

Code de construction du Québec, Chapitre I.1 – Efficacité énergétique du bâtiment

GUIDE EXPLICATIF



Le présent document a été produit par la Direction de la réglementation et la Direction du soutien réglementaire de la Régie du bâtiment du Québec (RBQ), en collaboration avec le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec (MERN).

Recherche, coordination et rédaction

Nathalie Brisson, architecte, RBQ
Nathalie Lessard, architecte, RBQ
Daniel Multescu, ingénieur, RBQ
Louis-Philippe Thibault St-Pierre, B. Sc. Arch., MERN
Dominic Corbeil, ingénieur, MERN
Julien Duteil, ingénieur, MERN
Mathieu Tremblay, ingénieur, MERN
Denis Bourgeois, B. Sc. Arch., rd2 inc.

Révision linguistique

Magalie Avaré
Bla bla rédaction

Graphisme

Isabelle Cayer

Illustrations

Louis-Philippe Thibault St-Pierre, B. Sc. Arch., MERN
Dominic Corbeil, ingénieur, MERN
Julien Duteil, ingénieur, MERN
Mathieu Tremblay, ingénieur, MERN

Édition

Dominique Henriot
François Jaworski

Dépôt légal – 2021
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
Bibliothèque et Archives Canada
ISBN (PDF) : 978-2-550-90852-4
© Gouvernement du Québec, 2021

La reproduction du document à des fins personnelles et non commerciales est permise à condition d'en mentionner la source.

Les extraits et images sont reproduits avec la permission du Conseil national de recherches du Canada et de Morrison Hershfield, titulaires du droit d'auteur.

Table des matières

Liste des abréviations, des définitions, des sigles et des symboles	10
Introduction.....	13
Code de construction du Québec, Chapitre I.1 – Efficacité énergétique du bâtiment	13
Champs d'application du chapitre I.1, Efficacité énergétique du bâtiment	14
Champs d'application des parties 3 à 7.....	14
Partie 3	14
Partie 4	15
Partie 5	15
Partie 6	15
Partie 7	16
Partie 8	16
Objectifs	16
Énoncés fonctionnels	16
Conformité	17
Méthode prescriptive.....	17
Méthode des solutions de remplacement.....	17
Méthode de performance	18
Partie 3 Enveloppe du bâtiment	19
Généralités (section 3.1.).....	20
Objet (article 3.1.1.1.).....	20
Domaine d'application (article 3.1.1.2.).....	20
Conformité (article 3.1.1.3.)	20
Méthode prescriptive (section 3.2.)	21
Méthode des solutions de remplacement (section 3.3.).....	21
Méthode de performance (section 3.4.).....	22
Caractéristiques thermiques des ensembles de construction (article 3.1.1.5.).....	22
Caractéristiques et calcul de l'aire des surfaces (article 3.1.1.6.).....	27
Calcul de la résistance thermique effective (paragraphe 3.1.1.5. 5) et article 3.1.1.7.).....	28
Méthodes de calcul acceptées	29
Hypothèses de calcul.....	30
Généralités	30
Résistance thermique des matériaux de construction.....	30
Résistance thermique superficielle des films d'air	38
Résistance thermique des lames d'air	39
Pourcentages d'ossature	42
Méthode par essais en laboratoire.....	45

Méthode analytique.....	45
Calcul de la résistance thermique effective pour les ensembles de construction à isolation continue – Méthode de calcul des plans isothermes (série)	46
Calcul de la résistance thermique effective pour les ensembles de construction à ossature de bois – Méthode de calcul des plans isothermes et du trajet parallèle (série parallèle)	48
Calcul de la résistance thermique effective pour les ensembles de construction à ossature métallique – Méthode adaptée	50
Calcul de la résistance thermique effective pour les ensembles de construction en éléments de maçonnerie	56
Méthode numérique.....	57
Ajustement des valeurs RSI_E des murs obtenues par simulation numérique	58
Étanchéité à l'air (article 3.1.1.8. et sous-section 3.2.4.).....	63
Conformité par la méthode prescriptive (section 3.2.).....	63
Continuité de l'isolation (article 3.2.1.2.)	64
Espaces climatisés (chauffés ou refroidis) à des températures différentes (article 3.2.1.3.).....	67
Résistance thermique effective entre deux espaces adjacents.....	67
Résistance thermique effective des espaces semi-chauffés	69
Composants hors sol de l'enveloppe du bâtiment et ensembles de construction en contact avec le sol (sous-sections 3.2.2. et 3.2.3.)	70
Portes et fenêtres (articles 3.2.2.3. et 3.2.2.4.).....	71
Planchers en contact avec le sol (article 3.2.3.3.).....	72
Conformité par la méthode des solutions de remplacement (section 3.3.).....	73
Domaine d'application et restrictions (articles 3.3.1.1. et 3.3.1.2.).....	73
Conformité (article 3.3.1.3.)	74
Calcul de la résistance thermique effective dépréciée.....	77
Bâtiment proposé	78
Bâtiment de référence	80
Conformité par la méthode de performance énergétique (section 3.4.).....	88
Annexe A – Méthodes de calcul de la résistance thermique effective des ensembles de construction opaques hors sol, à l'exclusion des sections tympans des murs-rideaux ...	89
Annexe B – Facteurs d'ajustement : dispositifs de fixation pénétrant l'isolant extérieur	90
Partie 4 Éclairage.....	91
Méthode prescriptive (section 4.2.)	92
Puissance de l'éclairage intérieur (sous-section 4.2.1.)	92
Limites à la puissance de l'éclairage intérieur installé (article 4.2.1.3.).....	92
Détermination de la puissance de l'éclairage intérieur installé (article 4.2.1.4.).....	93
Calcul de la puissance de l'éclairage intérieur admissible selon la méthode de l'aire du bâtiment (article 4.2.1.5.).....	94
Calcul de la puissance de l'éclairage intérieur admissible selon la méthode espace par espace (article 4.2.1.6.).....	96

Commandes de l'éclairage intérieur (sous-section 4.2.2.).....	104
Mise hors circuit automatique partielle des lampes HID (4.2.2.1. 11))	106
Mise hors circuit programmée (4.2.2.1. 14))	106
Puissance de l'éclairage extérieur (sous-section 4.2.3.)	107
Éclairage extérieur (article 4.2.3.1.).....	107
Méthode des solutions de remplacement (section 4.3.)	113
Énergie de l'éclairage intérieur installé (sous-section 4.3.2.).....	113
Énergie admissible de l'éclairage intérieur (sous-section 4.3.3.)	113
Partie 5 Chauffage, ventilation et conditionnement d'air	117
Méthode prescriptive (section 5.2.)	118
Réseaux de conduits d'air (sous-section 5.2.2.)	118
Essais de détection des fuites (article 5.2.2.4.)	118
Isolation des conduits et des plenums (article 5.2.2.5.)	119
Protection de l'isolant (article 5.2.2.6.).....	120
Refroidissement par l'air extérieur (article 5.2.2.7.)	121
Refroidissement par utilisation directe de l'air extérieur (article 5.2.2.8.)	121
Refroidissement par utilisation indirecte de l'air extérieur (article 5.2.2.9.)	123
Conception des ventilateurs (sous-section 5.2.3.)	124
Domaine d'application (article 5.2.3.1.).....	124
Ajustement de la pression statique (tableau 5.2.3.1.)	125
Registre des prises et sorties d'air (sous-section 5.2.4.).....	131
Conception des systèmes de pompage (sous-section 5.2.6.)	131
Commandes de température (sous-section 5.2.8.)	132
Commandes de température des espaces (article 5.2.8.5.)	132
Commandes des systèmes de chauffage servant à fondre la neige et la glace et des équipements de protection contre le gel (article 5.2.8.6.)	135
Régulation de la température (articles 5.2.8.7. et 5.2.8.8.).....	136
Régulation de la température des espaces par refroidissement additionnel ou réchauffage (article 5.2.8.8.).....	136
Récupération de la chaleur ou de l'énergie (sous-section 5.2.10.)	141
Récupération de la chaleur ou de l'énergie (article 5.2.10.1.)	141
Piscines (article 5.2.10.2.)	142
Secteurs de réglage de la circulation d'air (article 5.2.11.2.)	142
Installation de ventilation de cuisson commerciale (article 5.2.13.1.).....	142
Partie 6 Installations d'eau sanitaire et de piscines.....	145
Méthode prescriptive (section 6.2.)	146
Appareils mixtes de chauffage des espaces et de l'eau sanitaire (article 6.2.2.4.)	146

Partie 8 Méthode de conformité par la performance énergétique	149
Généralités (section 8.1.).....	151
Généralités (sous-section 8.1.1.)	151
Domaine d'application (article 8.1.1.2.).....	151
Méthode de conformité par la performance (section 8.4.)	152
Conformité (sous-section 8.4.1.).....	152
Détermination de la conformité (article 8.4.1.2.).....	152
Agrandissements (article 8.4.1.4.)	153
Calculs de conformité (sous-section 8.4.2.).....	154
Généralités (article 8.4.2.1.)	154
Méthodes de calcul (article 8.4.2.2.)	155
Enveloppe du bâtiment (article 8.4.2.8.)	155
Installations CVCA (article 8.4.2.10.)	156
Consommation annuelle d'énergie du bâtiment proposé (sous-section 8.4.3.).....	156
Généralités (article 8.4.3.1.)	156
Horaires d'exploitation (article 8.4.3.2.).....	156
Composants de l'enveloppe du bâtiment (article 8.4.3.3.).....	157
Éclairage intérieur (article 8.4.3.4.).....	157
Zones de régulation de température (article 8.4.3.7.).....	158
Consommation cible d'énergie du bâtiment de référence (sous-section 8.4.4.).....	158
Généralités (article 8.4.4.1.)	158
Composants de l'enveloppe du bâtiment (article 8.4.4.3.).....	160
Masse thermique (article 8.4.4.4.)	161
Éclairage (article 8.4.4.5.)	161
Installations CVCA et installations de chauffage de l'eau (article 8.4.4.6.).....	162
Sélection de l'installation CVCA (article 8.4.4.7.).....	163
Système de chauffage (article 8.4.4.9.)	165
Système de refroidissement (article 8.4.4.10.)	165
Tours de refroidissement (article 8.4.4.11.).....	165
Pompes (article 8.4.4.14.).....	165
Air extérieur (article 8.4.4.15.).....	166
Ventilateurs (article 8.4.4.17.).....	166
Système d'alimentation en air (article 8.4.4.18.)	166
Récupération de chaleur (article 8.4.4.19.).....	166
Installation de chauffage de l'eau sanitaire (article 8.4.4.20.).....	166
Courbes de performance sous charge partielle (article 8.4.4.21.)	166
Énergie récupérée sur le site et énergie renouvelable produite sur le site (article 8.4.4.22.).....	167

Liste des figures

Organigramme des méthodes de conformité du chapitre I.1.....	17
Figure 3-3 – Éléments de l’enveloppe inclus dans le calcul de la résistance thermique totale, résistance thermique effective et résistance thermique effective dépréciée	29
Figure 3-4 – Lamé d’air ventilée dans un mur	41
Figure 3-5 – Éléments d’ossature répétitifs et secondaires à inclure au calcul de la résistance thermique effective d’un mur hors sol	42
Figure 3-6 – Exemple de section du mur typiquement utilisée pour évaluer la résistance thermique dans les simulations numériques du transfert thermique	45
Figure 3-7 – Exemples d’assemblages caractérisés par un flux thermique irrégulier	57
Figure 3-8 – Résistance thermique effective ajustée – Montants métalliques avec isolation dans la cavité et barres en Z horizontales sans bris thermique.....	60
Figure 3-9 – Résistance thermique effective ajustée – Montants métalliques sans isolation dans la cavité et barres en Z verticales intermittentes sans bris thermique	61
Figure 3-10 – Résistance thermique effective ajustée – Montants métalliques sans isolation dans la cavité et système de rails horizontaux fixés sur des supports intermittents avec bris thermique	61
Figure 3-11 – Résistance thermique effective ajustée – Montants métalliques avec isolation dans la cavité et système de rails horizontaux fixés sur supports intermittents sans bris thermique	62
Figure 3-12 – Résistance thermique effective ajustée – Ossature métallique sans isolation dans la cavité et parement de maçonnerie avec pénétrations mineures de l’isolant extérieur.....	62
Figure 3-13 – Interruption de la continuité de l’isolation à la jonction du mur hors sol avec le mur de fondation	64
Figure 3-14 – Exemples d’application pour réduire le pont thermique à la jonction entre un mur hors sol et un mur de fondation.....	65
Figure 3-15 – Interruption de la continuité de l’isolation selon les dispositions de l’alinéa 3.2.1.2. 9)e)	66
Figure 3-16 – Poutre structurale séparée par un rupteur de ponts thermiques structural	66
Figure 3-17 – Exigences applicables lorsque des espaces sont climatisés à des températures différentes ..	68
Figure 4-1 – Délimitation des surfaces de plancher des espaces.....	96
Figure 4-2 – Facteur d’ajustement (FA) de l’espace.....	100
Figure 4-3 – Contrôles programmés pour l’éclairage	107

Figure 5-1 – Cycle économiseur sur le circuit d’air.....	121
Figure 5-2 – Cycle économiseur sur le circuit d’eau (prérefroidissement de l’air, également appelé « cycle économiseur à refroidissement par transfert de chaleur sensible »).....	123
Figure 5-3 – Conception des ventilateurs	124
Figure 5-3 – Installation CVCA	127
Figure 5-4 – Champs d’application des articles 5.2.8.7. et 5.2.8.8.	136
Figure 5-5 – Séquence de contrôle d’une boîte terminale à volume variable sans système de commande numérique directe et avec réchauffage par serpentin hydronique d’eau chaude.....	139
Figure 5-6 – Séquence de contrôle d’une boîte terminale à volume variable avec système de commande numérique directe et avec réchauffage par serpentin hydronique d’eau chaude.....	140
Figure 6-1 – Installation mixte de chauffage des espaces et de l’eau sanitaire avec un chauffe-eau instantané	146
Figure 6-2 – Installation mixte de chauffage des espaces et de l’eau sanitaire avec un chauffe-eau à accumulation	147
Figure 8-1 – L’approche prescriptive par rapport à l’approche par performance du Code	150
Figure 8-2 – Diagramme décisionnel relatif au recours conditionnel à la méthode de conformité décrite à la partie 8	151
Figure 8-3 – Indicateur principal déterminant la conformité d’un bâtiment à la partie 8.....	153
Figure 8-4 – Rapports de puissance des sources énergétiques (de chauffage, par exemple) entre le bâtiment proposé et le bâtiment de référence.....	160
Figure 8-5 – Distribution de l’énergie renouvelable entre le bâtiment proposé et celui de référence. ...	167

Liste des tableaux

Tableau 3-1 – Valeurs de résistance thermique des matériaux de construction courants	31
Tableau 3-2 – Résistance thermique superficielle des films d'air intérieurs	38
Tableau 3-3 – Résistance thermique superficielle des films d'air extérieurs	39
Tableau 3-4 – Résistance thermique des lames d'air non ventilées entre matériaux non réfléchissants ..	40
Tableau 3-5 – Pourcentage de l'aire avec ossature et de l'aire sans ossature pour les ensembles types d'ossature en bois	43
Tableau 3-6 – Pourcentage de l'aire avec ossature et sans ossature pour les ensembles types d'ossature en tôle d'acier.....	44
Tableau 3-7 – Valeurs de K_1 et K_2	52
Tableau 3-8 – Facteurs d'ajustement généraux à appliquer pour un mur.....	59
Tableau 3-9 – Facteurs d'ajustement détaillés à appliquer à un mur à ossature métallique	59
Tableau 3-10 – Résistance thermique effective des ensembles de construction séparant des espaces climatisés à des températures différentes	67
Tableau 3-11 – Coefficient linéaire de transmission thermique par défaut pour le bâtiment proposé ...	79
Tableau 3-12 – Coefficient linéaire de transmission thermique du bâtiment de référence	80
Tableau 5-1 – Conditions de calcul de climatisation	127
Tableau 8-1 – Sélection CVCA du bâtiment de référence, selon l'article 8.4.4.7	164

Liste des abréviations, des définitions, des sigles et des symboles

A : aire

AP_S : ajustement de pression statique

CAH : changement d'air à l'heure

CCMC : Centre canadien de matériaux de construction

CGS : coefficient de gain solaire

CNB : Code national du bâtiment

CNEB : Code national de l'énergie pour les bâtiments

CO₂ : dioxyde de carbone

Code : Code de construction du Québec, Chapitre I.1 – Efficacité énergétique du bâtiment, et Code national de l'énergie pour les bâtiments – Canada 2015 (modifié)

Ψ : coefficient linéaire de transmission thermique (W/(m · K)) : taux de transmission de chaleur par unité de longueur à travers un ensemble de construction sous l'effet d'une différence de température en régime permanent

X : coefficient ponctuel de transmission thermique (W/K) : taux de transmission de chaleur par une pénétration ponctuelle à travers un ensemble de construction sous l'effet d'une différence de température en régime permanent

D : débit

DJC : degré-jour de chauffage

DPE : densité de puissance d'éclairage

EAEI : énergie admissible de l'éclairage intérieur

EEL : énergie de l'éclairage intérieur installé

EER : *energy efficiency ratio* (taux de rendement énergétique)

EPS : polystyrène expansé moulé

Ext. : extérieur

FA : facteur d'ajustement

HEPA : *high efficiency particulate air* (haute efficacité pour les particules de l'air)

HID : haute intensité de décharge

Installation CVCA : installation de chauffage, de ventilation ou de conditionnement d'air composée de l'ensemble des équipements et des réseaux desservant un bâtiment ou une partie de bâtiment

Int. : intérieur

L_{max} : taux de fuite maximal admissible

MERN : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec

MERV : *minimum efficiency reporting value* (valeur de référence d'efficacité minimale)

P : pression statique maximale

PA_{DPE} : pourcentage d'augmentation de la densité de puissance d'éclairage

PEEA : puissance de l'éclairage extérieur admissible

PEEI : puissance de l'éclairage extérieur installé

PEII : puissance de l'éclairage intérieur installé

PEIA : puissance de l'éclairage intérieur admissible

PVC : polychlorure de vinyle

RBQ : Régie du bâtiment du Québec

RE : rendement énergétique

REENB 83 : Règlement sur l'économie d'énergie dans les nouveaux bâtiments

RSI : résistance thermique d'un composant métrique ou RSI nominale

RSI_E : résistance thermique effective, en unités métriques ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) : capacité d'un ensemble de construction à résister au flux de chaleur qui le traverse

RSI_{ED} : résistance thermique effective dépréciée

RSI_T : résistance thermique totale : addition de la résistance thermique nominale de toutes les couches continues de composants se trouvant dans l'axe qui traverse la cavité isolée

s : seconde (partie 3)

S : surface (partie 3 et partie 4)

SHGC : *solar heat gain coefficient* (coefficient de gain solaire ou SHGC)

T : température

TAPF : total admissible des puissances au frein

TAPN : total admissible des puissances nominales

TE : teneur en eau

TPF : total des puissances au frein

TPN : total des puissances nominales

Typ. : type

U : coefficient de transmission thermique globale, mesure du taux en $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$: taux de transmission de la chaleur au travers d'un ensemble de construction dont deux faces opposées sont simultanément exposées à des températures différentes

VT : *visible transmittance* (coefficient de transmittance solaire visible)

W : watt

Introduction

Le présent guide a été produit par la Régie du bâtiment du Québec (RBQ) en collaboration avec le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec (MERN) et a été financé par le gouvernement du Québec dans le cadre du Plan pour une économie verte 2030. Il est lié à la mesure 1.7.1 (Moderniser le Code de construction et les outils réglementaires et techniques dans une perspective d'atténuation et d'adaptation) de l'objectif 1.7 (Transformer les pratiques de construction et de rénovation) du Plan. Ce guide est publié dans le contexte de la mise en œuvre du nouveau chapitre I.1 du Code de construction (Code) portant sur l'efficacité énergétique du bâtiment. Le chapitre I.1 est constitué du Code national de l'énergie pour les bâtiments – Canada 2015 (CNEB), auquel des modifications ont été apportées dans le but, entre autres, d'assurer l'arrimage du Code au contexte réglementaire et énergétique québécois et d'atteindre la cible énergétique gouvernementale.

