui ressemble le plus à une salle de travail. Le facteur applicable est de 0,5.

Commentaire sur la partie 4

Exemple 4-7 – Calculs de la méthode des solutions de remplacement (suite)

Calcul de la consommation annuelle d'énergie et de la consommation annuelle d'énergie admissible pour l'éclairage intérieur dans la salle de travail (suite)

Énergie de l'éclairage intérieur installé (4.3.2.) (suite)

$E_{1,proposed}$: Détermination des facteurs de contrôle de l'occupation et de commande individuelle (4.3.2.10.) (suite)

Le facteur tenant compte du mécanisme de détection des occupants, $C_{occ,ctrl,1}$, est ensuite déterminé à partir du tableau 4.3.2.10.-B du CNÉB. Le mécanisme étant de type « arrêt total (marche totale) automatique », le facteur applicable est de 0,67. La valeur de $F_{occ,1}$ peut maintenant être calculée comme suit :

$$\begin{aligned} F_{occ,1} &= 1 - (C_{A,1} \times C_{occ,ctrl,1}) \\ &= 1 - (0,5 \times 0,67) \\ &= 0,665 \end{aligned}$$

La conception n'inclut pas de commandes de gradation individuelles, de sorte que le facteur de commande individuelle, $F_{pers,1}$, est fixé à 1. Il est à noter que, même si des commandes de gradation individuelles étaient installées dans la salle de travail, la valeur de $F_{pers,1}$ serait quand même égale à 1 parce que la valeur de $C_{pers,ctrl,1}$ est égale à 0 pour le type d'espace « salles de classe/auditoriums/salles de formation » selon le tableau 4.3.2.10.-A du CNÉB ($F_{pers,1} = 1 - C_{pers,ctrl,1} = 1 - 0 = 1$).

$E_{1,proposed}$: Détermination des durées annuelles effectives de fonctionnement de l'éclairage (4.3.2.5.)

Les durées annuelles de fonctionnement et les facteurs tenant compte de l'effet des systèmes de commande sont combinés comme suit afin de déterminer les durées annuelles effectives de fonctionnement :

$$t_{eff,day,DL,1} = t_{day,1} \times F_{DL,1} \times F_{occ,1} \times F_{pers,1} = 2217 \text{ h/a} \times 0 \times 0,665 \times 1 = 0 \text{ h/a}$$

$$t_{eff,day,NDL,1} = t_{day,1} \times F_{occ,1} \times F_{pers,1} = 2217 \text{ h/a} \times 0,665 \times 1 = 1474 \text{ h/a}$$

$$t_{eff,night,1} = t_{night,1} \times F_{occ,1} \times F_{pers,1} = 33 \text{ h/a} \times 0,665 \times 1 = 22 \text{ h/a}$$

$E_{1,proposed}$: Détermination de $E_{1,proposed}$

Toutes les variables ayant été calculées ou déterminées à partir des tableaux pertinents du CNÉB, la valeur de $E_{1,proposed}$ peut maintenant être déterminée comme suit :

$$\begin{aligned} E_{1,proposed} &= p_{1,proposed} \times [A_{DL,1} \times (t_{eff,day,DL,1} + t_{eff,night,1}) + A_{NDL,1} \times (t_{eff,day,NDL,1} + t_{eff,night,1})] \\ &= 9,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times [0 \text{ m}^2 \times (0 \text{ h/a} + 22 \text{ h/a}) + 18 \text{ m}^2 \times (1474 \text{ h/a} + 22 \text{ h/a})] \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \\ &= 242,35 \text{ kWh/a} \end{aligned}$$

Énergie admissible de l'éclairage intérieur (4.3.3.)

La valeur de l'ILEA est la somme de la consommation annuelle d'énergie admissible de l'éclairage intérieur dans les espaces considérés, déterminée à l'aide de la méthode prescriptive et calculée conformément à la sous-section 4.3.3. du CNÉB. Les étapes du calcul de la consommation annuelle d'énergie admissible pour l'éclairage intérieur dans la salle de travail, $E_{1,prescriptive}$, sont présentées ci-dessous.

$E_{1,prescriptive}$: Détermination de la densité de puissance d'éclairage (LPD_1) (4.3.3.2.)

La valeur de LPD_1 pour le type d'espace « salles de classe/auditoriums/salles de formation » est de 7,6 W/m², conformément au tableau 4.2.1.6. du CNÉB.

Exemple 4-7 – Calculs de la méthode des solutions de remplacement (suite)

Calcul de la consommation annuelle d'énergie et de la consommation annuelle d'énergie admissible pour l'éclairage intérieur dans la salle de travail (suite)

Énergie admissible de l'éclairage intérieur (4.3.3.) (suite)

E_{1,prescriptive} : Détermination des aires éclairées naturellement et des aires non éclairées naturellement (4.3.3.3. et 4.3.3.4.)

Les valeurs de $A_{DL,1}$ et $A_{NDL,1}$ sont les mêmes que pour la conception proposée, soit 0 m² et 18 m², respectivement.

E_{1,prescriptive} : Détermination des durées de fonctionnement de l'éclairage (4.3.3.6.)

Les valeurs de $t_{day,1}$ et $t_{night,1}$ sont les mêmes que pour la conception proposée, soit 2217 h/a et 33 h/a, respectivement.

E_{1,prescriptive} : Détermination du facteur d'utilisation de la lumière naturelle (4.3.3.7.)

La valeur de $F_{DL,1}$ est la même que pour la conception proposée, soit 0.

E_{1,prescriptive} : Détermination des facteurs de contrôle de l'occupation et de commande individuelle (4.3.3.10.)

Les commandes d'occupation pour la conception proposée correspondent au type requis dans la méthode prescriptive, soit « arrêt total (marche totale) automatique ». Par conséquent, la valeur de $F_{occ,1}$ est la même que celle calculée pour la conception proposée, soit 0,665.

La valeur de $F_{pers,1}$ est fixée à 1, conformément au paragraphe 4.3.3.10. 2) du CNÉB.

E_{1,prescriptive} : Détermination des durées annuelles effectives de fonctionnement de l'éclairage (4.3.3.5.)

Les valeurs de $t_{eff,day,DL,1}$, $t_{eff,day,NDL,1}$ et $t_{eff,night,1}$ sont les mêmes que pour la conception proposée, soit 0 h/a, 1474 h/a et 22 h/a, respectivement.

E_{1,prescriptive} : Détermination de E_{1,prescriptive}

Toutes les variables ayant été calculées ou déterminées à partir des tableaux pertinents du CNÉB, la valeur de $E_{1,prescriptive}$ peut maintenant être déterminée comme suit :

$$\begin{aligned} E_{1,prescriptive} &= LPD_1 \times [A_{DL,1} \times (t_{eff,day,DL,1} + t_{eff,night,1}) + A_{NDL,1} \times (t_{eff,day,NDL,1} + t_{eff,night,1})] \\ &= 7,6 \frac{W}{m^2} \times [0 m^2 \times (0 h/a + 22 h/a) + 18 m^2 \times (1474 h/a + 22 h/a)] \times \frac{1 kW}{1000 W} \\ &= 204,65 \text{ kWh/a} \end{aligned}$$

Calcul de la consommation annuelle d'énergie et de la consommation annuelle d'énergie admissible pour l'éclairage intérieur dans l'espace de bureaux à aire ouverte

Le calcul de la consommation annuelle d'énergie et de la consommation annuelle d'énergie admissible pour l'éclairage intérieur dans l'espace de bureaux à aire ouverte, respectivement $E_{2,proposed}$ et $E_{2,prescriptive}$, suit les mêmes étapes que pour la salle de travail. Étant donné que cet espace comporte une fenêtre orientée vers l'ouest, l'utilisation de la lumière naturelle doit être prise en considération (voir l'article 4.3.2.7. du CNÉB).

Énergie de l'éclairage intérieur installé (4.3.2.)

E_{2,proposed} : Détermination de la densité de puissance d'éclairage (4.3.2.2.)

Le propriétaire insiste sur la nécessité d'une densité de puissance d'éclairage, $p_{2,proposed}$, de 7,0 W/m².

Commentaire sur la partie 4

Exemple 4-7 – Calculs de la méthode des solutions de remplacement (suite)

Calcul de la consommation annuelle d'énergie et de la consommation annuelle d'énergie admissible pour l'éclairage intérieur dans l'espace de bureaux à aire ouverte (suite)

Énergie de l'éclairage intérieur installé (4.3.2.) (suite)

$E_{2,proposed}$: Détermination de l'aire éclairée naturellement (4.3.2.3.)

La fenêtre s'étend sur tout le mur ouest et jusqu'au plafond. L'aire éclairée naturellement par éclairage latéral est déterminée conformément à l'article 4.2.2.3. du CNÉB. La largeur de l'aire éclairée naturellement est de 10 m et la profondeur est de 3 m, pour une aire éclairée naturellement totale de :

$$A_{DL,2} = 10 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 30 \text{ m}^2$$

$E_{2,proposed}$: Détermination de l'aire non éclairée naturellement (4.3.2.4.)

Le reste de l'espace de bureaux à aire ouverte correspond à l'aire non éclairée naturellement, qui est calculée comme suit :

$$\begin{aligned} A_{NDL,2} &= A_2 - A_{DL,2} \\ &= (10 \text{ m} \times 6 \text{ m}) - 30 \text{ m}^2 \\ &= 30 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$E_{2,proposed}$: Détermination des durées de fonctionnement de l'éclairage (4.3.2.6.)

L'espace de bureaux à aire ouverte et la salle de travail ont les mêmes durées de fonctionnement de l'éclairage, de sorte que les valeurs de t_{day} et de t_{night} sont les mêmes, soit 2217 h/a et 33 h/a, respectivement.

$E_{2,proposed}$: Détermination du facteur d'utilisation de la lumière naturelle (4.3.2.7.)

Afin de calculer le facteur d'utilisation de la lumière naturelle, $F_{DL,2}$, pour l'espace de bureaux, il faut déterminer le facteur d'alimentation en lumière naturelle, $C_{DL,sup,2}$, le facteur de commande du système d'éclairage naturel, $C_{DL,ctrl,2}$ et le facteur de commande de l'éclairage électrique tributaire de la lumière naturelle, $C_{EL,ctrl,2}$.

$E_{2,proposed}$: Détermination du facteur d'alimentation en lumière naturelle pour l'éclairage latéral (4.3.2.8.)

Le facteur d'alimentation en lumière naturelle, $C_{DL,sup,2}$, dépend de la transmittance lumineuse effective du fenêtrage, $\tau_{eff,2}$, du facteur d'alimentation en lumière naturelle brute pour l'ouverture brute, $C_{DL,sup,raw,2}$ et du facteur tenant compte de l'obstruction, $f_{obst,2}$.

Calcul de $\tau_{eff,2}$ pour le fenêtrage fournissant l'éclairage latéral : les fenêtres à double vitrage ont une transmittance lumineuse, $\tau_{D65,2}$, de 81 %; environ 10 % de l'aire des fenêtres est occupée par le cadre, de sorte que le facteur tenant compte du cadre, $k_{1,2}$, est de 0,9; les valeurs par défaut pour les facteurs $k_{2,2}$ et $k_{3,2}$ – 0,8 et 0,85, respectivement – s'appliquent dans ce cas (voir le paragraphe 4.3.2.8. 2) du CNÉB) :

$$\begin{aligned} \tau_{eff,2} &= \tau_{D65,2} \times k_{1,2} \times k_{2,2} \times k_{3,2} \\ &= 0,81 \times 0,9 \times 0,8 \times 0,85 \\ &= 0,496 \end{aligned}$$

Détermination de $C_{DL,sup,raw,2}$ pour l'ouverture brute : la valeur applicable pour un éclairement nominal de 500 lux et un éclairage latéral provenant du côté ouest de la pièce, conformément au tableau 4.3.2.8. du CNÉB, est de 0,64.

Calcul de $f_{obst,2}$: puisque le bâtiment n'est pas obstrué, $f_{obst,2} = 1$.

Exemple 4-7 – Calculs de la méthode des solutions de remplacement (suite)

Calcul de la consommation annuelle d'énergie et de la consommation annuelle d'énergie admissible pour l'éclairage intérieur dans l'espace de bureaux à aire ouverte (suite)

Énergie de l'éclairage intérieur installé (4.3.2.) (suite)

E_{2,proposé} : Détermination du facteur d'alimentation en lumière naturelle pour l'éclairage latéral (4.3.2.8.) (suite)

Le facteur d'alimentation en lumière naturelle, $C_{DL,sup,2}$, peut maintenant être calculé comme suit :

$$\begin{aligned} C_{DL,sup,2} &= \tau_{eff,2} \times C_{DL,sup,raw,2} \times f_{obst,2} \\ &= 0,496 \times 0,64 \times 1 \\ &= 0,317 \end{aligned}$$

E_{2,proposé} : Détermination de $C_{DL,ctrl,2}$ et $C_{EL,ctrl,2}$ (4.3.2.7.)

Détermination du facteur de commande du système d'éclairage naturel, $C_{DL,ctrl,2}$: la conception proposée initiale n'incorpore pas de commandes de l'éclairage naturel, de sorte que le système d'éclairage naturel doit être commandé **manuellement**; selon le tableau 4.3.2.7.-A du CNÉB, le facteur applicable pour la commande manuelle du système d'éclairage naturel est de 0,5.

Détermination du facteur de commande de l'éclairage électrique tributaire de la lumière naturelle, $C_{EL,ctrl,2}$: l'éclairage électrique sera seulement commandé **manuellement** en réponse à l'éclairage naturel (il n'utilisera pas de commandes tributaires de l'éclairage naturel); selon le tableau 4.3.2.7.-B du CNÉB, le facteur applicable est de 0,1.

Le facteur d'utilisation de la lumière naturelle, $F_{DL,2}$, peut maintenant être calculé comme suit :

$$\begin{aligned} F_{DL,2} &= 1 - C_{DL,sup,2} \times C_{DL,ctrl,2} \times C_{EL,ctrl,2} \\ &= 1 - (0,317 \times 0,5 \times 0,1) \\ &= 0,98 \end{aligned}$$

E_{2,proposé} : Détermination des facteurs de contrôle de l'occupation et de commande individuelle (4.3.2.10.)

Le facteur de contrôle de l'occupation, $F_{occ,2}$, est déterminé au moyen de la même équation que pour la salle de travail. Selon le tableau 4.3.2.10.-A du CNÉB, la valeur du facteur tenant compte de l'absence relative des occupants, $C_{A,2}$, pour le type d'espace « bureaux – à aire ouverte » est de 0,2. Quant au facteur tenant compte du mécanisme de détection des occupants, $C_{occ,ctrl,2}$, il est le même que pour la salle de travail, soit 0,67 (valeur tirée du tableau 4.3.2.10.-B pour le mécanisme de type « arrêt total (marche totale) automatique »).

$$\begin{aligned} F_{occ,2} &= 1 - C_{A,2} \times C_{occ,ctrl,2} \\ &= 1 - (0,2 \times 0,67) \\ &= 0,866 \end{aligned}$$

Le projet d'éclairage pour l'espace de bureaux n'inclut pas de commandes de gradation individuelles, de sorte que la valeur de $F_{pers,2}$ est fixée à 1. Il est à noter que, si des commandes de gradation individuelles étaient installées, la valeur de $F_{pers,2}$ serait égale à 0,9 parce que la valeur de $C_{pers,ctrl,2}$ est égale à 0,1 pour le type d'espace « bureaux – à aire ouverte » selon le tableau 4.3.2.10.-A du CNÉB ($F_{pers,2} = 1 - C_{pers,ctrl,2} = 1 - 0,1 = 0,9$).

Commentaire sur la partie 4

Exemple 4-7 – Calculs de la méthode des solutions de remplacement (suite)

Calcul de la consommation annuelle d'énergie et de la consommation annuelle d'énergie admissible pour l'éclairage intérieur dans l'espace de bureaux à aire ouverte (suite)

Énergie de l'éclairage intérieur installé (4.3.2.) (suite)

$E_{2,proposed}$: Détermination des durées annuelles effectives de fonctionnement de l'éclairage (4.3.2.5.)

Les durées annuelles de fonctionnement et les facteurs tenant compte de l'effet des systèmes de commande sont combinés comme suit afin de déterminer les durées annuelles effectives de fonctionnement :

$$\begin{aligned}t_{\text{eff,day,DL},2} &= t_{\text{day}} \times F_{\text{DL},2} \times F_{\text{occ},2} \times F_{\text{pers},2} = 2217 \text{ h/a} \times 0,98 \times 0,866 \times 1 = 1889 \text{ h/a} \\t_{\text{eff,day,NDL},2} &= t_{\text{day}} \times F_{\text{occ},2} \times F_{\text{pers},2} = 2217 \text{ h/a} \times 0,866 \times 1 = 1920 \text{ h/a} \\t_{\text{eff,night},2} &= t_{\text{night}} \times F_{\text{occ},2} \times F_{\text{pers},2} = 33 \text{ h/a} \times 0,866 \times 1 = 29 \text{ h/a}\end{aligned}$$

$E_{2,proposed}$: Détermination de $E_{2,proposed}$

Toutes les variables ayant été calculées ou déterminées à partir des tableaux pertinents du CNÉB, la valeur de $E_{2,proposed}$ peut maintenant être déterminée comme suit :

$$\begin{aligned}E_{2,proposed} &= p_{2,proposed} \times [A_{\text{DL},2} \times (t_{\text{eff,day,DL},2} + t_{\text{eff,night},2}) + A_{\text{NDL},2} \times (t_{\text{eff,day,NDL},2} + t_{\text{eff,night},2})] \\&= 7,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times [30 \text{ m}^2 \times (1889 \text{ h/a} + 29 \text{ h/a}) + 30 \text{ m}^2 \times (1920 \text{ h/a} + 29 \text{ h/a})] \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \\&= 812,07 \text{ kWh/a}\end{aligned}$$

Énergie admissible de l'éclairage intérieur (4.3.3.)

Les étapes du calcul de la consommation annuelle d'énergie admissible pour l'éclairage intérieur dans l'espace de bureaux à aire ouverte, $E_{2,prescriptive}$, sont présentées ci-dessous.

$E_{2,prescriptive}$: Détermination de la densité de puissance d'éclairage (LPD_2) (4.3.3.2.)

La valeur de LPD_2 pour le type d'espace « bureaux – à aire ouverte » est de 6,6 W/m², conformément au tableau 4.2.1.6. du CNÉB.

$E_{2,prescriptive}$: Détermination des aires éclairées naturellement et des aires non éclairées naturellement (4.3.3.3. et 4.3.3.4.)

Les valeurs de $A_{\text{DL},2}$ et $A_{\text{NDL},2}$ sont les mêmes que pour la conception proposée, soit 30 m² et 30 m², respectivement.

$E_{2,prescriptive}$: Détermination des durées de fonctionnement de l'éclairage (4.3.3.6.)

Les valeurs de t_{day} et t_{night} sont les mêmes que pour la conception proposée, soit 2217 h/a et 33 h/a, respectivement.

$E_{2,prescriptive}$: Détermination du facteur d'utilisation de la lumière naturelle (4.3.3.7.)

La valeur de $F_{\text{DL},2}$ est la même que pour la conception proposée, soit 0,98.

$E_{2,prescriptive}$: Détermination des facteurs de contrôle de l'occupation et de commande individuelle (4.3.3.10.)

Les commandes d'occupation pour la conception proposée correspondent au type requis dans la méthode prescriptive, soit « arrêt total (marche totale) automatique ». Par conséquent, la valeur de $F_{\text{occ},2}$ est la même que celle calculée pour la conception proposée, soit 0,866.

La valeur de $F_{\text{pers},2}$ est fixée à 1 puisqu'il n'y a aucune commande de gradation individuelle.

Exemple 4-7 – Calculs de la méthode des solutions de remplacement (suite)

Calcul de la consommation annuelle d'énergie et de la consommation annuelle d'énergie admissible pour l'éclairage intérieur dans l'espace de bureaux à aire ouverte (suite)

Énergie admissible de l'éclairage intérieur (4.3.3.) (suite)

$E_{2,prescriptive}$: Détermination des durées annuelles effectives de fonctionnement de l'éclairage (4.3.3.5.)

Les valeurs de $t_{eff,day,DL,2}$, $t_{eff,day,NDL,2}$ et $t_{eff,night,2}$ sont les mêmes que pour la conception proposée, soit 1889 h/a, 1920 h/a et 29 h/a, respectivement.

$E_{2,prescriptive}$: Détermination de $E_{2,prescriptive}$

Toutes les variables ayant été calculées ou déterminées à partir des tableaux pertinents du CNÉB, la valeur de $E_{2,prescriptive}$ peut maintenant être déterminée comme suit :

$$\begin{aligned} E_{2,prescriptive} &= LPD_2 \times [A_{DL,2} \times (t_{eff,day,DL,2} + t_{eff,night,2}) + A_{NDL,2} \times (t_{eff,day,NDL,2} + t_{eff,night,2})] \\ &= 6,6 \frac{W}{m^2} \times [30 m^2 \times (1889 h/a + 29 h/a) + 30 m^2 \times (1920 h/a + 29 h/a)] \times \frac{1 kW}{1000 W} \\ &= 765,67 kWh/a \end{aligned}$$

Comparaison des résultats

Pour vérifier si l'espace en entier est conforme aux objectifs des exigences prescriptives en matière d'éclairage, il faut combiner les valeurs de $E_{proposed}$ et $E_{prescriptive}$ obtenues pour la salle de travail et l'espace de bureaux conformément au paragraphe 4.3.2.1. 1) du CNÉB pour déterminer l'IILE, et conformément au paragraphe 4.3.3.1. 1) du CNÉB pour déterminer l'ILEA :

$$\begin{aligned} IILE &= E_{1,proposed} + E_{2,proposed} = 242,35 kWh/a + 812,07 kWh/a = 1054,42 kWh/a \\ ILEA &= E_{1,prescriptive} + E_{2,prescriptive} = 204,65 kWh/a + 765,67 kWh/a = 970,32 kWh/a \\ IILE &> ILEA \end{aligned}$$

Puisque la valeur de l'IILE est supérieure à celle de l'ILEA, le projet d'éclairage tel qu'il est actuellement proposé n'est pas conforme à la méthode des solutions de remplacement. Afin de respecter les demandes du propriétaire relatives à la puissance d'éclairage et tout en se conformant à la partie 4 du CNÉB, le concepteur décide d'ajouter des commandes automatiques du système d'éclairage naturel ainsi que des commandes de gradation automatiques tributaires de l'éclairage naturel dans la zone éclairée naturellement de l'espace de bureaux à aire ouverte. Ainsi, la valeur de $C_{DL,ctrl,2}$ est maintenant égale à 0,86 (au lieu de la valeur initiale de 0,5 pour une commande manuelle) et la valeur de $C_{EL,ctrl,2}$ est maintenant égale à 1 (au lieu de la valeur initiale de 0,51 pour une commande manuelle), ce qui signifie que la valeur de $F_{DL,2}$ devient 0,73 (au lieu de la valeur initiale de 0,92) :

$$\begin{aligned} F_{DL,2} &= 1 - (C_{DL,sup,2} \times C_{DL,ctrl,2} \times C_{EL,ctrl,2}) \\ &= 1 - (0,317 \times 0,86 \times 1) \\ &= 0,73 \end{aligned}$$

Par conséquent, les durées effectives de fonctionnement de l'éclairage dans l'aire éclairée naturellement sont maintenant de 1402 h/a (au lieu de 1889 h/a) :

$$\begin{aligned} t_{eff,day,DL} &= t_{day} \times F_{DL} \times F_{occ} \times F_{pers} \\ &= 2217 h/a \times 0,73 \times 0,866 \times 1 \\ &= 1402 h/a \end{aligned}$$

Commentaire sur la partie 4

Exemple 4-7 – Calculs de la méthode des solutions de remplacement (suite)

Comparaison des résultats (suite)

La valeur de $E_{2,proposed}$ pour l'espace de bureaux à aire ouverte doté de commandes automatiques du système d'éclairage naturel et de commandes de gradation automatiques tributaires de l'éclairage naturel est maintenant de 709,80 kWh/a (au lieu de 812,07 kWh/a) :

$$\begin{aligned} E_{2,proposed} &= p_{2,proposed} \times [A_{DL,2} \times (t_{eff,day,DL,2} + t_{eff,night,2}) + A_{NDL,2} \times (t_{eff,day,NDL,2} + t_{eff,night,2})] \\ &= 7,0 \frac{W}{m^2} \times [30 m^2 \times (1402 h/a + 29 h/a) + 30 m^2 \times (1920 h/a + 29 h/a)] \times \frac{1 kW}{1000 W} \\ &= 709,80 kWh/a \end{aligned}$$

Cette nouvelle valeur de $E_{2,proposed}$ est additionnée à celle de $E_{1,proposed}$, ce qui donne une valeur de l'IILE réduite :

$$\begin{aligned} IILE &= E_{1,proposed} + E_{2,proposed} = 242,35 kWh/a + 709,80 kWh/a = 952,15 kWh/a \\ \therefore IILE &= 952,15 kWh/a < ILEA = 970,32 kWh/a \end{aligned}$$

Conclusion

En ajoutant des commandes automatiques du système d'éclairage naturel et des commandes de gradation automatiques tributaires de l'éclairage naturel dans l'espace de bureaux à aire ouverte, la consommation globale d'énergie pour l'éclairage dans les deux espaces de l'exemple 4-7 est réduite et, conformément aux exigences, est égale ou inférieure à l'ILEA. Le projet d'éclairage est maintenant conforme à la partie 4 du CNÉB.

Commentaire sur la partie 5

Chauffage, ventilation et conditionnement d'air

1. Sauf indication contraire dans le CNÉB, l'équipement, les installations et les commandes mis en place pour répondre aux besoins en matière de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air d'un bâtiment neuf doivent être conformes aux exigences de la partie 5 du CNÉB. Le présent commentaire fournit des renseignements additionnels sur la façon d'assurer la conformité. Se reporter à l'organigramme de la figure A-5.1.1.3. 1) du CNÉB pour les deux méthodes de conformité applicables aux installations CVCA.

Réseaux de conduits d'air (sous-section 5.2.2.)

2. La sous-section 5.2.2. du CNÉB contient des exigences relatives à la conception et à la mise en place des conduits d'air, y compris les suivantes :
 - des dispositions relatives à l'équilibrage des réseaux de conduits d'air pour permettre la régulation et la limitation du volume d'air fourni au réseau;
 - des exigences relatives à l'étanchéisation des conduits d'air et aux essais de détection des fuites pour limiter la perte d'air conditionné et réduire la consommation d'énergie;
 - des exigences relatives à l'isolation pour limiter les pertes de chaleur par les réseaux de conduits d'air; et
 - des exigences relatives à l'utilisation de l'air extérieur pour réduire la quantité d'énergie nécessaire au refroidissement mécanique.

Isolation des conduits et des plénums (article 5.2.2.5.)

3. L'isolant requis doit être installé conformément aux règles de l'art de l'industrie, comme celles qui sont décrites dans le manuel de l'ACIT intitulé « Guide des meilleures pratiques d'isolation mécanique », la norme ANSI/SMACNA 006, « HVAC Duct Construction Standards – Metal and Flexible », et le chapitre 23 du manuel « ASHRAE Handbook – Fundamentals ».

Les exigences relatives à l'isolation des conduits sont influencées par :

- a) l'emplacement des conduits (espaces climatisés ou non climatisés); et
- b) l'effet des pertes ou des gains de chaleur sur la consommation d'énergie.

4. Les conduits qui traversent des espaces semi-climatisés ou non climatisés doivent être isolés selon leur emplacement et les conditions de l'air ambiant. Se reporter à la figure 5-1 pour des exemples d'emplacements où les conduits doivent être isolés.
5. Les conduits situés à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment peuvent nécessiter un degré d'isolation supérieur aux indications du tableau 5.2.2.5. du CNÉB. L'isolant et sa gaine protectrice doivent en outre être homologués pour usage extérieur.

Commentaire sur la partie 5

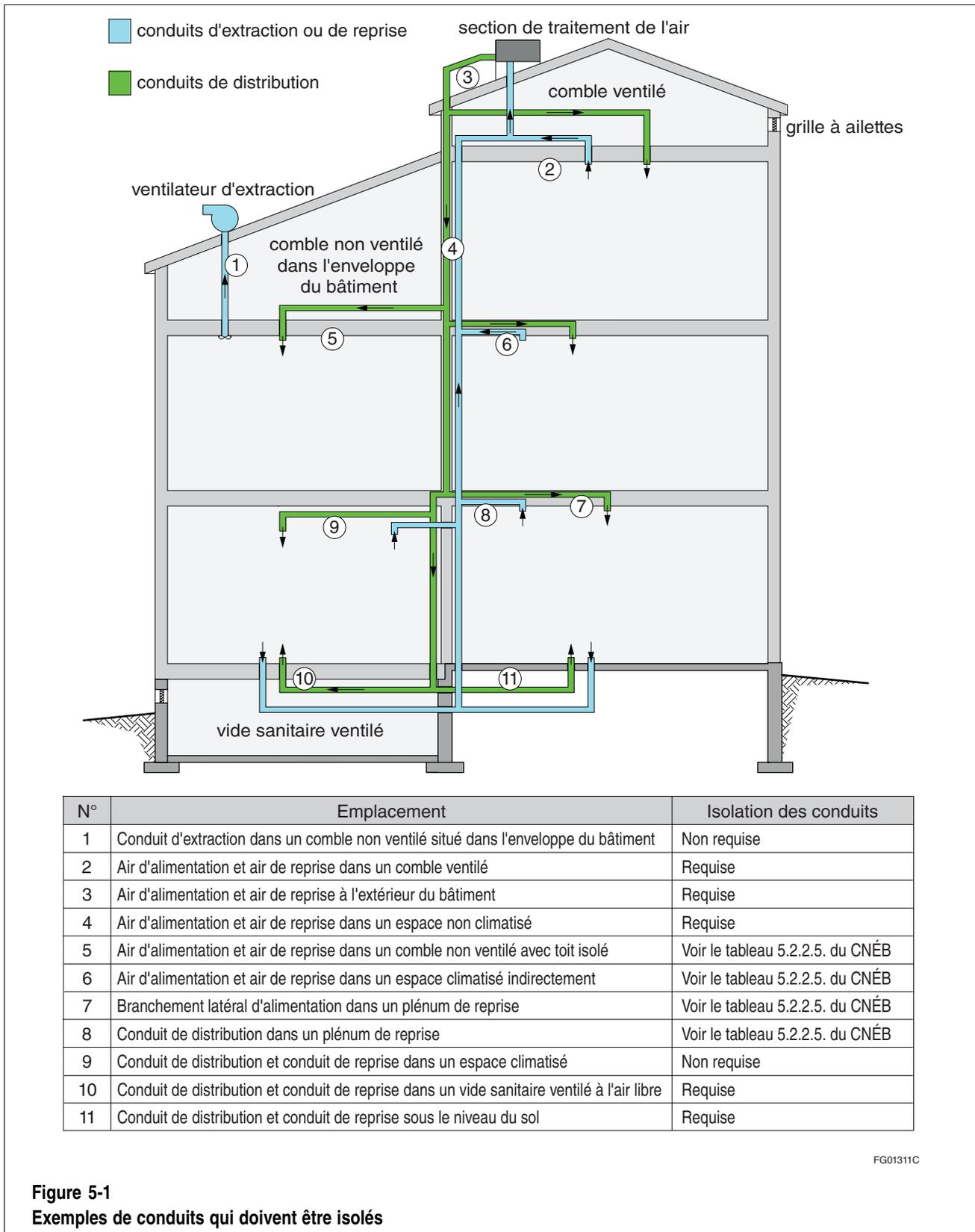


Figure 5-1
Exemples de conduits qui doivent être isolés

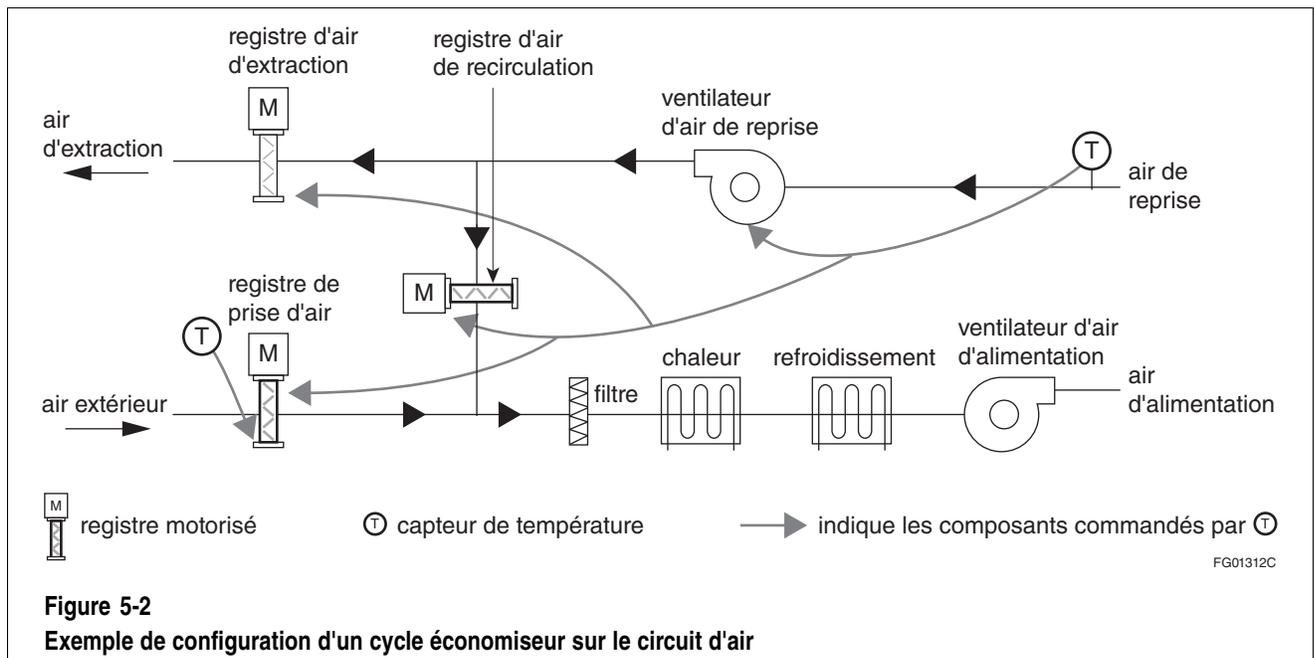
Protection de l'isolant (article 5.2.2.6.)

- L'isolant des conduits qui risque de subir des dommages mécaniques ou d'être exposé aux intempéries doit être protégé par une enveloppe ou un revêtement extérieur, typiquement fait de

plastique ou de métal. On doit prévenir la formation de condensation à l'intérieur de l'isolant, car la résistance thermique de nombreux produits d'isolation diminue avec l'exposition à l'humidité. La prolifération microbienne est un des effets secondaires possibles de l'exposition à l'humidité et entraîne la détérioration de la gaine protectrice. Un pare-vapeur est requis sur les conduits de distribution d'air froid pour prévenir la formation de condensation à l'intérieur de l'isolant ou sur le conduit.

Refroidissement par utilisation directe de l'air extérieur – cycle économiseur sur le circuit d'air (article 5.2.2.8.)

7. Les cycles économiseurs sur les circuits d'air sont munis de registres motorisés qui règlent la quantité d'air extérieur introduite dans le circuit lorsque le bâtiment doit être refroidi. La figure 5-2 montre le schéma d'un cycle économiseur sur le circuit d'air.

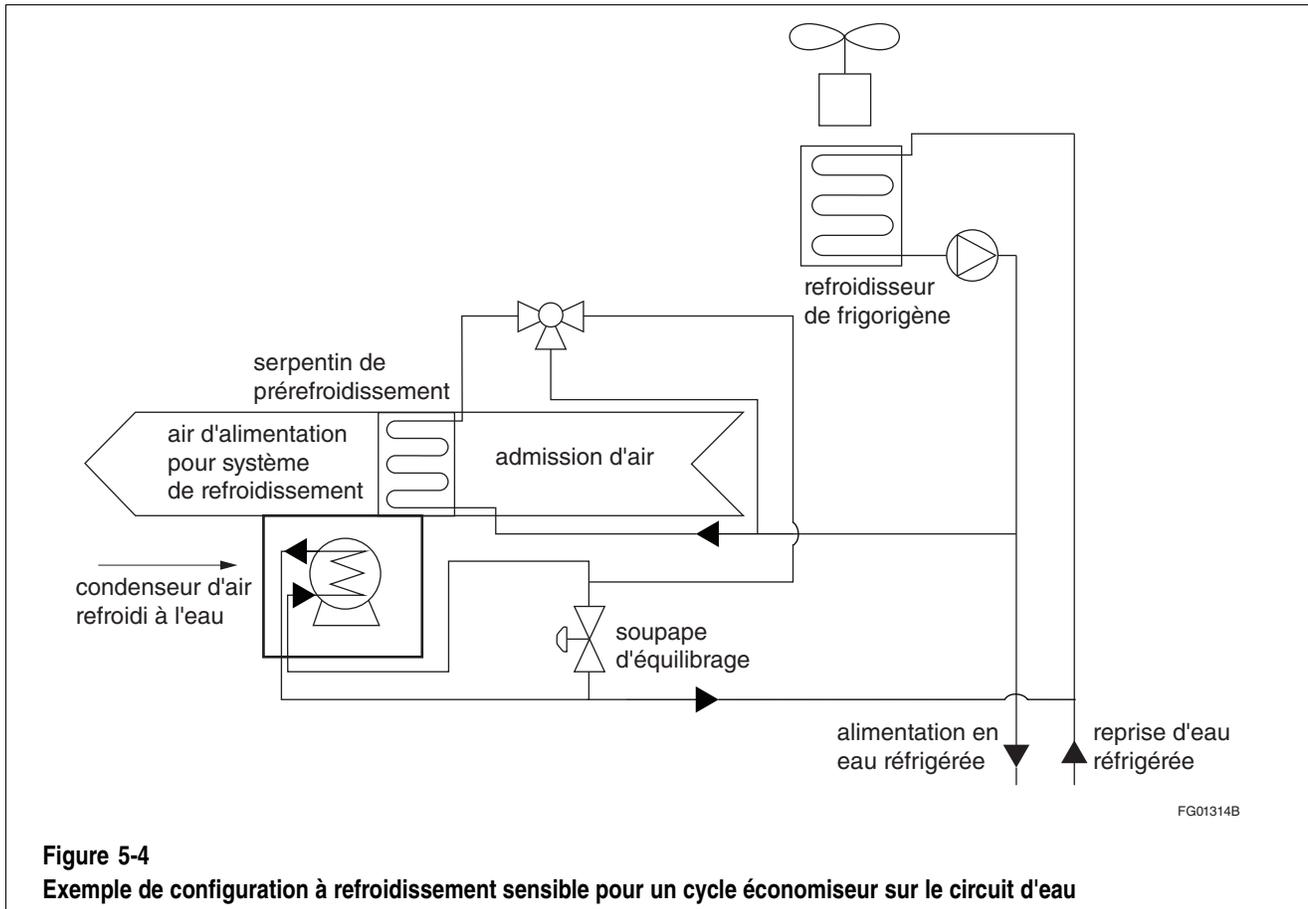
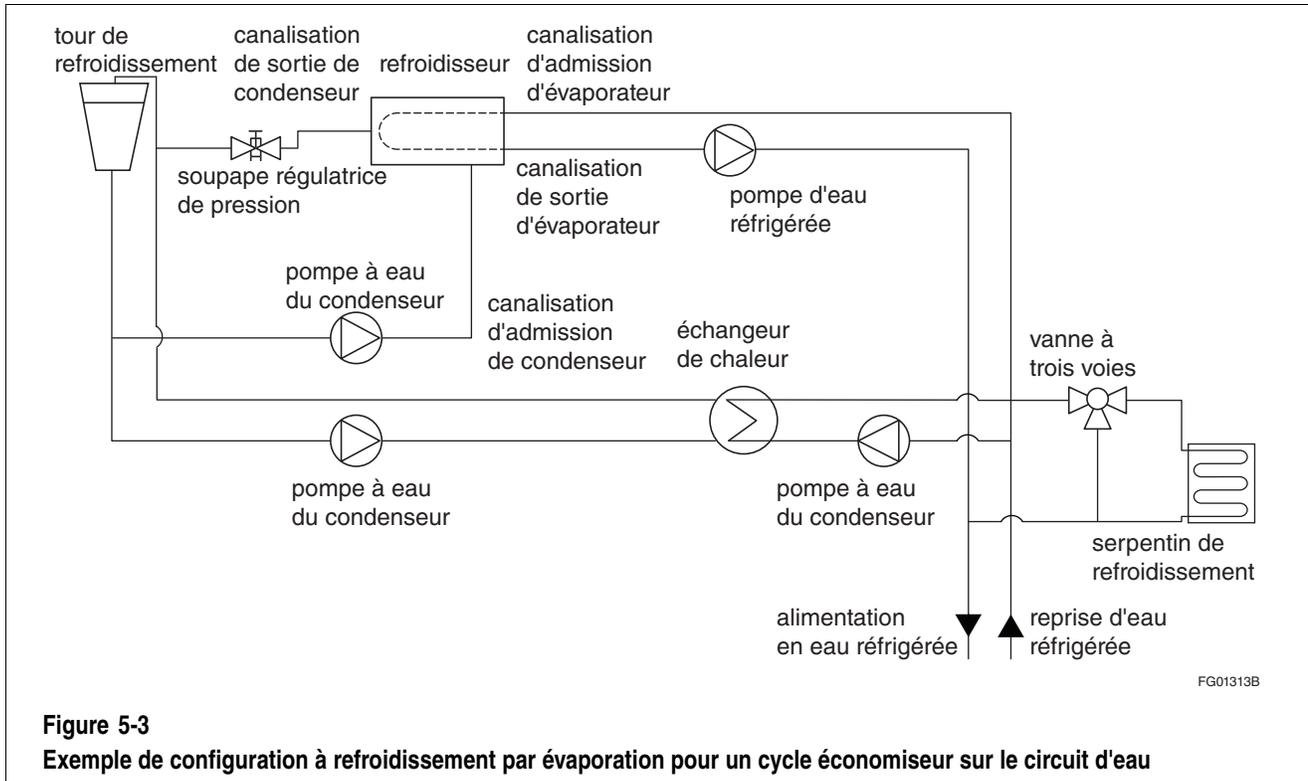


8. Les exigences du CNÉB relatives aux cycles économiseurs sur les circuits d'air visent à maximiser le potentiel de refroidissement passif de la façon suivante :
- priorisation de l'utilisation d'air extérieur conjointement avec le refroidissement mécanique pour réduire l'énergie nécessaire à la climatisation de l'espace;
 - utilisation de commandes qui actionnent le cycle économiseur uniquement lorsque les conditions de l'air extérieur sont favorables à une réduction de la consommation énergétique; et
 - modulation/mise en marche successive de l'équipement de refroidissement pour un refroidissement d'appoint.

Refroidissement par utilisation indirecte de l'air extérieur – cycle économiseur sur le circuit d'eau (article 5.2.2.9.)

9. Les cycles économiseurs sur les circuits d'eau réduisent les besoins en refroidissement mécanique en utilisant de l'air extérieur pour refroidir le frigorigène, qui sert alors au refroidissement de l'air d'alimentation par l'entremise d'un serpentin de refroidissement. Généralement, l'eau circule dans une tour de refroidissement ou un refroidisseur de liquide où elle est refroidie, puis dans les serpentins de refroidissement de l'air d'alimentation. Les économies d'énergie sont possibles grâce au fonctionnement réduit des compresseurs. Il existe deux configurations types pour les cycles économiseurs sur les circuits d'eau :
- a) les cycles à refroidissement par évaporation, dont on trouvera un exemple à la figure 5-3; et
 - b) les cycles à refroidissement sensible, dont on trouvera un exemple à la figure 5-4.

Commentaire sur la partie 5



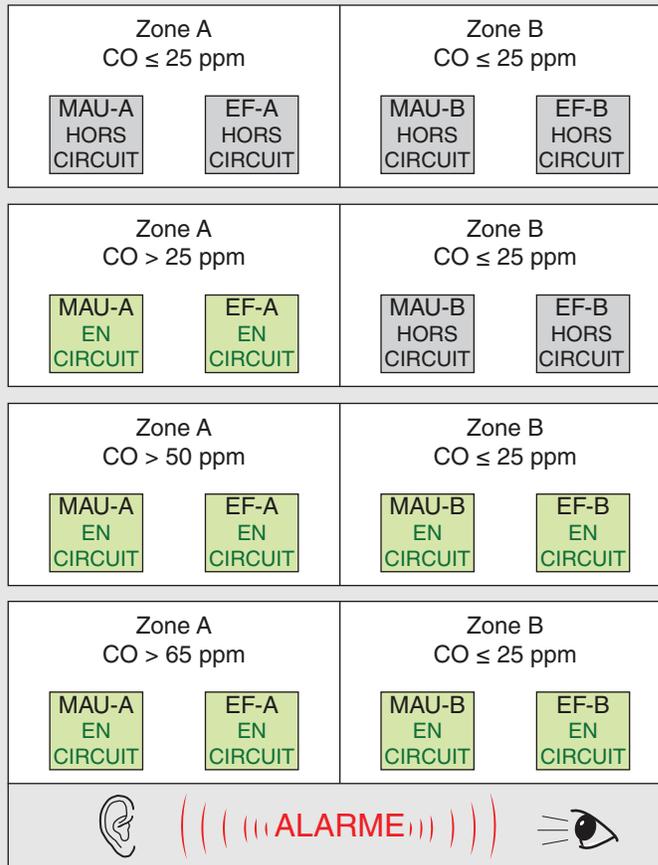
Systemes de régulation de la demande de ventilation (article 5.2.3.4.)

10. Il est pratique courante d'utiliser des systèmes de régulation de la demande de ventilation pour contrôler les niveaux d'agents contaminants (surtout le monoxyde de carbone et l'oxyde de diazote) dans les espaces clos semi-chauffés ou les espaces climatisés où de l'équipement à combustion est utilisé.
11. Les exigences du CNÉB relatives aux systèmes de régulation de la demande de ventilation tiennent compte des exigences correspondantes relatives à ces systèmes utilisés dans les garages de stationnement intérieur, chauffés ou non, énoncées dans la norme ANSI/ASHRAE/IES 90.1, ce qui facilite la conception et la mise en application pour les administrations qui renvoient à ces deux documents.
12. L'article 5.2.3.4. du CNÉB autorise deux méthodes de régulation de la demande de ventilation :
 - a) la mise en marche successive des ventilateurs (p. ex., en activant et en désactivant les ventilateurs du système); et
 - b) la modulation du débit d'air extérieur (p. ex., en faisant fonctionner les ventilateurs au débit le plus bas pour contrôler efficacement les agents contaminants au moyen de moteurs à vitesse variable ou à plusieurs vitesses).
13. Les exemples 5-1 et 5-2 illustrent les séquences de régulation des deux méthodes de régulation de la demande de ventilation du CNÉB.

Commentaire sur la partie 5

Exemple 5-1 – Séquence de régulation liée à la mise en marche successive de ventilateurs

Dans un entrepôt où sont utilisés des chariots élévateurs à fourche fonctionnant à l'essence, des ventilateurs sont mis en marche successivement en vue de contrôler les niveaux de monoxyde de carbone (CO) dans deux zones de ventilation adjacentes (A et B). Chaque zone est munie d'une unité d'air d'appoint (MAU) et d'un ventilateur d'extraction (EF), mis en marche séquentiellement en fonction de la valeur limite du niveau de CO détecté : bas (25 ppm), élevé (50 ppm) ou critique (65 ppm).



FG02790A

Figure A

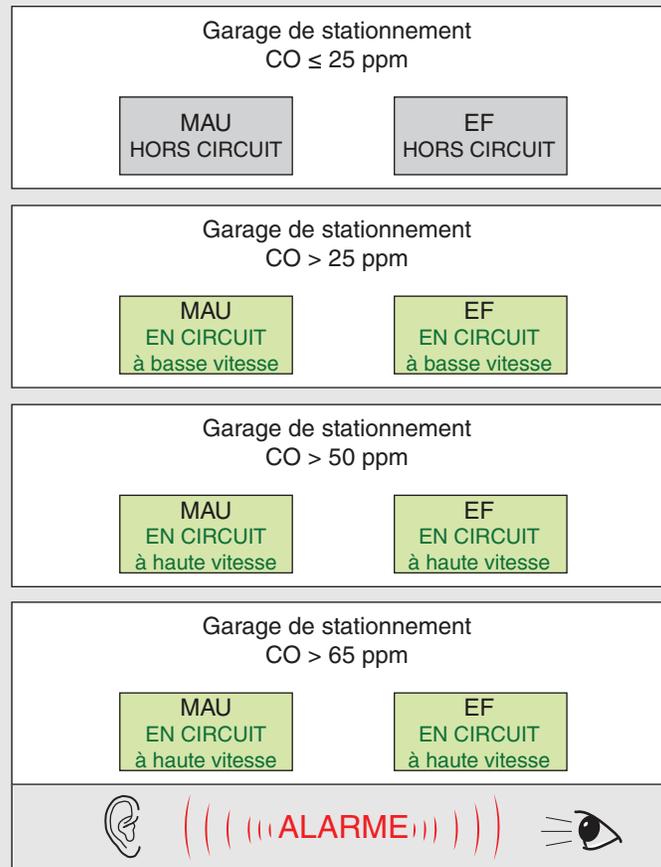
Séquence de régulation liée à la mise en marche successive de ventilateurs lors de la détection de niveaux de CO supérieurs à 25 ppm dans la zone A

Si des niveaux de CO supérieurs à 25 ppm sont détectés dans la zone B, la séquence de régulation est inversée, c'est-à-dire qu'elle commence dans la zone B.

Le système de régulation recommence à fonctionner normalement, c'est-à-dire que les unités d'air d'appoint et les ventilateurs d'extraction sont mis hors circuit, une fois que le niveau de CO est inférieur à la valeur limite la plus basse.

Exemple 5-2 – Séquence de régulation liée à la modulation du débit d'air extérieur

Un garage de stationnement intérieur utilise l'air extérieur pour contrôler les niveaux de CO dans une zone de ventilation unique munie d'une unité d'air d'appoint (MAU) et d'un ventilateur d'extraction (EF) à moteurs à vitesse variable.



FG02791A

Figure A

Séquence de régulation liée à la modulation du débit d'air extérieur lors de la détection de niveaux de CO supérieurs à 25 ppm dans une zone de ventilation unique

Le système de régulation recommence à fonctionner normalement, c'est-à-dire que l'unité d'air d'appoint et le ventilateur d'extraction sont mis hors circuit, une fois que le niveau de CO est inférieur à la valeur limite la plus basse.

14. Les systèmes de régulation de la demande de ventilation peuvent réduire de façon considérable la quantité d'énergie utilisée par les installations CVCA dans les cuisines. Les systèmes de régulation de la demande de ventilation règlent le débit d'air d'évacuation requis pour assurer des conditions acceptables en cuisine grâce au suivi des activités de cuisson au moyen de capteurs de température dans les conduits, de détecteurs de fumée et de capteurs à infrarouge.
15. L'exemple 5-3 montre comment déterminer si un système de régulation de la demande de ventilation est exigé dans une cuisine commerciale.

Commentaire sur la partie 5

Exemple 5-3 – Système de régulation de la demande de ventilation dans une cuisine commerciale

Un bâtiment situé à Edmonton (Alberta) comporte une cuisine dans laquelle se trouvent trois hottes (KH-1, KH-2 et KH-3) dont l'air est extrait par deux ventilateurs (EF-1 et EF-2); le ventilateur EF-1 extrait l'air de la hotte KH-1 à une capacité de 708 L/s, tandis que le ventilateur EF-2 extrait l'air des hottes KH-2 et KH-3 à une capacité totale de 1415 L/s.

La valeur des degrés-jours de chauffage sous 18 °C pour l'emplacement du bâtiment est de 5120, ce qui correspond à la zone climatique 7A. Selon le tableau 5.2.3.4. du CNÉB, la valeur limite du débit d'air de calcul du ventilateur extracteur pour les bâtiments de cette zone est de 1410 L/s.

Le débit d'air d'évacuation du système KH-1/EF-1 de 708 L/s est de beaucoup inférieur à la valeur limite de 1410 L/s. Toutefois, le débit d'air d'évacuation du système KH-2, KH-3/EF-2 de 1415 L/s est supérieur à la valeur limite. Par conséquent, un système de régulation de la demande de ventilation pouvant réduire les débits de calcul d'air d'évacuation et de compensation d'au moins 50 % en s'adaptant au fonctionnement de l'appareil doit être installé sur ce deuxième système, conformément à l'article 5.2.3.4. du CNÉB.

Registres exigés (article 5.2.4.1.)

16. Les registres motorisés peuvent aider à atténuer les pertes ou les gains de chaleur attribuables aux exfiltrations ou aux infiltrations d'air non intentionnelles, car ils sont maintenus en position fermée par une force d'actionnement lorsque le système de ventilation n'est pas en marche. Ils peuvent être asservis au fonctionnement du ventilateur directement ou indirectement au moyen d'un système de régulation.

Conception et mise en place de la tuyauterie (article 5.2.5.1.)

17. La tuyauterie des installations CVCA doit être conçue de manière à réduire au minimum les pertes de pression et, ainsi, l'énergie utilisée pour le pompage.

Calorifugeage (article 5.2.5.3.)

18. Les calorifuges pour tuyauterie sont fabriqués de façon à fournir à la tuyauterie le niveau d'isolation thermique exigé par le CNÉB. Toute modification du calorifuge (p. ex., découpage, compression, contournement d'obstacles) peut modifier son épaisseur, ce qui pourrait aussi influencer sur les propriétés physiques ou thermiques du calorifuge installé ou sur sa longévité. Une réduction de l'épaisseur du calorifuge entraînera une augmentation de la demande ou de la consommation d'énergie pour le chauffage et le refroidissement. Si les tuyauteries d'eau froide ne sont pas calorifugées adéquatement, la condensation qui se forme pourrait migrer dans le calorifuge et compromettre sa valeur RSI. Dans les cas de condensation importante, l'eau pourrait continuer à migrer dans les matériaux de construction environnants, causant des dommages (p. ex., corrosion, problèmes de structure) et entraînant des risques pour la santé (p. ex., pourriture, moisissure).
19. L'exemple 5-4 montre que, conformément au paragraphe 5.2.5.3. 3) du CNÉB, il n'est pas obligatoire de calorifuger la tuyauterie située dans un espace climatisé et acheminant un fluide dont la température de service prévue est supérieure à 16 °C et inférieure à 41 °C.

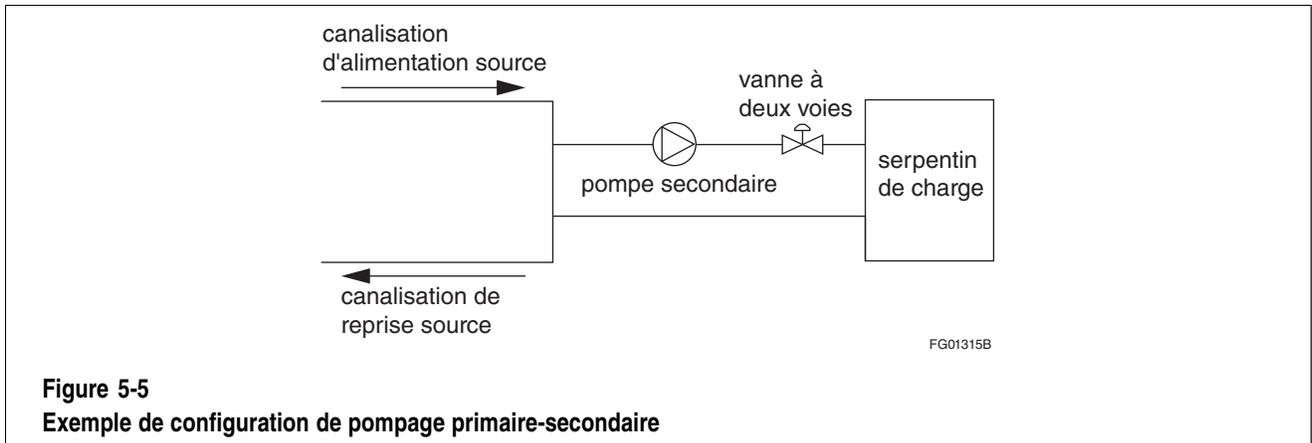
Exemple 5-4 – Calorifugeage des tuyaux

Une installation à eau réfrigérée est conçue en fonction d'une température d'alimentation de 6 °C avec une élévation de 11 °C. Le concepteur doit déterminer s'il faut calorifuger la tuyauterie de reprise.