Ce guide comporte des exemples d'application des exigences décrites au Code dans le but d'en faciliter la compréhension. Il n'est pas un guide de conception. Les figures qu'il renferme sont des schémas généraux et les exemples sont fournis à titre indicatif seulement; ils ne constituent en aucun cas des recommandations en matière de conception.

Ce guide est un complément au Code visant une application conforme aux exigences décrites dans celui-ci. Les exigences du Code ont préséance sur les renseignements présentés ici.

Les termes définis au Code et utilisés dans ce guide ont la définition prévue par le Code et les sigles utilisés ont la signification qui leur est attribuée dans celui-ci.

Les éditions applicables des normes incorporées par renvoi dans le présent guide sont celles désignées au Code.

Le guide se compose de commentaires sur les parties 3 à 6 et la partie 8 du Code, mais ne traite pas de chacun des articles. Son contenu porte sur des aspects pour lesquels il a été jugé que des explications additionnelles ou des exemples et des calculs détaillés étaient requis.

Code de construction du Québec, Chapitre I.1 – Efficacité énergétique du bâtiment

L'ajout d'un chapitre sur l'efficacité énergétique est la seconde phase du rehaussement des exigences d'efficacité énergétique datant de 1983. Les bâtiments d'au plus 3 étages en hauteur de bâtiment, d'au plus 600 m² en aire de bâtiment et n'abritant que des logements ont été soumis en 2012 à des exigences d'efficacité énergétique plus élevées à la suite de l'ajout de la partie 11 au chapitre I, Bâtiment, du Code de construction.

En rehaussant les exigences d'efficacité énergétique des grands bâtiments, la Loi sur l'économie de l'énergie dans le bâtiment est abrogée dans son ensemble et remplacée par la Loi sur le bâtiment.

Champs d'application du chapitre I.1, Efficacité énergétique du bâtiment

Le Code s'applique à la conception et à la construction de tout bâtiment commercial, institutionnel et industriel. Il s'applique aussi aux bâtiments de plus de 3 étages en hauteur de bâtiment, de plus de 600 m² en aire de bâtiment et n'abritant que des logements de même qu'aux bâtiments d'au plus 3 étages en hauteur de bâtiment, d'au plus 600 m² en aire de bâtiment et abritant des logements en plus d'un autre usage. Les agrandissements sont considérés comme une construction aux fins d'application du Code. Selon la fonction et la configuration de cet agrandissement, il devra se conformer aux exigences d'efficacité énergétique de la partie 11 du chapitre I, Bâtiment, du Code de construction ou à celles du chapitre I.1, Efficacité énergétique du bâtiment.

Les exigences du Code s'appliquent aussi aux piscines neuves désignées comme équipement destiné à l'usage du public tel qu'il est décrit à l'article 10.03 du Code de construction.

Le Code ne s'applique pas aux bâtiments agricoles tels qu'ils sont définis au Code, soit tout bâtiment ou partie de bâtiment qui ne contient pas d'habitation, situé sur un terrain consacré à l'agriculture ou à l'élevage et utilisé essentiellement pour abriter des équipements ou des animaux, ou pour la production, le stockage ou le traitement de produits agricoles ou horticoles ou l'alimentation des animaux.

Le petit bâtiment résidentiel, soit les habitations d'au plus 3 étages, d'au plus 600 m² et n'abritant que des logements, demeure assujéti à la partie 11 du chapitre I, Bâtiment, du Code.

Champs d'application des parties 3 à 7

Chaque partie du Code porte sur la conception et la construction des différentes composantes d'un bâtiment. Chaque partie possède son propre champ d'application. Il se peut, selon la fonction du bâtiment, que celui-ci doive se conformer à toutes les parties du Code ou à certaines parties seulement.

Partie 3

La partie 3 porte sur la conception et la construction de l'enveloppe de tout bâtiment muni d'une installation CVCA dont la capacité de chauffage ou de refroidissement est d'au moins 10 W/m² ou destiné à en recevoir une. Une chandelle émet environ 77 W. Ce qui veut dire que très peu de bâtiments sont exemptés de l'application des exigences de la partie 3.

C'est dans cette partie que l'on retrouve les exigences et les caractéristiques minimales auxquelles l'enveloppe du bâtiment doit se conformer.

Il est à noter que les parties opaques des murs-rideaux (panneaux-tympan) doivent se conformer aux valeurs minimales de résistance thermique exigées pour un mur extérieur selon la municipalité où le bâtiment est construit. Les parties vitrées des murs-rideaux doivent se conformer aux valeurs maximales du coefficient thermique globales exigées pour le fenêtrage selon la municipalité où le bâtiment est construit.

Contrairement à l'application des exigences de la partie 11 du chapitre I, Bâtiment, l'aire des portes de garage doit être incluse dans le calcul du pourcentage d'ouverture permis, soit 40 %, peu importe la municipalité où est construit le bâtiment.

Partie 4

La partie 4 s'applique aux systèmes d'éclairage intérieur et extérieur et à leurs composantes qui sont raccordés à l'installation électrique du bâtiment. Les systèmes d'éclairage de sécurité qui sont automatiquement fermés pendant les heures normales d'exploitation d'un bâtiment et l'éclairage dans les logements sont exemptés de l'application des exigences de la partie 4. Toutefois, dans un bâtiment abritant des logements, l'éclairage intérieur des parties communes telles que les espaces de rangement ou les corridors doit se conformer aux exigences de la partie 4.

Les systèmes d'éclairage et leurs composantes qui ne sont pas raccordés à l'installation électrique d'un bâtiment mais qui sont raccordés à une installation électrique indépendante du bâtiment sont exemptés de l'application des exigences de la partie 4.

Partie 5

La partie 5 s'applique aux installations de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air, y compris l'ensemble des équipements et des réseaux desservant un bâtiment ou une partie de bâtiment (installation CVCA). Elle ne s'applique pas aux installations et équipements servant uniquement au désenfumage en cas d'incendie. Les installations CVCA qui desservent les pièces dans lesquelles se déroulent des procédés ou des activités exigeant des températures, des débits d'air ou des taux d'humidité qui ne correspondent pas aux conditions habituelles de confort sont exemptées de l'application des exigences de la partie 5, tout comme le sont les installations CVCA qui sont réservées intégralement à un procédé ou à une activité exigeant des températures, des débits d'air ou des taux d'humidité qui ne correspondent pas aux conditions habituelles de confort.

Toutefois, la partie 5 contient des exigences relatives aux installations CVCA desservant les salles de serveurs, les laboratoires et les vivariums, les hôpitaux ainsi que les piscines et des exigences relatives aux générateurs de glace, aux équipements de réfrigération alimentaire ainsi qu'aux équipements d'extraction de cuisson commerciale.

Il est à noter qu'une installation CVCA desservant à la fois une pièce qui exige des conditions habituelles de confort et une pièce où se déroule un procédé qui exige des températures, des débits d'air ou des taux d'humidité qui ne correspondent pas aux conditions habituelles de confort ne sont pas exemptées de l'application des exigences de la partie 5.

La partie 5 ne s'applique pas aux parties existantes des installations CVCA qui sont prolongées pour desservir des agrandissements.

Partie 6

Les exigences de la partie 6 s'appliquent aux installations utilisées pour le chauffage de l'eau sanitaire, soit l'eau potable circulant dans les installations de plomberie visées par le chapitre III, Plomberie, du Code de construction. Elles s'appliquent aussi aux installations de pompage faisant partie d'installations d'eau sanitaire et aux piscines.

Les installations et les équipements utilisés exclusivement pour la lutte contre l'incendie sont exemptés de l'application des exigences de la partie 6. Il en est de même pour les installations existantes qui sont prolongées pour desservir des agrandissements.

Partie 7

La partie 7 s'applique à tous les transformateurs et moteurs électriques qui sont reliés au réseau d'alimentation électrique du bâtiment, y compris ceux qui sont installés à l'extérieur du bâtiment.

Les transformateurs et les moteurs électriques existants des installations électriques qui sont prolongées pour desservir des agrandissements sont exemptés des exigences de la partie 7.

Partie 8

La partie 8 contient les exigences permettant la conformité au Code au moyen de la méthode de performance énergétique. Elle décrit les critères qui permettent le recours à cette méthode, les principes qui guident la modélisation ainsi que les paramètres de la simulation énergétique.

Objectifs

Les objectifs comme définis au Code décrivent en termes très généraux les principaux buts des exigences du Code. Ils servent à définir les limites des domaines visés par le Code. Toutefois, le Code ne traite pas de tous les sujets qui pourraient être inclus dans ces limites.

Les objectifs décrivent des situations indésirables dans un bâtiment et les conséquences à éviter. Le libellé des définitions des objectifs comporte deux expressions clés : « limiter la probabilité » et « effet inacceptable ». L'expression « limiter la probabilité » permet de reconnaître que le Code ne peut prévenir totalement l'occurrence de cette situation indésirable. Quant à l'expression « effet inacceptable », elle reconnaît que le Code ne peut éliminer tous les effets indésirables. Un « effet acceptable » est un résultat qui peut demeurer après qu'une situation a été modifiée de manière à répondre au Code.

Les objectifs sont entièrement qualitatifs et ne doivent pas être utilisés seuls dans le cadre du processus de conception et d'approbation.

Les objectifs et énoncés fonctionnels attribués aux exigences ou aux portions d'exigences de la division B figurent dans un tableau à la fin de chaque partie du Code.

Énoncés fonctionnels

Les énoncés fonctionnels sont plus détaillés que les objectifs. Ils décrivent les conditions, dans un bâtiment, qui contribuent à satisfaire aux objectifs. Les énoncés fonctionnels et les objectifs sont étroitement liés : plusieurs énoncés fonctionnels peuvent se rapporter à un même objectif.

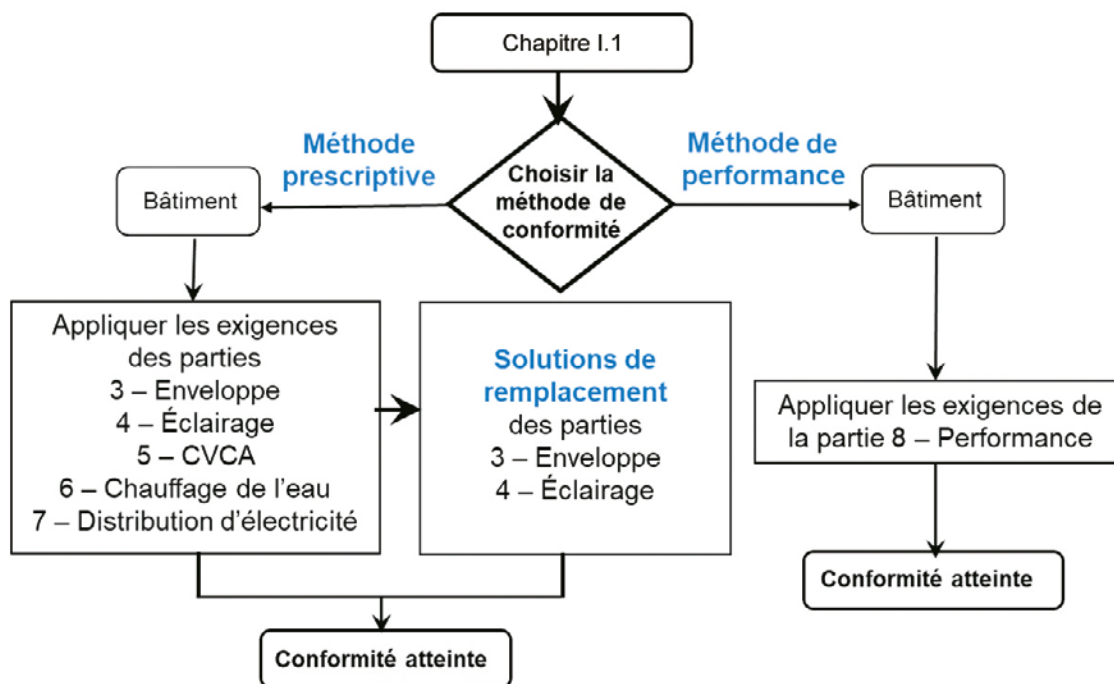
Comme les objectifs, les énoncés fonctionnels sont entièrement qualitatifs. De même, ils ne sont pas destinés à être utilisés seuls dans le cadre du processus de conception et d'approbation.

Les énoncés fonctionnels attribués aux exigences ou aux portions d'exigences de la division B figurent dans un tableau à la fin de chaque partie du Code.

Conformité

Il est possible de se conformer aux exigences du Code à l'aide de trois méthodes : la méthode prescriptive, la méthode des solutions de remplacement et la méthode de performance.

Organigramme des méthodes de conformité du chapitre I.1



Méthode prescriptive

La première méthode consiste à appliquer les exigences prescriptives du Code, qui dictent la recette de base comme les caractéristiques thermiques minimales exigées pour les éléments de l'enveloppe décrites à la partie 3.

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 pour les parties 3 ou 4, ou selon les dispositions de la méthode par la performance énergétique.

Méthode des solutions de remplacement

La deuxième méthode confère une certaine souplesse à l'application des exigences prescriptives. Par exemple, la méthode des solutions de remplacement décrite à la partie 3 permet aux utilisateurs de modifier les caractéristiques thermiques d'un ou plusieurs composants de l'enveloppe du bâtiment par rapport aux valeurs prescriptives, à condition qu'il puisse être démontré que le transfert thermique par l'enveloppe du bâtiment résultant ne serait pas supérieur à celui prévu si tous ses composants étaient conformes aux exigences prescriptives de la section 3.2. Cette méthode se veut un moyen facile d'apporter des changements mineurs à certaines caractéristiques du bâtiment sans avoir à suivre la méthode de performance qui s'applique à l'ensemble du bâtiment. Les paramètres d'application de cette méthode de conformité se trouvent aux sections 3.3. et 4.3. Cette méthode n'est pas permise pour les parties 5 à 7.

Une restriction prépondérante est que chaque méthode des solutions de remplacement est propre à la partie à laquelle elle s'applique : il ne peut pas y avoir d'échanges entre des systèmes ou des paramètres du bâtiment couverts dans deux parties distinctes. Par exemple, la méthode des solutions de remplacement ne permet pas les échanges entre les installations CVCA et l'enveloppe du bâtiment. Dans ce cas, il faudra se conformer aux exigences du Code par la méthode de performance énergétique décrite à la partie 8.

D'autres restrictions sont propres aux différentes méthodes des solutions de remplacement : par exemple, la méthode des solutions de remplacement à l'endroit de l'enveloppe ne permet pas d'échange avec la résistance thermique effective des éléments en contact avec le sol ni à l'endroit du pourcentage d'ouverture permis. Ces éléments doivent être conformes aux exigences prescriptives décrites à la section 3.2.

La méthode des solutions de remplacement de la partie 4 ne permet pas d'échange à l'endroit de l'éclairage extérieur ni de ses commandes. Ces éléments doivent être conformes aux exigences prescriptives décrites à la section 4.2. en matière d'éclairage.

Méthode de performance

La troisième méthode est la méthode de conformité par la performance énergétique. Elle est décrite à la partie 8 du Code. Il s'agit d'une approche qui s'applique à l'ensemble du bâtiment, elle ne peut pas être utilisée pour évaluer la conformité de systèmes ou de paramètres individuels du bâtiment.

Cette 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.

Selon cette méthode, 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 exigée 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 conforme au Code. Les autres aspects du bâtiment qui ne sont pas visés par une exigence du Code doivent être simulés de façon identique dans les deux bâtiments.

L'évaluation de la consommation annuelle d'énergie du bâtiment proposé et celle de la consommation cible d'énergie du bâtiment de référence doivent être réalisées par modélisation conformément aux exigences de la partie 8. Les agrandissements doivent être modélisés comme un bâtiment distinct.

Lorsque le bâtiment ne se conforme pas aux exigences du Code selon l'une de ces trois méthodes, il est possible de proposer une mesure différente ou équivalente en vertu des articles 127 ou 128 de la Loi sur le bâtiment. Plus de renseignements sont disponibles sur le site Web de la RBQ : www.rbq.gouv.qc.ca.

Partie 3



Enveloppe du bâtiment



Généralités (section 3.1.)

Objet (article 3.1.1.1.)

La partie 3 porte sur le transfert de chaleur et d'air au travers de l'enveloppe du bâtiment. Elle établit les mesures minimales acceptables relatives à la performance thermique adéquate des matériaux, des composants et des ensembles de construction qui font partie de l'enveloppe du bâtiment. L'enveloppe du bâtiment est définie (paragraphe 1.4.1.2. 1) de la division A) comme étant l'ensemble des composants qui isolent l'espace climatisé 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. Par définition (paragraphe 1.4.1.2. 1) de la division A), l'espace climatisé correspond pour sa part à tout espace à l'intérieur d'un bâtiment dont on cherche à limiter l'influence des variations de la température extérieure sur la température ambiante par un apport direct ou indirect de chaleur ou par refroidissement pendant une bonne partie de l'année. 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 ainsi une considération essentielle du point de vue de l'efficacité énergétique.

Domaine d'application (article 3.1.1.2.)

Les exigences de la partie 3 s'appliquent à tous les nouveaux bâtiments et aux agrandissements qui sont munis d'installations CVCA ou qui permettent l'installation ultérieure de tels systèmes, et dont la capacité du système de chauffage ou de refroidissement de l'espace est d'au moins 10 W/m² de surface de plancher. Dès qu'un espace est destiné à être climatisé (chauffé ou refroidi), les dispositions de la partie 3 s'appliquent donc à l'enveloppe de cet espace, et ce, même si les caractéristiques des installations CVCA ne sont pas toutes spécifiées de façon définitive aux plans et devis.

Les bâtiments dont la capacité des systèmes de chauffage ou de refroidissement est inférieures à 10 W/m² de surface de plancher ne sont pas assujettis aux exigences de la partie 3. Les travaux de rénovation ou de transformation, au même titre que les travaux concernant un bâtiment non couvert par le champ d'application du Code comme le petit bâtiment d'habitation, les serres ou les bâtiments dont l'aire de bâtiment est d'au plus 10 m², ne sont pas non plus assujettis aux exigences de la partie 3.

Conformité (article 3.1.1.3.)

La démonstration de la conformité à la partie 3 peut être effectuée au moyen de l'une des trois méthodes suivantes : la méthode prescriptive (section 3.2.), la méthode des solutions de remplacement (section 3.3.) ou la méthode de performance énergétique (section 3.4.) qui renvoie à la partie 8.

Certaines exigences prescriptives de la section 3.2. doivent néanmoins être appliquées même si la méthode des solutions de remplacement ou la méthode de performance énergétique est utilisée. C'est notamment le cas pour les exigences d'étanchéité à l'air de l'enveloppe (sous-section 3.2.4.) qui sont applicables de manière identique peu importe la méthode de conformité choisie. Il en est de même pour les généralités de la section 3.1. qui énoncent les lignes directrices à respecter pour l'enveloppe du bâtiment, à moins d'indications contraires dans les spécifications de l'une ou l'autre de ces méthodes de conformité.

Les trois méthodes de conformité sont expliquées brièvement dans les paragraphes suivants. Des indications plus détaillées se trouvent dans les sections relatives à chacune de ces méthodes (voir sections 3.2., 3.3. et 3.4.). Le choix de la méthode de conformité est laissé à la discrétion des concepteurs. Certains choix de conception pourraient cependant contraindre un concepteur à utiliser une voie de conformité plutôt qu'une autre. Par exemple, l'utilisation de superficies de fenêtrage et de portes dépassant le ratio maximal de 40 % autorisé imposera au concepteur de recourir à la méthode de performance énergétique, détaillée à la section 3.4. et à la partie 8, pour démontrer la conformité du bâtiment.

Méthode prescriptive (section 3.2.)

La méthode prescriptive consiste essentiellement à appliquer à la lettre chacune des exigences décrites dans la section 3.2. Cette méthode détaille notamment la façon de traiter les différents ponts thermiques et établit les niveaux minimaux de performance à respecter pour les ensembles de construction. Il s'agit de la méthode de conformité la plus simple à appliquer. Cependant, dès qu'une exigence prescriptive ne peut être respectée, l'une des deux autres méthodes de conformités doit être utilisée.

Méthode des solutions de remplacement (section 3.3.)

La méthode des solutions de remplacement permet de compenser la moins bonne performance d'un ensemble de construction, d'une jonction ou d'une pénétration de l'enveloppe par l'amélioration de la performance d'un autre de ces éléments. Elle permet ainsi de reconnaître la contribution d'une conception supérieure à celle définie dans les exigences prescriptives, en quantifiant la performance en matière de transfert thermique au travers des ensembles de construction. Pour ce faire, elle établit un rapport entre la somme des aires et des résistances thermiques effectives des éléments du bâtiment proposé ciblés par la solution de remplacement et le compare à celui d'un bâtiment de référence similaire, mais qui respecte en tous points les exigences prescriptives de la section 3.2. Pour être considéré comme conforme à cette méthode de conformité, le résultat obtenu pour le bâtiment proposé doit être inférieur ou égal à celui obtenu pour le bâtiment de référence.

La méthode des solutions de remplacement est basée sur une compensation mathématique simple des pertes thermiques de l'enveloppe du bâtiment. Elle ne garantit pas que la consommation énergétique du bâtiment proposé et celle du bâtiment de référence soient les mêmes. L'influence des effets croisés entre l'enveloppe comme les gains solaires ou l'orientation des ouvertures et les systèmes mécanique/électrique comme la disposition des zones thermiques de même que le comportement thermodynamique des deux modèles peuvent être très différents. Cette méthode de démonstration de la conformité doit donc être utilisée avec discernement, tout en considérant les autres exigences applicables du Code notamment celles relatives à la séparation des milieux différents.

Méthode de performance (section 3.4.)

La méthode de performance permet de compenser la non-conformité aux exigences prescriptives de l'enveloppe par l'amélioration de la performance d'autres éléments du bâtiment comme les systèmes d'éclairage, les installations CVCA, les installations de chauffage de l'eau sanitaire ou les autres ensembles de construction de l'enveloppe. C'est également au moyen de cette méthode de conformité que l'effet de masse thermique et l'effet des dispositifs d'ombrage du fenêtrage peuvent être considérés. Tout comme la méthode des solutions de remplacement, la méthode de performance se base sur une comparaison entre le bâtiment proposé et un bâtiment de référence qui est une réplique du bâtiment proposé, mais en tous points conforme aux exigences prescriptives. Toutefois, plutôt que de se limiter au transfert thermique au travers de l'enveloppe, la méthode de performance établit cette comparaison en fonction de la performance énergétique globale des deux bâtiments (le bâtiment de référence et le bâtiment proposé). Lorsque le concepteur choisit d'utiliser cette méthode, il doit donc l'appliquer de manière à démontrer la conformité du bâtiment dans son ensemble et ne peut pas se limiter uniquement à l'enveloppe du bâtiment de la partie 3. La quantification des échanges appliqués à la méthode de performance s'effectue au moyen d'une modélisation énergétique du bâtiment qui est décrite et normée à la partie 8.

La méthode de performance, au même titre que la méthode des solutions de remplacement, n'inclut pas de limite inférieure pour la performance thermique des ensembles de construction. Il est de la responsabilité du concepteur de prévoir des ensembles de construction et des détails d'assemblage suffisamment performants pour minimiser les pertes thermiques et la présence de zones froides dans l'enveloppe. Cette préoccupation est essentielle en vue d'assurer le confort thermique des occupants et de réduire au minimum dans l'enveloppe les risques de condensation qui peuvent mener à l'émergence de problèmes plus critiques. Ces deux méthodes doivent donc être utilisées avec discernement.

Caractéristiques thermiques des ensembles de construction (article 3.1.1.5.)

Les caractéristiques thermiques des matériaux de l'enveloppe du bâtiment sont typiquement déterminées au moyen d'essais conformes aux normes de matériaux pertinentes. La plupart de ces normes sont spécifiées dans le chapitre I, Bâtiment, du Code de construction. 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 caractéristiques au moyen d'essais effectués conformément à la norme ASTM C177, « Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus », ou à la norme ASTM C518, « 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 en ce qui concerne les propriétés thermiques de ceux-ci.

Une compréhension des principes de base du transfert de chaleur, y compris des concepts de conductivité thermique et de résistance thermique, est essentielle pour assurer une conception, une sélection et une caractérisation de détails techniques et d'ensembles de construction qui sont conformes aux exigences de la partie 3. La chaleur se déplace spontanément d'une aire à température élevée vers une aire à plus basse température, de manière à assurer un équilibre thermique. La circulation de la chaleur dans les ensembles de construction de l'enveloppe du bâtiment se produit par l'effet combiné de la convection, du rayonnement et de la conduction de même que par les percements et les ouvertures causant des fuites d'air. Les exigences de la partie 3 qui portent sur l'isolation visent essentiellement à contrer l'effet de conduction, alors que les exigences relatives à l'étanchéité à l'air ont pour objectif d'éliminer les principales fuites d'air pouvant nuire à la performance thermique de l'enveloppe. Il est possible de réduire au minimum le transfert de chaleur dans les ensembles de construction par l'utilisation efficace d'une combinaison de composants qui résistent bien à la circulation de la chaleur et par l'élimination à la source des principales fuites d'air.

Le coefficient de transmission thermique globale (coefficient U) est une mesure du taux, en $W/(m^2 \cdot K)$, de transmission de la chaleur au travers d'un ensemble de construction dont deux faces opposées sont simultanément exposées à des températures différentes. Le coefficient U reflète la capacité de tous les éléments d'un ensemble de construction à transmettre la chaleur au travers de cet ensemble, y compris au travers des films d'air. Contrairement au coefficient U, la résistance thermique effective (valeur RSI_E , en unités métriques) correspond à la capacité d'un ensemble de construction à résister au flux de chaleur qui le traverse. Elle permet de déterminer le pouvoir isolant d'un ensemble de construction en caractérisant sa capacité à contrer le transfert de chaleur par conduction. La résistance thermique effective est inversement proportionnelle au coefficient de transmission thermique globale (coefficient U), comme le montre l'équation suivante, et elle est mesurée en $(m^2 \cdot K)/W$:

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

où

RSI_E = résistance thermique effective, en $(m^2 \cdot K)/W$

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

Aux fins d'application de la partie 3, le coefficient U est employé pour déterminer la performance thermique du fenêtrage et des portes. Plus le coefficient U d'un fenêtrage ou d'une porte sera faible, plus son pouvoir isolant sera élevé. La résistance thermique effective est employée pour déterminer la performance thermique des ensembles de construction opaques. À l'inverse du coefficient U, plus une valeur de résistance thermique effective sera élevée, plus le pouvoir isolant de l'ensemble de construction qui y est associé sera élevé. Les méthodes autorisées pour déterminer la résistance thermique effective des ensembles de construction opaques sont détaillées plus loin dans le présent guide (« [Calcul de la résistance thermique effective \(paragraphe 3.1.1.5. 5\) et article 3.1.1.7.\)](#) »).

Les normes et méthodes applicables pour caractériser les propriétés thermiques d'un mur-rideau varient en fonction de la nature des parties qui le composent. Les sections claires (partie vitrée) doivent être caractérisées en fonction du coefficient U, selon les normes et méthodes décrites pour le fenêtrage aux paragraphes 3.1.1.5. 3) et 4). Les sections opaques (partie tympan) doivent être caractérisées en fonction de la résistance thermique effective conformément aux spécifications du paragraphe 3.1.1.5. 6). Si la résistance thermique effective des sections opaques d'un mur-rideau n'est pas déterminée conformément à ce paragraphe, les valeurs précisées au paragraphe 3.3.1.3. 4) doivent être utilisées. Bien que la terminologie de mur-rideau puisse également inclure la notion de mur-fenêtre, il n'est pas permis d'utiliser directement les valeurs indiquées au paragraphe 3.3.1.3. 4) pour caractériser les sections opaques de ce type de mur. Contrairement au mur-rideau qui est suspendu à l'extrémité de la structure des planchers, les sections opaques du mur-fenêtre sont pénétrées par la structure des planchers pour ancrer et supporter les sections claires. Cette configuration propre au mur-fenêtre implique des contraintes de calcul additionnelles, puisqu'elle ne permet pas de respecter les exigences de continuité de l'isolation décrites à l'article 3.2.1.2. Une dépréciation de la résistance thermique effective des sections opaques du mur-fenêtre réalisée conformément aux spécifications des paragraphes 3.3.1.3. 2) et 3) ou un traitement équivalent fait à l'intérieur d'une simulation numérique du transfert thermique est alors requis en vue de tenir compte de l'effet de ces pénétrations.

Les coefficients linéaire et ponctuel de transmission thermique mentionnés au paragraphe 3.1.1.5. 7) sont utilisés dans le calcul de la dépréciation de la résistance thermique effective en vue de tenir compte de l'effet des ponts thermiques. Ils doivent être employés dans la méthode des solutions de remplacement (section 3.3.) selon les dispositions des paragraphes 3.3.1.3. 2) et 3) de même que dans la méthode de performance (section 3.4. et partie 8) conformément aux dispositions du paragraphe 8.4.2.8. 4). Le coefficient linéaire de transmission thermique (Ψ) correspond au taux, en $W/(m \cdot K)$, de transmission de chaleur par unité de longueur à travers un ensemble de construction sous l'effet d'une différence de température en régime permanent. Il permet de quantifier l'effet d'un pont thermique linéaire, comme une dalle de balcon pénétrant un mur ou une jonction entre deux ensembles de construction, sur les déperditions thermiques totales d'un ensemble de construction de l'enveloppe du bâtiment. Le coefficient ponctuel de transmission thermique (χ) correspond au taux, en W/K , de transmission de chaleur par une pénétration ponctuelle à travers un ensemble de construction sous l'effet d'une différence de température en régime permanent. Il permet une quantification semblable au coefficient linéaire, mais il traite plutôt de l'effet engendré par un pont thermique ponctuel comme une poutre pénétrant un mur.

Les coefficients linéaire et ponctuel de transmission thermique peuvent être déterminés par un essai en laboratoire effectué conformément à la norme ASTM C1363, « Thermal Performance of Building Materials and Envelope Assemblies by Means of a Hot Box Apparatus », en fonction d'une température de l'air intérieur de 21 ± 1 °C et d'une température de l'air extérieur de -18 ± 1 °C, ou par simulation numérique du transfert thermique. L'approche développée dans le cadre du projet de recherche ASHRAE RP-1365, « Thermal Performance of Building Envelope Details for Mid- and High-Rise Buildings », fournit des indications détaillées sur la façon de procéder à une telle simulation numérique du transfert thermique. L'exemple suivant montre, de manière simplifiée, l'application d'un concept de base issu de la méthodologie décrite dans la section 5.2 « Thermal Transmittance » du rapport du projet de recherche ASHRAE RP-1365 pour déterminer un coefficient linéaire de transmission thermique à partir d'une simulation numérique. Puisqu'il s'agit d'une démonstration conceptuelle simplifiée, cet exemple vise uniquement à présenter le principe de base qui sous-tend cette méthodologie. Il est ainsi nécessaire de se référer au processus complet décrit dans l'ASHRAE RP-1365 pour paramétrer adéquatement les modèles, pour procéder aux simulations et aux calculs requis ainsi que pour s'assurer que les résultats obtenus sont cohérents par rapport à l'ensemble de la démarche applicable.

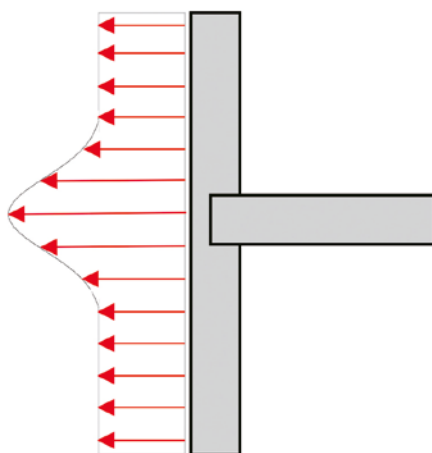
Exemple de calcul d'un coefficient linéaire de transmission thermique pour une jonction mur/plancher intermédiaire

Dans cet exemple, le coefficient linéaire de transmission thermique recherché est celui d'une jonction d'un mur avec un plancher intermédiaire. Un logiciel de simulation numérique du transfert thermique est utilisé pour le déterminer.

Étape 1. Simulation numérique du transfert thermique du mur, y compris la jonction avec le plancher intermédiaire.

Le détail de construction complet du mur et du plancher intermédiaire est modélisé dans le logiciel de simulation numérique du transfert thermique. L'analyse permet d'obtenir le flux thermique total à travers l'assemblage, comme le montre schématiquement la figure suivante.

Figure 3-1 – Flux thermique total à travers l'assemblage

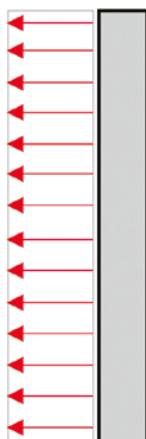


La résistance thermique effective dépréciée obtenue de la simulation pour ce détail de construction est de $3,81 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$.

Étape 2. Simulation numérique du transfert thermique du mur uniquement.

La section ne représentant que le mur est ensuite modélisée dans le logiciel de simulation numérique du transfert thermique, comme le montre schématiquement la figure suivante.

Figure 3-2 – Flux thermique à travers le mur uniquement



La résistance thermique effective du mur est alors de $4,04 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$.

Étape 3. Calcul du coefficient linéaire de transmission thermique.

Le coefficient linéaire de transmission thermique pour cette jonction du mur avec le plancher intermédiaire peut être obtenu à l'aide de l'équation suivante¹ :

$$\Psi = \left(\frac{1}{RSI_{ED}} - \frac{1}{RSI_E} \right) * \frac{A_{totale}}{L}$$

où

Ψ = coefficient linéaire de transmission thermique de la jonction W/(m · K)

RSI_{ED} = résistance thermique effective dépréciée de l'assemblage complet, y compris la jonction (m² · K)/W

RSI_E = résistance thermique effective de l'ensemble de construction uniquement, sans la jonction (m² · K)/W

A_{totale} = aire totale de l'ensemble de construction simulé (m²)

L = longueur de la jonction (m)

Dans le présent exemple, la longueur (L) de la jonction du plancher intermédiaire avec le mur est de 0,813 m et l'aire totale (A_{totale}) du mur est de 2,076 m².

Tous les paramètres étant connus, il est alors possible d'obtenir le coefficient linéaire de transmission thermique en entrant ces paramètres dans l'équation :

$$\Psi = \left(\frac{1}{RSI_{ED}} - \frac{1}{RSI_E} \right) * \frac{A_{totale}}{L} = \left(\frac{1}{3,81} - \frac{1}{4,04} \right) * \frac{2,076}{0,813} = 0,038 \text{ W/(m · K)}$$

Le coefficient linéaire de transmission thermique pour cette jonction de mur avec un plancher intermédiaire est donc de 0,038 W/(m · K).

Une simulation numérique du transfert thermique basée sur une représentation bidimensionnelle (2D) du flux thermique peut fournir un niveau de précision acceptable pour des ponts thermiques provenant de géométries simples, linéaires et uniformes. Le recours à une modélisation tridimensionnelle (3D) du flux thermique est cependant nécessaire pour les ponts thermiques issus de géométries complexes, de jonctions multiples ou intégrant des composants discontinus qui excèdent les limites des hypothèses de calcul prises en compte par une représentation 2D du flux thermique. De plus, pour s'assurer de la précision des résultats obtenus, le logiciel de simulation du transfert thermique utilisé devrait avoir été testé et validé conformément à la norme ISO 10211, « Ponts thermiques dans les bâtiments – Flux thermiques et températures superficielles – Calculs détaillés ».

Des valeurs génériques de coefficients linéaire et ponctuel de transmission thermique sont fournies à l'article 3.3.1.3., ainsi que dans la section relative à cet article dans le présent guide. Le guide *Building Envelope Thermal Bridging Guide* publié par Morrison Hershfield, en continuité de l'ASHRAE RP-1365, et la norme ISO 14683, « Ponts thermiques dans les bâtiments – Coefficient linéique de transmission thermique – Méthodes simplifiées », constituent également des sources d'informations acceptables en matière de définition de coefficients linéaire et ponctuel de transmission thermique propres à divers assemblages typiques.

¹ Cette équation est tirée de l'ASHRAE RP-1365, section 5.2, Eq (1). Elle a été adaptée afin que le calcul tienne compte des valeurs de résistance thermique effective (RSI_E) des ensembles plutôt que de leur coefficient de transmission thermique globale (coefficient U).

Caractéristiques et calcul de l'aire des surfaces (article 3.1.1.6.)

L'aire des surfaces est notamment utilisée dans les calculs de la résistance thermique effective dépréciée, de la conformité par la méthode des solutions de remplacement (article 3.3.1.3.) et de l'aire admissible du fenêtrage et des portes (article 3.2.1.4.). L'article 3.1.1.6. et les notes s'y rattachant précisent la manière dont l'aire doit être calculée selon le type d'ensemble de construction concerné. En vue d'effectuer les calculs conformément aux objectifs, d'importantes notions et nuances doivent toutefois être bien comprises et maîtrisées.

L'aire des ensembles de construction opaques mentionnée au paragraphe 3.1.1.6. 1) sous-entend la notion d'aire nette. Cela signifie que tous les composants qui ne font pas partie intégrante de l'ensemble de construction concerné doivent être exclus du calcul. Dans le cas d'un mur hors sol, par exemple, l'aire d'ouverture brute du fenêtrage et des portes doit être exclue du calcul puisque ceux-ci font partie d'ensembles de construction distincts. Contrairement au paragraphe 3.1.1.6. 1), le paragraphe 3.1.1.6. 6) fait pour sa part référence à la notion d'aire brute des murs hors sol. Cette notion distincte, applicable dans le calcul de l'aire admissible des portes et du fenêtrage de l'article 3.2.1.4., requiert que la pleine surface des murs soit prise en considération dans le calcul, y compris les surfaces occupées par le fenêtrage et les portes.

Le paragraphe 3.1.1.6. 3) indique que pour l'aire du fenêtrage et des portes, le calcul doit prendre en considération l'ouverture brute pratiquée dans l'ensemble de construction opaque, y compris les cadres et les châssis. Cette considération est importante puisqu'elle diffère de la méthodologie de calcul de l'aire décrite dans la norme CAN/CSA-A440.2/A440.3, « Rendement énergétique des systèmes de fenêtrage/Guide d'utilisation de la CSA A440.2-14, Rendement énergétique des systèmes de fenêtrage », ainsi que de celle précédemment applicable dans le Règlement sur l'économie d'énergie dans les nouveaux bâtiments (REENB 83). La note à l'annexe indique également que les portes de garage doivent être incluses dans le calcul de l'aire des portes et du fenêtrage. Au même titre que les autres ouvertures à considérer dans ce calcul, cette précision est applicable uniquement lorsqu'une telle porte fait partie de l'enveloppe du bâtiment. Dans le cas d'un garage non chauffé par exemple, la porte de garage donnant sur l'extérieur n'a pas à être considérée dans le calcul.

Le paragraphe 3.1.1.6. 4) apporte une distinction concernant le traitement applicable aux murs-rideaux. Puisque les sections opaques (partie tympan) des murs-rideaux font partie des ensembles de construction opaques du bâtiment, seules les sections claires (partie vitrée) doivent être considérées dans le calcul de l'aire du fenêtrage et des portes. La transition entre ces deux sections de nature distincte n'est toutefois pas aussi franche que celle présente entre les autres ouvertures et ensembles de construction opaques du bâtiment. De manière à assurer une répartition équitable entre les superficies applicables aux ensembles de construction opaques et celles applicables à l'aire du fenêtrage et des portes, l'aire des meneaux est divisée à partir de leur axe central. Le calcul de l'aire propre à chaque section distincte du mur-rideau s'effectue ainsi à partir de cet axe. Ce calcul prenant en considération l'axe central des meneaux est uniquement applicable aux jonctions qui séparent les sections opaques des sections claires du mur-rideau. Cela signifie que pour les jonctions périphériques entre les sections claires d'un mur-rideau et les murs hors sol, la notion d'ouverture brute est applicable pour le calcul de l'aire du fenêtrage.