Étant donné que la température de l'eau de retour est de 17 °C, la tuyauterie est exemptée de l'exigence du CNÉB relative au calorifugeage. Toutefois, la température de l'eau de retour est souvent inférieure à la température de retour de calcul pendant le fonctionnement sous charge partielle. Le calorifugeage peut donc être exigé conformément au CNB afin de prévenir la formation de condensation dans des conditions de charge partielle.

Pompes à débit variable (article 5.2.6.2.)

20. Les figures 5-5 et 5-6 illustrent deux types de pompes.
21. Dans la configuration de pompage primaire-secondaire illustrée à la figure 5-5, une pompe secondaire fournit le débit de calcul dans la charge à partir du tuyau commun entre les canalisations d'alimentation et de reprise. Une vanne à deux voies assure un débit primaire variable dans l'alimentation en réduisant le débit primaire; une pompe secondaire fournit un débit constant dans le serpentin de charge. La pompe principale au refroidisseur ou à la chaudière fait circuler le fluide dans le circuit principal et les conduites maîtresses, et la pompe secondaire est dimensionnée en fonction du serpentin de charge.



22. La figure 5-6 illustre la configuration de pompage primaire-secondaire d'un système de refroidissement (ou de chauffage) central qui requiert qu'un débit constant soit fourni. Les pompes primaires fournissent un débit constant dans le système (circuit principal) tandis que les pompes secondaires assurent un débit du système vers les charges des appareils en fin de réseau et de l'équipement (zones), qui sont munis de vannes à deux voies. Les pompes secondaires font varier le débit dans le circuit secondaire en fonction de la charge appelée.

Commentaire sur la partie 5

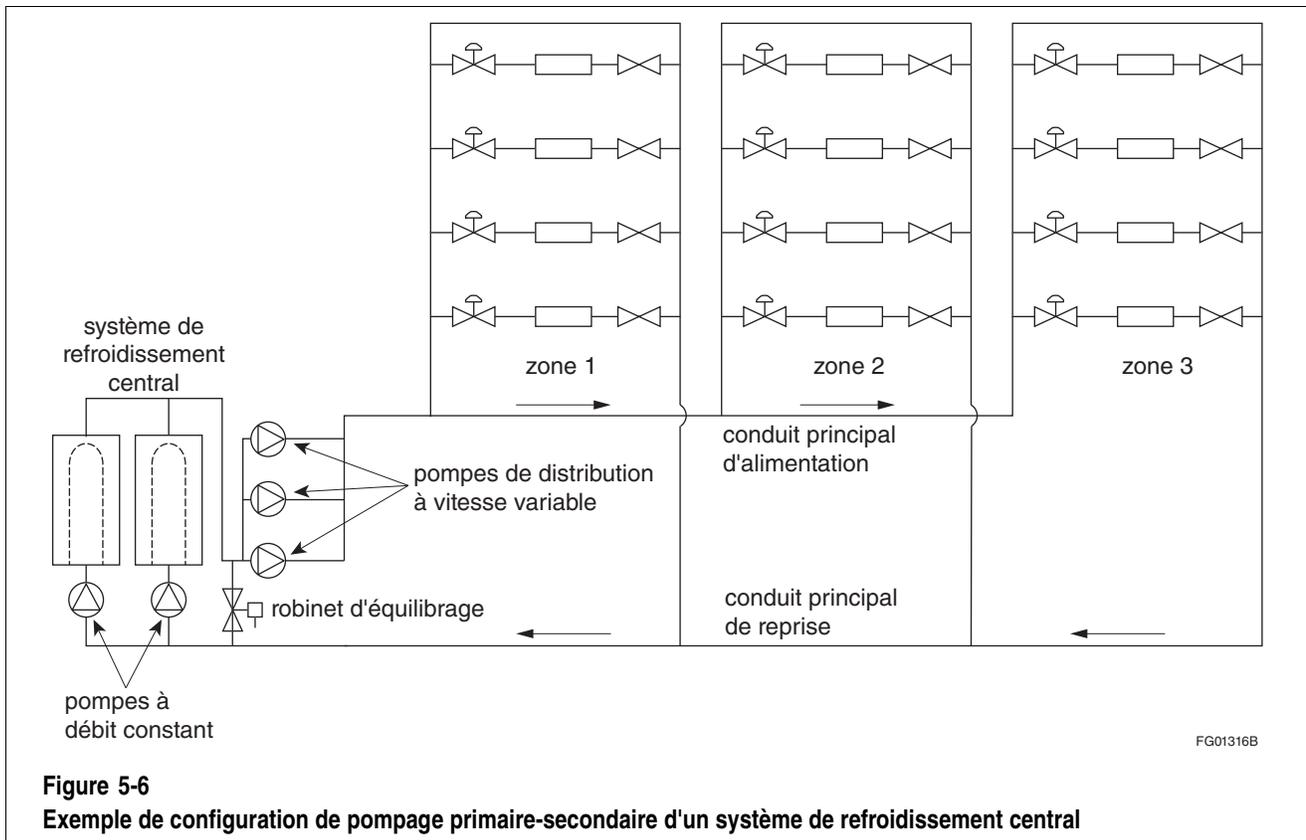


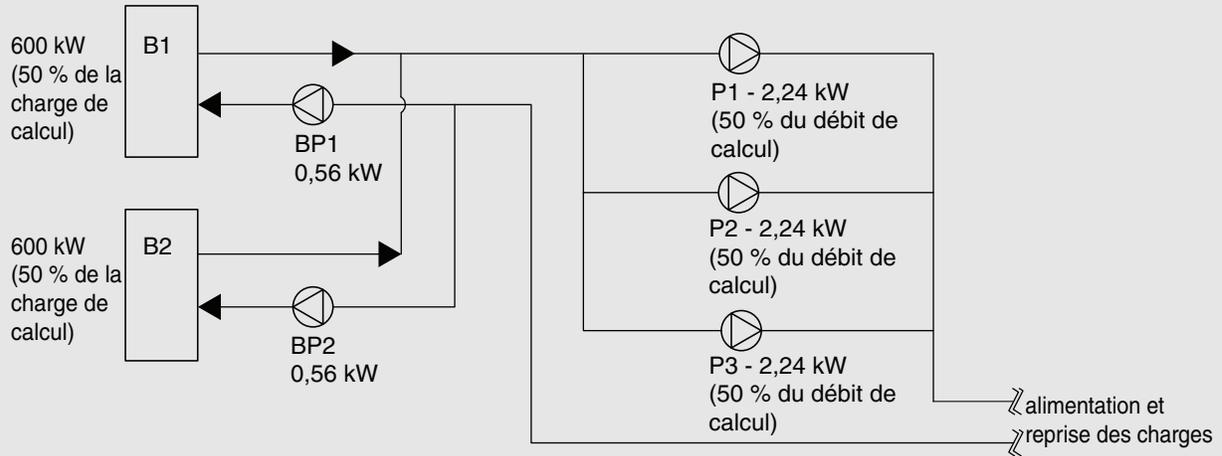
Figure 5-6
Exemple de configuration de pompage primaire-secondaire d'un système de refroidissement central

Puissance appelée des pompes (article 5.2.6.3.)

23. La puissance des pompes admissible est fonction de la demande d'énergie thermique. Il est pratique courante d'installer des pompes plus puissantes que celles exigées. Des plans de distribution, un dimensionnement des tuyaux et des charges plus efficaces permettent une puissance des pompes réduite.
24. L'exemple 5-5 présente le calcul de la puissance appelée des pompes utilisées dans un système de chauffage central permettant de déterminer la conformité au tableau 5.2.6.3. du CNÉB.

Exemple 5-5 – Dimensionnement des pompes hydroniques

La puissance appelée des pompes est calculée en additionnant la puissance de tous les moteurs de pompes requis pour fonctionner dans des conditions de calcul de pointe.



FG02715A

Figure A

Schéma de la puissance appelée des pompes d'un système de chauffage central aux fins du dimensionnement des pompes

Dans le système de chauffage central illustré à la figure A, les deux chaudière (B1 et B2) sont nécessaires pour assurer la capacité nominale; par conséquent, il faut tenir compte des deux pompes de chaudière (BP1 et BP2) dans le calcul de la puissance appelée des pompes. De plus, puisque les pompes de distribution (P1, P2 et P3) sont dimensionnées en fonction de 50 % du débit de calcul, la pompe P3 est considérée comme redondante, de sorte que seule la puissance appelée des pompes P1 et P2 est utilisée dans le calcul.

$$W_{\text{motorpower}} = W_{\text{BP1}} + W_{\text{BP2}} + W_{\text{P1}} + W_{\text{P2}} = 5600 \text{ W}$$

$$kW_{\text{thermalpeak}} = kW_{\text{B1}} + kW_{\text{B2}} = 1200 \text{ kW}$$

$$W_{\text{motorpower}}/kW_{\text{thermalpeak}} = 4,67 \text{ W/kW}$$

La puissance appelée des pompes dans cet exemple dépasse la valeur maximale de $4,5 W_{\text{motorpower}}/kW_{\text{thermalpeak}}$ permise par le tableau 5.2.6.3. du CNÉB pour les circuits de chauffage hydronique. Par conséquent, la puissance appelée des pompes telle que calculée n'est pas conforme au CNÉB.

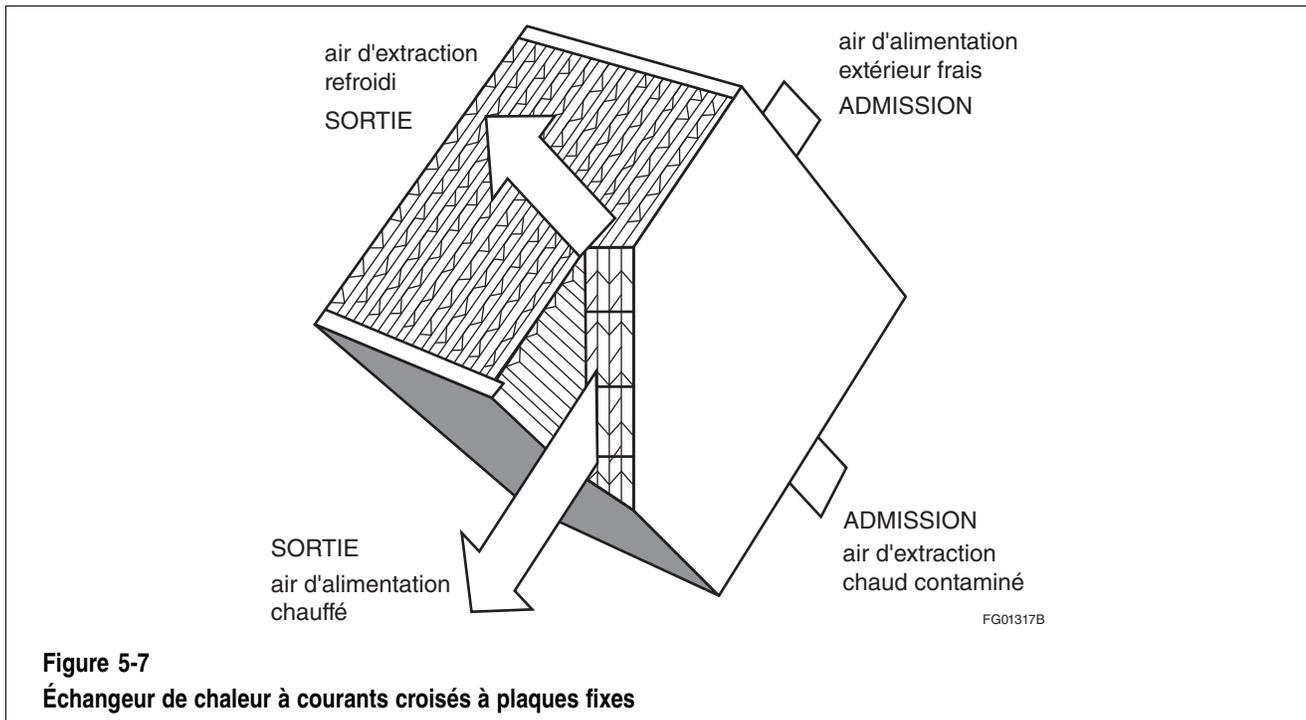
Commentaire sur la partie 5

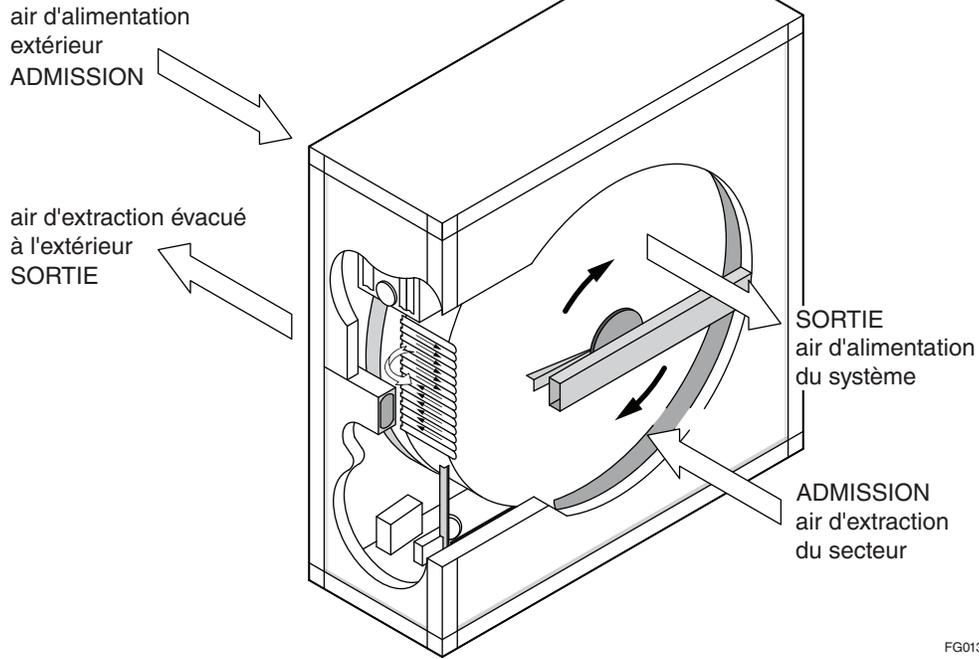
Commandes de température (sous-section 5.2.8.)

25. Pour que l'article 5.2.8.1. du CNÉB puisse être appliqué, les espaces peuvent être regroupés en zones de commande en fonction de la similarité des caractéristiques d'exploitation de ces zones afin que les conditions requises puissent être maintenues dans tous les espaces. De manière générale, les zones extérieures ne peuvent pas être regroupées avec des espaces intérieurs. De la même manière, les espaces dont les fenêtres ont une orientation donnée ne doivent pas être regroupés avec des espaces dont les fenêtres ont une autre orientation. Bien que les installations de chauffage par rayonnement et de refroidissement soient normalement commandées par des thermostats, il faut également tenir compte des effets de la température de rayonnement moyenne pour éviter un excès de chaleur ou des problèmes de confort dans l'espace. Par exemple, dans un espace où une installation de chauffage par rayonnement intégrée au plancher fournit la majeure partie ou la totalité de la chaleur, la température de l'air dans l'espace doit pouvoir être réglée à une valeur plus basse que dans une installation sans chauffage par rayonnement, sans compromettre le confort des occupants.

Systemes de récupération de l'énergie (article 5.2.10.1.)

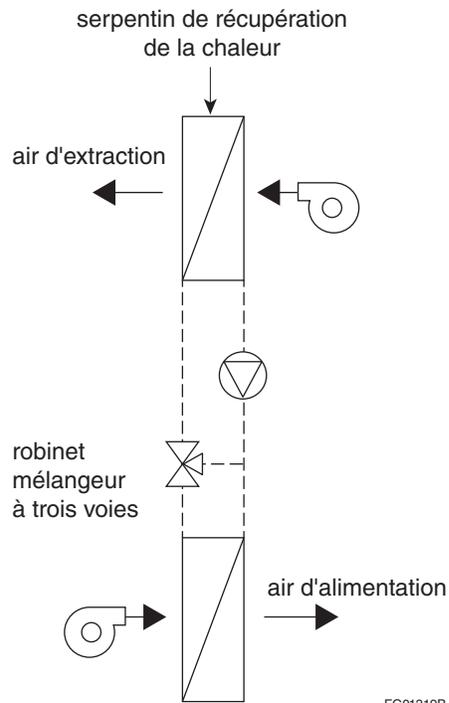
26. Des technologies types de récupération de l'énergie sont illustrées aux figures 5-7 à 5-10.





FG01324B

Figure 5-8
Échangeur de chaleur à roue thermique



FG01319B

Figure 5-9
Caloduc

Commentaire sur la partie 5

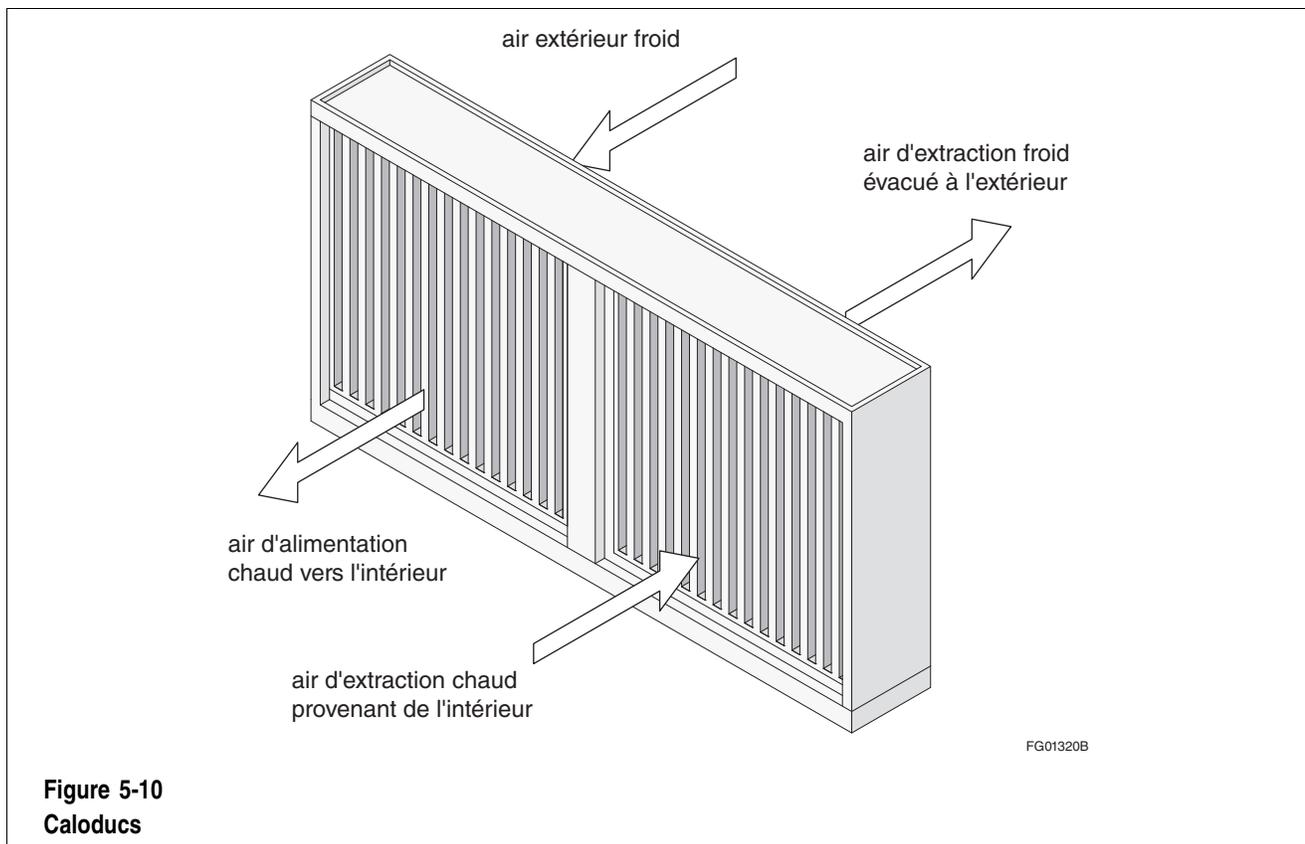


Figure 5-10
Caloducs

L'exemple 5-6 montre comment déterminer si la récupération de l'énergie est requise conformément au paragraphe 5.2.10.1. 1) du CNÉB.

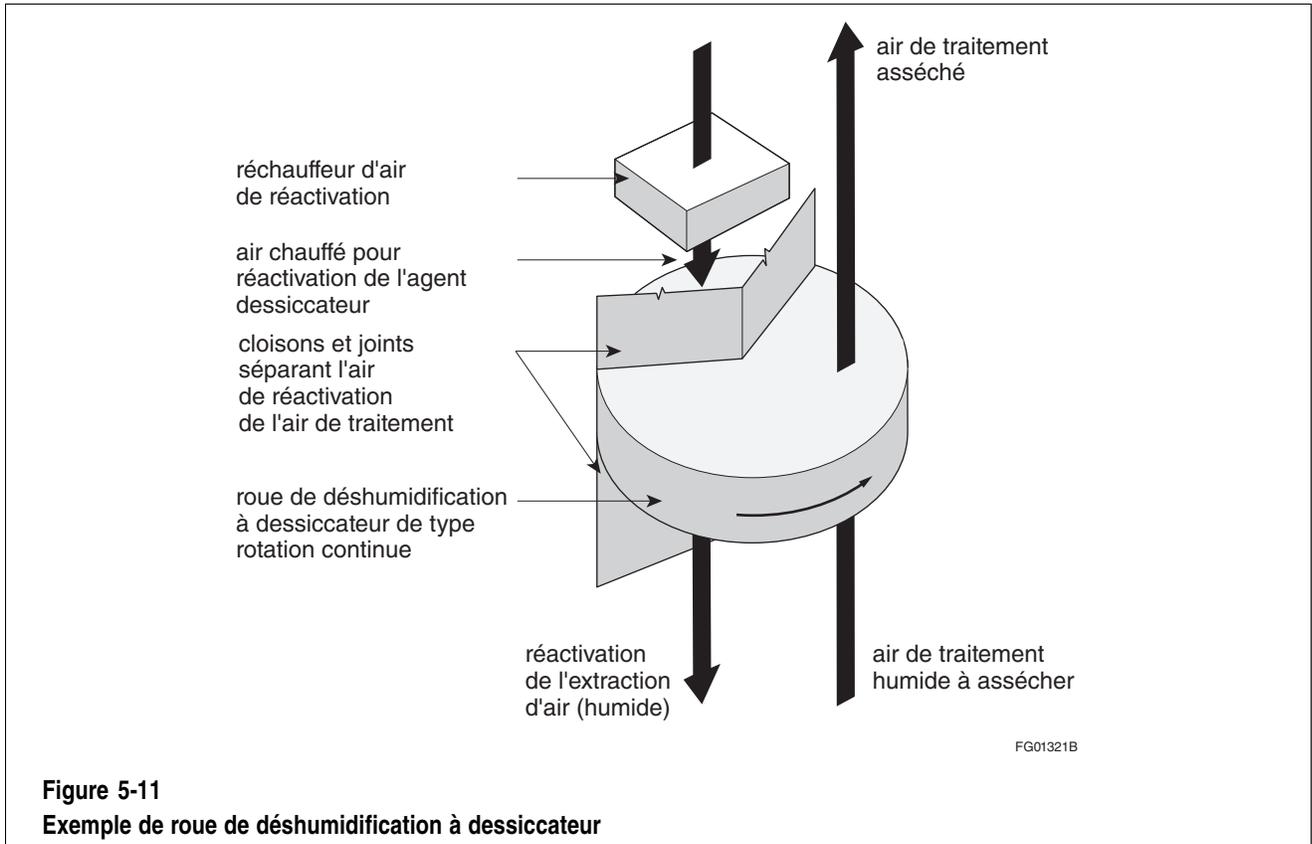
Exemple 5-6 – Système d'extraction de l'air à Edmonton (Alberta)

Le propriétaire d'un bâtiment situé à Edmonton (Alberta) veut déterminer s'il est nécessaire d'intégrer un système de récupération de l'énergie au système d'extraction de l'air du bâtiment, qui fonctionne pendant moins de 8000 h par année et utilise 35 % d'air extérieur à un débit d'air de calcul du ventilateur d'alimentation de 3200 L/s.

Puisque le système d'extraction de l'air fonctionne pendant moins de 8000 h par année, il faut consulter le tableau 5.2.10.1.-A du CNÉB. La valeur des degrés-jours de chauffage sous 18 °C pour l'emplacement du bâtiment est de 5120, ce qui correspond à la zone climatique 7A. Pour cette zone, la valeur limite du débit d'air de calcul du ventilateur d'alimentation est de 1180 L/s si le pourcentage d'air extérieur utilisé se situe entre 30 % et 40 %. Le débit d'air de calcul du ventilateur d'alimentation du système d'extraction de l'air étant supérieur à cette valeur limite, un système de récupération de l'énergie est exigé.

Récupération de la chaleur lors de la déshumidification dans les piscines (article 5.2.10.2.)

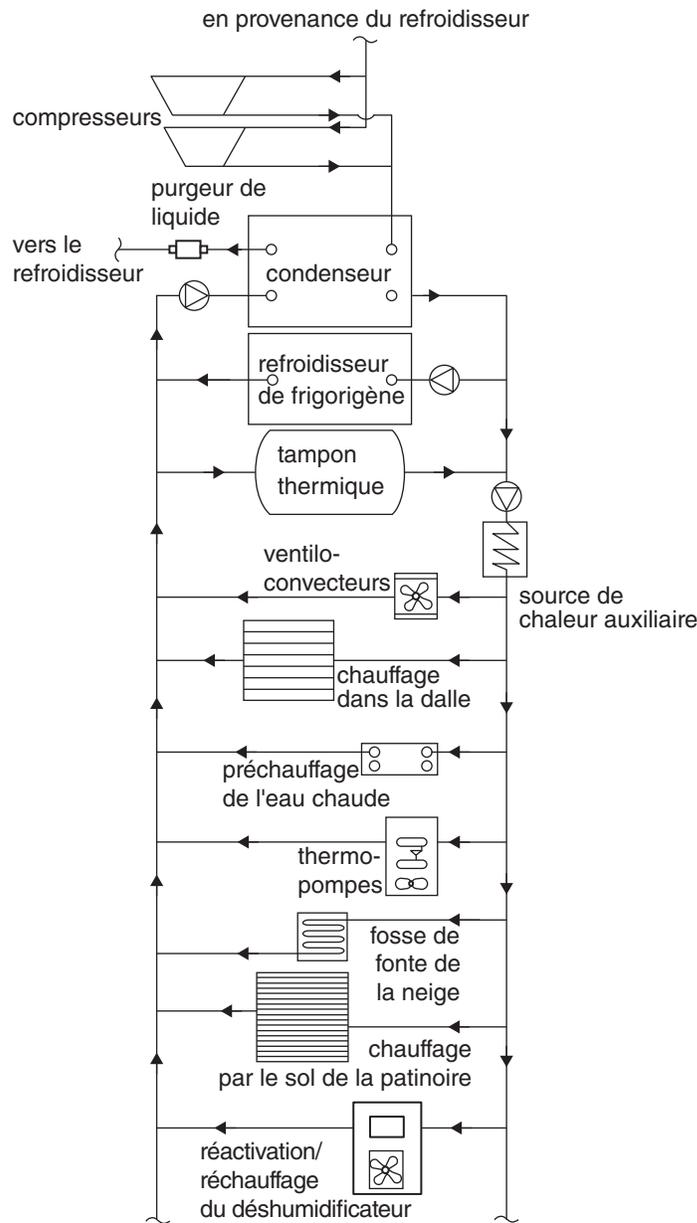
27. La déshumidification au moyen d'un agent dessiccateur et la déshumidification mécanique sont deux méthodes courantes de déshumidification dans les piscines. Un appareil type de déshumidification à dessiccateur est illustré à la figure 5-11.