Calcul de la résistance thermique effective (paragraphe 3.1.1.5. 5) et article 3.1.1.7.)

La résistance thermique, exprimée en $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$, est une mesure de la résistance à la transmission de chaleur d'un ensemble de matériaux d'un mètre carré soumis à une différence de température d'un kelvin. L'enveloppe du bâtiment joue un rôle important dans le ralentissement de ce flux thermique en offrant une résistance thermique qui permet de limiter la consommation d'énergie destinée au chauffage ou au refroidissement des espaces intérieurs.

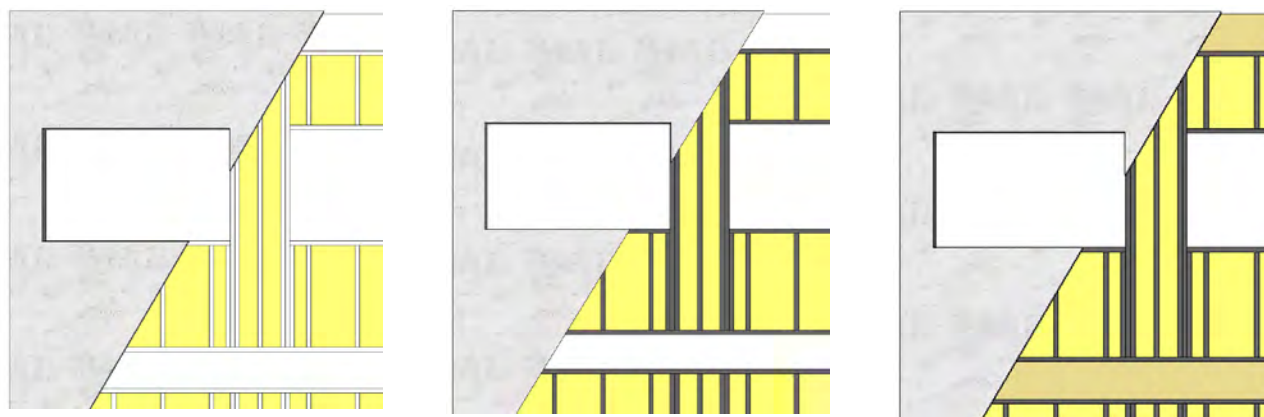
Les ensembles de construction opaques de l'enveloppe du bâtiment se composent typiquement de plusieurs composants, lesquels peuvent inclure des matériaux de construction et d'isolation thermique ainsi que des lames d'air (ou cavités d'air). Chaque composant possède sa propre capacité de résistance à l'écoulement thermique. La résistance thermique d'un ensemble de construction est fonction des propriétés thermiques et de l'épaisseur des composants utilisés ainsi que de leur emplacement respectif. Étant donné que le transfert de chaleur se produit dans l'ensemble en entier, la résistance thermique (valeur RSI) de chaque composant est utilisée pour calculer la résistance thermique effective (RSI_E) d'un ensemble de construction opaque. Les lames d'air de même que 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 de la résistance thermique effective (RSI_E) des ensembles de construction opaques. La section portant sur les « [Hypothèses de calcul](#) » fournit plus de détails sur les facteurs qui influencent la résistance thermique de ces lames d'air et films d'air ainsi que sur les éléments à prendre en considération afin que ces composants puissent être intégrés correctement au calcul de la résistance thermique effective.

Par le passé, la résistance thermique d'un ensemble de construction opaque était fréquemment évaluée par la simple addition de la résistance thermique nominale (valeur RSI) de toutes les couches continues de composants se trouvant dans l'axe qui traverse la cavité isolée. La valeur ainsi obtenue, communément appelée résistance thermique totale (RSI_T), ne prend pas en considération les éléments d'ossature intermittents et répétitifs qui sont plus conducteurs de chaleur à l'intérieur d'un assemblage. Ce faisant, elle ne permet pas de caractériser adéquatement la performance thermique d'un ensemble de construction et n'est pas neutre sur le plan de la performance énergétique. La résistance thermique effective prend pour sa part en considération la somme pondérée de la résistance thermique de toutes les couches de composants d'un ensemble de construction, y compris les éléments d'ossature intermittents et répétitifs, en tenant compte de la répartition et des propriétés thermiques propres à chacune de ces couches, qu'elles soient continues ou discontinues. Elle permet ainsi d'offrir un indicateur plus représentatif de la performance thermique des ensembles de construction opaques de l'enveloppe.

La partie 3 exige que la contribution de tous les composants continus de l'enveloppe comme l'isolation, le parement ou le revêtement intermédiaire, les éléments d'ossature répétitifs comme les poteaux, les solives, les montants et les barres résilientes, et les éléments d'ossature secondaires comme les linteaux, les lisses et les sablières soit prise en compte dans le calcul de la résistance thermique effective (RSI_E). Les jonctions entre les ensembles de construction et les éléments qui interrompent ponctuellement la continuité de l'enveloppe du bâtiment comme les poutres, les colonnes, les solives de rive et les balcons ont également un effet sur la résistance thermique effective. Ils sont cependant exclus des calculs de la RSI_E aux fins d'établissement de la conformité au regard des exigences prescriptives de la section 3.2., à la condition que toutes les exigences relatives à la continuité de l'isolation décrites à l'article 3.2.1.2. soient respectées. Lorsque ces exigences ne peuvent être respectées ou pour toute autre discontinuité non énumérée, la méthode des solutions de remplacement (sous-section 3.3.) ou la méthode de performance énergétique (section 3.4. et partie 8) doivent alors être utilisées en vue de tenir compte de l'incidence de ces ponts thermiques sur la RSI_E des ensembles de construction opaques. Cette prise en considération de l'effet des jonctions entre les composants ainsi que des pénétrations ponctuelles de l'enveloppe sur la RSI_E est appelée la résistance thermique effective dépréciée. La section « [Calcul de la résistance thermique effective dépréciée](#) » décrit en détail comment procéder à ce calcul.

La figure suivante présente, pour une façade type d'un bâtiment à ossature métallique, les différents éléments inclus dans le calcul de la résistance thermique totale, de la résistance thermique effective et de la résistance thermique effective dépréciée.

Figure 3-3 – Éléments de l'enveloppe inclus dans le calcul de la résistance thermique totale, résistance thermique effective et résistance thermique effective dépréciée



RSI totale

Simple addition de la résistance thermique nominale des matériaux alignés avec la cavité isolée.

La résistance thermique calculée est grandement surestimée.

Exemple : $RSI_T = 7,45$

RSI effective

Le transfert thermique par les éléments d'ossature est considéré dans le calcul de la résistance thermique.

La résistance thermique calculée est légèrement surestimée.

Exemple : $RSI_E = 4,50$

RSI effective dépréciée

Le transfert thermique par les jonctions entre les composants mur/plancher, mur/fondation et mur/toit est également considéré dans le calcul de la résistance thermique.

La résistance thermique calculée est très près de la réalité.

Exemple : $RSI_E \text{ dépréciée} = 2,30$

Méthodes de calcul acceptées

Une compréhension approfondie des méthodes utilisées pour déterminer ou calculer la résistance thermique effective (RSI_E) des ensembles de construction opaques de l'enveloppe du bâtiment est essentielle pour être en mesure de démontrer leur conformité aux exigences de la partie 3. On retrouve dans la littérature spécialisée plusieurs méthodes de calcul de la résistance thermique effective d'un ensemble de construction. Certaines sont plus simples à utiliser, mais elles sont souvent limitées dans leurs champs d'application et ne sont pas applicables aux assemblages de nature plus complexe comme la méthode analytique. En revanche, d'autres méthodes exigent des calculs plus élaborés, mais elles offrent une meilleure précision des résultats et permettent de couvrir un éventail beaucoup plus large d'assemblages comme la méthode numérique.

Les sections qui suivent présentent les méthodes acceptées pour le calcul de la résistance thermique effective des ensembles de construction opaques, à l'exclusion des sections opaques des murs-rideaux (tympans) qui doivent pour leur part être déterminées conformément aux exigences du paragraphe 3.1.1.5. 6). Ces méthodes se résument aux options suivantes : la méthode analytique (règles de calcul simplifiées), la méthode numérique (simulations numériques du transfert thermique) ainsi que la méthode par essais en laboratoire. Dans le présent guide, l'[annexe A](#) schématise le processus menant à l'évaluation de la conformité des ensembles de construction opaques pour chacune des méthodes de conformité.

Dans le but de simplifier la mise en œuvre des méthodes de calcul analytiques et numériques de la résistance thermique effective qui seront détaillées plus loin dans le guide, la section suivante présente d'abord les principales hypothèses de calcul jugées acceptables aux fins de démonstration de la conformité.

Hypothèses de calcul

Bien que certaines hypothèses de calcul puissent servir à établir les conditions limites d'une méthode de calcul en particulier, la plupart d'entre elles peuvent s'appliquer aux méthodes analytiques aussi bien qu'aux méthodes numériques.

Généralités

Aux fins de démonstration de la conformité, la résistance thermique effective des ensembles de construction doit être déterminée en régime permanent, c'est-à-dire lorsque le flux thermique est stable alors que l'ensemble est soumis à une différence de température qui demeure constante dans le temps. De manière générale, cette différence de température doit être fixée en fonction d'une température extérieure de -18 °C et d'une température intérieure de 21 °C, comme prescrit pour les essais en laboratoire réalisés conformément à la norme ASTM C1363.

Résistance thermique des matériaux de construction

Les valeurs de résistance thermique de plusieurs matériaux sont fournies dans le tableau suivant. Ces valeurs RSI correspondent à des valeurs génériques pour les matériaux énumérés ou à des valeurs minimales acceptables tirées des normes relatives aux produits. Les valeurs tirées du manuel *ASHRAE Handbook – Fundamentals*, les fiches du Centre canadien de matériaux de construction (CCMC) ou encore celles obtenues auprès des fabricants de matériaux peuvent également être utilisées, à condition qu'elles aient été déterminées conformément aux normes et exigences applicables décrites aux paragraphes 3.1.1.5. 1) et 2). Pour les matériaux ne figurant pas dans ce tableau ou pour ceux dont la valeur RSI indiquée ne correspond pas à l'épaisseur du produit utilisé, il est possible de déterminer la valeur RSI recherchée à partir de la conductivité thermique du matériau lorsque celle-ci est connue. Pour ce faire, il suffit de diviser l'épaisseur du matériau, en m, par sa conductivité thermique, en W/(m · K). Ces données se retrouvent habituellement dans la documentation du fabricant.

Les matériaux isolants ont une efficacité optimale lorsqu'ils sont installés conformément aux recommandations du fabricant et de manière à atteindre la résistance thermique escomptée. Par exemple, comprimer l'isolation peut réduire de façon non négligeable sa résistance thermique et diminuer par conséquent la résistance thermique effective de l'ensemble de construction dans lequel elle se trouve. Une attention particulière doit donc être accordée aux méthodes d'installation recommandées en fonction de la nature spécifique des matériaux utilisés.

Tableau 3-1 – Valeurs de résistance thermique des matériaux de construction courants⁽¹⁾

Matériaux de revêtement	Épaisseur du matériau de construction	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W pour l'épaisseur indiquée	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W par mm
Brique :			
Argile cuite (2 400 kg/m ²)	100 mm	0,07	0,0007
Béton : sable et gravier ou pierre (2 400 kg/m ²)	100 mm	0,04	0,0004
Mortier et stucco, ciment et chaux	---	---	0,0009
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 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 dures	11 mm	0,12	---
contreplaqué, joints à recouvrement	9,5 mm	0,10	---
Pierre			
quartzite et grès (2 240 kg/m ³)	---	---	0,0003
calcite, dolomite, calcaire, marbre et granite (2240 kg/m ³)	---	---	0,0004
Bardage de fibro-ciment : ciment de cellulose renforcé de fibres à simple face	6,35 mm	0,019	0,003
	8 mm	0,024	0,003
Matériaux de toiture	Épaisseur du matériau de construction	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W pour l'épaisseur indiquée	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W par mm
Toiture d'asphalte en rouleau	---	0,03	---
Asphalte/goudron	---	---	0,0014
Toiture multicouche	10 mm	0,06	---
Pierre concassée	---	---	0,0006
Platelage d'acier	---	négligeable	---
Bardeaux :			
Bitumés	---	0,08	---
Bois	---	0,17	---
Ardoise	13 mm	0,01	---

Matériaux de revêtement intermédiaire	Épaisseur du matériau de construction	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W pour l'épaisseur indiquée	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W par mm
Plaques de plâtre spécialisées pour revêtement intermédiaire	12,7 mm	0,08	0,0063
Panneaux de fibres isolantes	---	---	0,016
Panneaux de particules :			
De faible masse volumique (593 kg/m ³ ; 37 lb/pi ³)	---	---	0,0098
De masse volumique moyenne (800 kg/m ³ ; 50 lb/pi ³)	---	---	0,0077
De masse volumique élevée (993 kg/m ³ ; 62 lb/pi ³)	---	---	0,0059
Contreplaqué – bois tendre générique	9,5 mm	0,083	0,0087
	11 mm	0,096	
	12,5 mm	0,109	
	15,5 mm	0,135	
	18,5 mm	0,161	
Contreplaqué – sapin de Douglas	9,5 mm	0,105	0,0111
	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	---
Panneaux de copeaux (705 kg/m ³)		---	0,0095
Panneaux de copeaux orientés (OSB)	9,5 mm	0,093	0,0098
	11 mm	0,108	

Matériaux d'isolation ⁽²⁾	Épaisseur du matériau de construction	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W pour l'épaisseur indiquée	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W par mm
Nattes : fibre minérale de roche ou de verre (CAN/ULC-S702)			
R-12	89/92 mm	2,11	---
R-14	89/92 mm	2,46	---
R-19 ⁽³⁾ (R-20 comprimé)	140 mm	3,34	---
R-20	152 mm	3,52	---
R-22	140/152 mm	3,87	---
R-22,5	152 mm	3,96	---
R-24	140/152 mm	4,23	---
R-28	178/216 mm	4,93	---
R-31	241 mm	5,46	---
R-35	267 mm	6,16	---
R-40	279/300 mm	7,04	---
Panneaux :			
Pour toiture	---	---	0,018
Pour murs ou plafonds (carreaux)	---	---	0,016
Polyisocyanurate ou polyuréthane, revêtus, types 1, 2 et 3 (CAN/ULC-S704)			
surface perméable	25 mm	0,97	0,03818
surface imperméable	25 mm	1,00	0,03937
Polystyrène expansé (CAN/ULC-S701) ⁽⁴⁾			
type 1	25 mm	0,65	0,026
type 2	25 mm	0,71	0,028
type 3	25 mm	0,76	0,030
Polystyrène extrudé : Types 2, 3 et 4 (CAN/ULC-S701)	25 mm	0,88	0,035
Fibre minérale semi-rigide ⁽⁵⁾	25 mm	0,757	0,0298
En vrac :			
Cellulose (CAN/ULC-S703)	---	---	0,025
Fibre minérale			
pour combles (CAN/ULC-S702)	112 mm à 565 mm	---	0,01875
pour murs (CAN/ULC-S702)	89 mm	2,55	0,02865
	140 mm	4,05	0,0289
Isolant à épandre pour combles			0,020
Perlite	---	---	0,019
Vermiculite	---	---	0,015
Pulvérisés :			
Mousse de polyuréthane pulvérisée			
faible densité (CAN/ULC-S712.1)	25 mm	0,65	0,0255
densité moyenne de type I (CAN/ULC-S705.1)	25 mm	0,90	0,036
Fibre de cellulose pulvérisée (CAN/ULC-S703)	épaisseur tassée	---	0,024
Isolant en fibres de verre pulvérisé (CAN/ULC-S702)			
densité : 16 kg/m ³	89 mm	2,23	0,025
	140 mm	3,50	0,025
densité : 28,8 kg/m ³	89 mm	2,58	0,029
	140 mm	4,06	0,029

Matériaux structuraux	Épaisseur du matériau de construction	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W pour l'épaisseur indiquée	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W par mm
Acier, feuille galvanisée, contenant 0,14 % de carbone	---	---	0,000161
Béton :			
Granulats de faible densité schiste, argile ou ardoise expansés, laitier expansé, cendre (1 600 kg/m ³)	---	---	0,0013
perlite, vermiculite et billes de polystyrène (480kg/m ³)	---	---	0,0063
Granulats de densité normale granulats de sable et gravier ou de pierre (2 400 kg/m ³)	---	---	0,0004
Bois pour éléments d'ossature, groupe Spruce-Pine-Fir ⁽⁶⁾	---	---	0,0085
Bois durs ^{(5) (6)}			
Bouleau	---	---	0,0055
Chêne	---	---	0,0056
Érable	---	---	0,0063
Frêne	---	---	0,0063
Bois tendres ^{(7) (8)} :			
Cèdre blanc	---	---	0,0099
Cyprès jaune	---	---	0,0077
Épinette blanche	---	---	0,0097
Pin blanc	---	---	0,0092
Pin lodgepole	---	---	0,0082
Pin rouge	---	---	0,0077
Pruche	---	---	0,0084
Pruche de l'Ouest	---	---	0,0074
Sapin de Douglas ou mélèze	---	---	0,0069
Sapin gracieux	---	---	0,0080
Séquoia de Californie	---	---	0,0089
Thuya géant	---	---	0,0102

Blocs de béton	Épaisseur du matériau de construction	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W pour l'épaisseur indiquée	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W par mm
Granulats de pierres calcaires – 2 alvéoles :	190 mm	0,37	---
Alvéoles remplies de perlite	290 mm	0,65	---
Granulats de faible densité (agrégats de schiste, argile, ardoise ou laitier expansé) – 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	---
	290 mm	0,81	---
	240 mm	0,98	---
	290 mm	1,06	---
Alvéoles remplies de billes de polystyrène expansé (EPS) moulé	190 mm	0,85	---
Alvéoles remplies de polystyrène expansé (EPS) moulé	190 mm	0,62	---
Granulats de densité moyenne (combinaison d'agrégats de densités normale et faible) – 2 ou 3 alvéoles :			
Alvéoles sans isolant	190 mm	0,26	---
Alvéoles remplies de perles de polystyrène expansé (EPS) moulé	190 mm	0,56	---
Alvéoles remplies de polystyrène expansé (EPS) moulé	190 mm	0,47	---
Alvéoles remplies de perlite	190 mm	0,53	---
Alvéoles remplies de vermiculite	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 remplis de perlite	190 mm	0,35	---
Alvéoles remplis de vermiculite	140 mm	0,40	---
	190 mm	0,51	---
	240 mm	0,61	---
	290 mm	0,69	---

Briques d'argile creuses	Épaisseur du matériau de construction	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W pour l'épaisseur indiquée	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W par mm
Plusieurs alvéoles : alvéoles sans isolant	90 mm	0,27	---
Rectangulaires – 2 alvéoles :			
Alvéoles sans isolant	140 mm	0,39	---
	190 mm	0,41	---
	290 mm	0,47	---
Alvéoles remplies de vermiculite	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	Épaisseur du matériau de construction	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W pour l'épaisseur indiquée	Résistance thermique (RSI), (m ² · K)/W par mm
Plaques de plâtre	---	---	0,0061
Panneaux de fibres dures : 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
Masse volumique moyenne (800 kg/m ³)	---	---	0,0074
Haute masse volumique (1 000 kg/m ³)	---	---	0,0059
Sous-couche	15,9 mm	0,140	---
Contreplaqué	---	---	0,0087
Revêtement 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

- Les valeurs fournies dans ce tableau correspondent à des valeurs génériques pour les matériaux énumérés ou à des valeurs minimales acceptables tirées des normes relatives aux produits. Les valeurs publiées par les fabricants pour leurs matériaux exclusifs peuvent différer légèrement. Celles-ci peuvent être utilisées, à condition que les valeurs aient été obtenues conformément aux normes de matériau et aux exigences applicables décrites aux paragraphes 3.1.1.5. 1) et 3.1.1.5. 2) du Code. Pour les matériaux qui ne figurent pas dans ce tableau ou pour ceux dont la valeur indiquée ne correspond pas à l'épaisseur du produit, la valeur de résistance thermique peut être calculée par la division de l'épaisseur du matériau, en m, par sa conductivité thermique, en W/(m · K). On trouve habituellement ces données dans la documentation du fabricant.
- Tous les types d'isolants faits de mousses cellulaires qui doivent pouvoir 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, « Détermination de la résistance thermique à long terme des mousses isolantes thermiques à alvéoles fermées ». Cette valeur de résistance thermique à long terme doit être entrée comme valeur de résistance thermique de calcul. Les normes relatives aux produits précisent une valeur de résistance thermique à long terme de référence pour une épaisseur de 50 mm, utilisée dans le calcul de la valeur de résistance thermique à long terme des autres épaisseurs.
- Un matelas isolant de fibre minérale en nattes présentant une valeur théorique de RSI 3,52 (R20) qui est installé en étant comprimé dans une cavité de 140 mm possède une valeur réelle de RSI 3,34 (R19), alors que s'il est placé dans une cavité de 152 mm (formée de poteaux en métal sans que l'isolant soit comprimé, par exemple), il conserve sa pleine valeur de RSI 3,52 (R20).
- L'isolant de polystyrène expansé n'est pas conçu pour retenir un agent de gonflement; les exigences relatives à la valeur de résistance thermique à long terme ne s'appliquent donc pas. Voir la note (1).
- La fibre minérale semi-rigide inclut tant la fibre de verre que la fibre de laine de roche.
- La valeur de 0,0085 est considérée comme une valeur courante pour les éléments d'ossature en bois tendre (S-P-F).
- La résistance thermique des essences de bois est calculée en fonction d'une teneur en eau (TE) de 12 %. Au Canada, la teneur en eau d'équilibre du bois utilisé dans la construction de bâtiments se situe entre 8 % et 14 %. La différence entre les propriétés thermiques des essences de bois présentant une TE de 12 % et celles présentant une TE de 14 % est négligeable.
- Pour les essences de bois non énumérées dans le 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 (les bois de masse volumique élevée présentent une plus faible résistance thermique).

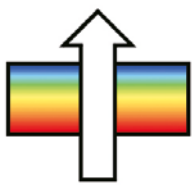
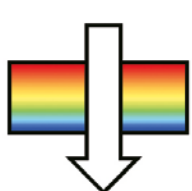
La résistance thermique de certains produits comme les pare-vapeur en polyéthylène, le platelage d'acier ou encore les produits de revêtement en tissu ou en papier est si faible qu'elle peut être considérée comme négligeable. Aux fins de calcul de la résistance thermique effective, il est aussi possible d'ignorer l'effet des attaches et des ancrages mineurs nécessaires à l'assemblage des composants de l'enveloppe, comme les vis, les boulons, les ancrages à maçonnerie ou autres dispositifs de fixation similaires de faible dimension. Les éléments de support répétitifs de plus grandes dimensions comme les barres en Z supportant un revêtement extérieur doivent toutefois être considérés puisqu'ils ont une influence notable sur le flux thermique à l'intérieur d'un ensemble de construction. Pour les toits plats dont l'isolation est installée en pente de manière à créer des bassins de drainage, il est acceptable d'utiliser la valeur moyenne entre la résistance thermique maximale et minimale de l'assemblage fait de panneaux isolants biseautés comme permis au paragraphe 3.2.2.2. 5) du Code.

Résistance thermique superficielle des films d'air

La résistance thermique superficielle (valeur RSI) des films d'air intérieurs varie principalement en fonction de la direction de l'écoulement thermique au sens des présentes hypothèses de calcul. Pour les films d'air extérieurs, la valeur RSI de référence est établie en fonction d'un coefficient de convection relatif à la vitesse du vent.

Les deux tableaux suivants présentent les résistances thermiques superficielles des films d'air intérieurs et extérieurs de référence à utiliser selon l'orientation de la surface et le sens du flux de chaleur. Ces valeurs proviennent du manuel *ASHRAE Handbook – Fundamentals*². Dans les cas non répertoriés aux tableaux suivants, il est possible de se référer à ce manuel pour obtenir des données complémentaires.

Tableau 3-2 – Résistance thermique superficielle des films d'air intérieurs

Orientation de la surface	Sens du flux de chaleur en période de chauffe	Composants	Résistance thermique superficielle intérieure (m ² · K)/W
 Horizontale	Ascendant	Plafond	0,11
 Verticale	Horizontal	Mur	0,12
 Horizontale	Descendant	Plancher	0,16

² Référence provenant de la table 10, chapitre 26 du manuel *ASHRAE Handbook – Fundamentals* (2013).

Tableau 3-3 – Résistance thermique superficielle des films d’air extérieurs

Orientation de la surface	Sens du flux de chaleur en période de chauffe	Composants	Résistance thermique superficielle extérieure ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)
Toutes	Tous	Toit, mur hors sol et plancher exposés à l’air extérieur	0,03 ⁽¹⁾

(1) Calculée à partir d’un coefficient de convection correspondant à un vent en hiver d’une vitesse moyenne de 24 km/h (6,7 m/s).

La valeur de résistance thermique superficielle du film d’air extérieur s’applique uniquement aux ensembles de construction opaques situés au-dessus du niveau du sol. Pour les ensembles de construction opaques en contact avec le sol, aucune valeur de résistance superficielle extérieure ne doit être incluse au calcul de résistance thermique. La résistance thermique du sol ne doit pas non plus être considérée dans le calcul.

Résistance thermique des lames d’air

Au sens des présentes hypothèses de calcul, la résistance thermique (valeur RSI) des lames d’air varie en fonction de leur configuration et de leur dimensionnement à l’intérieur de l’ensemble de construction dont elles font partie ainsi que de la direction de l’écoulement thermique. La valeur RSI des lames d’air peut également varier en fonction de leur taux de ventilation, c’est-à-dire de leur degré d’exposition aux conditions externes ayant un effet direct sur l’écoulement d’air à l’intérieur de celles-ci (ex. : exposition aux pressions exercées par le vent).

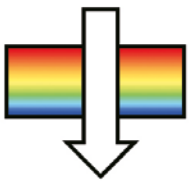
Aux fins de calcul de la résistance thermique effective, il est permis de considérer comme non ventilée une lame d’air faiblement ventilée. L’échange thermique par ventilation pour une lame d’air faiblement ventilée sera généralement négligeable comparativement au transfert thermique dans la lame d’air par conduction, convection et radiation. Lorsque les ouvertures qui permettent un échange d’air direct entre les lames d’air et leur environnement extérieur sont d’au plus 1 500 mm² par mètre carré de façade pour une lame d’air verticale et d’au plus 1 500 mm² par mètre carré pour une lame d’air horizontale, ces lames d’air peuvent être considérées comme non ventilées. Une lame d’air de 19 mm d’épaisseur située derrière un parement de bois sera considérée comme ventilée si les ouvertures qui permettent les échanges d’air sont supérieures à 1 500 mm² par mètre carré de façade. À l’inverse, une lame d’air de 25 mm d’épaisseur située derrière un parement de brique pourra généralement être considérée comme non ventilée, puisque l’aire des ouvertures au niveau des chantepleurs sera généralement inférieure à 1 500 mm² par mètre carré de façade.

Lame d’air non ventilée

Le tableau suivant présente les valeurs RSI de référence à utiliser pour les lames d’air non ventilées selon l’orientation de la surface, le sens du flux thermique et l’épaisseur de la lame d’air. Ces valeurs proviennent du manuel *ASHRAE Handbook – Fundamentals*³ et peuvent être interpolées ou extrapolées, au besoin, selon les règles de calcul et les limites définies dans cet ouvrage de référence de même que selon les précisions indiquées sous le tableau. Aux fins de calcul de la résistance thermique effective, il est permis d’utiliser ces valeurs pour les lames d’air situées du côté chaud ou du côté froid de l’enveloppe. Lorsque le calcul est fait à l’aide d’outils numériques, il est également possible d’utiliser une résistance thermique distincte pour la lame d’air en fonction de la position qu’elle occupe dans l’assemblage. Le cas échéant, la résistance thermique sera déterminée par le logiciel en fonction de la température de part et d’autre de la lame d’air ainsi que de l’émissivité des surfaces qui la circonscrivent.

³ Référence provenant de la table 3, chapitre 26 du manuel *ASHRAE Handbook – Fundamentals* (2013), selon les paramètres de catégorisation suivants : température moyenne de 10 °C, différence de température de 5,6 °C et émissivité effective de 0,82.

Tableau 3-4 – Résistance thermique des lames d'air⁽¹⁾ non ventilées entre matériaux non réfléchissants

Orientation de la surface	Sens du flux de chaleur en période de chauffe	Composants	Épaisseur de la lame d'air ⁽²⁾ (mm)	Résistance thermique (RSI), pour l'épaisseur indiquée (m ² • K)/W
 Horizontale	Ascendant	Plafond	13	0,15
			20	0,15
			40	0,16
			90	0,16
			143	0,17
 Verticale	Horizontal	Mur	13	0,16
			20	0,18
			40	0,18
			90	0,18
			143	0,18
 Horizontale	Descendant	Plancher	13	0,16
			20	0,18
			40	0,20
			90	0,22
			143	0,22

(1) Les valeurs RSI peuvent être interpolées pour les lames d'air de 13 à 143 mm et extrapolées modérément pour les lames de plus de 143 mm, sans jamais excéder 300 mm.

(2) Les lames d'air d'une épaisseur inférieure à 12,5 mm ne peuvent pas être incluses dans le calcul de résistance thermique effective d'un ensemble de construction.

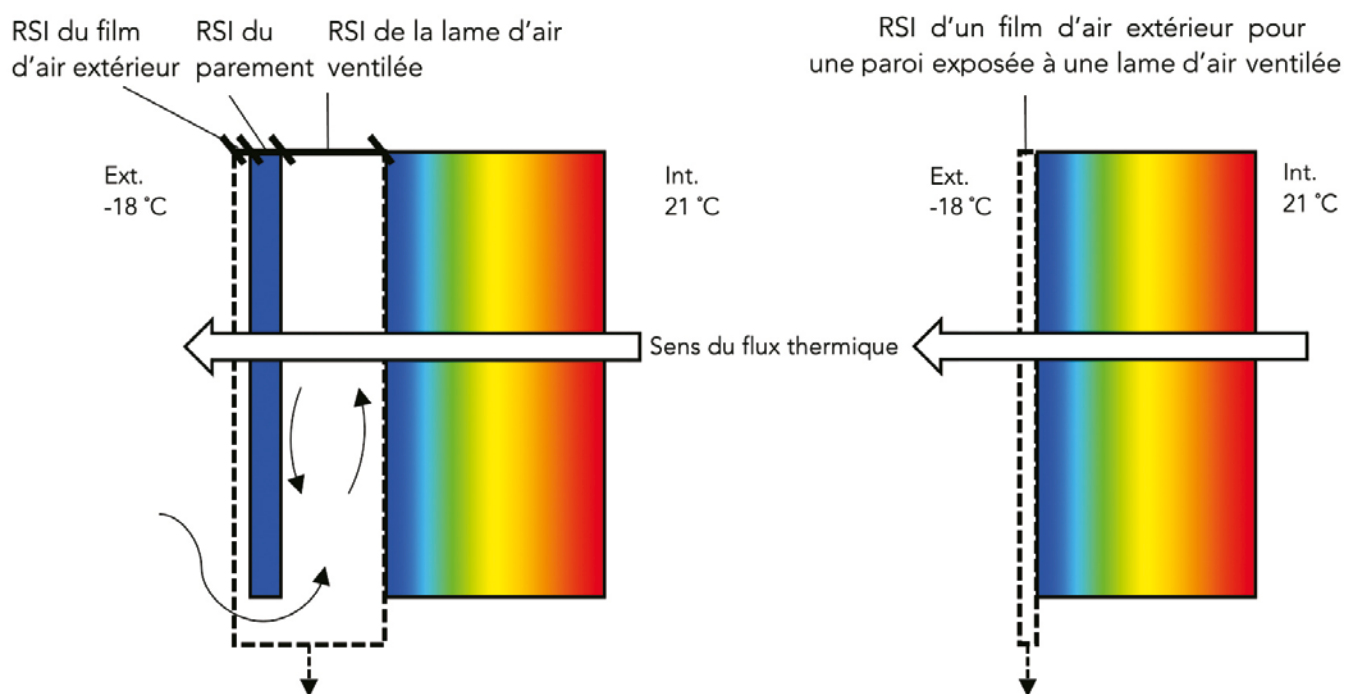
Selon la méthode analytique (règles de calcul simplifiées), la valeur RSI à utiliser pour une lame d'air non ventilée comprise entre un ou deux matériaux réfléchissants doit être la même que celle décrite pour une lame d'air située entre deux matériaux non réfléchissants. Puisque la contribution supplémentaire de l'effet réfléchissant sur la valeur RSI d'une lame d'air peut largement varier en fonction des caractéristiques spécifiques de mise en œuvre de l'assemblage, elle peut uniquement être considérée lorsqu'elle est évaluée à l'intérieur d'un ensemble de construction en entier. Pour ce faire, la valeur de résistance thermique effective de l'ensemble de construction doit alors être déterminée en fonction d'un essai en laboratoire réalisé selon la norme ASTM C1363, « Thermal Performance of Building Materials and Building Envelope Assemblies by Means of a Hot Box Apparatus », ou au moyen d'une simulation numérique du transfert thermique. Il est à noter que l'oxydation, la condensation, l'accumulation de poussière et tout autre facteur similaire ayant une influence sur l'émissivité de la surface diminueront la contribution de l'effet réfléchissant à l'intérieur de l'assemblage. La mise en œuvre doit donc être réalisée de manière identique à celle décrite pour l'assemblage testé ou simulé ; une attention particulière doit être portée aux facteurs ayant une influence sur l'émissivité de la surface en vue d'en réduire au minimum l'effet.

Dans le but de simplifier les calculs, l'effet du lattage et des fourrures couramment utilisées pour compartimenter une lame d'air non ventilée de faible épaisseur peut être ignoré. La valeur de résistance thermique de la lame d'air peut alors être appliquée de façon homogène à toute la surface. Pour déterminer la résistance thermique d'une lame d'air dont l'épaisseur varie légèrement, il est aussi acceptable d'utiliser l'épaisseur moyenne de celle-ci.

Lame d'air ventilée

Aucune résistance thermique ne peut être accordée aux lames d'air ventilées ni aux autres couches situées du côté extérieur d'une telle lame d'air. En effet, lorsqu'une lame d'air est ventilée, les échanges d'air avec l'environnement extérieur induits par le vent ou par les courants convectifs créent une interruption dans les couches de matériaux de l'assemblage. Cela implique que les matériaux situés entre cette lame d'air ventilée et l'extérieur ne peuvent pas être inclus dans le calcul de la résistance thermique effective de l'assemblage. La valeur RSI de la lame d'air ventilée et des matériaux se trouvant du côté extérieur de celle-ci doit alors être remplacée par celle applicable aux films d'air extérieurs. La figure suivante schématise cette substitution dans le cas d'un mur avec parement de bois et une lame d'air ventilée derrière celui-ci. Cette logique s'applique également à d'autres situations similaires, par exemple un plancher exposé présentant un soffite ventilé ou un comble de toit ventilé.

Figure 3-4 – Lame d'air ventilée dans un mur

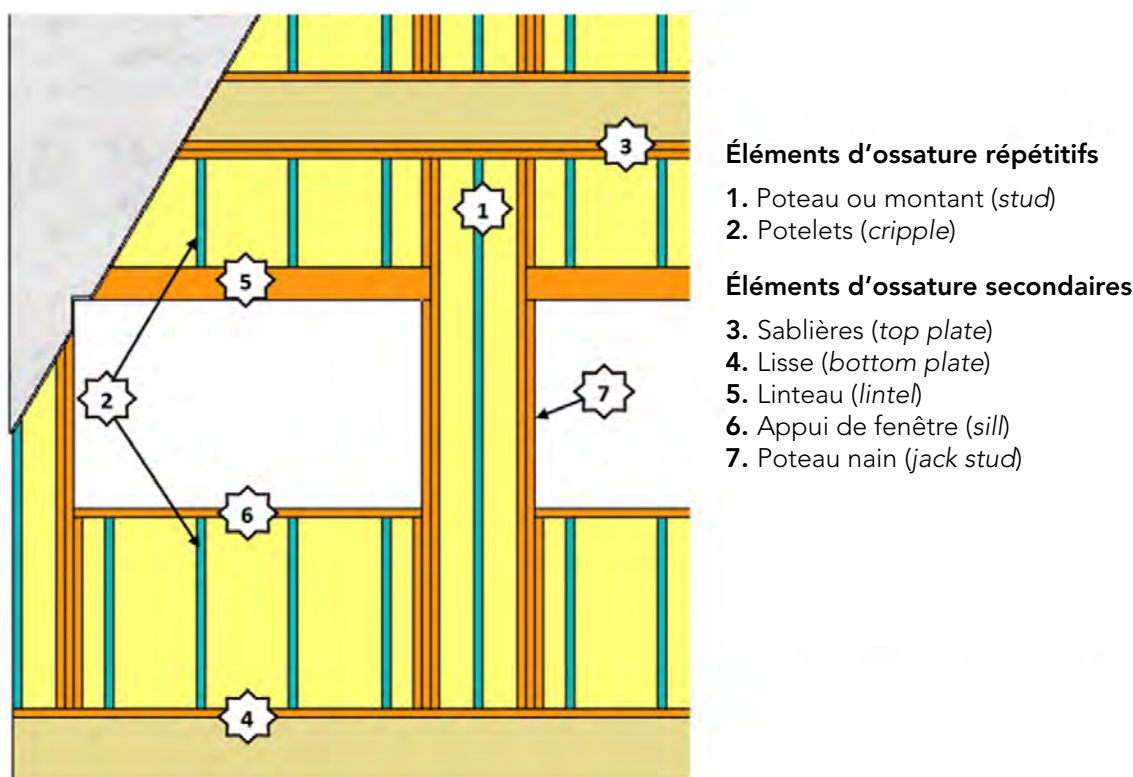


La valeur RSI de la lame d'air ventilée et celle des autres couches se trouvant du côté extérieur de celle-ci ne doivent pas être considérées dans le calcul de la résistance thermique effective de l'assemblage (image de gauche). Ces valeurs RSI doivent être substituées par la résistance thermique d'un film d'air extérieur pour une paroi exposée à une lame d'air ventilée (image de droite).

Pourcentages d'ossature

Le paragraphe 3.1.1.7. 1) exige que le calcul de la résistance thermique effective des ensembles de construction opaques tienne compte des éléments d'ossature répétitifs comme les poteaux, les potelets, les solives et les barres résilientes ainsi que des éléments d'ossature secondaires comme les lisses ou les sablières et l'ossature aux pourtours des ouvertures tels les linteaux, les appuis de fenêtre ou les poteaux nains. Les solives de rive n'ont toutefois pas besoin d'être prises en compte puisqu'elles sont visées par l'article 3.2.1.2. À titre d'exemple, la figure suivante illustre des éléments d'ossature à considérer pour un mur hors sol.

Figure 3-5 – Éléments d'ossature répétitifs et secondaires à inclure au calcul de la résistance thermique effective d'un mur hors sol



Aux fins de démonstration de la conformité aux valeurs minimales de résistance thermique effective prescrites à la section 3.2., il est permis de retenir les pourcentages d'ossature par défaut présentés dans les deux tableaux suivants, en fonction du type d'ossature utilisé et de l'espacement entre les éléments d'ossature. Ces pourcentages sont reconnus et fournissent une évaluation acceptable pour des ensembles de construction simples et standards en ossature de bois et en ossature métallique. Ils ne sont toutefois pas appropriés pour des assemblages de nature plus complexe ou comportant une combinaison de composants à conductivité thermique élevée pouvant influencer l'orientation du flux thermique à l'intérieur de l'assemblage comme les ossatures métalliques multiples, les composants entrecroisés autres que des lattes ou des fourrures continues, des barres en Z ou tout autre dispositif de fixation linéaire ou intermittent de nature similaire.