Récupération de la chaleur des générateurs de glace dans les arénas et les centres de curling (article 5.2.10.3.)

- 28. Les générateurs de glace des arénas produisent une quantité importante de chaleur qui est souvent suffisante pour répondre aux besoins de chauffage des espaces et de l'eau d'un bâtiment.
- 29. La chaleur rejetée par les condenseurs est généralement récupérée par l'entremise d'un condenseur désigné raccordé en parallèle au condenseur principal. La figure 5-12 montre un exemple de configuration de système de récupération de la chaleur et présente des utilisations possibles de la chaleur récupérée.

Commentaire sur la partie 5



FG01322B

Figure 5-12

Schéma d'un système de récupération de la chaleur d'un aréna et des applications de la chaleur récupérée

Secteurs de réglage de la circulation d'air (article 5.2.11.2.)

30. Les secteurs de réglage de la circulation d'air permettent de compartimenter les réseaux de conduits d'air desservant plusieurs zones de régulation de température de manière à réduire la consommation énergétique dans les espaces inoccupés. La figure 5-13 présente un exemple de stratégie de réglage de la circulation d'air au moyen d'un système à volume d'air variable (VAV).

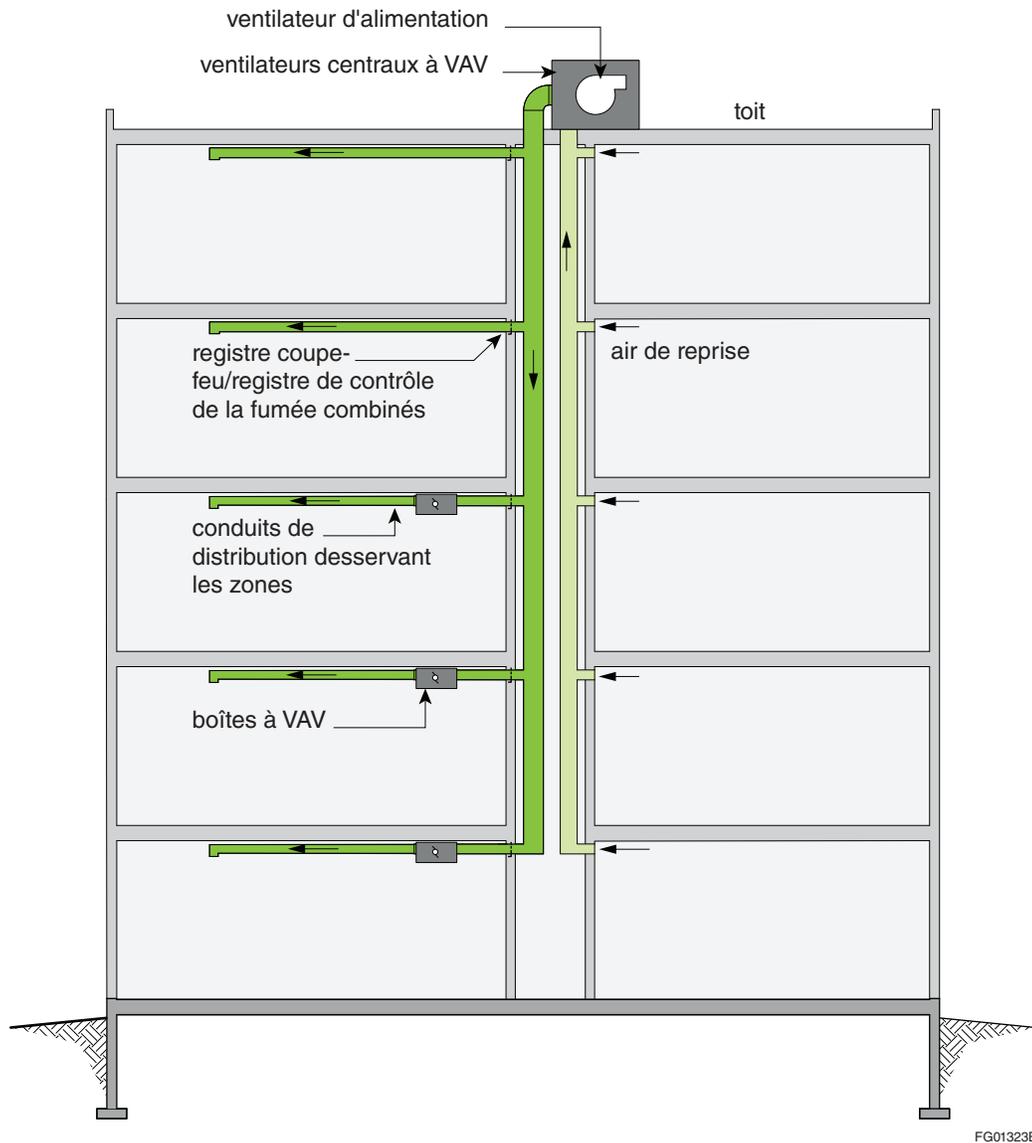


Figure 5-13
Exemple de réglage de la circulation d'air

Rendement de l'équipement (sous-section 5.2.12.)

31. Il importe de souligner que la réglementation fédérale, provinciale, territoriale ou municipale peut avoir préséance sur les exigences de rendement minimales énoncées à la sous-section 5.2.12. du CNÉB. Si les exigences de performance de l'équipement prescrites dans la réglementation fédérale, provinciale, territoriale ou municipale diffèrent de celles de la sous-section 5.2.12. du CNÉB, les exigences qui assurent le plus haut niveau de performance s'appliquent, conformément au paragraphe 1.1.1.3. 2) de la division A du CNÉB.
32. Afin de déterminer si les exigences du tableau 5.2.12.1.-P du CNÉB s'appliquent, les foyers à feu ouvert non décoratifs au gaz peuvent être identifiés par une mention qu'ils portent sur leur plaque signalétique, indiquant que le foyer a été mis à l'essai conformément à la note (5) du tableau 9.36.3.10. du CNB. Les foyers à feu ouvert non décoratifs sont destinés à être utilisés comme source de chaleur et pourraient être munis d'un thermostat.

Commentaire sur la partie 5

Équipement de rejet de la chaleur (article 5.2.12.2.)

33. Les exigences de performance du CNÉB relatives à l'équipement de rejet de la chaleur tiennent compte des exigences correspondantes de la norme ANSI/ASHRAE/IES 90.1, ce qui facilite la conception et la mise en application pour les administrations qui renvoient à ces deux documents.
34. L'exemple 5-7 illustre la façon de déterminer la conformité d'une tour de refroidissement avec le tableau 5.2.12.2. du CNÉB.

Exemple 5-7 – Calcul de la performance d'une tour de refroidissement

Une tour de refroidissement à contact direct est équipée de deux ventilateurs centrifuges de 15 kW et présente un débit de calcul de 112 L/s dans les conditions nominales. La température de l'eau est de 35 °C à l'entrée de la tour de refroidissement et de 29,4 °C à la sortie.

$$\text{Charge électrique totale} = 2 \times 15 \text{ kW} = 30 \text{ kW}$$

$$\text{Charge thermique totale} = q \times C_p \times \rho \times \Delta_T$$

où

- q = débit du fluide, en L/s;
- C_p = chaleur massique, en kJ/(kg×°C);
- ρ = masse volumique du fluide, en kg/m³; et
- Δ_T = écart de température entre l'eau à l'entrée et à la sortie.

$$\text{Charge thermique totale} = 112 \text{ L/s} \times 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg} \times ^\circ\text{C}) \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times (35 ^\circ\text{C} - 29,4 ^\circ\text{C}) = 2578 \text{ kW}$$

$$\text{Charge électrique totale}/\text{charge thermique totale} = 30 \text{ kW}/2578 \text{ kW} = 0,0116$$

La valeur de 0,0116 kW électrique/kW thermique est inférieure à la valeur maximale permise de 0,026 tirée du tableau 5.2.12.2. du CNÉB. Par conséquent, la performance de la tour de refroidissement, telle qu'elle a été conçue, est conforme aux exigences du CNÉB.

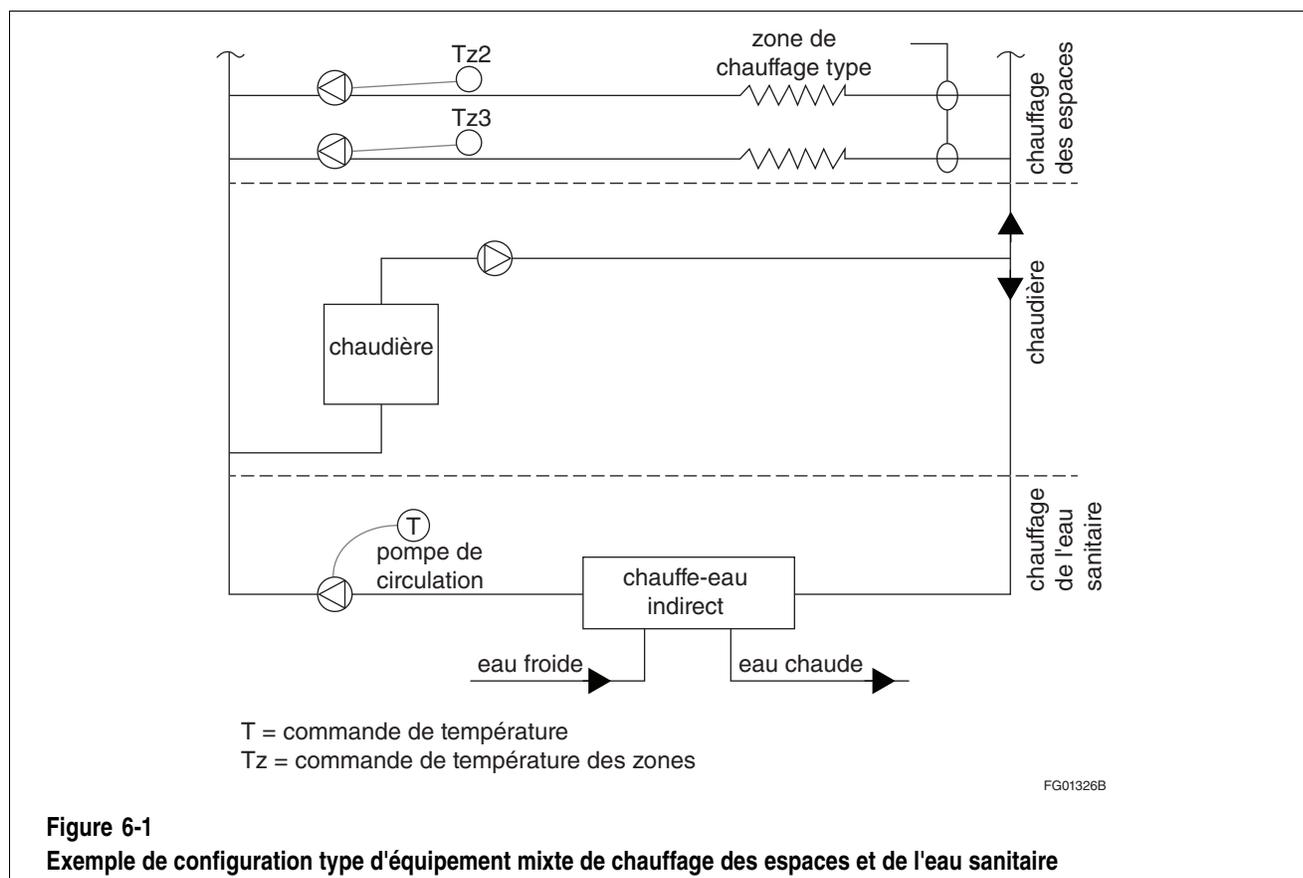
Commentaire sur la partie 6

Installations d'eau sanitaire

1. Sauf indication contraire dans le CNÉB, l'équipement mécanique, les installations et les commandes mis en place pour répondre aux besoins en matière d'eau sanitaire d'un bâtiment neuf doivent être conformes aux exigences de la partie 6 du CNÉB. Le présent commentaire fournit des renseignements additionnels sur la façon de satisfaire à ces exigences.
2. Se reporter à l'organigramme de la figure A-6.1.1.3. 1) du CNÉB pour les deux méthodes de conformité applicables aux installations d'eau sanitaire.

Équipement mixte de chauffage des espaces et de l'eau sanitaire (article 6.2.2.4.)

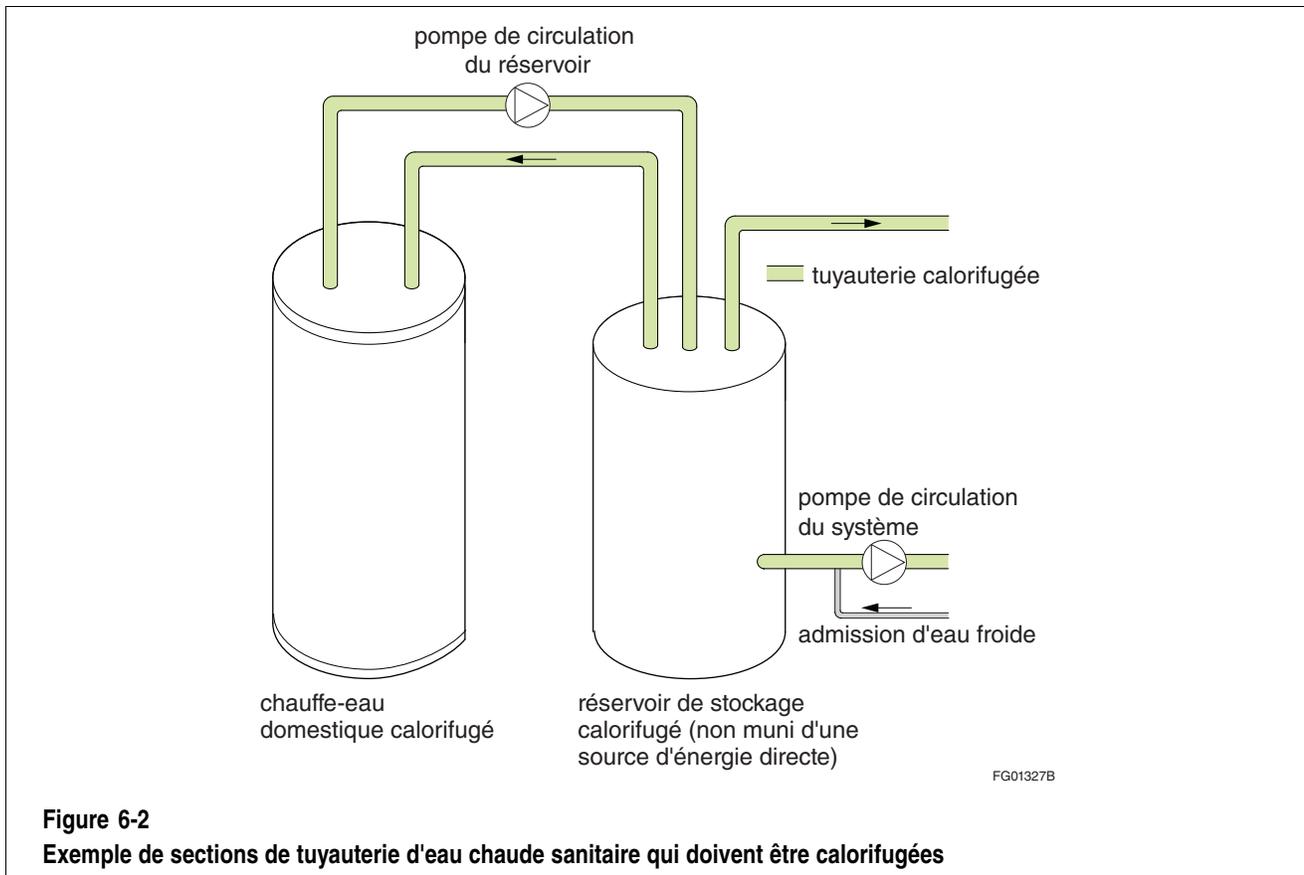
3. La figure 6-1 montre un exemple de configuration type de chaudière servant à la fois au chauffage de l'eau sanitaire et au chauffage des espaces.



Calorifugeage de la tuyauterie (article 6.2.3.1.)

4. La figure 6-2 montre un exemple de tuyauterie d'eau chaude sanitaire qui doit être calorifugée conformément aux exigences de l'article 6.2.3.1. du CNÉB.

Commentaire sur la partie 6



Les calorifuges pour tuyauterie sont fabriqués de façon à fournir à la tuyauterie le niveau d'isolation thermique exigé par le CNÉB. Le calorifuge ne doit pas être modifié aux endroits où il est exigé, car une telle modification pourrait influencer sur les propriétés physiques ou thermiques du calorifuge installé ou sur sa longévité, et ainsi nuire à la performance énergétique de la tuyauterie. Cet aspect revêt une importance particulière aux endroits où il pourrait y avoir une tendance à réduire ou à retirer le calorifuge, comme aux supports de tuyauterie ou aux points de raccordement des tuyaux avec d'autres composants de l'installation de plomberie, ou autour de ces éléments.

Chauffe-eau à distance ou chauffe-eau d'appoint (article 6.2.5.1.)

5. Afin de réduire les pertes de chaleur dans les applications où l'eau sanitaire doit être fournie à une température égale ou supérieure à 60 °C, comme pour les lave-vaisselle et d'autres procédés, des chauffe-eau d'appoint locaux distincts doivent être installés pour répondre à ces charges élevées. La figure 6-3 montre le schéma d'un chauffe-eau raccordé à un chauffe-eau d'appoint de manière à fournir deux températures d'eau sanitaire.

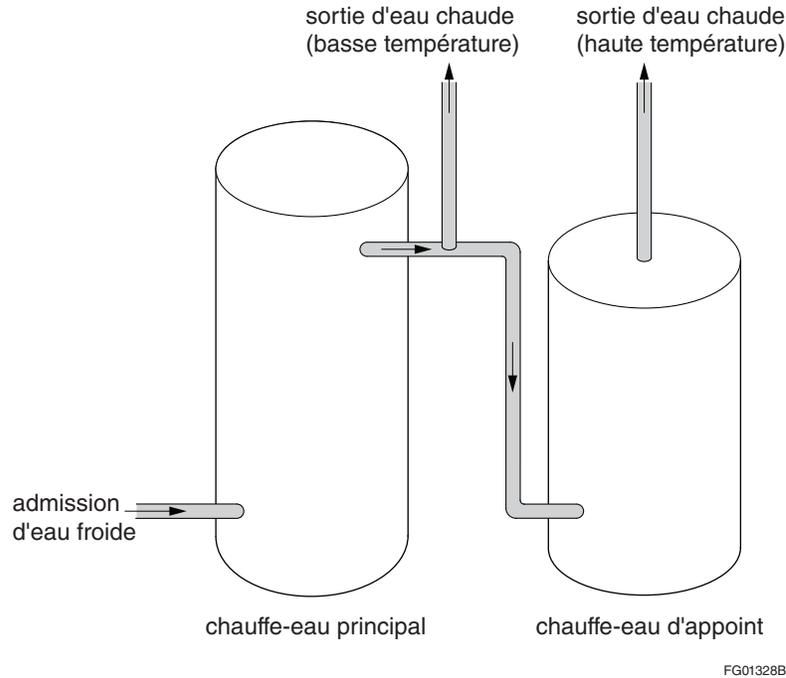


Figure 6-3

Exemple de configuration de chauffe-eau principal et de chauffe-eau d'appoint

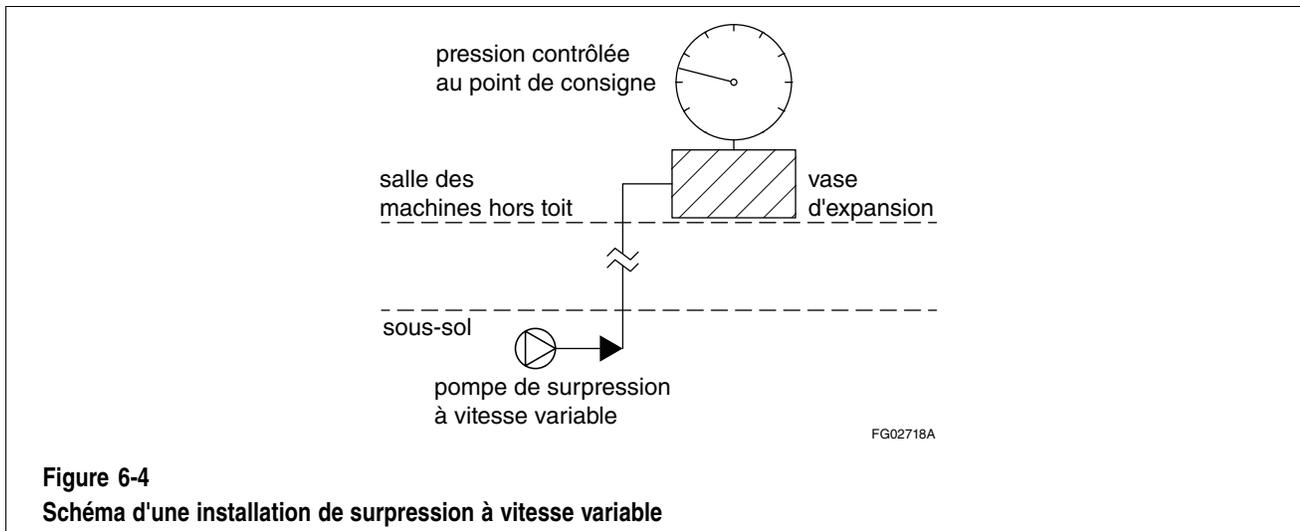
Débits d'eau maximaux des douches et des lavabos (articles 6.2.6.1. et 6.2.6.2.)

6. L'installation d'appareils sanitaires à faible débit d'eau constitue une mesure facile à prendre et peu coûteuse pour réduire la consommation énergétique dans un bâtiment. Cette mesure est particulièrement efficace dans les bâtiments où une grande quantité d'eau est utilisée, comme les bâtiments résidentiels ou récréatifs.
7. Les débits d'eau maximaux mentionnés dans le CNÉB concordent avec les lignes directrices et les normes en vigueur au Canada (p. ex., la norme ASME A112.18.1/CSA B125.1, « Plumbing Supply Fittings ») et peuvent être obtenus à l'aide de nombreux produits largement répandus qui n'influencent pas sur l'expérience ou l'efficacité du lavage des mains ou de l'utilisation d'une douche.
8. Il est à noter que le Code national de la plomberie – Canada contient également des exigences relatives aux débits d'eau maximaux.

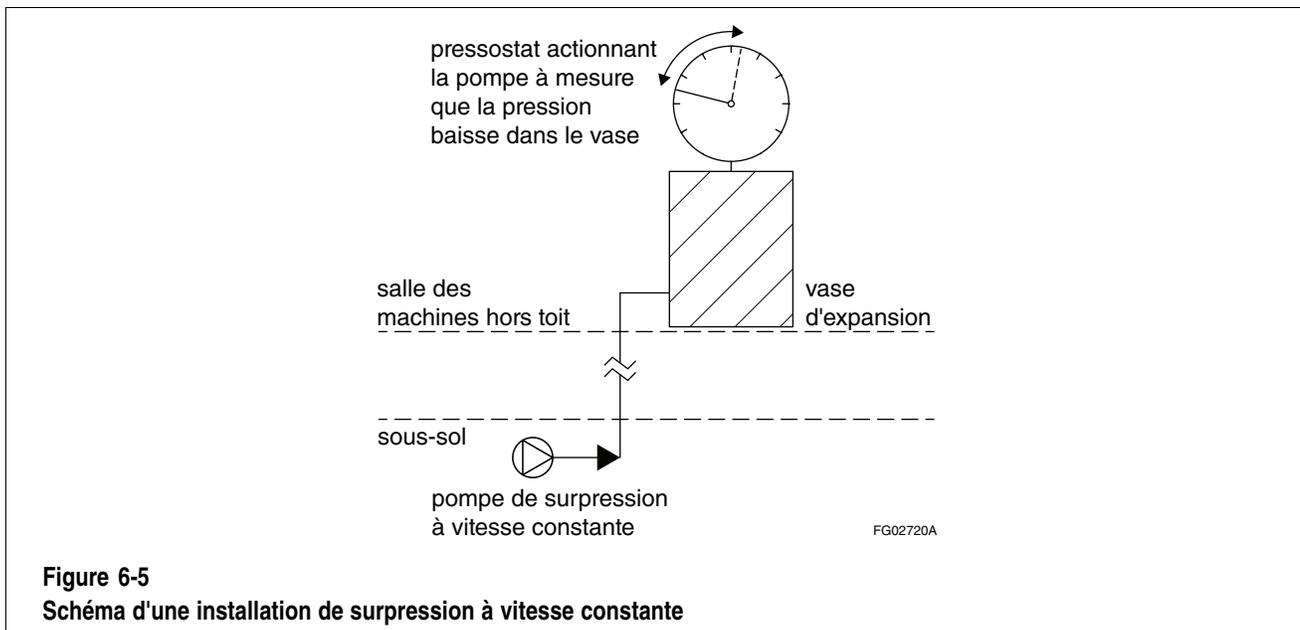
Installations de surpression (sous-section 6.2.8.)

9. Les exigences du CNÉB relatives aux installations de surpression tiennent compte des exigences correspondantes de la norme ANSI/ASHRAE/IES 90.1, ce qui facilite la conception et la mise en application pour les administrations qui renvoient à ces deux documents.
10. Une installation de surpression à vitesse variable assure la puissance de pompage requise à tout moment. À mesure que la demande diminue, un détecteur de pression enregistre une augmentation de la pression de canalisation et le débit de la pompe est réduit en conséquence. Le vase d'expansion aide à réduire au minimum les dommages potentiels causés par la pression à l'installation de plomberie. Se reporter à la figure 6-4.

Commentaire sur la partie 6



11. Contrairement à une installation de surpression à vitesse variable, une installation de surpression à vitesse constante fonctionne au besoin pour répondre à la demande. Dans le vase d'expansion, un pressostat actionne les pompes lorsque la pression descend au-dessous d'une limite déterminée (appelée « pression d'enclenchement ») jusqu'à ce que la pression de l'installation atteigne une limite déterminée (appelée « pression de coupure »), les pompes assurant ainsi en tout temps une pression plus élevée que la pression de calcul. Le vase d'expansion fournissant un volume à la baisse, il doit être de grande dimension afin de prévenir la succession fréquente de cycles de pompe. Se reporter à la figure 6-5.



Commentaire sur la partie 7

Systèmes de distribution d'électricité et moteurs électriques

Objet (article 7.1.1.1.)