Tableau 3-5 – Pourcentage de l’aire avec ossature et de l’aire sans ossature pour les ensembles types d’ossature en bois⁽¹⁾

Ensemble à ossature de bois		Espacement entraxe des éléments, en mm									
		304		406		488		610		1200	
		% aire ossature	% aire cavité	% aire ossature	% aire cavité	% aire ossature	% aire cavité	% aire ossature	% aire cavité	% aire ossature	% aire cavité
Planchers	solives en bois d’œuvre	-	-	13	87	11,5	88,5	10	90	-	-
	solives en I et solives en bois triangulées	-	-	9	91	7,5	92,5	6	94	-	-
Toits/ plafonds	plafond 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 en bois type	24,5	75,5	23	77	21,5	78,5	20	80	-	-
	à ossature en bois évoluée ⁽²⁾ avec sablière jumelée	-	-	19	81	17,5	82,5	16	84	-	-
	à panneaux structuraux isolés	-	-	-	-	-	-	-	-	14	86
	de sous-sol à ossature de bois du côté intérieur d’un mur en béton	-	-	16	84	14,5	85,5	13	87	-	-

- (1) Les pourcentages de l’aire avec ossature indiqués dans le présent tableau reflètent non seulement les composants d’ossature répétitifs, mais également des éléments d’ossature couramment utilisés comme les linteaux, les sablières jumelées et les potelets. Ils comprennent aussi les tolérances admissibles pour les combinaisons types de poteaux, de linteaux et de lisses. Les valeurs indiquées sont fondées sur l’aire nette du mur (l’aire brute du mur moins l’aire du fenêtrage et des portes). Si les pourcentages réels de l’aire avec ossature et de l’aire sans ossature sont connus, on doit utiliser ces valeurs plutôt que celles mentionnées dans le présent tableau.
- (2) L’ossature évoluée désigne diverses techniques d’ossature conçues pour réduire l’effet de ponts thermiques et accroître par conséquent l’efficacité énergétique d’un bâtiment. 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. Certaines solutions d’ossature évoluée exigent l’isolation ou l’élimination de certains composants d’ossature. Dans ces cas, il peut convenir de calculer le pourcentage réel d’aire avec ossature. Il importe de remarquer que les techniques d’ossature évoluée peuvent exiger des calculs structuraux additionnels pour le système d’ossature afin d’en assurer la stabilité structurale. Les pourcentages de l’aire avec ossature indiqués dans le tableau pour les ossatures évoluées sont basés sur des constructions comportant des linteaux isolés ou des ossatures sans linteaux, des coins comptant un ou deux poteaux et des sablières jumelées, mais sans potelet ni poteau nain.

Tableau 3-6 – Pourcentage de l’aire avec ossature et sans ossature pour les ensembles types d’ossature en tôle d’acier⁽¹⁾

Ensemble à ossature en tôle d’acier	Espacement entraxe des éléments, en mm							
	< 500		≥ 500		< 2 100		≥ 2 100	
	% aire ossature	% aire cavité	% aire ossature	% aire cavité	% aire ossature	% aire cavité	% aire ossature	% aire cavité
Toits, plafonds, planchers	0,43	99,57	0,33	99,67	-	-	-	-
Mur hors sol et fourrures continues	0,77	99,23	0,67	99,33	-	-	-	-
Mur en contact avec sol et fourrures continues	0,57	99,43	0,33	99,67	-	-	-	-
Mur en tôle d’acier	-	-	-	-	0,08	99,92	0,06	99,94

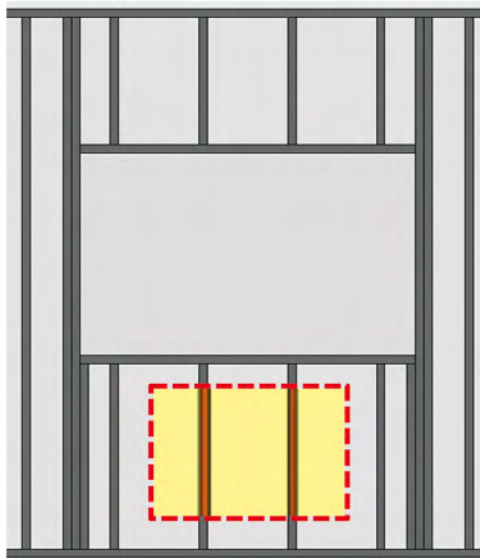
(1) Les pourcentages indiqués dans le présent tableau sont fondés sur des méthodes types de construction d’ossature et non simplement sur la largeur des éléments répétitifs d’ossature ou de la cavité. Ils sont aussi fondés sur l’utilisation d’une tôle d’acier de calibre 18 (1,2 mm). Cependant, les résultats d’essais ont montré que pour les épaisseurs courantes d’ossature en acier léger, l’épaisseur réelle a très peu d’effet sur la résistance thermique effective. Si les pourcentages réels de l’aire avec ossature et de l’aire sans ossature sont connus, on doit utiliser ces valeurs plutôt que celles mentionnées dans le présent tableau.

Les valeurs relatives aux pourcentages de l’aire occupée par l’ossature peuvent également être calculées en fonction des caractéristiques spécifiques de la construction réelle, de manière à obtenir une valeur de résistance thermique effective plus précise et plus représentative de la réalité. Lorsque cette avenue est utilisée pour un ensemble de construction donné comme un mur hors sol du côté nord, elle doit aussi être employée pour déterminer les pourcentages d’ossature relatifs à tous les autres ensembles de construction. Ces valeurs doivent toujours être établies en considérant l’aire nette de l’ensemble de construction visé, c’est-à-dire l’aire brute de cet ensemble moins l’aire brute des ouvertures qu’il comporte.

Un pourcentage d’ossature élevé peut réduire de façon considérable la performance thermique de l’enveloppe. Les valeurs fournies aux [tableaux 3-5](#) et [3-6](#) devraient ainsi être utilisées avec réserve et jugement. Pour les ensembles de construction comportant de nombreuses ouvertures ou des jeux de volumes augmentant significativement la présence d’éléments structuraux, le calcul du pourcentage d’ossature réel devrait être privilégié pour établir une estimation adéquate de la résistance thermique effective de ces ensembles.

À la différence des méthodes de calcul analytiques, les simulations numériques du transfert thermique ne prennent pas systématiquement en considération les éléments d’ossature secondaires comme les sablières, les lisses ou les linteaux dans l’évaluation de la résistance thermique effective. Il arrive fréquemment que la partie de l’ensemble de construction considérée par la simulation corresponde uniquement à une section symétrique (*clear field*) de celui-ci. La portion de mur délimitée par un trait pointillé rouge dans la figure suivante illustre un exemple typique d’une telle section utilisée pour caractériser la résistance thermique effective d’un mur par simulation numérique du transfert thermique.

Figure 3-6 – Exemple de section du mur typiquement utilisée pour évaluer la résistance thermique dans les simulations numériques du transfert thermique



Dans une telle situation, la valeur de résistance thermique effective de l'assemblage obtenue n'est pas calculée conformément aux exigences de la partie 3, puisque la valeur n'inclut pas l'effet de l'ossature secondaire. Un ajustement des valeurs de résistance thermique effective obtenues par simulation numérique peut alors être nécessaire en vue de pallier ce problème. Les détails concernant l'ajustement à appliquer dans une telle situation sont fournis dans la section « [Méthode numérique](#) » du présent guide.

Méthode par essais en laboratoire

Du côté des essais en laboratoire, l'assemblage mis à l'essai devrait être représentatif du pourcentage d'ossature qui sera contenu dans le modèle réel, comme précisé dans la norme ASTM C1363, « Thermal Performance of Building Materials and Building Envelope Assemblies by Means of a Hot Box Apparatus ». En plus des éléments d'ossature répétitifs, un tel essai réalisé sur l'assemblage d'un mur devrait donc aussi inclure des composants tels que les lisses, les sablières et l'ossature nécessaire au pourtour d'au moins une ouverture.

Méthode analytique

Dans les cas où la résistance thermique effective d'un ensemble de construction opaque n'a pas déjà été déterminée au moyen d'une simulation numérique du transfert thermique ou par des essais en laboratoire, il est parfois possible de la calculer au moyen de la méthode analytique par des règles de calcul simplifiées. Cette méthode applicable aux assemblages simples et standards n'est toutefois pas appropriée pour les assemblages de nature plus complexe ou comportant une combinaison de composants à conductivité thermique élevée comme les ossatures métalliques multiples, les composants entrecroisés autres que les lattes ou les fourrures continues, les barres en Z ou tout autre dispositif de fixation linéaire ou intermittent de nature similaire pouvant influencer l'orientation du flux thermique à l'intérieur de l'assemblage.

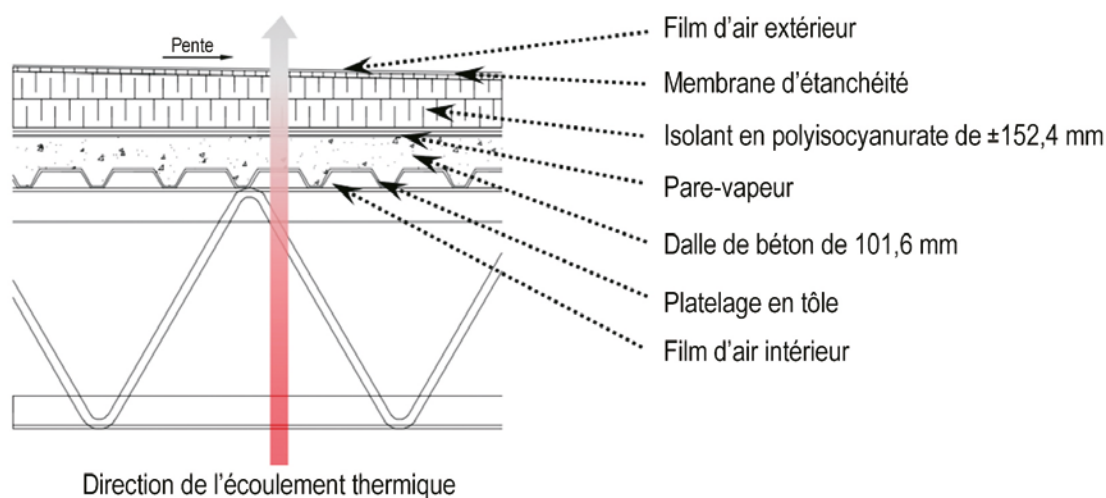
Bien qu'il existe différentes méthodes de calcul simplifiées, les méthodes autorisées aux fins de démonstration de la conformité à la partie 3 sont celles d'organismes de normalisation reconnus tels que l'ASHRAE, l'ISO et Codes Canada. La méthode de calcul à utiliser dépend du type d'ensemble de construction considéré, de la nature des matériaux qui le composent ainsi que de la disposition de ces matériaux à l'intérieur de l'assemblage. Trois méthodes de calcul de la résistance thermique effective sont décrites plus en détail dans les sections qui suivent :

- La méthode des plans isothermes (série) : méthode utilisée pour les ensembles comportant uniquement des couches de composants continus et sans effet de pont thermique lié à l'ossature ;
- La méthode des plans isothermes et du trajet parallèle (série parallèle) : méthode qui s'applique aux ensembles dont les éléments d'ossature répétitifs possèdent une conductivité thermique tout au plus modérée comme l'ossature de bois, de manière à ce que l'écoulement thermique au travers de l'ossature soit parallèle à l'écoulement thermique dans l'isolation et à ce que la température dans chaque plan de l'ensemble soit constante ;
- La méthode pour les ensembles à ossature métallique : méthode qui s'applique uniquement aux ensembles à ossature métallique pour laquelle des coefficients de pondération, déterminés en fonction de l'espacement présent entre les éléments d'ossature répétitifs, sont intégrés au calcul en vue d'offrir une précision acceptable des résultats (méthode adaptée).

Calcul de la résistance thermique effective pour les ensembles de construction à isolation continue – Méthode de calcul des plans isothermes (série)

La méthode des plans isothermes (série) s'applique lorsqu'un ensemble de construction ne contient que des matériaux continus. Elle convient, par exemple, aux ensembles de construction qui n'utilisent pas d'ossature à l'intérieur de la partie isolée de celui-ci, comme les toits plats, les murs de fondation ou les dalles de plancher entièrement isolées par des matériaux continus. La méthode consiste simplement à additionner les résistances thermiques des différents composants de l'ensemble de construction. L'exemple suivant décrit l'application de cette méthode de calcul pour un toit plat avec isolation continue.

Exemple de calcul de la valeur RSI_E pour un toit plat avec isolation continue



Dans cet exemple, il suffit d'additionner la résistance thermique nominale de toutes les couches de matériaux en déterminant la résistance thermique propre à chacun des composants continus de l'ensemble. Pour ce faire, on peut tirer les valeurs RSI de ces composants à partir des [tableaux 3-1, 3-2 et 3-3](#), en tenant compte de l'épaisseur des matériaux et de la valeur RSI des films d'air intérieurs et extérieurs. Pour l'isolant de polyisocyanurate installé en pente pour permettre le drainage du toit, l'épaisseur moyenne de l'isolant est prise en considération dans le calcul. En ce qui concerne la dalle de béton, l'épaisseur considérée correspond à la section plane et continue de celle-ci. Les portions intermittentes de la dalle qui sont encastrées dans les ondulations du platelage métallique sont ainsi ignorées aux fins du présent calcul. La résistance thermique effective, RSI_E , peut donc être calculée comme suit :

Composants de l'ensemble	Épaisseur (mm)	RSI ($m^2 \cdot K/W$)
Film d'air extérieur	---	0,03
Membranes	négligeable	---
Isolant en polyisocyanurate	152,4	5,8186
Pare-vapeur	négligeable	---
Dalle de toit en béton	101,6	0,04064
Platelage en tôle	négligeable	---
Film d'air intérieur	---	0,11
Total	$RSI_E =$	6,00

Calcul de la résistance thermique effective pour les ensembles de construction à ossature de bois – Méthode de calcul des plans isothermes et du trajet parallèle (série parallèle)

La méthode des plans isothermes et du trajet parallèle doit être utilisée dans les cas où il y a discontinuité dans les couches d'isolation, mais où les matériaux ont une conductivité thermique modérément différente, comme c'est le cas dans les assemblages à ossature de bois. La méthode consiste à additionner les résistances thermiques de chaque composant de l'ensemble pour les couches continues et à utiliser la méthode du trajet parallèle pour calculer la résistance thermique des couches discontinues. Pour ce faire, la méthode du trajet parallèle consiste à déterminer d'abord la résistance thermique de l'ossature, puis celle de la cavité (généralement isolée) située entre les éléments d'ossature. Les deux valeurs ainsi obtenues sont ensuite combinées proportionnellement à l'aire de chaque partie qui les concerne (c'est-à-dire les pourcentages d'aire occupée par l'ossature ou par la cavité) à l'intérieur de la formule du flux thermique parallèle suivante, de manière à établir une valeur RSI propre à cette couche discontinue.

$$RSI_{\text{parallèle}} = \frac{100}{\frac{\% \text{ aire}_o}{RSI_o} + \frac{\% \text{ aire}_c}{RSI_c}}$$

où

RSI_o = résistance thermique de l'ossature

RSI_c = résistance thermique de la cavité située entre les éléments d'ossature

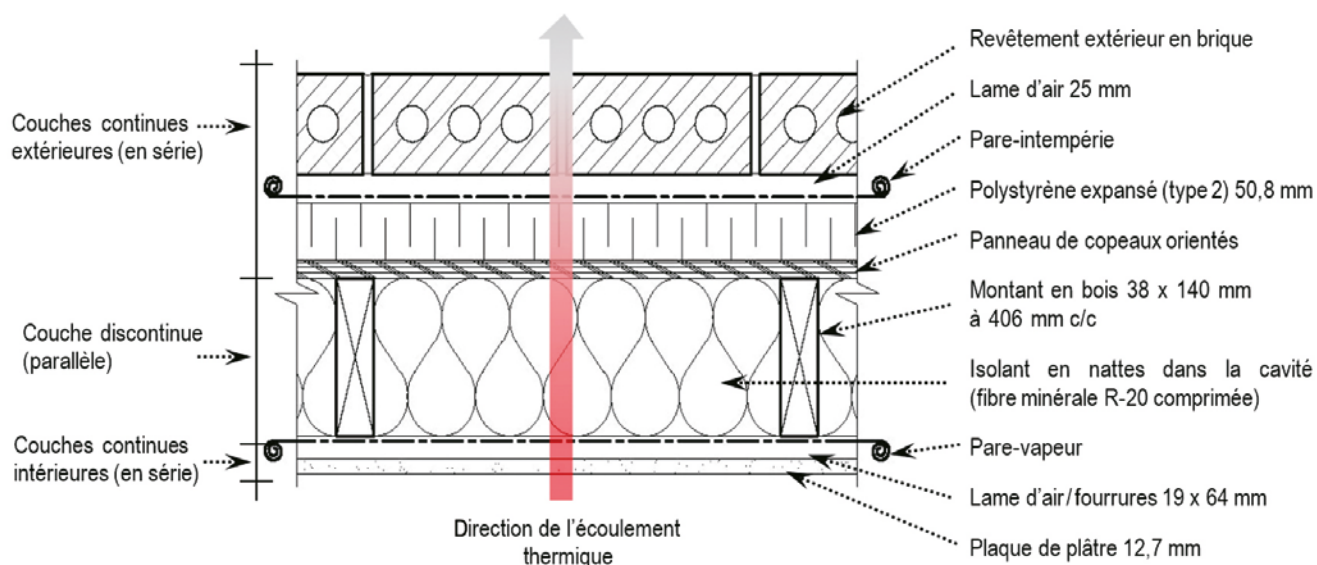
$\% \text{ aire}_o$ = pourcentage de surface occupée par l'ossature

$\% \text{ aire}_c$ = pourcentage de surface occupée par les cavités situées entre les éléments d'ossature

Les valeurs RSI de chacune des couches continues et discontinues sont ensuite additionnées de manière à obtenir la résistance thermique effective (RSI_e) de l'ensemble de construction complet.

L'exemple suivant décrit l'application de cette méthode de calcul pour un mur à ossature de bois type.

Exemple de calcul de la valeur RSI_E pour un mur à ossature de bois type de 38 mm x 140 mm

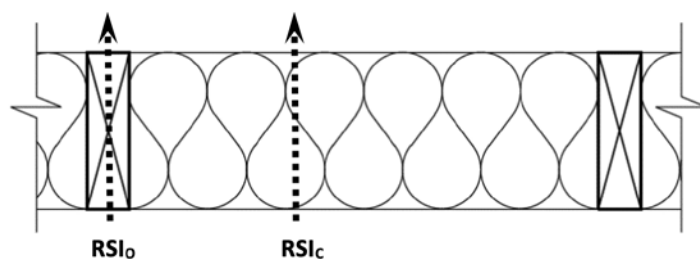


Étape 1. Déterminer la résistance thermique des couches continues ($RSI_{série}$).

Voir les valeurs tirées des [tableaux 3-1 à 3-4](#) saisies à l'étape 3.

Étape 2. Déterminer la résistance thermique effective des couches discontinues ($RSI_{parallèle}$).

- a. Établir les valeurs de résistance thermique de la seule couche discontinue composé de l'ossature et de la cavité à l'aide du [tableau 3-1 – Valeurs de résistance thermique des matériaux de construction courants](#).



$$RSI_o = RSI\ 1,19$$

$$RSI_c = RSI\ 3,34$$

- b. Établir les pourcentages d'aire occupée par l'ossature pour espacement de 406 mm et par la cavité isolée à l'aide du [tableau 3-5 – Pourcentage de l'aire avec ossature et de l'aire sans ossature pour les ensembles types d'ossature en bois](#) :

$$\% \text{ aire}_o = 23 \% \text{ (aire avec ossature)}$$

$$\% \text{ aire}_c = 77 \% \text{ (aire de la cavité)}$$

- c. Calculer la résistance thermique effective de la couche discontinue à l'aide de la formule du flux thermique par :

$$RSI_{parallèle} = \frac{100}{\frac{\% \text{ aire}_o}{RSI_o} + \frac{\% \text{ aire}_c}{RSI_c}} = \frac{100}{\frac{23}{1,19} + \frac{77}{3,34}} = 2,3595$$

Étape 3. Déterminer la résistance thermique effective de l'assemblage complet (RSI_E).

Additionner les résultats obtenus aux étapes 1 et 2 pour obtenir la résistance thermique effective de l'ensemble complet.

Composants de l'ensemble	Type de couche		RSI ($m^2 \cdot K$)/W
Film d'air extérieur	continue		0,03
Revêtement de brique (100 mm)	continue		0,07
Lame d'air non ventilée (25 mm) ⁽¹⁾	continue		0,18
Membrane pare-intempérie	continue		---
Polystyrène expansé type 2 (50,8 mm x 0,028 RSI/mm) ⁽²⁾	continue		1,42
Panneau de copeaux orientés (OSB) 11 mm	continue		0,108
Montants en bois (140 mm x 0,0085 RSI/mm)	discontinue	$RSI_{\text{parallèle}}$	2,3595
Fibre minérale en nattes (R-20 comprimée, 140 mm)			
Polyéthylène (pare-vapeur)	continue		---
Lame d'air non ventilée (19 mm) ⁽³⁾	continue		0,18
Plaque de plâtre (12,7 mm x 0,0061 RSI/mm)	continue		0,08
Film d'air intérieur	continue		0,12
Total		$RSI_E =$	4,55

(1) La lame d'air dans ce système de revêtement extérieur en maçonnerie avec des chantepleures à sa base est considérée, dans cet exemple de calcul, comme non ventilée. La valeur de résistance thermique attribuable à une telle lame d'air peut donc lui être accordée. Pour plus de détails sur le traitement des lames d'air, consulter la section « [Résistance thermique des lames d'air](#) » du présent guide.

(2) Il est possible d'ignorer l'effet des ancrages à maçonnerie lorsque ceux-ci sont de faible diamètre.

(3) Lorsqu'une lame d'air non ventilée est compartimentée par un lattage horizontal en bois, il est permis de considérer cette couche comme continue et de lui accorder la valeur de résistance thermique attribuable à la lame d'air.

Calcul de la résistance thermique effective pour les ensembles de construction à ossature métallique – Méthode adaptée

La méthode des plans isothermes et du trajet parallèle utilisée précédemment pour les assemblages en ossature de bois ne permet pas d'obtenir une précision acceptable lorsque l'ossature principale de l'assemblage est composée de montants métalliques. Pour ce type d'ossature, une méthode adaptée est alors requise. La règle de calcul pondérée qui se traduit par la formule suivante peut être utilisée à ce titre :

$$RSI_E = (K_1 * RSI_{\text{max}}) + (K_2 * RSI_{\text{min}})$$

où

RSI_{max} = résistance thermique effective déterminée à l'aide de la méthode du trajet parallèle pour l'ensemble complet

RSI_{min} = résistance thermique effective déterminée à l'aide de la méthode des plans isothermes et du trajet parallèle, de la même façon que pour les ensembles à ossature de bois ;

K_1 = coefficient de pondération applicable au résultat RSI_{max} , tiré du [tableau 3-7 – Valeurs de \$K_1\$ et \$K_2\$](#) ou de la méthodologie du « BRE Digest 465 »

K_2 = coefficient de pondération applicable au résultat RSI_{min} , tiré du [tableau 3-7 – Valeurs de \$K_1\$ et \$K_2\$](#) ou de la méthodologie du « BRE Digest 465 »

Pour déterminer la résistance thermique effective d'un ensemble de construction à ossature métallique à l'aide de cette méthode adaptée, il faut procéder selon les quatre étapes suivantes.

Étape 1. Déterminer la valeur de résistance thermique effective (RSI_{max}) selon la méthode du trajet parallèle appliqué à l'assemblage complet.

La formule générale à utiliser pour déterminer la valeur RSI_{max} est semblable à celle utilisée pour déterminer la valeur $RSI_{parallèle}$ de l'ossature de bois. Par contre, plutôt que d'utiliser cette formule uniquement pour les composants contenus dans une couche discontinue, il faut l'appliquer à la totalité des matériaux contenus dans l'assemblage, d'une part en fonction de l'axe du flux thermique traversant l'ossature et d'autre part en fonction de l'axe du flux thermique traversant la cavité située entre les éléments d'ossature répétitifs. Cette formule se traduit alors de la façon suivante :

$$RSI_1 = \frac{100}{\frac{\% \text{ aire}_{AO}}{RSI_{AO}} + \frac{\% \text{ aire}_{AC}}{RSI_{AC}}}$$

où

RSI_{AO} = somme des résistances thermiques de tous les composants alignés avec l'axe du flux thermique traversant l'ossature

RSI_{AC} = somme des résistances thermiques de tous les composants alignés avec l'axe du flux thermique traversant la cavité

$\% \text{ aire}_{AO}$ = pourcentage de surface occupée par l'ossature

$\% \text{ aire}_{AC}$ = pourcentage de surface occupée par les cavités situées entre les éléments d'ossature

Étape 2. Déterminer la valeur de résistance thermique effective (RSI_{min}) selon la méthode des plans isothermes et du trajet parallèle.

Cette étape consiste à effectuer le même calcul que celui utilisé pour la méthode applicable aux ensembles de construction à ossature de bois afin de déterminer la valeur RSI_{min} .

Étape 3. Déterminer les coefficients de pondération K_1 et K_2 .

Pour cette étape, il suffit de déterminer les coefficients K_1 et K_2 à l'aide du [tableau 3-7 – Valeurs de \$K_1\$ et \$K_2\$](#) ou encore à partir de la méthodologie décrite dans le « BRE Digest 465 ».

Étape 4. Déterminer la résistance thermique effective de l'ensemble de construction complet (RSI_E).

La résistance thermique effective de l'ensemble de construction complet peut finalement être déterminée par l'insertion des résultats obtenus dans les trois étapes précédentes à l'intérieur de la formule pondérée mentionnée initialement, soit :

$$RSI_E = (K_1 * RSI_{max}) + (K_2 * RSI_{min})$$

Le tableau suivant présente les coefficients de pondération K_1 et K_2 pouvant être utilisés avec cette méthode de calcul adaptée. Ces coefficients varient en fonction de l'espacement des éléments d'ossature répétitifs et de la présence ou non d'un revêtement intermédiaire isolant.

Tableau 3-7 – Valeurs de K_1 et K_2

Espacement des éléments, en mm	K_1	K_2
< 500, sans revêtement intermédiaire isolant	0,33	0,67
< 500, avec revêtement intermédiaire isolant	0,40	0,60
≥ 500	0,50	0,50

Les résultats obtenus à l'aide de ces coefficients de pondération génériques permettent d'avoir un niveau de précision acceptable uniquement lorsqu'une valeur de résistance thermique de 0,0000161 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) par mm est utilisée pour l'acier composant l'ossature métallique. Cette valeur correspond à celle d'un acier galvanisé ayant une teneur en carbone de 0,14 %. Si le matériau composant l'ossature métallique ne respecte pas cette hypothèse de calcul ou que la composition de l'assemblage requiert un niveau de précision plus élevé, le recours à une méthode de calcul qui permet de prendre en considération les paramètres plus spécifiques de l'ossature est alors requis.

L'adaptation de la norme ISO 6946 décrite dans le « BRE Digest 465 » offre, par exemple, une alternative qui permet de déterminer des coefficients de pondération ajustés de manière plus spécifique en fonction de la configuration de l'ossature principale en acier léger. Il est à noter que les facteurs de correction décrits dans cette méthodologie, comme ceux visant à tenir compte de l'effet des éléments mineurs d'ancrage comme les vis métalliques ou les attaches à maçonnerie, peuvent toutefois être ignorés puisqu'ils sont considérés comme négligeables au sens du Code.

Selon la méthodologie décrite dans le « BRE Digest 465 », les coefficients de pondération K_1 et K_2 peuvent être déterminés de la façon suivante :

Lorsque la largeur de la semelle/jambage (*flange width*) des éléments d'ossature répétitifs n'excède pas 50 mm (2 pouces) :

$$K_1 = 0,8 (\text{RSI}_{\min} / \text{RSI}_{\max}) + 0,32 - 0,2 (600/e) - 0,04 (p/100)$$

où

e = espacement entraxe des éléments d'ossature répétitifs en mm

p = profondeur des éléments d'ossature répétitifs (ou de la cavité) en mm

$$K_2 = 1 - K_1$$

Lorsque la largeur de la semelle/jambage (*flange width*) des éléments d'ossature répétitifs est supérieure à 50 mm (2 pouces) sans toutefois excéder 80 mm :

$$K_1 = 0,8 (\text{RSI}_{\min} / \text{RSI}_{\max}) + 0,24 - 0,2 (600/e) - 0,04 (p/100)$$

où

e = espacement entraxe des éléments d'ossature répétitifs en mm

p = profondeur des éléments d'ossature répétitifs (ou de la cavité) en mm

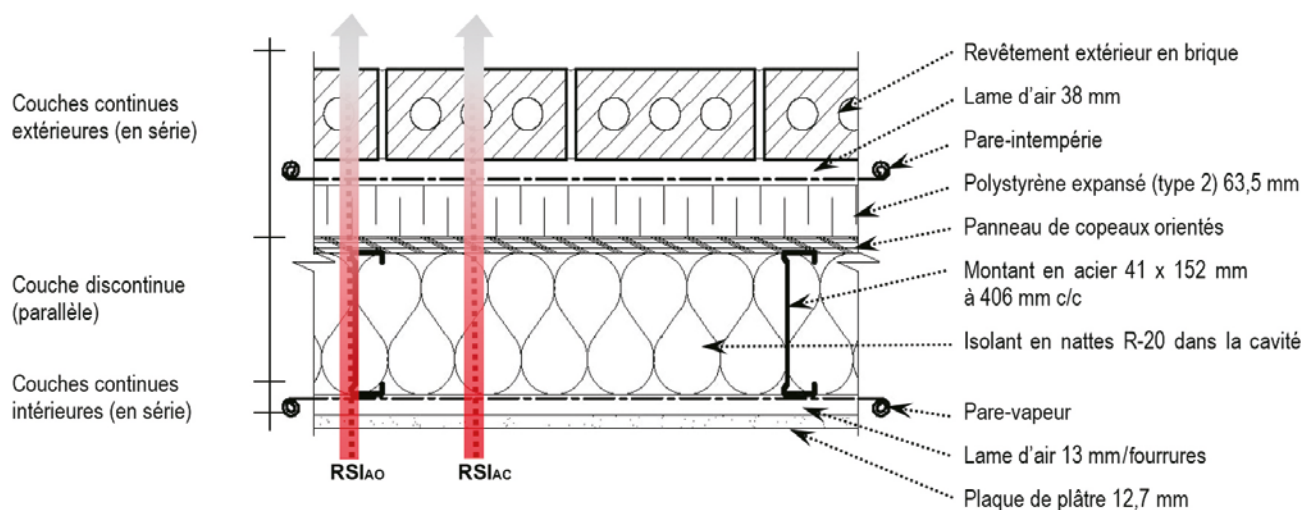
$$K_2 = 1 - K_1$$

Dans le cas des ensembles de construction qui sont entièrement isolés par l'extérieur (c'est-à-dire lorsque l'ossature principale est isolée uniquement de son côté extérieur, sans qu'aucun isolant soit présent dans les cavités entre les éléments d'ossature répétitifs ni du côté intérieur de ceux-ci), les coefficients K_1 et K_2 peuvent être fixés à 0,5.

La méthode de calcul adaptée décrite dans la présente section s'applique uniquement aux ensembles de construction à ossature métallique simples et standards. Les ensembles de construction composés d'ossatures multiples, de dispositifs de support ou d'ancrages linéaires traversant l'isolation comme les barres en Z ou encore de tout autre composant de nature similaire susceptible d'influencer de façon notable le flux thermique à l'intérieur de l'assemblage ne sont pas couverts par cette méthode. Dans de tels cas, le recours à la méthode numérique ou aux essais en laboratoire est requis.

L'exemple suivant décrit l'application de cette méthode de calcul adaptée pour un mur à ossature métallique type.

Exemple de calcul de la valeur RSI_E pour un mur à ossature métallique de 41 mm x 152 mm



Étape 1. Déterminer la résistance thermique effective maximale (RSI_{max}) comme suit.

- Déterminer les valeurs de résistance thermique de la seule couche discontinue des composants à l'aide des [tableaux 3-1 à 3-4](#). Additionner ensuite ces valeurs pour tous les composants alignés avec l'axe du flux thermique traversant l'ossature en vue de déterminer RSI_{AO} , puis faire de même pour tous les composants alignés avec l'axe du flux thermique traversant la cavité isolée en vue de déterminer RSI_{AC} .

Composants de l'ensemble	Type de couche	RSI _{AO} (ossature) (m ² · K)/W	RSI _{AC} (cavité isolée) (m ² · K)/W
Film d'air extérieur	continue	0,03	0,03
Revêtement de brique (100 mm)	continue	0,07	0,07
Lame d'air non ventilée ⁽¹⁾ (38 mm)	continue	0,18	0,18
Membrane pare-intempérie	continue	---	---
Polystyrène expansé type 2 (63,5 mm x 0,028 RSI/mm) ⁽²⁾	continue	1,78	1,78
Panneau de copeaux orientés (OSB) 11 mm	continue	0,108	0,108
Montants en acier (152 mm x 0,0000161 RSI/mm)	discontinue	0,00245	---
Fibre minérale en nattes (R-20, 152 mm)		---	3,52
Polyéthylène (pare-vapeur) ⁽³⁾	continue	---	---
Lame d'air non ventilée ⁽²⁾ (13 mm)	continue	0,16	0,16
Plaque de plâtre (12,7 mm x 0,0061 RSI/mm)	continue	0,08	0,08
Film d'air intérieur	continue	0,12	0,12
Total		2,53045	6,048

- (1) La lame d'air dans ce système de revêtement extérieur en maçonnerie avec des chantepleures à sa base est considérée, dans cet exemple de calcul, comme non ventilée. La valeur de résistance thermique attribuable à une telle lame d'air peut ainsi lui être accordée. Pour plus de détails sur le traitement des lames d'air, consulter la section « Résistance thermique des lames d'air » du présent guide.
- (2) Il est possible d'ignorer l'effet des ancrages à maçonnerie lorsque ceux-ci sont de faible diamètre.
- (3) Lorsqu'une lame d'air non ventilée est compartimentée par des fourrures métalliques du côté chaud de l'assemblage, il est permis de considérer cette couche comme continue et de lui accorder la valeur de résistance thermique attribuable à la lame d'air.

b. Établir les pourcentages d'aire occupée par l'ossature pour un espacement de < 500 mm et par la cavité isolée à l'aide du tableau 3-6 – Pourcentage de l'aire avec ossature et sans ossature pour les ensembles types d'ossature en tôle d'acier.

$$\% \text{ aire}_{AO} = 0,77 \% \text{ (aire avec ossature)}$$

$$\% \text{ aire}_{AC} = 99,23 \% \text{ (aire sans ossature)}$$

c. Calculer la résistance thermique effective maximale (RSI_{max}) à l'aide de la formule du trajet parallèle.

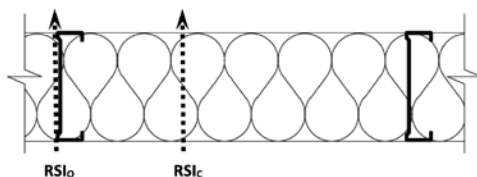
$$RSI_{\max} = \frac{100}{\frac{\% \text{ aire}_{AO}}{RSI_{AO}} + \frac{\% \text{ aire}_{AC}}{RSI_{AC}}} = \frac{100}{\frac{0,77}{2,53045} + \frac{99,23}{6,048}} = 5,98395$$

Étape 2. Déterminer la résistance thermique effective minimale (RSI_{min}) comme suit.

a. Établir les valeurs de résistance thermique des composants continus à l'aide des tableaux 3-1 à 3-4. Faire de même pour l'ossature et la cavité isolée pour déterminer RSI_O et RSI_C.

$$RSI_O = RSI \ 0,00245$$

$$RSI_C = RSI \ 3,52$$



b. Établir les pourcentages d'aire occupée par l'ossature et par la cavité isolée à l'aide du tableau 3-6 – Pourcentage de l'aire avec ossature et sans ossature pour les ensembles types d'ossature en tôle d'acier.

$$\% \text{ aire}_O = 0,77 \% \text{ (aire avec ossature)}$$

$$\% \text{ aire}_C = 99,23 \% \text{ (aire sans ossature)}$$

- c. Calculer la résistance thermique effective de la couche discontinue à l'aide de la formule du trajet parallèle.

$$RSI_{\text{parallèle}} = \frac{100}{\frac{\% \text{ aire}_o}{RSI_o} + \frac{\% \text{ aire}_c}{RSI_c}} = \frac{100}{\frac{0,77}{0,00245} + \frac{99,23}{3,52}} = 0,29199$$

- d. Additionner la valeur de résistance thermique de la couche discontinue ($RSI_{\text{parallèle}}$) obtenue à l'étape précédente et celles des couches continues pour obtenir la résistance thermique effective minimale (RSI_{min}).

Composants de l'ensemble	Type de couche		RSI (m ² · K)/W
Film d'air extérieur	continue		0,03
Revêtement de brique (100 mm)	continue		0,07
Lame d'air non ventilée (38 mm)	continue		0,18
Membrane pare-intempérie	continue		---
Polystyrène expansé type 2 (63,5 mm x 0,028 RSI/mm)	continue		1,78
Panneau de copeaux orientés (OSB) 11 mm	continue		0,108
Montants en acier (152 mm x 0,0000161 RSI/mm)	discontinue	$RSI_{\text{parallèle}}$	0,29199
Fibre minérale en nattes (R-20, 152 mm)			
Polyéthylène (pare-vapeur)	continue		---
Lame d'air non ventilée (13 mm)	continue		0,16
Plaque de plâtre (12,7 mm x 0,0061 RSI/mm)	continue		0,08
Film d'air intérieur	continue		0,12
Total		$RSI_{\text{min}} =$	2,81999

Étape 3. Déterminer les coefficients de pondération K_1 et K_2 .

Dans le présent exemple, les coefficients K_1 et K_2 sont déterminés à l'aide du [tableau 3-7 – Valeurs de \$K_1\$ et \$K_2\$](#) , en fonction de l'espacement entre les éléments d'ossature (moins de 500 mm d'entraxe) et de la présence d'un revêtement intermédiaire isolant (panneau de copeaux orientés) :

$$K_1 = 0,40$$

$$K_2 = 0,60$$

Étape 4. Déterminer la résistance thermique effective de l'ensemble de construction complet (RSI_E).