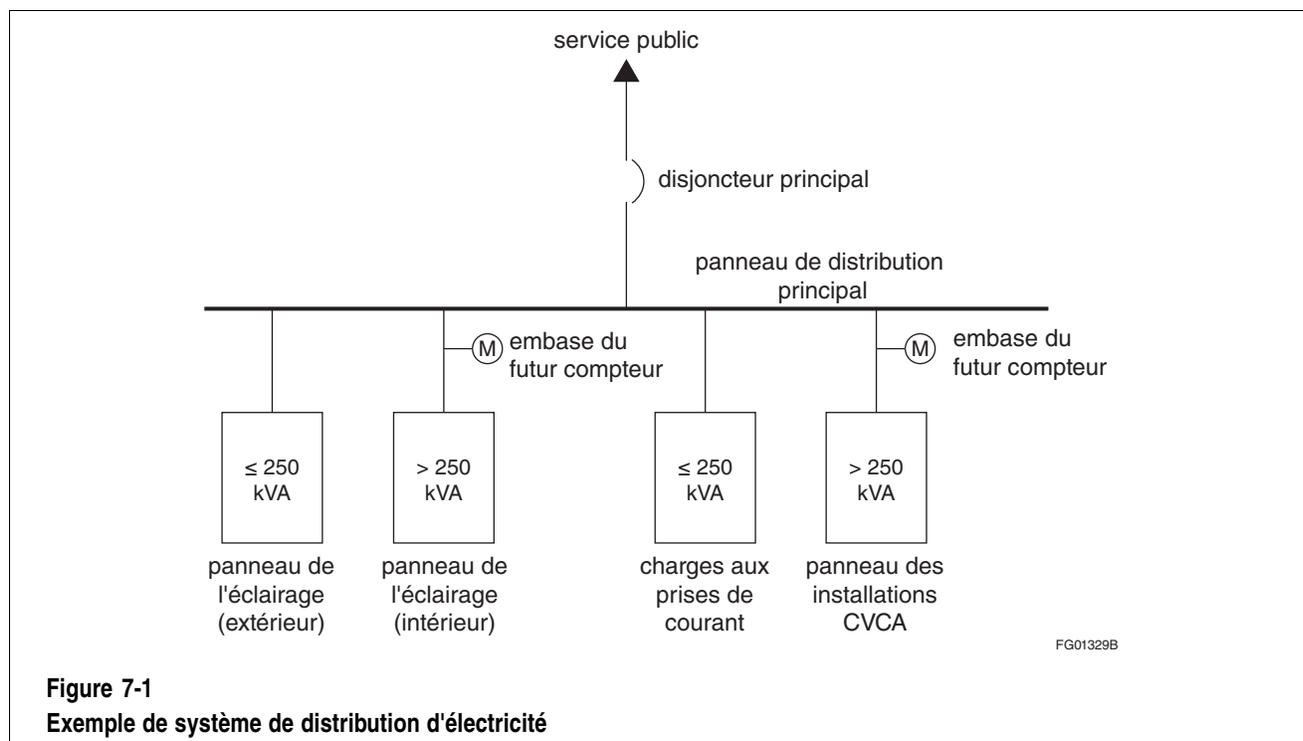
1. La partie 7 du CNÉB s'applique aux systèmes de distribution d'électricité, aux transformateurs et aux moteurs électriques reliés au réseau d'alimentation électrique du bâtiment, et porte sur les dispositifs de surveillance des systèmes de distribution d'électricité de plus de 250 kVA et sur les chutes de tension dans les artères d'alimentation et les circuits de dérivation.

Conformité (article 7.1.1.3.)

2. Se reporter à l'organigramme de la figure A-7.1.1.3. 1) du CNÉB pour les deux méthodes de conformité applicables aux systèmes de distribution d'électricité et aux moteurs électriques.

Surveillance de la consommation (article 7.2.1.1.)

3. La surveillance de la consommation d'énergie électrique est considérée comme essentielle à la gestion de l'énergie. Le CNÉB exige que la mise en place de dispositifs de surveillance des systèmes de distribution de l'électricité de plus de 250 kVA soit facilitée. Les approches de conformité types consistent à concevoir le plan de distribution de manière à inclure suffisamment d'espace pour mettre en place l'équipement, comme des compteurs ou des transformateurs de courant à pince. La figure 7-1 montre l'emplacement des embases des futurs compteurs qui permettront la surveillance des panneaux de l'éclairage intérieur et des installations CVCA.



Commentaire sur la partie 7

Chute de tension (sous-section 7.2.2.)

4. Les artères d'alimentation vont de l'équipement servant de point d'entrée de l'électricité dans le bâtiment jusqu'à l'équipement des circuits de dérivation (comme les disjoncteurs). Une chute de tension maximale de 2 % est permise dans une artère d'alimentation.
5. Les circuits de dérivation vont du disjoncteur final jusqu'aux prises ou aux charges. Une chute de tension maximale de 3 % est permise dans un circuit de dérivation.
6. La figure 7-2 montre les chutes de tension admissibles dans les artères et les circuits de dérivation.

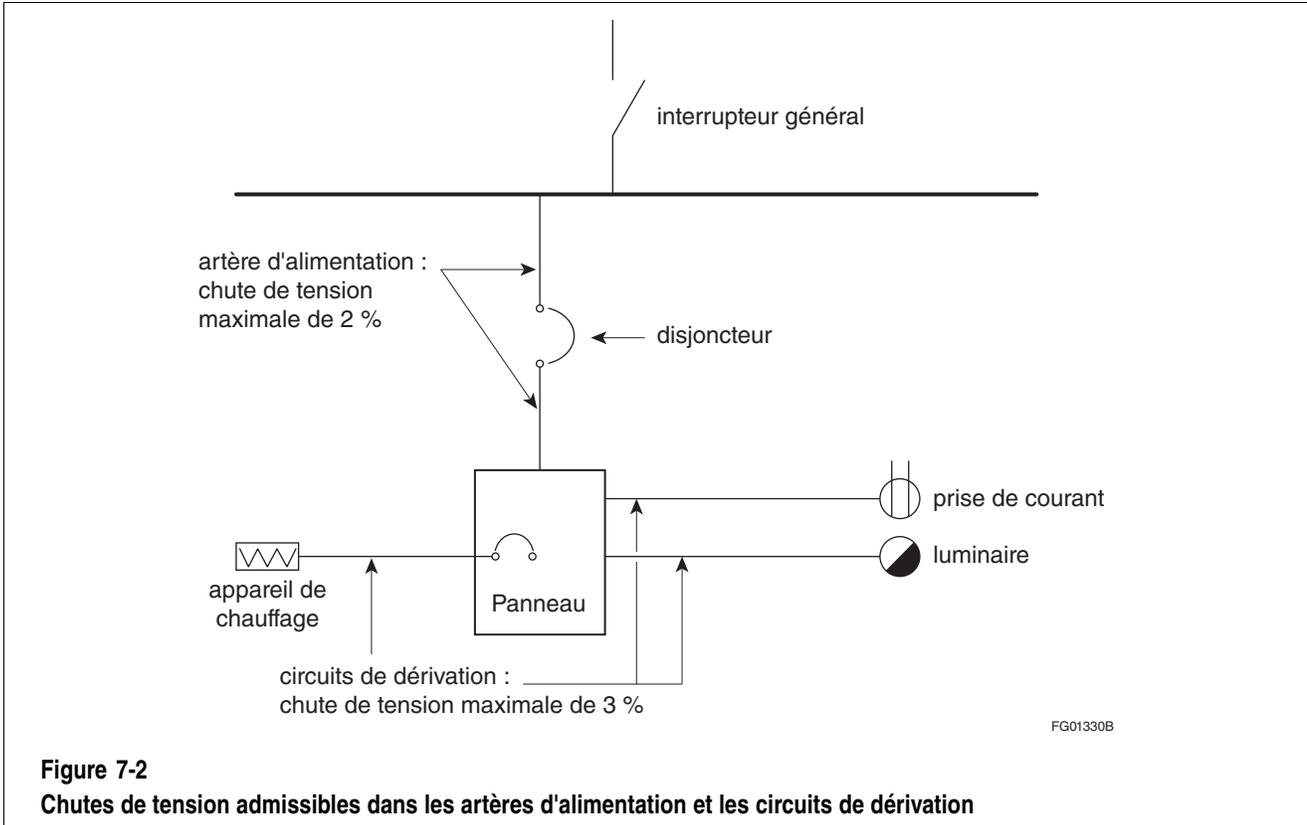


Figure 7-2
Chutes de tension admissibles dans les artères d'alimentation et les circuits de dérivation

Exemple 7-1 – Exemple de calcul d'une chute de tension

Un concepteur veut calculer la chute de tension dans un circuit de chauffage monophasé 208 V à deux câbles sous une charge de 50 A et d'une longueur de 30,5 m. Le circuit est fait de conducteurs en cuivre R90, calibre 6 AWG. L'impédance des conducteurs dépend du matériau dont est fait le conduit (PVC, aluminium ou acier), du facteur de puissance de la charge et de la température du conducteur. Aux fins du présent exemple, l'impédance est supposée égale à 1,48 Ω/km .

La chute de tension, VD, en volts, pour un circuit monophasé est calculée comme suit :

$$VD = \frac{2 \times L \times Z \times I}{1000}$$

où

L = longueur du circuit, en m;

Z = impédance effective du conducteur, en ohms/km (Ω/km); et

I = courant de charge tenant compte du facteur de puissance, en ampères.

Dans cet exemple, la chute de tension est donc déterminée comme suit :

$$VD = \frac{2 \times 30,5 \text{ m} \times 1,48 \Omega/\text{km} \times 50 \text{ A}}{1000 \text{ m/km}} = 4,50 \text{ V}$$

La chute de tension approximative est exprimée en pourcentage de la tension du circuit comme suit :

$$VD \text{ en pourcentage} = \frac{4,5 \text{ V}}{208 \text{ V}} \times 100 \% = 2,16 \%$$

Comme la chute de tension est inférieure à 3 %, le circuit satisfait à l'exigence de l'article 7.2.2.2. du CNÉB.

La chute de tension pour un circuit triphasé serait calculée comme suit :

$$VD = \frac{\sqrt{3} \times L \times Z \times I}{1000}$$

Commentaire sur la partie 8

Méthode de conformité par la performance énergétique

Objet (article 8.1.1.1.)

1. La partie 8 du CNÉB offre une solution de rechange aux exigences de la méthode des solutions de remplacement des parties 3 et 4 du CNÉB ainsi qu'aux exigences de la méthode prescriptive des parties 3 à 7 du CNÉB (voir la figure A-1.1.2.1. du CNÉB). Lors de l'application de la partie 8 du CNÉB, certaines dispositions prescriptives obligatoires doivent néanmoins être suivies, comme l'indiquent les sections 3.4., 5.4. et 6.4. du CNÉB. Le présent commentaire précise l'objet et le domaine d'application de la partie 8 du CNÉB ainsi que les méthodes de calcul et les règles de modélisation qui y sont abordées. Il présente en outre des exemples illustrant la façon dont la méthode de performance pourrait être appliquée à l'aide de trois types de bâtiment.
2. Le but de la méthode de conformité par la performance de la partie 8 du CNÉB n'est pas d'en arriver à une prévision exacte de la consommation annuelle d'énergie d'un bâtiment proposé, mais plutôt d'évaluer les effets des écarts par rapport aux exigences prescriptives relatives aux composants du bâtiment au moyen de méthodes de calcul équitables et cohérentes. La méthode de conformité par la performance vise à comparer la performance énergétique d'un bâtiment proposé à celle d'un bâtiment conçu conformément aux exigences prescriptives du CNÉB (le bâtiment de référence), et non à prédire la consommation énergétique du bâtiment réel (autre que le bâtiment modélisé). De ce fait, aux fins de l'exercice de modélisation, les données d'entrée relatives à certains paramètres du bâtiment doivent être déterminées sur la base d'hypothèses raisonnables. La simulation ne tient pas compte des économies possibles découlant d'opérations manuelles effectuées sur les composants du bâtiment (comme l'ajustement des rideaux par les occupants). Les variations par rapport aux charges dues à l'usage utilisées par défaut, les variations touchant la régulation et l'entretien, les variations par rapport aux données climatiques standard et la précision du programme de simulation peuvent également toutes avoir une incidence sur la consommation d'énergie modélisée.
3. La méthode de performance est une approche qui s'applique à l'ensemble du bâtiment dans laquelle deux bâtiments sont simulés (c.-à-d. modélisés) : un bâtiment proposé dont la consommation d'énergie calculée est représentative des spécifications et des plans de conception réels, et un bâtiment de référence qui est une réplique modélisée complète d'un bâtiment conforme aux exigences prescriptives des sections 3.2., 4.2., 5.2., 6.2. et 7.2. du CNÉB. La consommation énergétique annuelle du bâtiment de référence est appelée « consommation cible d'énergie » et celle du bâtiment proposé est appelée « consommation annuelle d'énergie ». Les deux simulations tiennent compte de l'effet de l'enveloppe du bâtiment, de l'éclairage, des installations CVCA, des installations de chauffage de l'eau sanitaire, des systèmes de distribution d'électricité et des moteurs électriques sur la consommation d'énergie. Lorsque les techniques de construction ou les composants du bâtiment utilisés dépassent les exigences prescriptives en matière d'efficacité énergétique, le surcroît de performance peut être crédité à condition qu'il puisse être quantifié et ne soit pas tributaire de l'interaction des occupants; de la même manière, si les techniques de construction utilisées sont moins efficaces, une pénalité sur la performance est modélisée. Un bâtiment proposé est jugé conforme s'il utilise autant ou moins d'énergie que le bâtiment de référence. La partie 8 du CNÉB renferme les règles de calcul de la consommation énergétique du bâtiment proposé et du bâtiment de référence.
4. La partie 8 du CNÉB s'applique aux bâtiments dont l'usage et l'emplacement sont connus. Des renseignements précis sur l'usage permettent de spécifier les charges internes appropriées et les horaires connexes, alors que l'emplacement permet de définir les charges environnementales et la conception des composants du bâtiment de référence.

Commentaire sur la partie 8

Méthode de performance (section 8.4.)

Aperçu de la conformité

5. Les étapes de base de la détermination de la conformité sont les suivantes :
- 1) recueillir les données d'entrée pour les calculs du modèle de consommation énergétique à partir de la conception du bâtiment proposé, de son usage, des horaires connexes et des données climatiques liées à l'emplacement;
 - 2) vérifier la cohérence des données d'entrée et la conformité à toutes les restrictions d'application;
 - 3) calculer la consommation annuelle d'énergie du bâtiment proposé au moyen d'une simulation de la consommation énergétique du bâtiment (à l'aide d'un logiciel d'analyse de la consommation d'énergie, par exemple);
 - 4) si le logiciel utilisé n'est pas programmé pour générer automatiquement un bâtiment de référence, créer les données relatives au bâtiment de référence à partir des données de conception du bâtiment proposé, en reproduisant par exemple ses aires de plancher, son orientation, son usage, les horaires et les données climatiques, d'une part, et à partir des exigences de la méthode prescriptive du CNÉB, d'autre part;
 - 5) calculer la consommation annuelle d'énergie du bâtiment de référence (c.-à-d. la consommation cible d'énergie);
 - 6) comparer les charges pendant les heures de non-conformité pour les deux bâtiments modélisés. Plusieurs raisons justifient cette comparaison :
 - l'une de ces raisons est d'éviter de générer une consommation annuelle d'énergie artificiellement faible en ne chauffant pas pleinement le bâtiment proposé (c.-à-d. en ne le chauffant pas au point de consigne) tandis que le bâtiment de référence est pleinement chauffé. Chauffer un bâtiment à un point de consigne inférieur à celui qui est considéré comme « normal » pour le type de bâtiment est acceptable en vertu du CNÉB, à condition que le bâtiment de référence soit modélisé au moyen du même point de consigne (voir l'article 8.4.4.2. du CNÉB);
 - une autre raison est que certains logiciels de simulation (comme DOE-2.1E) ont des limitations, ce qui signifie qu'ils ne peuvent pas prendre en compte de façon appropriée un chauffage ou un refroidissement insuffisant d'un intervalle de temps à un autre ou d'un niveau donné (p. ex., une unité de traitement de l'air) à un niveau plus élevé (p. ex., l'installation), ce qui mène à des calculs de consommation d'énergie incorrects;
 - enfin, le nombre d'heures de refroidissement non respecté fait l'objet d'un contrôle visant à s'assurer que la capacité en moins, le cas échéant, est similaire tant pour le bâtiment proposé que pour le bâtiment de référence. Si le bloc thermique du bâtiment proposé n'inclut pas de capacité de refroidissement, le bâtiment de référence doit également être modélisé sans capacité de refroidissement;
 - 7) comparer l'énergie utilisée par le bâtiment proposé à celle utilisée par le bâtiment de référence. Si le bâtiment proposé utilise plus d'énergie que le bâtiment de référence, ses paramètres de conception doivent être révisés et les résultats doivent être recalculés, ou bien une méthode de conformité différente peut être adoptée; si le bâtiment proposé présente une consommation énergétique égale ou inférieure à celle du bâtiment de référence, le concepteur peut générer des rapports de conformité et les soumettre à l'agent du bâtiment.

Calculs de conformité (sous-section 8.4.2.)

6. De nombreux logiciels d'analyse peuvent effectuer des simulations détaillées de la consommation d'énergie pour la conception du bâtiment proposé et du bâtiment de référence : moteurs de calcul DOE-2.1E et DOE-2.2; logiciels CanQUEST et eQUEST, qui combinent un pré-/post-processeur graphique et un moteur de calcul DOE; EnergyPlus, IES-VE, TRNSYS; et d'autres, comme les logiciels mentionnés dans le Building Energy Software Tools Directory, accessible à partir du site Web du département américain de l'énergie (www.ibpsa.us/best-directory-list). Toutefois, au moment de la publication de l'édition de 2020 du présent guide de l'utilisateur, seul IES-VE est en mesure de générer automatiquement un bâtiment de référence conforme aux exigences prescriptives des parties 3 à 7 du CNÉB tout en tenant compte des spécifications relatives au bâtiment proposé.

7. Si le procédé est acceptable pour l'autorité compétente, il n'est pas nécessaire que les calculs soient tous effectués à l'aide de la même méthode. Par exemple, on peut combiner des calculs manuels simples avec d'autres moyens afin de prendre en compte toutes les caractéristiques pertinentes du bâtiment proposé menant à un crédit ou à une pénalité. Il est important de tenir compte de tout effet croisé entre les caractéristiques ou les composants d'un bâtiment, le cas échéant, ou de considérer prudemment les résultats de ces calculs.

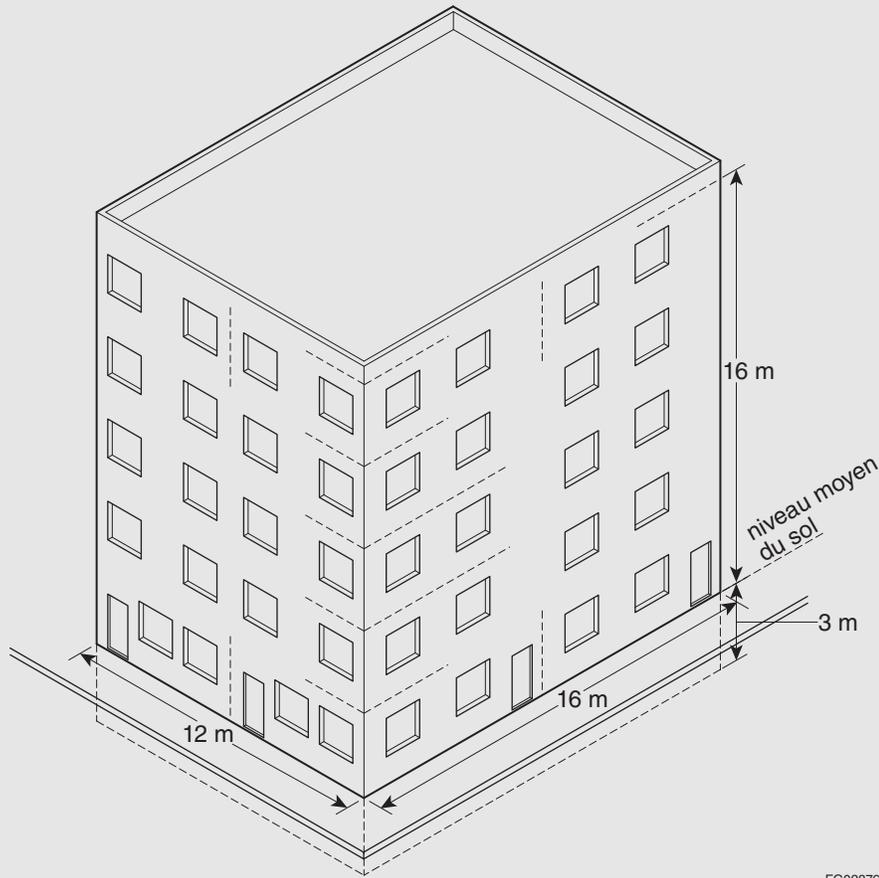
Fuites d'air (article 8.4.2.9.) (voir aussi les paragraphes 8.4.3.3. 3) et 8.4.4.3. 6))

8. Tant pour le bâtiment de référence que pour le bâtiment proposé, le taux de fuite d'air au travers de l'enveloppe du bâtiment doit être calculé au moyen de l'équation donnée au paragraphe 8.4.2.9. 2) du CNEB. Le taux de fuite d'air de $1,50 \text{ L}/(\text{s}\times\text{m}^2)$ sous une pression différentielle de 75 Pa, qui est utilisé dans la norme ASTM E3158, « Standard Test Method for Measuring the Air Leakage Rate of a Large or Multizone Building », doit être converti en un taux de fuite d'air rajusté par rapport à l'aire des murs hors sol sous une pression différentielle de 5 Pa, un taux accepté par la plupart des logiciels de modélisation énergétique. Si le taux de fuite d'air pour le bâtiment proposé a été déterminé à partir d'un essai d'étanchéité à l'air, il est permis que ce taux soit converti en un taux de fuite d'air sous une pression différentielle de service type, lequel peut être simulé dans le modèle de consommation énergétique. Le bâtiment de référence utilisera en tout temps le taux de $1,50 \text{ L}/(\text{s}\times\text{m}^2)$ sous une pression différentielle de 75 Pa. L'exemple 8-1 présente un exemple de calcul du taux de fuite d'air à inclure dans le modèle de consommation énergétique.

Commentaire sur la partie 8

Exemple 8-1 – Calcul du taux de fuite d'air rajusté pour le modèle de consommation énergétique

Le bâtiment illustré à la figure A est en cours de conception. La méthode de performance de la partie 8 du CNÉB a été choisie pour démontrer la conformité au CNÉB. Le modélisateur doit déterminer le taux de fuite d'air à inclure dans le modèle de consommation énergétique du bâtiment proposé en utilisant les dimensions du bâtiment pour convertir le taux de fuite d'air de 1,50 L/(s×m²) sous une pression différentielle de 75 Pa en un taux de fuite d'air rajusté sous une pression différentielle de 5 Pa.



FG02876A

Figure A
Dimensions du bâtiment

À partir des dimensions du bâtiment, les aires des composants de l'enveloppe du bâtiment sont calculées comme suit :

| Composant de l'enveloppe | Dimensions, en m | Aire, en m ² |
|------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Toit | 16 × 12 | 192 |
| Dalle en contact avec le sol | 16 × 12 | 192 |
| Murs sous le niveau du sol | (16 + 16 + 12 + 12) × 3 | 168 |
| Murs hors sol | (16 + 16 + 12 + 12) × 16 | 896 |
| | | Total : 1448 |

Exemple 8-1 – Calcul du taux de fuite d'air rajusté pour le modèle de consommation énergétique (suite)

Conformément au paragraphe 8.4.2.9. 2) du CNÉB, l'équation suivante est utilisée pour rajuster le taux de fuite d'air de l'enveloppe du bâtiment :

$$I_{AGW} = C \times I_{75Pa} \times \frac{S}{A_{AGW}}$$

où

$$C = (5 \text{ Pa}/75 \text{ Pa})^{0,60};$$

I_{75Pa} = taux de fuite d'air sous une pression différentielle de 75 Pa = 1,50 L/(s·m²);

S = aire totale de l'enveloppe du bâtiment = 1448 m²; et

A_{AGW} = aire totale des murs hors sol = 896 m².

Par conséquent, le taux de fuite d'air rajusté, I_{AGW} , sous une pression différentielle de 5 Pa, est calculé comme suit :

$$I_{AGW} = (5 \text{ Pa}/75 \text{ Pa})^{0,60} \times (1,50 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)) \times (1448 \text{ m}^2)/(896 \text{ m}^2) = 0,477 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$$

Calculs des installations CVCA (article 8.4.2.10.)

9. Les valeurs du rendement de l'équipement CVCA utilisées comme données d'entrée dans les calculs du modèle de consommation énergétique du bâtiment proposé doivent correspondre aux conditions nominales indiquées dans la norme pertinente des tableaux 5.2.12.1.-A à 5.2.12.1.-P du CNÉB, et non aux conditions de calcul réelles indiquées dans les spécifications et les dessins, afin d'assurer une comparaison équitable avec l'équipement du bâtiment de référence, lequel sera également modélisé à l'aide des valeurs de rendement indiquées dans le tableau. Par exemple, pour un bâtiment proposé situé à Whistler (Colombie-Britannique), l'efficacité de combustion d'une chaudière serait entrée dans les calculs du modèle sans rajustement visant à tenir compte de l'altitude, c'est-à-dire comme si la chaudière était située au niveau de la mer.
10. Il est important de noter que la modélisation des ventilateurs (alimentation et condenseur) d'installations intégrées doit être effectuée séparément de celle des compresseurs, puisqu'il arrive que ces ventilateurs fonctionnent indépendamment des compresseurs – par exemple, pour distribuer l'air de ventilation pendant les heures d'occupation sans demande de refroidissement ni de chauffage – ou qu'ils fonctionnent dans des conditions de charge partielle (pour les applications de type VAV), etc. Selon le logiciel d'analyse de l'énergie utilisé, il peut être nécessaire de rajuster manuellement le rendement de l'équipement pour exclure la puissance appelée des ventilateurs, qui serait entrée séparément dans le modèle de consommation énergétique.

Consommation annuelle d'énergie du bâtiment proposé (sous-section 8.4.3.)

11. Le modèle du bâtiment proposé doit être conforme aux spécifications et aux paramètres de conception du bâtiment proposé, ainsi qu'aux conditions nominales des installations CVCA indiquées dans la norme pertinente des tableaux 5.2.12.1.-A à 5.2.12.1.-P du CNÉB. De plus, le modèle du bâtiment proposé doit tenir compte de la consommation d'énergie attribuable à l'enveloppe du bâtiment, à l'éclairage, aux installations CVCA, aux installations de chauffage de l'eau sanitaire, aux systèmes de distribution d'électricité et aux moteurs électriques qui seront installés.

Consommation cible d'énergie du bâtiment de référence (sous-section 8.4.4.)

12. Le modèle du bâtiment de référence est une réplique du bâtiment proposé, sauf que les paramètres de conception entrés dans les calculs correspondent aux exigences de la méthode prescriptive pour chacun des paramètres du bâtiment ayant une incidence sur la consommation d'énergie (c.-à-d. l'enveloppe du bâtiment (3.2.), l'éclairage (4.2.), les installations CVCA (5.2.), les installations de chauffage de l'eau sanitaire (6.2.) ainsi que les systèmes de distribution d'électricité et moteurs électriques (7.2.)) pour la zone de degrés-jours de chauffage applicable à l'emplacement du bâtiment (voir le paragraphe 1.1.4.1. 1) du CNÉB).

Commentaire sur la partie 8

Généralités (article 8.4.4.1.)

13. Lors de la définition du bâtiment de référence, une hypothèse de base veut que les données d'entrée doivent être les mêmes pour le bâtiment de référence et le bâtiment proposé :
- aire de plancher et forme;
 - blocs thermiques;
 - type de bâtiment ou fonctions des espaces;
 - emplacement et orientation du bâtiment;
 - emplacement des éléments de fenêtrage (fenêtres, lanterneaux, portes vitrées) (ces éléments peuvent nécessiter des rajustements dans les cas où ils diffèrent du rapport permis dans le CNÉB);
 - densité d'occupation, chauffage de l'eau sanitaire, charges internes et horaires; et
 - horaires des ventilateurs d'alimentation, de reprise et d'extraction.

Horaires d'exploitation (paragraphe 8.4.3.2. 1) et 8.4.4.2. 1))

14. L'intention des paragraphes 8.4.3.2. 1) et 8.4.4.2. 1) du CNÉB est d'assurer que la même base de comparaison est utilisée pour les deux modèles puisque les charges internes, les horaires et l'usage du bâtiment peuvent avoir des répercussions importantes sur la consommation énergétique d'un bâtiment.
15. Il est permis d'utiliser des valeurs de charge et des horaires autres que ceux qui sont fournis dans le CNÉB à condition qu'ils soient raisonnables dans le contexte de la conception du bâtiment proposé et de son exploitation prévue, et que les mêmes valeurs et horaires soient utilisés dans le modèle de consommation énergétique du bâtiment de référence.
16. Les exemples 8-2 à 8-4 donnent des indications sur la modélisation d'un bâtiment de référence conforme au CNÉB si le logiciel utilisé ne génère pas automatiquement un modèle.

Exemple 8-2 – Conception des composants pour un immeuble de bureaux non aménagé

Un immeuble de bureaux non aménagé de 33 étages qui sera construit à Toronto (Ontario) est en cours de conception. Les espaces de bureaux seront laissés non finis jusqu'à leur location, moment auquel ils seront aménagés en fonction des besoins des locataires. Aux fins de cet exemple, les hypothèses d'aménagement des locataires sont identiques dans le bâtiment proposé et le bâtiment de référence et sont traitées comme étant minimalement conformes, c'est-à-dire comme satisfaisant aux exigences prescriptives. Pour déterminer la consommation annuelle d'énergie du bâtiment proposé et en démontrer la conformité, des hypothèses relatives aux installations CVCA, à l'enveloppe du bâtiment, à l'éclairage et au chauffage de l'eau sanitaire sont nécessaires comme données d'entrée pour le modèle (voir le tableau suivant).

Hypothèses relatives aux composants du bâtiment utilisées pour modéliser l'immeuble de bureaux non aménagé

| Composant | Hypothèses relatives au bâtiment proposé | Hypothèses relatives au bâtiment de référence |
|-----------------------|---|--|
| Enveloppe du bâtiment | <p>Utiliser la conception du bâtiment proposé. Les éléments de l'enveloppe du bâtiment qui couvrent moins de 5 % de l'aire totale de ce type d'élément peuvent être combinés avec des éléments de même orientation et de performance thermique similaire (voir le paragraphe 8.4.3.1. 6) du CNÉB).</p> <p>Déterminer le coefficient de gain solaire, de l'absorptance solaire et des fuites d'air conformément à l'article 8.4.3.3. du CNÉB.</p> <p>Fenêtrage et portes conformes à la conception du bâtiment proposé.</p> | <p>Utiliser les niveaux de performance prescriptifs spécifiés à la section 3.2. du CNÉB.</p> <p>Utiliser les mêmes valeurs d'absorptance solaire que pour les éléments du bâtiment proposé, mais utiliser une valeur de 0,7 pour les toits (voir les paragraphes 8.4.4.3. 1) et 2) du CNÉB).</p> <p>Si le rapport entre l'aire totale du fenêtrage vertical et des portes et l'aire brute des murs (FDWR) et l'aire des lanterneaux diffèrent des valeurs maximales prescriptives de l'article 3.2.1.4. du CNÉB, rajuster le FDWR et l'aire des lanterneaux proportionnellement le long de chaque orientation jusqu'à ce qu'ils soient conformes à cet article (voir le paragraphe 8.4.4.3. 3) du CNÉB).</p> |
| Éclairage | <p>Utiliser la méthode de l'aire du bâtiment décrite à l'article 4.2.1.5. du CNÉB pour déterminer la densité de puissance d'éclairage (LPD) (8,5 W/m² pour les espaces des locataires dans cet exemple) (voir la note A-4.2.1.3. du CNÉB).</p> <p>Puisque la même valeur de LPD est utilisée pour les espaces des locataires dans la conception du bâtiment proposé et dans celle du bâtiment de référence, aucun crédit n'est disponible pour les réductions de puissance d'éclairage dans les espaces des locataires.</p> | <p>Utiliser la même LPD que pour le bâtiment proposé dans le cas des espaces des locataires.</p> <p>La méthode de l'aire du bâtiment ne tient pas compte de l'éclairage des aires de travail ni de la configuration des pièces à l'intérieur d'un immeuble de bureaux.</p> |
| CVCA | <p>Si les zones CVCA dans les espaces des locataires n'ont pas encore été conçues, plusieurs zones CVCA peuvent être combinées de manière à créer un seul bloc thermique (voir l'article 1.4.1.2. de la division A du CNÉB pour la définition de ce terme). Toutefois, les blocs thermiques dans les espaces intérieurs et les espaces périphériques ne peuvent pas être combinés (par « espace périphérique », il faut entendre l'espace s'étendant vers l'intérieur sur une distance d'environ 4,6 m à partir du mur extérieur).</p> <p>Tous les blocs thermiques sont considérés comme chauffés et refroidis, même si les systèmes prévus ne sont pas encore installés (voir le paragraphe 8.4.3.1. 4) du CNÉB).</p> | <p>Utiliser les mêmes types d'installation de chauffage et de refroidissement que pour la conception proposée. Les charges sont différentes en raison des différences dans l'enveloppe du bâtiment. Le découpage en zones CVCA doit être identique à la conception proposée du point de vue des aires de plancher, de la superficie totale de l'enveloppe par orientation, et des aires des éléments internes. Toutefois, l'aire du fenêtrage, des portes et des lanterneaux par orientation sera différente par rapport à celle du bâtiment proposé puisqu'elle doit être conforme à l'article 3.2.1.4. du CNÉB.</p> <p>Sélectionner l'installation CVCA appropriée à l'aide du tableau 8.4.4.7.-A du CNÉB (dans cet exemple, il s'agit d'une installation à blocs autonomes multizone avec plinthes chauffantes). Les plinthes chauffantes doivent être alimentées par la même source d'énergie que dans la conception proposée.</p> |

Commentaire sur la partie 8

Exemple 8-2 – Conception des composants pour un immeuble de bureaux non aménagé (suite)

Hypothèses relatives aux composants du bâtiment utilisées pour modéliser l'immeuble de bureaux non aménagé (suite)

| Composant | Hypothèses relatives au bâtiment proposé | Hypothèses relatives au bâtiment de référence |
|----------------------|--|--|
| CVCA (suite) | <p>Utiliser les charges par défaut applicables pour la densité d'occupation, la charge de pointe aux prises de courant et le chauffage de l'eau sanitaire, tirées du tableau A-8.4.3.2. 2)-A du CNÉB, ainsi que l'horaire d'exploitation par défaut applicable tiré de la note A-8.4.3.2. 1) du CNÉB (dans cet exemple, le tableau A-8.4.3.2. 1)-A du CNÉB représente le mieux le type de bâtiment).</p> <p>Conformément à la conception du bâtiment proposé.</p> <p>Conformément à la conception du bâtiment proposé.</p> | <p>Utiliser le même horaire d'exploitation par défaut et les mêmes charges par défaut que pour la conception proposée.</p> <p>Les exigences minimales touchant l'air extérieur sont basées sur les exigences minimales des normes applicables.</p> <p>Appliquer les mêmes coefficients de surdimensionnement aux appareils de chauffage et de refroidissement que pour ceux du bâtiment proposé (voir l'article 8.4.4.8. du CNÉB). Toutefois, si le coefficient de surdimensionnement des appareils de chauffage du bâtiment proposé dépasse 30 %, appliquer un coefficient de surdimensionnement de 30 % aux appareils de chauffage du bâtiment de référence. De plus, si le coefficient de surdimensionnement des appareils de refroidissement du bâtiment proposé dépasse 10 %, appliquer un coefficient de surdimensionnement de 10 % aux appareils de refroidissement du bâtiment de référence. Calculer la charge de la section de traitement de l'air dans chaque bloc thermique pour les installations de chauffage, de réchauffage, de refroidissement et de refroidissement additionnel; les capacités des installations de chauffage et de refroidissement des espaces; les débits d'air des sections de traitement de l'air pour les installations d'alimentation et de reprise d'air; et les exigences d'alimentation en air extérieur pour le refroidissement par l'air extérieur.</p> |
| Eau chaude sanitaire | <p>Identiques à celles du bâtiment de référence.</p> <p>Conformément à la conception du bâtiment proposé.</p> | <p>Utiliser les charges par défaut applicables pour les bureaux tirées du tableau A-8.4.3.2. 2)-A du CNÉB ainsi que l'horaire d'exploitation par défaut applicable tiré de la note A-8.4.3.2. 1) du CNÉB pour le calcul du nombre d'occupants et de la charge de chauffage de l'eau sanitaire.</p> <p>L'appareil de chauffage de l'eau sanitaire utilise la ou les mêmes sources d'énergie et le même type d'équipement que dans la conception proposée, et il est conforme aux normes de performance applicables mentionnées au tableau 6.2.2.1. du CNÉB, en supposant qu'aucune des exceptions énoncées aux paragraphes 8.4.4.20. 2) à 4) du CNÉB ne s'applique.</p> |

Exemple 8-3 – Conception des composants pour un entrepôt semi-chauffé

Un entrepôt de 4600 m² de superficie et de 7,3 m de hauteur qui est semi-chauffé à 7 °C est en cours de conception en vue de sa construction à Edmonton (Alberta). Le propriétaire a demandé que les murs soient faits d'éléments de maçonnerie en béton pouvant résister aux dommages causés par les chariots élévateurs à fourche pour les trois premiers mètres de hauteur, et que la partie supérieure des murs soit faite d'un revêtement en tôle d'acier sur une ossature d'acier. L'aire du fenêtrage vertical et celle des portes représentent chacune 6 % de la conception proposée. Le toit plat est fait d'un plâtrage en acier isolé au moyen de mousse rigide d'isocyanurate et revêtu d'une membrane d'étanchéité monocouche fixée en place. Un bureau chauffé de 72 m² sur 1 étage est situé à une extrémité du bâtiment. Étant donné que les parties de mur faites d'éléments de maçonnerie en béton ne satisfont pas aux exigences prescriptives en matière de performance et que les parties de mur en acier ne permettent pas l'utilisation de solutions de remplacement, le concepteur a décidé de démontrer la conformité au moyen de la méthode de conformité par la performance énergétique. Ce bâtiment semi-chauffé proposé peut satisfaire à des exigences moins rigoureuses relativement à l'enveloppe du bâtiment si sa consommation annuelle d'énergie est égale ou inférieure à la consommation cible d'énergie du bâtiment de référence, lequel utilise une température de consigne de 18 °C. Pour déterminer la consommation annuelle d'énergie du bâtiment proposé et en démontrer la conformité, des hypothèses relatives aux installations CVCA, à l'enveloppe du bâtiment, à l'éclairage et au chauffage de l'eau sanitaire sont nécessaires comme données d'entrée pour le modèle (voir le tableau suivant).

Hypothèses relatives aux composants du bâtiment utilisées pour modéliser l'entrepôt semi-chauffé

| Composant | Hypothèses relatives au bâtiment proposé | Hypothèses relatives au bâtiment de référence |
|-----------------------|---|---|
| Enveloppe du bâtiment | Utiliser la conception du bâtiment proposé. Les éléments de l'enveloppe du bâtiment qui couvrent moins de 5 % de l'aire totale de ce type d'élément peuvent être combinés avec des éléments de même orientation et de performance thermique similaire (voir le paragraphe 8.4.3.1. 6) du CNÉB). Déterminer le coefficient de gain solaire, de l'absorptance solaire et des fuites d'air conformément à l'article 8.4.3.3. du CNÉB. | Utiliser les niveaux de performance prescriptifs spécifiés à la section 3.2. du CNÉB pour toutes les aires de mur et de toit. Utiliser les mêmes valeurs d'absorptance solaire que pour les éléments du bâtiment proposé, mais utiliser une valeur de 0,7 pour les toits (voir les paragraphes 8.4.4.3. 1) et 2) du CNÉB). Rajuster l'aire des fenêtres et des portes et l'aire des lanterneaux proportionnellement le long de chaque orientation jusqu'à ce qu'elles soient conformes au FDWR indiqué à l'article 3.2.1.4. du CNÉB (voir le paragraphe 8.4.4.3. 3) du CNÉB). |
| Éclairage | Utiliser l'horaire d'exploitation réel du bâtiment proposé ou l'horaire d'exploitation par défaut pour l'éclairage d'un entrepôt tiré du tableau A-8.4.3.2. 1)-A du CNÉB (dans cet exemple, le tableau A-8.4.3.2. 1)-A du CNÉB représente le mieux le type de bâtiment). Utiliser la densité de puissance d'éclairage (LPD) de la conception proposée ou utiliser la LPD par défaut pour les entrepôts indiquée au tableau 4.2.1.5. du CNÉB (4,8 W/m ²) dans le modèle du bâtiment proposé et dans celui du bâtiment de référence (voir la note A-4.2.1.3. du CNÉB). | Utiliser le même horaire d'exploitation que pour le bâtiment proposé. Utiliser la LPD par défaut pour les entrepôts indiquée au tableau 4.2.1.5. du CNÉB (4,8 W/m ²). |
| CVCA | Utiliser les charges et l'horaire d'exploitation proposés réels et une température de consigne de l'installation de chauffage de 7 °C. L'installation CVCA spécifiée est un générateur de chaleur suspendu. | La température de consigne de l'installation de chauffage de l'entrepôt semi-chauffé de référence est de 18 °C (voir le paragraphe 8.4.4.2. 3) du CNÉB). Utiliser le même horaire d'exploitation que pour le bâtiment proposé. |

Commentaire sur la partie 8

Exemple 8-3 – Conception des composants pour un entrepôt semi-chauffé (suite)

Hypothèses relatives aux composants du bâtiment utilisées pour modéliser l'entrepôt semi-chauffé (suite)

| Composant | Hypothèses relatives au bâtiment proposé | Hypothèses relatives au bâtiment de référence |
|----------------------|---|---|
| CVCA (suite) | <p>Si les charges et l'horaire réels ne sont pas connus, utiliser les charges par défaut applicables pour les entrepôts tirées du tableau A-8.4.3.2. 2)-A du CNÉB (1500 m² par occupant) ainsi que l'horaire d'exploitation par défaut applicable tiré de la note A-8.4.3.2. 1) du CNÉB (dans cet exemple, le tableau A-8.4.3.2. 1)-A du CNÉB est celui qui s'applique le mieux).</p> <p>Les générateurs de chaleur suspendus conformes à la norme ANSI Z83.8/CSA 2.6 ont des conduits d'air de combustion et de ventilation distincts traversant verticalement le toit ou horizontalement un mur. Les générateurs de chaleur suspendus ne fournissent pas d'air extérieur pour répondre aux exigences d'alimentation en air extérieur. Dans la norme ANSI/ASHRAE 62.1, le débit d'alimentation en air extérieur minimal pour un entrepôt est de 0,3 L/(s×m²) (0,06 pi³/min/pi²). Une section de traitement de l'air ou une unité d'air d'appoint entièrement alimentée par de l'air extérieur peut être utilisée pour satisfaire aux exigences de ventilation de zone.</p> | <p>Utiliser le même horaire d'exploitation et les mêmes charges par défaut que pour la conception proposée. Déterminer l'installation CVCA appropriée à l'aide du tableau 8.4.4.7.-A du CNÉB (dans cet exemple, l'installation appropriée est une unité d'air d'appoint monozone avec plinthes chauffantes). La performance de l'installation CVCA doit satisfaire aux exigences prescriptives des tableaux 5.2.12.1.-B à 5.2.12.1.-J du CNÉB.</p> <p>Appliquer les mêmes coefficients de surdimensionnement aux appareils de chauffage et de refroidissement que pour ceux du bâtiment proposé (voir l'article 8.4.4.8. du CNÉB). Toutefois, si le coefficient de surdimensionnement des appareils de chauffage du bâtiment proposé dépasse 30 %, appliquer un coefficient de surdimensionnement de 30 % aux appareils de chauffage du bâtiment de référence. De plus, si le coefficient de surdimensionnement des appareils de refroidissement du bâtiment proposé dépasse 10 %, appliquer un coefficient de surdimensionnement de 10 % aux appareils de refroidissement du bâtiment de référence.</p> <p>Le découpage en zones CVCA doit être identique à la conception proposée du point de vue des aires de plancher et des aires des éléments internes.</p> <p>Les débits d'air extérieur minimaux pour la ventilation de chaque zone doivent être les mêmes que pour le modèle du bâtiment proposé.</p> <p>Calculer la charge de la section de traitement de l'air dans chaque bloc thermique pour les installations de chauffage et de réchauffage, les capacités des installations de chauffage des espaces et les débits d'air des sections de traitement de l'air pour les installations d'alimentation et de reprise d'air.</p> <p>La puissance des ventilateurs doit être égale à la moins élevée des valeurs suivantes : la puissance prévue dans la conception proposée ou la puissance calculée conformément à l'article 8.4.4.17. du CNÉB.</p> |
| Eau chaude sanitaire | <p>Utiliser l'horaire d'exploitation, les charges et l'équipement de chauffage de l'eau sanitaire proposés réels. Si les charges et l'horaire réels ne sont pas connus, utiliser les charges par défaut applicables pour les entrepôts tirées du tableau A-8.4.3.2. 2)-A du CNÉB (1500 m² par occupant et charge de chauffage de l'eau sanitaire de 300 W par personne) ainsi que l'horaire d'exploitation par défaut applicable tiré de la note A-8.4.3.2. 1) du CNÉB (dans cet exemple, le tableau A-8.4.3.2. 1)-A du CNÉB est celui qui s'applique le mieux).</p> | <p>Utiliser les charges et l'horaire d'exploitation proposés ainsi que l'équipement de chauffage de l'eau sanitaire qui satisfait aux exigences de performance contenues dans le tableau 6.2.2.1. du CNÉB.</p> |

Exemple 8-3 – Conception des composants pour un entrepôt semi-chauffé (suite)

Comme il est précisé ci-dessus, le rapport entre l'aire totale du fenêtrage vertical et des portes et l'aire brute des murs (FDWR) du bâtiment proposé est de 6 % pour les fenêtres et de 6 % pour les portes, ce qui donne un FDWR décimal de 0,12. Étant donné que l'aire de l'enveloppe du bâtiment est de 2000 m², les aires résultantes des fenêtres et des portes pour le bâtiment proposé sont les suivantes :

| Orientation | Bâtiment proposé (FDWR = 0,12 ou 240 m ²) | |
|-------------|---|---------------------------------|
| | Fenêtres (6 %) | Portes (6 %) |
| Sud | 80 m ² | 20 m ² (battantes) |
| Ouest | 40 m ² | 20 m ² (battantes) |
| Nord | – | 80 m ² (basculantes) |
| Est | – | – |

Puisque la valeur des degrés-jours de chauffage sous 18 °C pour l'emplacement du bâtiment (Edmonton, en Alberta) est de 5120 (voir le tableau C-1 du CNÉB), le FDWR maximal admissible pour le bâtiment de référence est de 0,325 ((2000 – 0,2 × 5120)/3000) (voir le paragraphe 3.2.1.4. 1) du CNÉB). Comme l'indique le paragraphe 8.4.4.3. 3) du CNÉB, le FDWR du bâtiment de référence doit être rajusté proportionnellement le long de chaque orientation. Les aires individuelles du fenêtrage et des portes le long de chaque orientation du bâtiment de référence sont obtenues en multipliant les aires du fenêtrage et des portes du bâtiment proposé par un coefficient de pondération calculé comme suit :

$$\text{Coefficient de pondération} = \frac{\text{FDWR}_{\text{maximumallowable}}}{\text{FDWR}_{\text{proposeddesign}}} = \frac{0,325}{0,12} = 2,7$$

Les aires résultantes des fenêtres et des portes pour le bâtiment de référence sont les suivantes :

| Orientation | Bâtiment de référence (FDWR = 0,325 ou 648 m ²) | |
|-------------|---|---|
| | Fenêtres (16,2 %) | Portes (16,2 %) |
| Sud | 216 m ² (10,8 %) | 54 m ² (battantes) (2,7 %) |
| Ouest | 108 m ² (5,4 %) | 54 m ² (battantes) (2,7 %) |
| Nord | – | 216 m ² (basculantes) (10,8 %) |
| Est | – | – |

Le FDWR du bâtiment de référence peut être rajusté au moyen de la même approche que celle utilisée lorsque le FDWR du bâtiment proposé est supérieur à celui permis au paragraphe 3.2.1.4. 1) du CNÉB.

Dans cet exemple, étant donné que le FDWR du bâtiment proposé est inférieur à celui permis au paragraphe 3.2.1.4. 1) du CNÉB, le bâtiment proposé se voit attribuer un crédit de consommation énergétique qui peut être appliqué à la conception d'autres composants ou installations du bâtiment.

Commentaire sur la partie 8

Exemple 8-4 – Conception des installations CVCA pour un agrandissement d'hôpital

Un agrandissement d'une hauteur de 5 étages au-dessus du niveau moyen du sol, comportant une salle de commande hors toit, ainsi qu'un agrandissement d'une hauteur de 2 étages au-dessus du niveau moyen du sol sont prévus pour un hôpital. Les deux agrandissements ont aussi 1 étage sous le niveau moyen du sol. Le tableau ci-dessous énumère les types d'espace proposés dans l'agrandissement ainsi que les installations CVCA qui doivent être mises en place pour desservir ces espaces. Les installations CVCA de référence à utiliser dans les calculs du modèle de consommation énergétique sont indiquées dans la dernière colonne; elles sont fondées sur les installations CVCA recommandées au tableau 8.4.4.7.-A du CNÉB pour les types d'espace qui sont identiques ou semblables aux types d'espace pour l'agrandissement proposé.

Hypothèses relatives à la conception des installations CVCA pour un agrandissement d'hôpital

| Type d'espace | Conception des installations CVCA du bâtiment proposé ⁽¹⁾ | Conception des installations CVCA du bâtiment de référence, d'après le tableau 8.4.4.7.-A du CNÉB ⁽¹⁾ |
|--|---|--|
| Salle de commande hors toit/bureau (occupation intermittente) | Espace desservi par une plinthe chauffante avec ventilateur d'extraction commandé thermostatiquement pour l'élimination de la chaleur excessive, au besoin. Aucun refroidissement mécanique requis. | Si l'espace est considéré comme une salle de commande mécanique/électrique, sélectionner l'installation 1 (AC avec plinthes chauffantes) et régler la capacité de refroidissement à 0 kW. Si l'espace est considéré comme un bureau, sélectionner l'installation 3 (RTU SZ) et régler la capacité de refroidissement à 0 kW (sans refroidissement mécanique). |
| Quatre étages supérieurs de l'agrandissement à 5 étages plus étage supérieur de l'agrandissement à 2 étages : chambres du service d'oncologie, chambres de soins de longue durée, un certain nombre de salles de réveil | Les deux agrandissements sont desservis par la même installation CVCA multizone : boîtes à VAV à deux conduits avec ventilateur double commandé par des détecteurs d'occupation, et ventilo-convecteurs pour le chauffage et le refroidissement périphériques. | Comme pour le cas proposé, la sélection de l'installation de référence est basée sur le type d'espace, et non sur le nombre d'étages. Si ces espaces sont considérés comme des chambres de patient/salles de réveil, sélectionner l'installation 3 (RTU SZ). Plusieurs espaces peuvent être combinés de façon à former des zones comme dans le cas de la conception proposée. |
| Rez-de-chaussée des agrandissements à 5 étages et à 2 étages : bureaux, hall d'entrée, salle à manger, gymnase, aire de détente, salles de dialyse et de physiothérapie | Le chauffage des espaces est assuré par un système hydronique et le refroidissement des espaces est assuré par une section de traitement de l'air à VAV avec refroidisseur à refroidissement par eau. | Désigner le gymnase, les bureaux, l'aire de détente et le hall d'entrée comme aires à usage général et sélectionner l'installation 3 pour au plus 2 étages (RTU SZ). Désigner la salle de dialyse, la salle à manger et la salle de physiothérapie comme aires de réunion polyvalentes et sélectionner l'installation 6 pour plus de 4 étages (installation à VAV multizone). Dans cet exemple, les installations de chauffage et de refroidissement des espaces sont les mêmes que pour la conception proposée. |
| Rez-de-chaussée de l'agrandissement à 5 étages : Type d'espace A : salles de thérapie vapeur/spa/sauna/piscine, avec vestiaires et salles de toilettes attenantes Type d'espace B : aire de préparation d'aliments/repas (pas une cuisine principale) et salle de recyclage des déchets Type d'espace C : 2 séries de salles de bains | A est desservi par un appareil de chauffage spécifique (mini-chaudière avec préchauffage partiel à l'énergie solaire pour la piscine); l'aire de la piscine n'est pas climatisée. B est desservi par un aérorefroidisseur spécifique pour le stockage des aliments et le refroidissement de l'espace; les deux zones sont desservies par une MUA spécifique. C (les deux séries) est desservi par une MUA desservant deux zones non adjacentes. | Désigner A comme aire à usage général et sélectionner l'installation 3 (RTU SZ); l'aire de la piscine n'est pas climatisée. Désigner B comme aire d'établissement de restauration et sélectionner l'installation 4 (MUA SZ) (réunir les deux zones en une zone unique pour pouvoir utiliser l'installation 4). Désigner C comme aire à usage général et sélectionner l'installation 3 (RTU SZ) (réunir les deux zones en une zone unique pour pouvoir utiliser l'installation 3). |

Exemple 8-4 – Conception des installations CVCA pour un agrandissement d'hôpital (suite)

Hypothèses relatives à la conception des installations CVCA pour un agrandissement d'hôpital (suite)

| Type d'espace | Conception des installations CVCA du bâtiment proposé ⁽¹⁾ | Conception des installations CVCA du bâtiment de référence, d'après le tableau 8.4.4.7.-A du CNÉB ⁽¹⁾ |
|--|--|---|
| Sous-sol de l'agrandissement à 5 étages : | Chacune des 4 aires est dotée d'une AHU spécifique. Les aires pour IRM et rayons X ne sont pas chauffées, mais sont refroidies au moyen d'unités à eau réfrigérée spécifiques. La chaleur résiduelle provenant de l'équipement est recueillie au moyen d'un échangeur de chaleur au glycol et acheminée par tuyaux au local technique adjacent pour servir de complément au chauffage de l'eau pour un ventilo-convecteur. | |
| Type d'espace A : aire pour IRM | Refroidissement pour A > 20 kW. | Désigner A comme centre de données et, en fonction de la charge de refroidissement de la conception proposée, sélectionner l'installation 2 (ventilo-convecteur à quatre tuyaux avec MUA). |
| Type d'espace B : aire de diagnostic par rayons X | Refroidissement pour B < 20 kW. | Désigner B comme centre de données et, en fonction de la charge de refroidissement de la conception proposée, sélectionner l'installation 1 (AC avec MUA à volume constant) |
| Type d'espace C : quatre salles de préparation chirurgicale | C est desservi par une MUA unique. | Désigner C comme aire d'hôpital et sélectionner l'installation 3 (RTU SZ). |
| Type d'espace D : aires d'entretien (mécanique/électrique/stockage/entretien ménager) | D est desservi par une MUA unique. | Désigner D comme aire d'entrepôt et sélectionner l'installation 4 (MUA SZ). |
| Sous-sol et rez-de-chaussée de l'agrandissement à 2 étages : 4 unités de soins intensifs, 10 salles de réveil, 6 salles de chirurgie | La conception utilise une MUA multizone avec commandes de distribution d'air spécifiques pour chaque salle. Lorsque la salle est inoccupée, le débit de la MUA est réduit. L'installation multizone se comporte comme une installation monozone en assurant la régulation du chauffage et du refroidissement fournis à chaque salle. | Désigner comme aire d'hôpital et sélectionner l'installation 3 (RTU SZ). Si la conception proposée est modélisée comme une zone unique pour chaque salle, chaque zone est modélisée avec une RTU SZ distincte dans la conception de référence. Si la conception proposée est modélisée comme une seule grande zone, la conception de référence est modélisée comme une seule grande zone utilisant l'installation 3 (RTU SZ). |

(1) Les abréviations utilisées dans le tableau ont les significations suivantes :

- AC = conditionneur d'air
- AHU = unité de traitement de l'air
- MUA = unité d'air d'appoint
- RTU = installation en toiture
- SZ = monozone
- VAV = volume d'air variable

Composants de l'enveloppe du bâtiment (paragraphe 8.4.4.3. 3))

17. Le coefficient de transmission thermique globale des murs dans la conception du bâtiment proposé doit être déterminé au moyen de la méthodologie décrite à l'article 3.1.1.7. du CNÉB.
18. L'exemple 8-3 illustre les données d'entrée relatives à la conception de l'enveloppe du bâtiment pour un entrepôt semi-chauffé.

Commentaire sur la partie 8

Cloisons intérieures (paragraphe 8.4.4.3. 7))

19. Le coefficient U des cloisons intérieures dans le modèle du bâtiment de référence doit être déterminé conformément à l'article 3.2.1.3. du CNÉB, le cas échéant, c'est-à-dire lorsque les points de consigne de la température de chaque côté des cloisons diffèrent par plus de 10 °C. Autrement, leur coefficient U doit être identique à celui des cloisons intérieures du bâtiment proposé.

Sélection de l'installation CVCA (article 8.4.4.7.)

20. Les installations CVCA décrites au tableau 8.4.4.7.-B du CNÉB sont illustrées de façon schématique dans les figures 8-1 à 8-6.

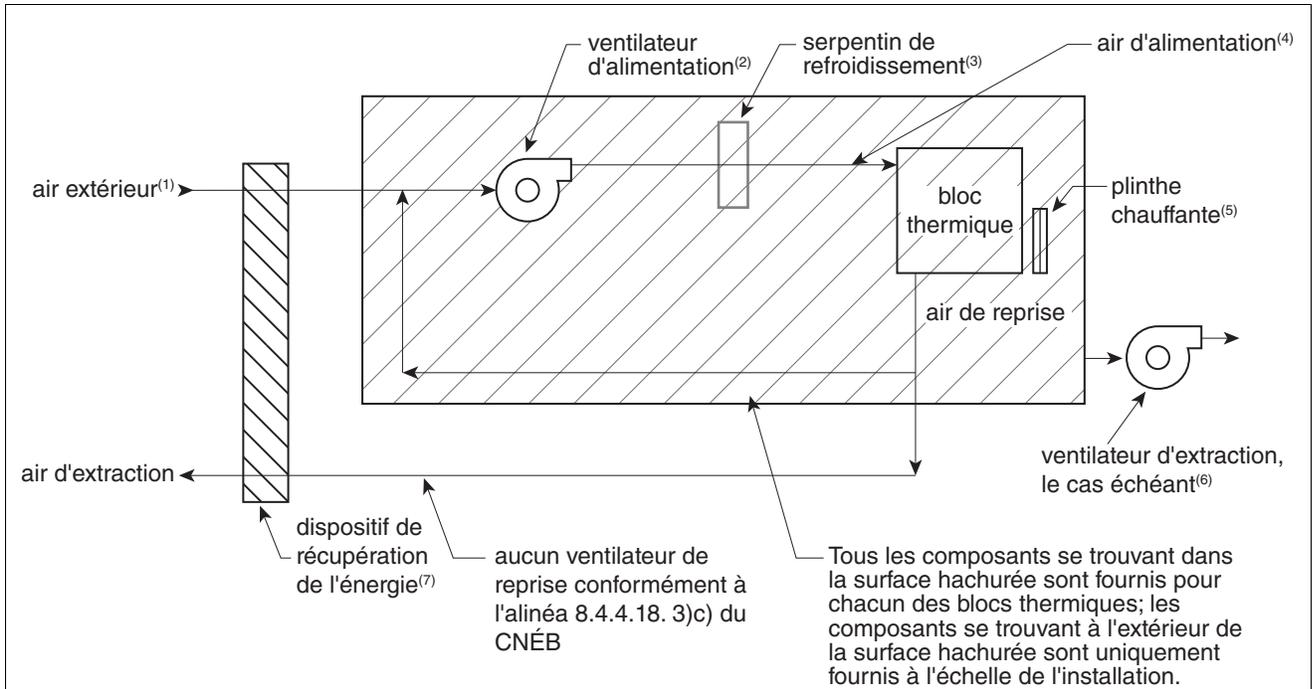
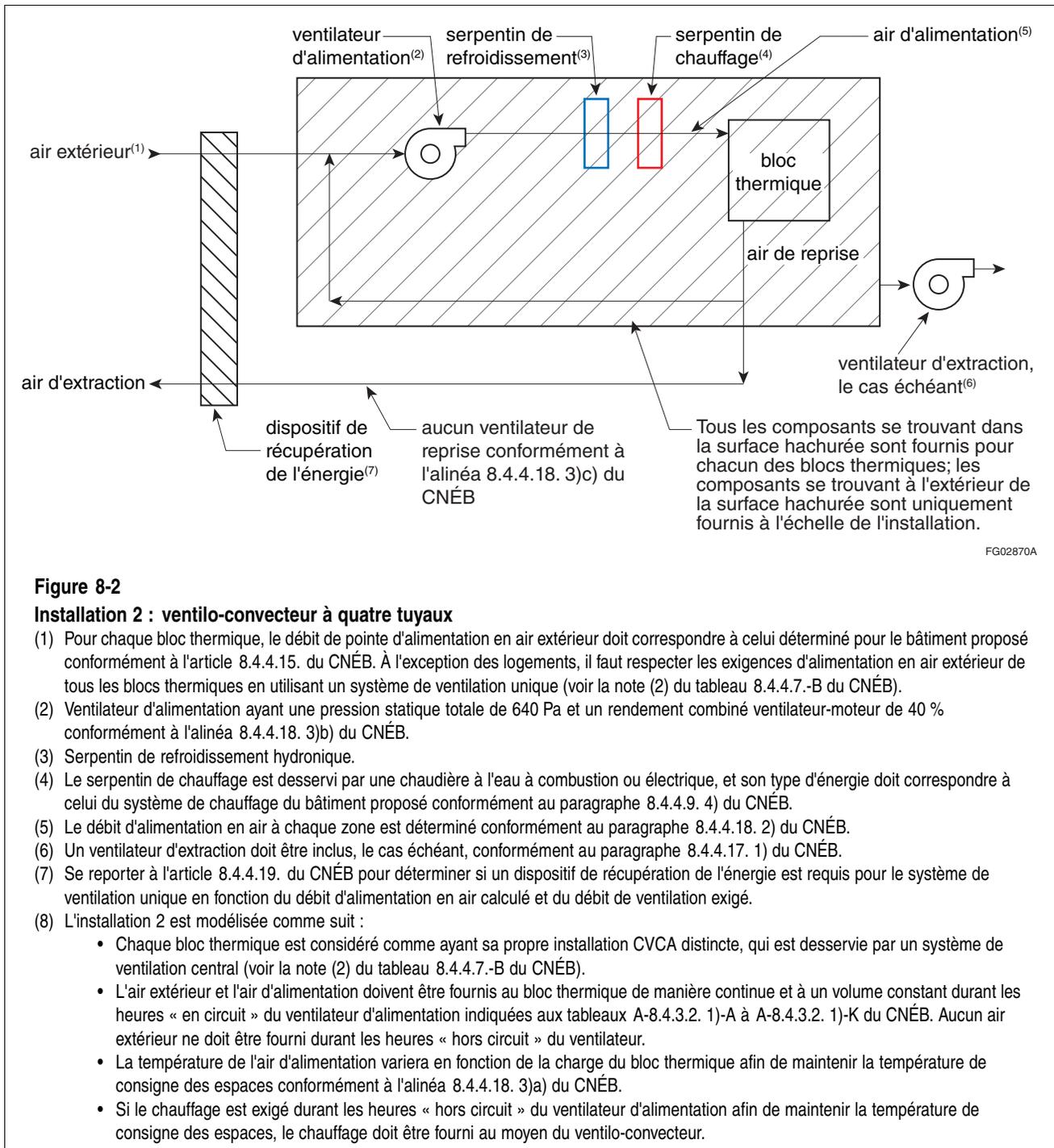


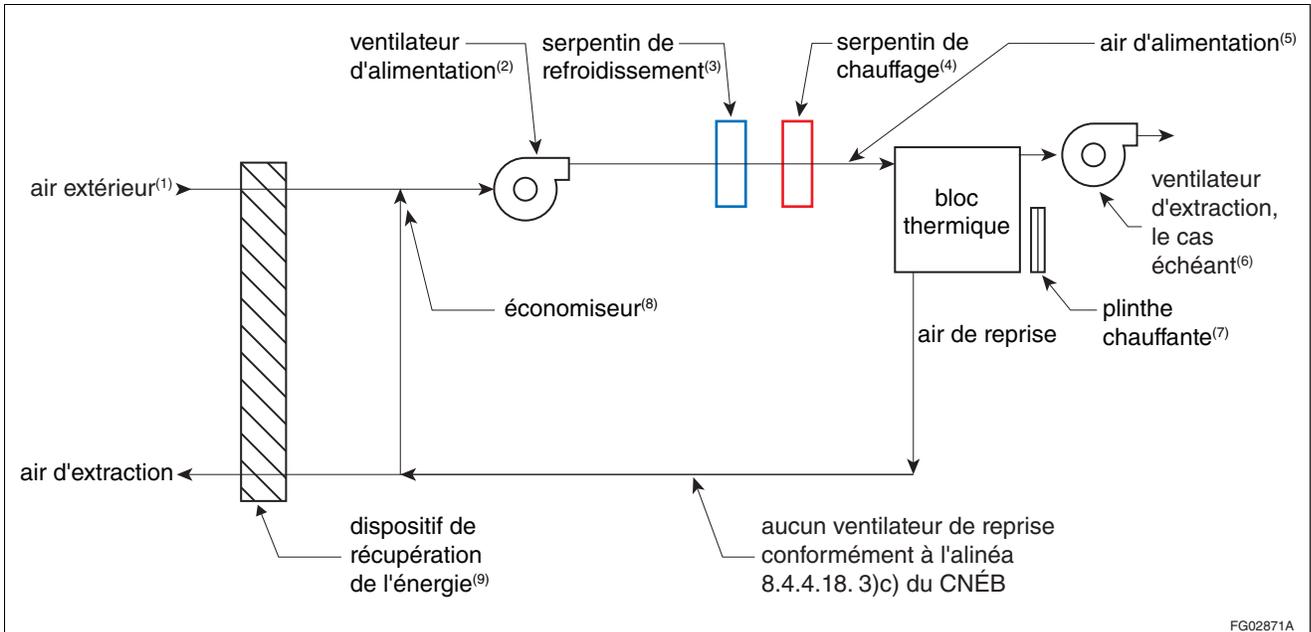
Figure 8-1

Installation 1 : conditionneur d'air autonome avec plinthes chauffantes

- (1) Pour chaque bloc thermique, le débit de pointe d'alimentation en air extérieur doit correspondre à celui déterminé pour le bâtiment proposé conformément à l'article 8.4.4.15. du CNÉB. À l'exception des logements, il faut respecter les exigences d'alimentation en air extérieur de tous les blocs thermiques en utilisant un système de ventilation unique (voir la note (2) du tableau 8.4.4.7.-B du CNÉB).
- (2) Ventilateur d'alimentation ayant une pression statique totale de 640 Pa et un rendement combiné ventilateur-moteur de 40 % conformément à l'alinéa 8.4.4.18. 3)b) du CNÉB.
- (3) Serpentin de refroidissement à détente directe à refroidissement par air avec condenseur à distance.
- (4) Le débit d'alimentation en air à chaque zone est déterminé conformément au paragraphe 8.4.4.18. 2) du CNÉB.
- (5) La plinthe chauffante est soit électrique, soit hydronique avec chaudière à l'eau à combustion, et son type d'énergie doit correspondre à celui du système de chauffage du bâtiment proposé conformément au paragraphe 8.4.4.9. 4) du CNÉB. Conformément à l'alinéa 8.4.4.9. 3)a) du CNÉB, la puissance calorifique de la plinthe chauffante doit correspondre à la charge de chauffage du bloc thermique attribuable au transfert d'énergie au travers de l'enveloppe du bâtiment seulement.
- (6) Un ventilateur d'extraction doit être inclus, le cas échéant, conformément au paragraphe 8.4.4.17. 1) du CNÉB.
- (7) Se reporter à l'article 8.4.4.19. du CNÉB pour déterminer si un dispositif de récupération de l'énergie est requis pour le système de ventilation unique en fonction du débit d'alimentation en air calculé et du débit de ventilation exigé.
- (8) L'installation 1 est modélisée comme suit :
 - Chaque bloc thermique est considéré comme ayant sa propre installation CVCA distincte, qui est desservie par un système de ventilation central (voir la note (2) du tableau 8.4.4.7.-B du CNÉB).
 - L'air extérieur et l'air d'alimentation doivent être fournis au bloc thermique de manière continue et à un volume constant durant les heures « en circuit » du ventilateur d'alimentation indiquées aux tableaux A-8.4.3.2. 1)-A à A-8.4.3.2. 1)-K du CNÉB. Aucun air extérieur ne doit être fourni durant les heures « hors circuit » du ventilateur d'alimentation.
 - La température de l'air d'alimentation variera en fonction de la charge du bloc thermique afin de maintenir la température de consigne des espaces conformément à l'alinéa 8.4.4.18. 3)a) du CNÉB.
 - Si le chauffage est exigé durant les heures « hors circuit » du ventilateur d'alimentation afin de maintenir la température de consigne des espaces, le chauffage doit être fourni uniquement au moyen de plinthes chauffantes.

Commentaire sur la partie 8





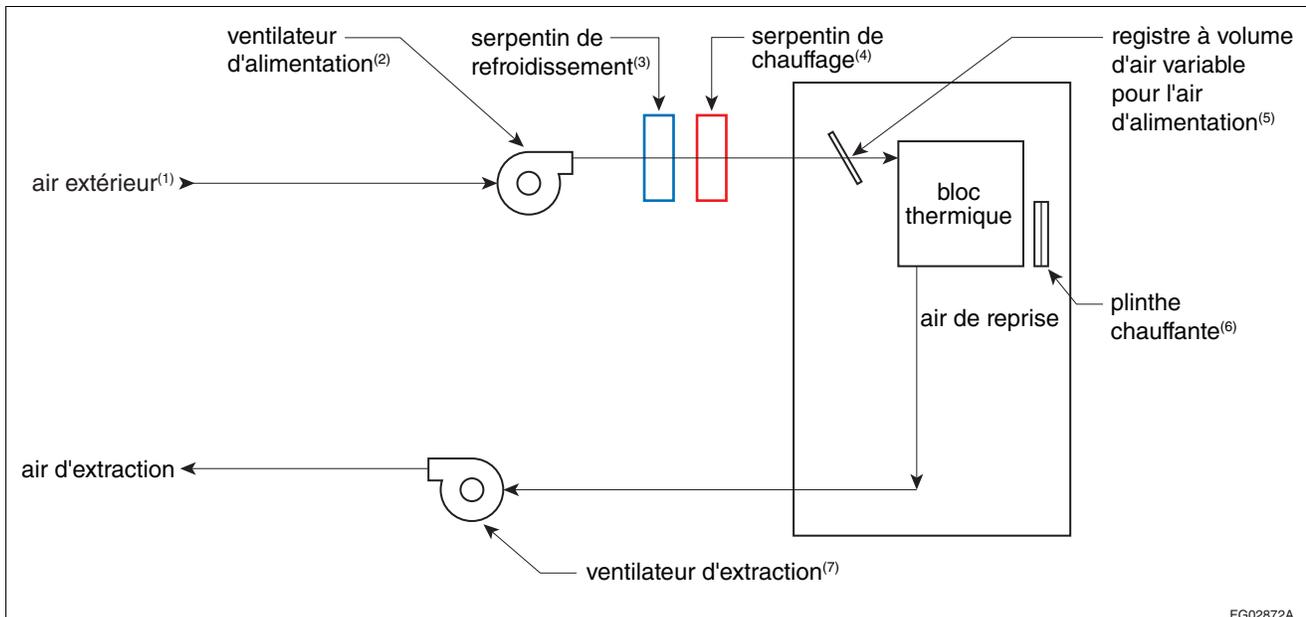
FG02871A

Figure 8-3

Installation 3 : installation intégrée monozone en toiture avec plinthes chauffantes

- (1) Pour le bloc thermique, le débit de pointe d'alimentation en air extérieur doit correspondre à celui déterminé pour le bâtiment proposé conformément à l'article 8.4.4.15. du CNÉB.
- (2) Ventilateur d'alimentation ayant une pression statique totale de 640 Pa et un rendement combiné ventilateur-moteur de 40 % conformément à l'alinéa 8.4.4.18. 3)b) du CNÉB.
- (3) Serpentin de refroidissement à détente directe à refroidissement par air.
- (4) Le serpentin de chauffage est desservi par un générateur d'air chaud à combustion ou électrique, et son type d'énergie doit correspondre à celui du système de chauffage du bâtiment proposé conformément au paragraphe 8.4.4.9. 4) du CNÉB.
- (5) Le débit d'alimentation en air à chaque zone est déterminé conformément au paragraphe 8.4.4.18. 2) du CNÉB.
- (6) Un ventilateur d'extraction doit être inclus, le cas échéant, conformément au paragraphe 8.4.4.17. 1) du CNÉB.
- (7) La plinthe chauffante est soit électrique, soit hydronique avec chaudière à combustion, et son type d'énergie doit correspondre à celui du système de chauffage du bâtiment proposé conformément au paragraphe 8.4.4.9. 4) du CNÉB. Conformément à l'alinéa 8.4.4.9. 3)a) du CNÉB, la puissance calorifique de la plinthe chauffante doit correspondre à la charge de chauffage du bloc thermique attribuable au transfert d'énergie au travers de l'enveloppe du bâtiment seulement.
- (8) Le refroidissement par l'air extérieur doit être conforme aux articles indiqués au tableau 8.4.4.12. du CNÉB.
- (9) Se reporter à l'article 8.4.4.19. du CNÉB pour déterminer si un dispositif de récupération de l'énergie est requis pour le bloc thermique en fonction du débit d'alimentation en air calculé et du débit de ventilation exigé.
- (10) L'installation 3 est modélisée comme suit :
 - Chaque bloc thermique est considéré comme distinct de tous les autres blocs thermiques.
 - L'air extérieur et l'air d'alimentation doivent être fournis au bloc thermique de manière continue et à un volume constant durant les heures « en circuit » du ventilateur d'alimentation indiquées aux tableaux A-8.4.3.2. 1)-A à A-8.4.3.2. 1)-K du CNÉB. Aucun air extérieur ne doit être fourni durant les heures « hors circuit » du ventilateur.
 - La température de l'air d'alimentation variera en fonction de la charge du bloc thermique afin de maintenir la température de consigne des espaces conformément à l'alinéa 8.4.4.18. 3)a) du CNÉB.
 - Si le chauffage est exigé durant les heures « hors circuit » du ventilateur d'alimentation afin de maintenir la température de consigne des espaces, le chauffage doit être fourni uniquement au moyen de plinthes chauffantes.

Commentaire sur la partie 8



FG02872A

Figure 8-4

Installation 4 : unité d'air d'appoint monozone avec plinthes chauffantes

- (1) Pour le bloc thermique, le débit de pointe d'alimentation en air extérieur doit correspondre à celui déterminé pour le bâtiment proposé conformément à l'article 8.4.4.15. du CNÉB.
- (2) Ventilateur d'alimentation ayant une pression statique totale de 640 Pa et un rendement combiné ventilateur-moteur de 40 % conformément à l'alinéa 8.4.4.18. 3)b) du CNÉB.
- (3) Serpentin de refroidissement à détente directe à refroidissement par air.
- (4) Le serpentin de chauffage est desservi par un générateur d'air chaud électrique ou à combustion indirecte, et son type d'énergie doit correspondre à celui du système de chauffage du bâtiment proposé conformément au paragraphe 8.4.4.9. 4) du CNÉB.
- (5) Le débit de pointe d'alimentation en air à chaque zone est déterminé conformément au paragraphe 8.4.4.18. 2) du CNÉB.
- (6) La plinthe chauffante est soit électrique, soit hydronique avec chaudière à combustion, et son type d'énergie doit correspondre à celui du système de chauffage du bâtiment proposé conformément au paragraphe 8.4.4.9. 4) du CNÉB. Conformément à l'alinéa 8.4.4.9. 3)a) du CNÉB, la puissance calorifique de la plinthe chauffante doit correspondre à la charge de chauffage du bloc thermique attribuable au transfert d'énergie au travers de l'enveloppe du bâtiment seulement.
- (7) Ventilateur d'extraction exigé à l'article 8.4.4.17. du CNÉB.
- (8) L'installation 4 est modélisée comme suit :
 - Chaque bloc thermique est considéré comme distinct de tous les autres blocs thermiques.
 - L'air extérieur doit être fourni au bloc thermique de manière continue et à un volume constant durant les heures « en circuit » du ventilateur d'alimentation indiquées aux tableaux A-8.4.3.2. 1)-A à A-8.4.3.2. 1)-K du CNÉB. Aucun air extérieur ne doit être fourni durant les heures « hors circuit » du ventilateur d'alimentation.
 - La température de l'air d'alimentation variera en fonction de la charge du bloc thermique afin de maintenir la température de consigne des espaces conformément à l'alinéa 8.4.4.18. 3)a) du CNÉB.
 - Si le chauffage est exigé durant les heures « hors circuit » du ventilateur d'alimentation afin de maintenir la température de consigne des espaces, le chauffage doit être fourni uniquement au moyen de plinthes chauffantes.

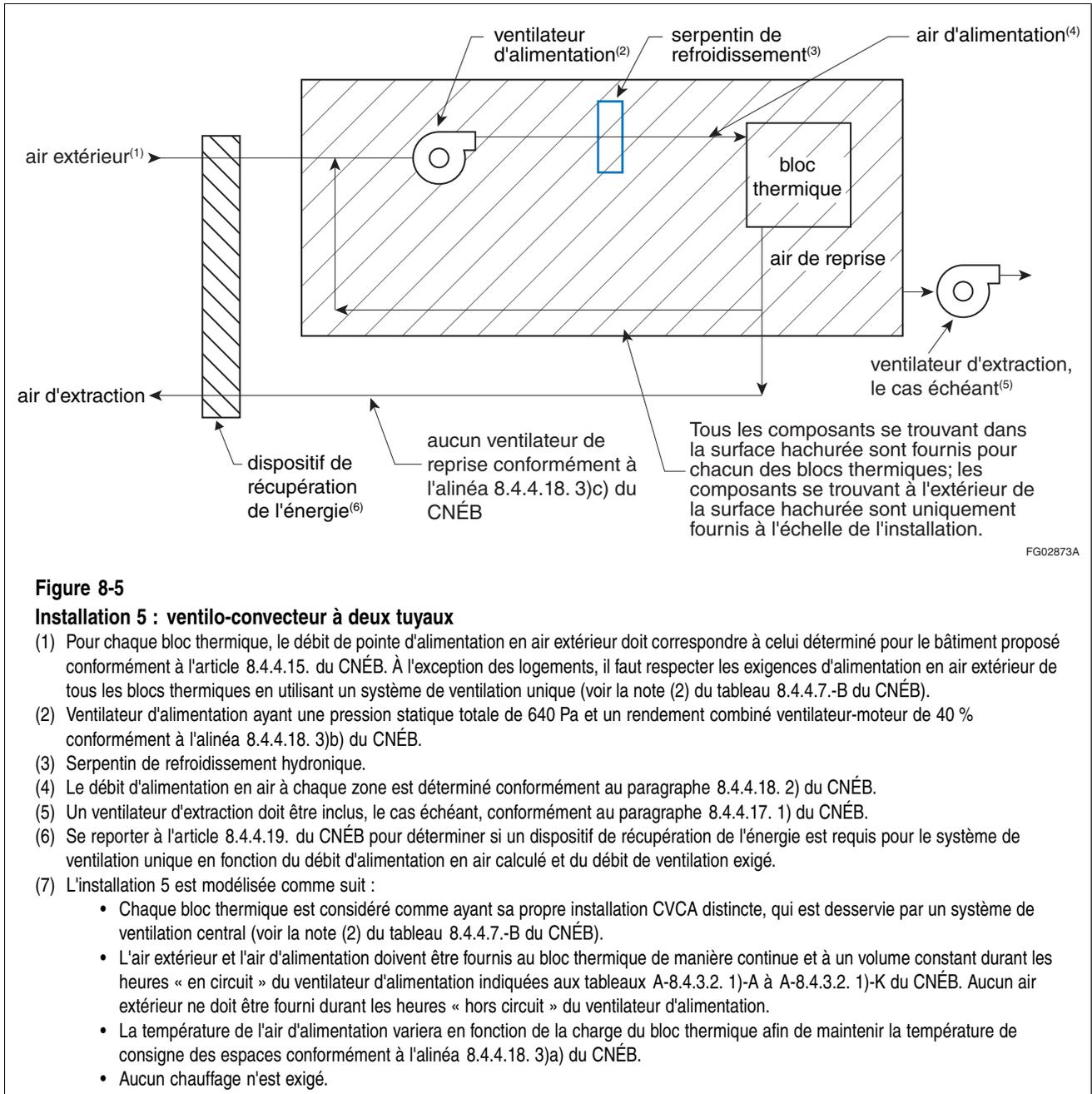


Figure 8-5

Installation 5 : ventilo-convecteur à deux tuyaux

- (1) Pour chaque bloc thermique, le débit de pointe d'alimentation en air extérieur doit correspondre à celui déterminé pour le bâtiment proposé conformément à l'article 8.4.4.15. du CNÉB. À l'exception des logements, il faut respecter les exigences d'alimentation en air extérieur de tous les blocs thermiques en utilisant un système de ventilation unique (voir la note (2) du tableau 8.4.4.7.-B du CNÉB).
- (2) Ventilateur d'alimentation ayant une pression statique totale de 640 Pa et un rendement combiné ventilateur-moteur de 40 % conformément à l'alinéa 8.4.4.18. 3)b) du CNÉB.
- (3) Serpentin de refroidissement hydronique.
- (4) Le débit d'alimentation en air à chaque zone est déterminé conformément au paragraphe 8.4.4.18. 2) du CNÉB.
- (5) Un ventilateur d'extraction doit être inclus, le cas échéant, conformément au paragraphe 8.4.4.17. 1) du CNÉB.
- (6) Se reporter à l'article 8.4.4.19. du CNÉB pour déterminer si un dispositif de récupération de l'énergie est requis pour le système de ventilation unique en fonction du débit d'alimentation en air calculé et du débit de ventilation exigé.
- (7) L'installation 5 est modélisée comme suit :
 - Chaque bloc thermique est considéré comme ayant sa propre installation CVCA distincte, qui est desservie par un système de ventilation central (voir la note (2) du tableau 8.4.4.7.-B du CNÉB).
 - L'air extérieur et l'air d'alimentation doivent être fournis au bloc thermique de manière continue et à un volume constant durant les heures « en circuit » du ventilateur d'alimentation indiquées aux tableaux A-8.4.3.2. 1)-A à A-8.4.3.2. 1)-K du CNÉB. Aucun air extérieur ne doit être fourni durant les heures « hors circuit » du ventilateur d'alimentation.
 - La température de l'air d'alimentation variera en fonction de la charge du bloc thermique afin de maintenir la température de consigne des espaces conformément à l'alinéa 8.4.4.18. 3)a) du CNÉB.
 - Aucun chauffage n'est exigé.

Commentaire sur la partie 8

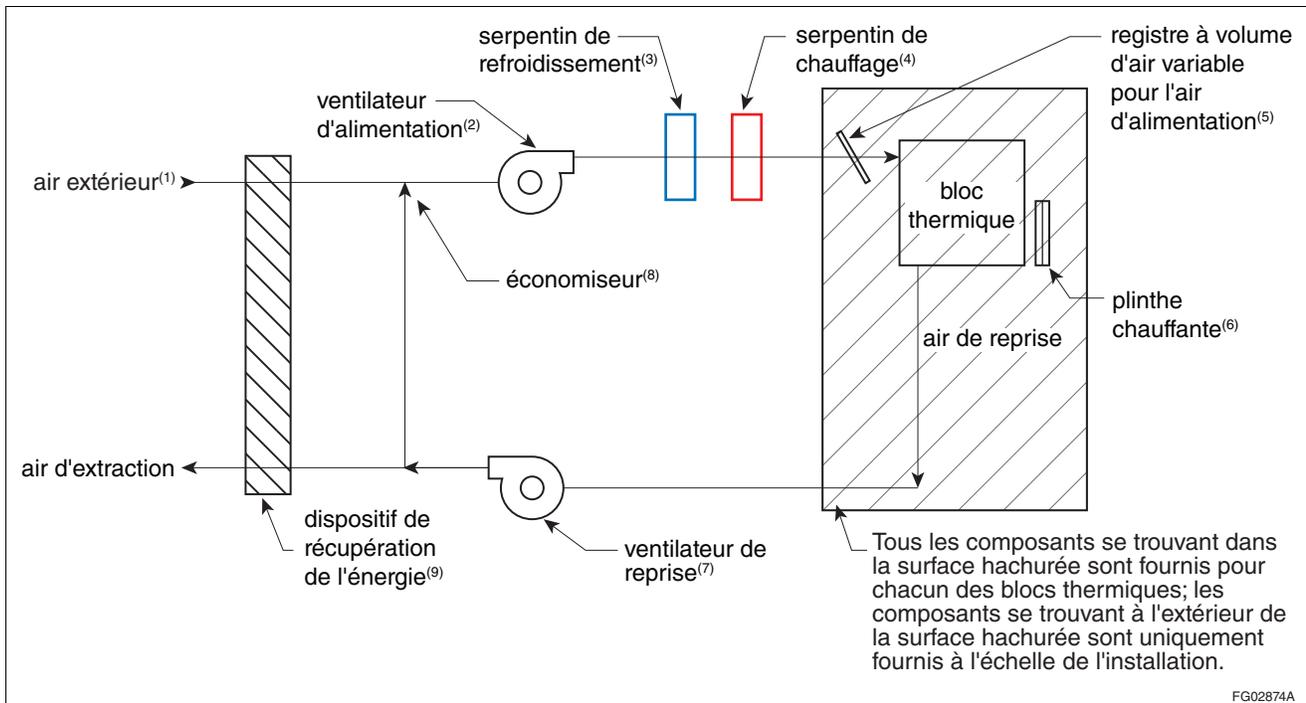


Figure 8-6

Installation 6 : installation à blocs autonomes multizone avec plinthes chauffantes

- (1) Pour chaque bloc thermique, le débit de pointe d'alimentation en air extérieur doit correspondre à celui déterminé pour le bâtiment proposé conformément à l'article 8.4.4.15. du CNÉB.
- (2) Ventilateur d'alimentation ayant une pression statique totale de 1000 Pa et un rendement combiné ventilateur-moteur de 55 % conformément à l'alinéa 8.4.4.18. 4)b) du CNÉB.
- (3) Serpentin de refroidissement hydronique.
- (4) Le serpentin de chauffage est soit électrique, soit hydronique avec chaudière à combustion, et son type d'énergie doit correspondre à celui du système de chauffage du bâtiment proposé conformément au paragraphe 8.4.4.9. 4) du CNÉB.
- (5) Le débit de pointe d'alimentation en air à chaque zone est déterminé conformément au paragraphe 8.4.4.18. 2) du CNÉB. Le débit d'alimentation en air à chaque zone devrait varier en fonction de la charge de refroidissement.
- (6) La plinthe chauffante est soit électrique, soit hydronique avec chaudière à combustion, et son type d'énergie doit correspondre à celui du système de chauffage du bâtiment proposé conformément au paragraphe 8.4.4.9. 4) du CNÉB. Conformément à l'alinéa 8.4.4.9. 3)a) du CNÉB, la puissance calorifique de la plinthe chauffante doit correspondre à la charge de chauffage du bloc thermique attribuable au transfert d'énergie au travers de l'enveloppe du bâtiment seulement.
- (7) Ventilateur de reprise ayant une pression statique totale de 250 Pa et un rendement combiné ventilateur-moteur de 30 % conformément à l'alinéa 8.4.4.18. 4)c) du CNÉB.
- (8) Le refroidissement par l'air extérieur doit être conforme aux articles indiqués au tableau 8.4.4.12. du CNÉB.
- (9) Se reporter à l'article 8.4.4.19. du CNÉB pour déterminer si un dispositif de récupération de l'énergie est requis pour chaque installation en fonction du débit d'alimentation en air calculé et du débit de ventilation exigé. Dans le cas des bâtiments comportant au plus 4 étages hors sol, une seule installation 6 dessert tout le bâtiment. Dans le cas des bâtiments comportant plus de 4 étages hors sol, les blocs thermiques externes sont regroupés selon l'orientation en façade, chaque groupement étant desservi par une installation 6 distincte; une autre installation 6 dessert à elle seule les blocs thermiques internes. Ces installations définissent le système d'extraction de l'air permettant de déterminer si un dispositif de récupération de l'énergie est requis.
- (10) L'installation 6 est modélisée comme suit :
 - Chaque bloc thermique est doté de son propre registre à volume d'air variable.
 - L'air extérieur et l'air d'alimentation doivent être fournis au bloc thermique de manière continue et à un volume constant durant les heures « en circuit » du ventilateur d'alimentation indiquées aux tableaux A-8.4.3.2. 1)-A à A-8.4.3.2. 1)-K du CNÉB. Aucun air extérieur ne doit être fourni durant les heures « hors circuit » du ventilateur d'alimentation.
 - La température de l'air d'alimentation par défaut est de 13 °C, conformément à l'alinéa 8.4.4.18. 4)a) du CNÉB; la température de l'air d'alimentation doit être rajustée conformément à l'article 5.2.8.9. du CNÉB.
 - Le volume d'air d'alimentation variera en fonction de la charge de refroidissement de chaque bloc thermique.
 - Tout le chauffage à l'intérieur du bloc thermique doit être fourni au moyen de plinthes chauffantes. Le réchauffement de l'air d'alimentation central est assuré par le serpentin de chauffage hydronique afin d'atteindre la température de l'air d'alimentation indiquée à l'alinéa 8.4.4.18. 4)a) du CNÉB.

21. Dans le cas de l'installation 6, la note (3) du tableau 8.4.4.7.-B du CNÉB exige que les blocs thermiques des bâtiments comportant plus de 4 étages hors sol soient regroupés, ce qui correspond à la pratique habituelle du marché. Cette approche permet d'éviter que le bâtiment de référence comporte de nombreuses installations multizones, ce qui rendrait plus difficile la conformité aux exigences de récupération de l'énergie de la sous-section 5.2.10. du CNÉB.

Thermopompes (article 8.4.4.13.)

22. Une installation CVCA (l'installation 3 décrite au tableau 8.4.4.7.-B du CNÉB) comportant une thermopompe est illustrée de manière schématique à la figure 8-7 et est décrite brièvement dans les notes qui accompagnent la figure.

Commentaire sur la partie 8

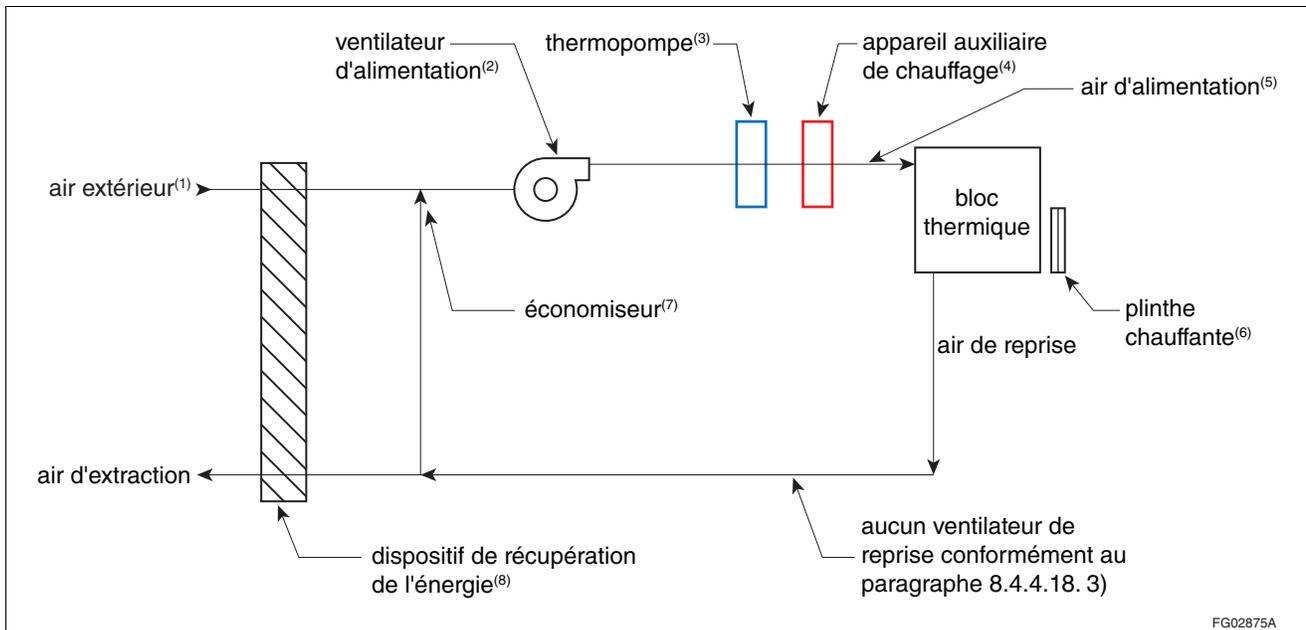


Figure 8-7
Installation CVCA (installation 3) comportant une thermopompe

- (1) Pour le bloc thermique, le débit de pointe d'alimentation en air extérieur doit correspondre à celui déterminé pour le bâtiment proposé conformément à l'article 8.4.4.15. du CNÉB.
- (2) Ventilateur d'alimentation ayant une pression statique totale de 640 Pa et un rendement combiné ventilateur-moteur de 40 % conformément à l'alinéa 8.4.4.18. 3)b) du CNÉB.
- (3) Serpentin à détente directe servant au refroidissement et au chauffage selon le mode de fonctionnement de la thermopompe. En mode refroidissement, la thermopompe est refroidie par air, tandis qu'en mode chauffage, la source de chaleur est l'air extérieur. À une température de l'air extérieur de 8,3 °C, la puissance calorifique est identique à la puissance frigorifique de pointe, mais à -8,3 °C, la puissance calorifique est réduite à 50 % de cette valeur.
- (4) L'appareil auxiliaire de chauffage est un générateur d'air chaud à combustion ou électrique, et son type d'énergie doit correspondre à celui du système de chauffage du bâtiment proposé conformément au tableau 8.4.4.13. du CNÉB.
- (5) Le débit d'alimentation en air à chaque zone est déterminé conformément au paragraphe 8.4.4.18. 2) du CNÉB.
- (6) La plinthe chauffante est soit électrique, soit hydronique avec chaudière à combustion, et son type d'énergie doit correspondre à celui du système de chauffage du bâtiment proposé conformément au paragraphe 8.4.4.9. 4) du CNÉB. Conformément à l'alinéa 8.4.4.9. 3)a) du CNÉB, la puissance calorifique de la plinthe chauffante doit correspondre à la charge de chauffage du bloc thermique attribuable au transfert d'énergie au travers de l'enveloppe du bâtiment seulement.
- (7) Le refroidissement par l'air extérieur doit être conforme aux articles indiqués au tableau 8.4.4.12. du CNÉB.
- (8) Se reporter à l'article 8.4.4.19. du CNÉB pour déterminer si un dispositif de récupération de l'énergie est requis pour le bloc thermique en fonction du débit d'alimentation en air calculé et du débit de ventilation exigé.
- (9) L'installation est modélisée comme suit :
 - Chaque bloc thermique est considéré comme distinct de tous les autres blocs thermiques.
 - L'air extérieur et l'air d'alimentation doivent être fournis de manière continue et à un volume constant durant les heures « en circuit » du ventilateur d'alimentation indiquées aux tableaux A-8.4.3.2. 1)-A à A-8.4.3.2. 1)-K du CNÉB. Aucun air extérieur ne doit être fourni durant les heures « hors circuit » du ventilateur d'alimentation.
 - La température de l'air d'alimentation variera en fonction de la charge du bloc thermique afin de maintenir la température de consigne des espaces conformément à l'alinéa 8.4.4.18. 3)a) du CNÉB.
 - Si le chauffage est exigé durant les heures « hors circuit » du ventilateur d'alimentation afin de maintenir la température de consigne des espaces, le chauffage doit être fourni uniquement au moyen de plinthes chauffantes.

23. L'exemple 8-5 décrit l'installation CVCA du bâtiment de référence pour un immeuble d'habitation proposé comportant des thermopompes sur boucle d'eau dans une suite.

Exemple 8-5 – Installation CVCA du bâtiment de référence pour un immeuble d'habitation proposé

Un immeuble d'habitation comportant des thermopompes sur boucle d'eau dans une suite est en cours de conception. La méthode de performance de la partie 8 du CNÉB a été choisie pour démontrer la conformité au CNÉB.

Conformément au paragraphe 8.4.4.13. 1) du CNÉB, étant donné que l'installation CVCA du bâtiment proposé comporte des thermopompes sur boucle d'eau, l'installation CVCA du bâtiment de référence doit être sélectionnée à l'aide du tableau 8.4.4.7.-A du CNÉB au lieu d'être modélisée comme une thermopompe intégrée. Conformément au tableau 8.4.4.7.-A du CNÉB, étant donné que le bâtiment proposé est chauffé et refroidi au moyen de thermopompes dans une suite, l'installation CVCA du bâtiment de référence doit être identique à celle du bâtiment proposé. Dans ce cas, l'installation CVCA pour le bâtiment de référence et le bâtiment proposé devra être une thermopompe sur boucle d'eau.

Le débit d'alimentation en air de chaque bloc thermique (c.-à-d. chaque logement) est déterminé conformément au paragraphe 8.4.4.18. 2) du CNÉB, et la puissance du ventilateur d'alimentation est déterminée conformément au paragraphe 8.4.4.18. 3) du CNÉB, le ventilateur d'alimentation ayant une pression statique de 640 Pa et un rendement combiné ventilateur-moteur de 40 %.

Conformément au paragraphe 5.2.10.4. 1) du CNÉB, étant donné qu'un système autonome de ventilation mécanique dessert des logements uniques, le système doit être muni d'un récupérateur de chaleur, sauf pour les zones climatiques 4, 5 et 6. Dans les zones climatiques 7A, 7B et 8, un récupérateur de chaleur est exigé pour chaque logement, l'efficacité minimale de récupération de la chaleur sensible étant de 50 % conformément au paragraphe 5.2.10.4. 5) du CNÉB.

Dans le cas des thermopompes sur boucle d'eau, l'efficacité de refroidissement et l'efficacité de chauffage sont déterminées conformément au tableau 5.2.12.1.-E du CNÉB. La boucle d'eau doit être desservie par un équipement de rejet de la chaleur conformément à l'article 8.4.4.11. du CNÉB et par un équipement d'injection de la chaleur dont le type d'énergie est identique à celui du système de chauffage du bâtiment proposé. Si l'équipement fonctionne au gaz, l'efficacité de chauffage du bâtiment de référence est déterminée conformément au tableau 5.2.12.1.-E du CNÉB. Si l'équipement est électrique, le bâtiment de référence doit utiliser une chaudière électrique. La température de la boucle d'eau du condenseur doit correspondre à celle du bâtiment proposé.

Surdimensionnement des appareils (article 8.4.4.8.)

24. Les charges de chauffage et de refroidissement de calcul peuvent être déterminées à l'aide du logiciel d'analyse énergétique ou d'un logiciel spécialisé de calcul des charges, à condition que les mêmes moyens – y compris le surdimensionnement des appareils – soient appliqués aux installations du bâtiment de référence et à celles du bâtiment proposé.
25. Le surdimensionnement des appareils s'applique aux capacités de refroidissement et de chauffage des installations et des systèmes centraux, ainsi qu'à la capacité de débit d'air des circuits d'air et des appareils terminaux. La valeur attribuée au surdimensionnement peut être inférieure à 1, ce qui indique un sous-dimensionnement des appareils ou de l'installation. Le sous-dimensionnement est une pratique acceptable à condition que les exigences des paragraphes 8.4.1.2. 3) et 4) du CNÉB soient respectées.

Air extérieur (article 8.4.4.15.)

26. Le CNÉB exige que les débits d'air extérieur totaux fournis par les unités de traitement de l'air du bâtiment de référence soient identiques à ceux qui sont fournis par les unités de traitement de l'air du bâtiment proposé. Cette exigence s'applique quels que soient le nombre d'appareils ou leur configuration, facteurs qui pourraient théoriquement mener à un changement du débit d'air extérieur sur la base des exigences de la norme de ventilation applicable.

Commentaire sur la partie 8

Ventilateurs (paragraphe 8.4.4.17. 1))

27. Le paragraphe 8.4.4.17. 1) du CNÉB fait référence aux ventilateurs d'extraction qui font partie de systèmes d'extraction spécialisés (décrits au paragraphe 5.2.10.1. 3)). Si le système d'extraction du bâtiment proposé n'est pas considéré comme un système spécialisé, le système d'extraction du bâtiment de référence doit être équipé d'un système de récupération de l'énergie si la sous-section 5.2.10. du CNÉB l'exige; autrement, il faut appliquer les restrictions applicables à la puissance des ventilateurs d'extraction.
28. L'exemple 8-6 illustre l'application du paragraphe 8.4.4.17. 1) du CNÉB.

Exemple 8-6 – Installation CVCA du bâtiment de référence pour un laboratoire proposé

Un laboratoire est en cours de conception. La méthode de performance de la partie 8 du CNÉB a été choisie pour démontrer la conformité au CNÉB. Le système de ventilation proposé comprend un ventilateur d'extraction pour laboratoire servant à évacuer les vapeurs ainsi qu'une unité d'air d'appoint servant à fournir de la ventilation. Le ventilateur d'extraction a un débit d'alimentation en air de 10 000 L/s, une puissance appelée de 16 kW et fonctionne en mode continu.

Étant donné que le ventilateur d'extraction inclus dans le système de ventilation proposé est considéré comme un système d'extraction spécialisé décrit au paragraphe 5.2.10.1. 3) du CNÉB, les dispositions suivantes s'appliquent à l'installation CVCA du bâtiment de référence :

- Conformément au paragraphe 8.4.4.17. 1) du CNÉB, le ventilateur d'extraction du bâtiment de référence et celui du laboratoire proposé doivent être modélisés avec les mêmes débits, puissances appelées et horaires d'exploitations.
- Conformément au paragraphe 5.2.10.1. 3) du CNÉB, aucun système de récupération de l'énergie n'est exigé pour le système de ventilation du bâtiment de référence.

Systèmes de récupération de l'énergie (article 8.4.4.19.)

29. Sans égard aux endroits où l'air est évacué dans le bâtiment proposé ou aux moyens utilisés à cette fin, la récupération de l'énergie doit être appliquée à la totalité de l'air d'extraction défini dans le modèle du bâtiment de référence si le paragraphe 5.2.10.1. 1) du CNÉB l'exige, sous réserve de l'exception mentionnée au paragraphe 5.2.10.1. 3) du CNÉB.
30. L'exemple 8-7 illustre l'application du paragraphe 8.4.4.19. 1).

Exemple 8-7 – Récupération de l'énergie pour les installations monozones d'un bâtiment de référence

Un musée de 1 étage est en cours de conception à Calgary (Alberta), dans la zone climatique 7A. La méthode de performance de la partie 8 du CNÉB a été choisie pour démontrer la conformité au CNÉB. Le musée comporte trois blocs thermiques desservis par des installations CVCA monozones; pour chaque bloc thermique, le débit d'air pour le chauffage, le débit d'air pour le refroidissement et le débit d'air extérieur, définis au paragraphe 8.4.4.18. 2) du CNÉB, sont indiqués à la figure A. Les systèmes de ventilation sont classés comme fonctionnant en mode non continu.

| | |
|--|---|
| <p>Bloc thermique 1</p> <p>Débit d'air pour le chauffage = 850 L/s Débit d'air pour le refroidissement = 1200 L/s Débit d'air extérieur = 500 L/s</p> | <p>Bloc thermique 2</p> <p>Débit d'air pour le chauffage = 425 L/s Débit d'air pour le refroidissement = 400 L/s Débit d'air extérieur = 100 L/s</p> |
| | <p>Bloc thermique 3</p> <p>Débit d'air pour le chauffage = 425 L/s Débit d'air pour le refroidissement = 590 L/s Débit d'air extérieur = 100 L/s</p> |

FG02877A

Figure A
Blocs thermiques d'un musée de 1 étage

Le concepteur doit déterminer si un système de récupération de l'énergie est exigé pour l'installation CVCA de chaque bloc thermique du bâtiment de référence conformément au tableau 5.2.10.1.-A du CNÉB. Selon le paragraphe 8.4.4.18. 2) du CNÉB, le débit d'alimentation en air à chaque bloc thermique doit correspondre à la valeur la plus élevée entre le débit d'air pour le chauffage, le débit d'air pour le refroidissement et le débit d'air extérieur.

Pour le bloc thermique 1 :

$$\text{Débit d'alimentation en air à volume constant} = 1200 \text{ L/s}$$

$$\text{Pourcentage d'air extérieur} = (500 \text{ L/s}) / (1200 \text{ L/s}) = 41,7 \%$$

Étant donné que $1200 \text{ L/s} \geq 470 \text{ L/s}$, un système de récupération de l'énergie est exigé pour ce bloc thermique, conformément au tableau 5.2.10.1.-A.

Pour le bloc thermique 2 :

$$\text{Débit d'alimentation en air à volume constant} = 425 \text{ L/s}$$

$$\text{Pourcentage d'air extérieur} = (100 \text{ L/s}) / (425 \text{ L/s}) = 23,5 \%$$

Étant donné que $425 \text{ L/s} < 1890 \text{ L/s}$, un système de récupération de l'énergie n'est pas exigé pour ce bloc thermique, conformément au tableau 5.2.10.1.-A.

Commentaire sur la partie 8

Exemple 8-7 – Récupération de l'énergie pour les installations monozones d'un bâtiment de référence (suite)

Pour le bloc thermique 3 :

Débit d'alimentation en air à volume constant = 590 L/s

Pourcentage d'air extérieur = $(100 \text{ L/s}) / (590 \text{ L/s}) = 16,9 \%$

Étant donné que 590 L/s < 2120 L/s, un système de récupération de l'énergie n'est pas exigé pour ce bloc thermique, conformément au tableau 5.2.10.1.-A.

31. Même si l'air est évacué près d'un bloc thermique dans le bâtiment proposé – ce qui signifie que la récupération de la chaleur contenue dans cet air évacué pourrait être impossible –, il ne doit pas être pris en compte dans le modèle du bâtiment de référence.

Commentaire sur la partie 10

Conformité des bâtiments par la méthode de performance énergétique à plusieurs paliers

Conformité (article 10.1.2.1.)

1. La partie 10, Conformité des bâtiments par la méthode de performance énergétique à plusieurs paliers, est nouvelle dans l'édition de 2020 du CNÉB. Le tableau 10.1.2.1. du CNÉB énumère quatre paliers de performance énergétique qui peuvent être choisis pour des projets ou exigés par les autorités compétentes. Plus le palier de performance du bâtiment proposé est élevé, moins sa consommation d'énergie est élevée comparativement à celle du bâtiment de référence.
2. L'exemple 10-1 illustre l'application de la méthode de conformité par la performance énergétique à plusieurs paliers.

Exemple 10-1 – Application de la méthode de conformité par la performance énergétique à plusieurs paliers

Une autorité compétente exige que les nouveaux projets de construction suivent la méthode de conformité de la partie 10 et qu'ils atteignent au moins le palier de performance énergétique 3. Une équipe de projet a déterminé, d'après la modélisation réalisée conformément à la partie 8, que la consommation annuelle d'énergie du bâtiment de référence (c.-à-d. la consommation cible d'énergie) est de 900 GJ et que la consommation annuelle d'énergie du bâtiment proposé est de 430 GJ. Les calculs suivants permettent de déterminer à quel palier de performance énergétique ce projet est conforme :

$$\begin{aligned} \text{Pourcentage de la consommation cible d'énergie} &= \frac{\text{consommation annuelle d'énergie du bâtiment proposé}}{\text{consommation cible d'énergie du bâtiment de référence}} \\ &= \frac{430 \text{ GJ}}{900 \text{ GJ}} \\ &= 0,48 \text{ ou } 48 \% \leq \text{exigence de } 50 \% \text{ du palier } 3 \end{aligned}$$

OU

$$\begin{aligned} \text{Pourcentage d'amélioration} &= \frac{\left(\text{consommation cible d'énergie du bâtiment de référence} - \text{consommation annuelle d'énergie du bâtiment proposé} \right)}{\text{consommation cible d'énergie du bâtiment de référence}} \\ &= \frac{900 \text{ GJ} - 430 \text{ GJ}}{900 \text{ GJ}} \\ &= 0,52 \text{ ou } 52 \% \geq \text{exigence de } 50 \% \text{ du palier } 3 \end{aligned}$$

Étant donné que le pourcentage de la consommation cible d'énergie est égal ou inférieur à 50 % (ou que le pourcentage d'amélioration est égal ou supérieur à 50 %), le projet est conforme au palier de performance énergétique 3, comme l'exige l'autorité compétente.

Tableau des équivalences métriques et impériales

| Unités métriques | Unités impériales | Pour convertir des unités métriques en unités impériales, multiplier par | Pour convertir des unités impériales en unités métriques, multiplier par |
|--|-----------------------------------|--|--|
| Température | | | |
| °C | °F | 1,8 et ajouter 32 | soustraire 32 et diviser par 1,8 |
| Longueur | | | |
| mm | po | 0,03937 | 25,4 |
| cm | po | 0,3937 | 2,54 |
| m | pi | 3,281 | 0,3048 |
| Aire | | | |
| mm ² | po ² | 0,00155 | 645,16 |
| cm ² | po ² | 0,155 | 6,4516 |
| m ² | pi ² | 10,76 | 0,092903 |
| Volume | | | |
| cm ³ | po ³ | 0,061 | 16,3871 |
| m ³ | pi ³ | 35,31 | 0,02832 |
| L | gal. (imp.) | 0,22 | 4,55 |
| L | gal. (US) | 0,2642 | 3,785 |
| Débit | | | |
| L/s | pi ³ /min | 2,11889 | 0,471947 |
| L/min | pi ³ /min | 0,0353 | 28,329 |
| m ³ /h | pi ³ /min | 0,5886 | 1,699 |
| Puissance | | | |
| W | Btu/h | 3,413 | 0,2930711 |
| Écoulement thermique | | | |
| W/m ² | Btu/h × pi ² | 0,317 | 3,154591 |
| Coefficient de transmission thermique globale (coefficient U) | | | |
| W/m ² × K | Btu/h × pi ² × °F | 0,17612 | 5,678263 |
| W/m ² × °C | Btu/h × pi ² × °F | 0,17612 | 5,678263 |
| Résistance thermique | | | |
| m ² × °C/W (RSI) | pi ² × h × °F/Btu (R) | 5,678 | 0,17611 |
| Conductivité thermique, k | | | |
| W/m × K | Btu × po/h × pi ² × °F | 6,93347 | 0,1442279 |
| W/m ² × °C (par m d'épaisseur) | Btu × pi/h × pi ² × °F | 0,5777 | 1,731 |
| W/m ² × °C (par m d'épaisseur) | Btu × po/h × pi ² × °F | 6,9444 | 0,144 |
| Pression | | | |
| Pa | po d'eau | 0,004014 | 249 |
| kPa | lb/po ² | 0,145 | 6,895 |
| kPa | lb/pi ² | 20,88 | 0,04788 |
| Énergie | | | |
| MJ | kWh | 0,278 | 3,6 |
| J | Btu | 0,0009478 | 1055,056 |