Insérer les valeurs déterminées dans les étapes précédentes à l'intérieur de la formule pondérée de la méthode adaptée à l'ossature métallique pour obtenir la résistance thermique effective de l'ensemble de construction complet :

$$RSI_E = (K_1 * RSI_{\text{max}}) + (K_2 * RSI_{\text{min}}) = (0,40 * 5,98395) + (0,60 * 2,81999) = 4,09$$

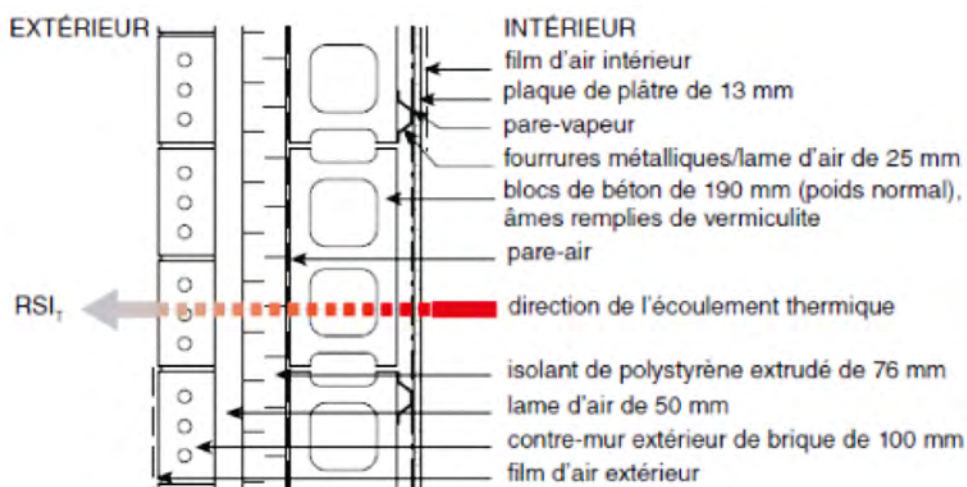
Calcul de la résistance thermique effective pour les ensembles de construction en éléments de maçonnerie

Pour les ensembles de construction qui utilisent des éléments de maçonnerie à titre de structure principale (ex. : blocs en béton), la résistance thermique effective de l'ensemble doit être calculée au moyen de la méthode la mieux adaptée au type de construction prévu. Si l'ensemble contient une ossature de bois à l'intérieur, la méthode des plans isothermes et du trajet parallèle peut être utilisée. Dans le cas où l'ensemble contient une ossature métallique du côté intérieur, c'est plutôt la méthode adaptée à ce type de construction qui est applicable. Enfin, pour les ensembles de construction en éléments de maçonnerie sans ossature de bois ou de métal à l'intérieur, la méthode des plans isothermes peut être utilisée pourvu que la valeur de résistance thermique des éléments de maçonnerie soit connue et que ceux-ci puissent être traités en tant que couche continue.

L'exemple suivant présente l'application de cette méthode de calcul pour un mur de blocs de béton avec âmes isolées, sans ossature.

Exemple de calcul de la valeur RSI_e pour un mur en blocs de béton (sans ossature intérieure)

Vue en plan



Puisque le mur ne comporte pas d'ossature, la méthode des plans isothermes est utilisée pour calculer la résistance thermique effective. On peut tirer les valeurs RSI de tous les composants du mur à partir des [tableaux 3-1 à 3-4](#), en tenant compte de leur épaisseur respective. La résistance thermique effective de l'ensemble complet peut ensuite être calculée par la simple addition des valeurs de résistance thermique propres à chacune de ces couches continues.

Composants de l'ensemble	Épaisseur (mm)	RSI (m ² · K)/W
Film d'air extérieur	---	0,03
Revêtement de brique	100	0,07
Lame d'air non ventilée ⁽¹⁾	50	0,18
Polystyrène extrudé	76	2,66
Pare-air	négligeable	---
Blocs de béton de 190 mm (densité normale), âmes remplies de vermiculite	190	0,51
Lame d'air ⁽²⁾ non ventilée	25	0,18
Pare-vapeur	négligeable	---
Plaque de plâtre	13	0,08
Film d'air intérieur	0	0,12
Total	RSI_e =	3,83

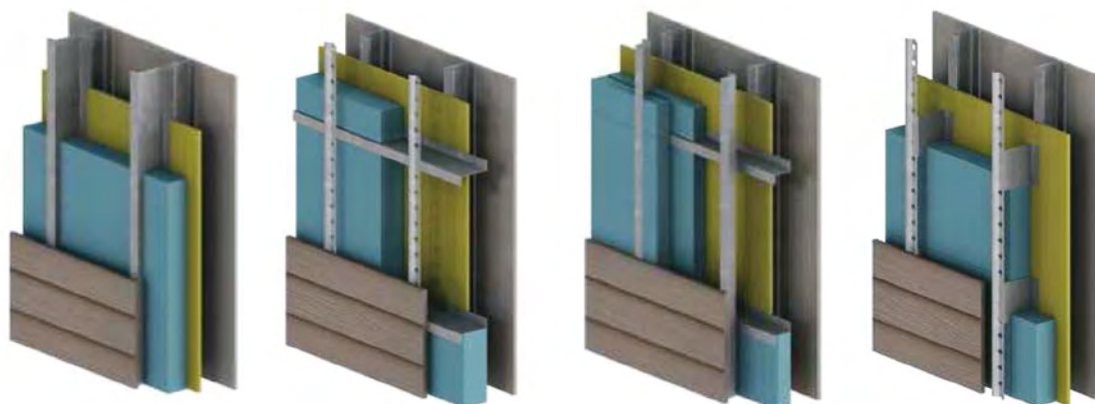
(1) La lame d'air dans ce système de revêtement extérieur en maçonnerie avec des chantepleures à sa base est considérée, dans cet exemple de calcul, comme non ventilée. La valeur de résistance thermique attribuable à une telle lame d'air peut donc lui être accordée. Pour plus de détails sur le traitement des lames d'air, consulter la section « [Résistance thermique des lames d'air](#) » du présent guide.

(2) Lorsqu'une lame d'air non ventilée est compartimentée par des fourrures métalliques du côté chaud de l'assemblage, il est permis de considérer cette couche comme continue et de lui accorder la valeur de résistance thermique attribuable à la lame d'air.

Méthode numérique

Lorsqu'un ensemble de construction opaque présente plusieurs couches discontinues et qu'il est caractérisé par un flux thermique irrégulier influencé par la disposition des éléments d'ossature qui le composent, la résistance thermique effective de l'ensemble ne peut être adéquatement déterminée selon la méthode analytique de calculs simplifiés. La combinaison de montants métalliques et d'éléments de support linéaires chevauchant l'isolation à l'intérieur d'un assemblage, comme illustré à la figure suivante, constitue un exemple de ce type situation.

Figure 3-7 – Exemples d'assemblages caractérisés par un flux thermique irrégulier



Source : *Thermal Performance of Building Envelope Details for Mid- and High-Rise Buildings (1365-RP)*, Morrison Hershfield, 2011.

Dans de tels cas, l'effet des différents éléments d'ossature à travers l'assemblage est interdépendant. Les hypothèses qui permettent l'utilisation de la méthode analytique, comme celle du flux thermique unidimensionnel dans l'assemblage, ne sont alors pas respectées. Par conséquent, il devient nécessaire d'évaluer la résistance thermique effective de tels assemblages à partir de simulations numériques du transfert thermique ou d'essais en laboratoire. Les outils de simulation numérique fournissent des résultats précis et peuvent être utilisés dans toutes les situations. Cependant, une bonne connaissance du logiciel de simulation, des normes applicables et des notions de transfert thermique sont nécessaires pour obtenir des résultats cohérents.

La simulation numérique du transfert thermique devrait être mise en œuvre selon l'approche préconisée dans le cadre du projet de recherche ASHRAE RP-1365 « Thermal Performance of Building Envelope Details for Mid- and High-Rise Buildings » et en fonction des paramètres énoncés dans la présente section ainsi que dans la section « [Hypothèses de calcul](#) » du présent guide.

Le recours à la norme ISO 10211, « Ponts thermiques dans les bâtiments – Flux thermiques et températures superficielles – Calculs détaillés », est également pertinent dans le cadre de la simulation numérique du transfert thermique. Cette norme fournit notamment une série de cas tests en deux dimensions et en trois dimensions permettant de valider la précision d'un logiciel de simulation du transfert thermique. Avant d'utiliser un logiciel de simulation, il est souhaitable de vérifier si celui-ci a été testé conformément à cette norme pour assurer la précision des résultats qu'il pourra générer.

Ajustement des valeurs RSI_E des murs obtenues par simulation numérique

Comme mentionné dans la section « [Hypothèses de calcul](#) » portant sur le pourcentage d'ossature, il arrive fréquemment que les simulations numériques du transfert thermique réalisées pour des sections de murs types ne contiennent pas tous les éléments d'ossature exigés au paragraphe 3.1.1.7. 1) aux fins de calcul de la résistance thermique effective. Le cas échéant, un ajustement du résultat obtenu par simulation numérique peut être nécessaire pour assurer la conformité des valeurs de résistance thermique effective considérées.

Il est possible de quantifier l'effet des éléments d'ossature secondaires manquants aux simulations numériques par l'application de la méthodologie décrite à la section « [Calcul de la résistance thermique effective dépréciée](#) » du présent guide. Pour ce faire, il est toutefois nécessaire de connaître les coefficients linéaires de transmission thermique propres à chacune des jonctions occasionnées par les éléments d'ossature secondaires n'ayant pas été pris en compte dans les simulations numériques de même que l'ensemble des paramètres géométriques pertinents s'y rattachant. L'obtention de ces intrants spécifiques et la réalisation des calculs qui en découlent peuvent ainsi s'avérer relativement complexes et fastidieuses.

De manière à simplifier les calculs requis dans une telle situation en vue de la validation de la conformité aux exigences prescriptives, des facteurs d'ajustement ont été établis. Ceux-ci visent à représenter l'effet courant des éléments d'ossature secondaires n'ayant pas été pris en compte dans les simulations numériques lorsque celles-ci incluent uniquement l'effet de l'ossature principale (valeur *clear field*). Dans de tels cas, l'application de ces facteurs permet de valider la conformité d'assemblages muraux spécifiques au regard des valeurs de résistance thermique effective décrites à la section 3.2., sans recourir au calcul de la résistance thermique effective dépréciée pour chacune des jonctions occasionnées par les éléments d'ossature secondaires. Le tableau suivant présente les facteurs d'ajustement qu'il est permis d'appliquer à la valeur de résistance thermique effective (*clear field*) obtenue par simulation numérique, selon le type d'ossature utilisé. La valeur RSI_E obtenue est alors réputée tenir compte des éléments d'ossature secondaires qui étaient manquants aux simulations numériques et peut ainsi permettre de valider la conformité du mur aux fins d'application des exigences prescriptives de la section 3.2.

Tableau 3-8 – Facteurs d’ajustement généraux à appliquer pour un mur

Types d’ossature	Facteurs d’ajustement
Ossature de bois type	0,90 ⁽¹⁾
Ossature de bois évoluée ⁽²⁾	0,93 ⁽¹⁾
Ossature métallique	0,60 ⁽³⁾

(1) Ne s’applique pas lorsque la cavité n’est pas isolée et que l’isolation recouvre l’ossature murale de façon continue.

(2) Voir la note (2) du [tableau 3-5 – Pourcentage de l’aire avec ossature et de l’aire sans ossature pour les ensembles types d’ossature en bois](#) pour plus de détails concernant l’ossature de bois évoluée.

(3) Les facteurs d’ajustement détaillés au [tableau 3-9 – Facteurs d’ajustement détaillés à appliquer à un mur à ossature métallique](#) peuvent également être utilisés en fonction de la configuration des dispositifs de fixation pénétrant l’isolant extérieur.

Dans le cas de l’ossature de bois, aucun facteur d’ajustement n’est requis lorsque la cavité entre les éléments d’ossature principaux n’est pas isolée et que l’isolation est entièrement réalisée par l’extérieur de manière à recouvrir tous les éléments structuraux du mur de façon continue. En ce qui concerne l’ossature métallique, la valeur spécifiée au [tableau 3-8 – Facteurs d’ajustement généraux à appliquer pour un mur](#) correspond à une valeur générique de performance minimale. Pour ce type d’ossature, il est aussi possible d’utiliser les facteurs d’ajustement détaillés au [tableau 3-9 – Facteurs d’ajustement détaillés à appliquer à un mur à ossature métallique](#) en fonction du type de dispositifs de fixation du parement prévu et de la méthode d’isolation murale retenue.

Tableau 3-9 – Facteurs d’ajustement détaillés à appliquer à un mur à ossature métallique

Dispositifs de fixation du parement pénétrant l’isolant extérieur ⁽¹⁾		Facteurs d’ajustement	
		Aucune isolation à l’intérieur de la cavité, isolation uniquement à l’extérieur de l’ossature	Isolation à l’intérieur de la cavité et à l’extérieur de l’ossature
Sans bris thermique au croisement de l’ossature principale	Dispositifs de fixation linéaires verticaux	0,60	0,65
	Dispositifs de fixation linéaires horizontaux	0,70	0,70
	Dispositifs de fixation linéaires entrecroisés	0,85	0,75
	Supports intermittents ⁽²⁾		
Avec bris thermique au croisement de l’ossature principale	Dispositifs de fixation linéaires horizontaux	0,90	0,80
	Dispositifs de fixation linéaires entrecroisés		
	Supports intermittents ⁽²⁾		
Supports intermittents de faible conductivité thermique ⁽³⁾		0,95	0,85
Absence de pénétrations ou pénétrations mineures ⁽⁴⁾ de l’isolant extérieur		1	0,90

(1) Voir l’annexe B, « [Facteurs d’ajustement : dispositifs de fixation pénétrant l’isolant extérieur](#) », du présent guide pour visualiser une représentation graphique de ces éléments de fixation à l’intérieur d’ensembles muraux.

(2) De courtes sections de dispositifs de fixation linéaires peuvent être considérées comme des supports intermittents lorsque l’espacement centre en centre longitudinal entre chacune d’elles correspond minimalement à trois fois leur longueur.

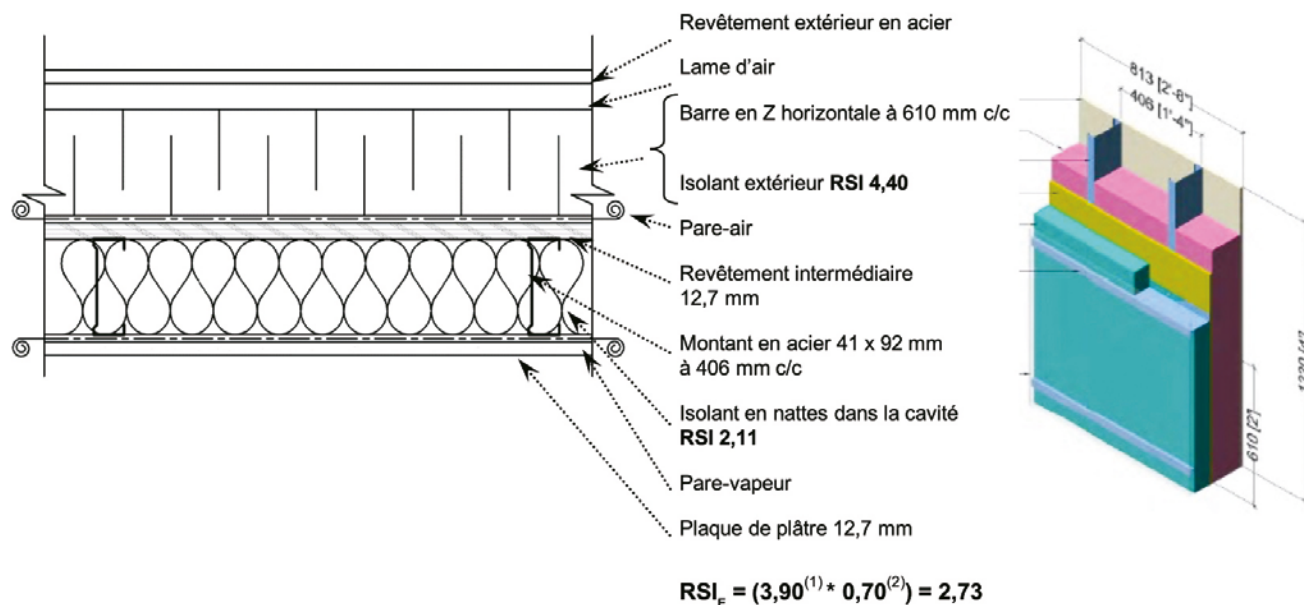
(3) La fibre de verre et le PVC constituent des exemples de matériaux peu conducteurs utilisés pour ce type de supports.

(4) Voir la note A-3.1.1.7. 3) du Code pour plus de détails.

Avant d'utiliser les résultats de simulations numériques provenant de sources externes et de leur appliquer ces facteurs, il convient de s'assurer que les hypothèses de calcul émises pour arriver aux résultats respectent celles présentées dans le présent guide ainsi que les exigences de la partie 3. Évidemment, si la simulation inclut les éléments d'ossature secondaires énumérés au paragraphe 3.1.1.7. 1), aucun facteur d'ajustement ne doit être appliqué. Il en est de même si le calcul de dépréciation de la résistance thermique effective est appliqué à l'ensemble mural complet et qu'il tient compte de l'influence de ces éléments, comme lors de l'application de la méthode de performance décrite à la partie 8 qui exige que la résistance thermique effective des ensembles de construction opaques soit dépréciée.

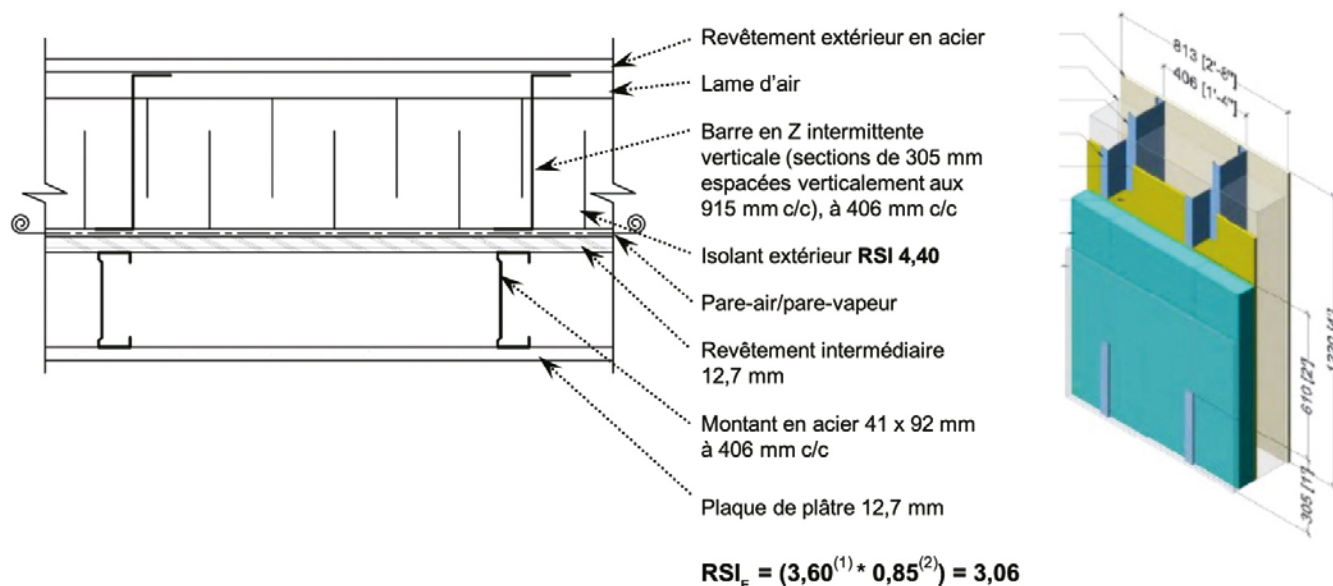
Les figures suivantes présentent quelques exemples concrets de compositions murales pour lesquelles des facteurs d'ajustement ont été appliqués aux valeurs de résistance thermique effective de base (*clear field*) obtenues par simulation. Les exemples d'assemblage et les valeurs RSI_E de base proviennent du *Building Envelope Thermal Bridging Guide* publié par Morrison Hershfield.

Figure 3-8 – Résistance thermique effective ajustée – Montants métalliques avec isolation dans la cavité et barres en Z horizontales sans bris thermique



- (1) Valeur de résistance thermique effective (RSI_E) de l'assemblage avant ajustement provenant du *Building Envelope Thermal Bridging Guide* publié par Morrison Hershfield.
- (2) Facteur d'ajustement défini au [tableau 3-9 – Facteurs d'ajustement détaillés à appliquer à un mur à ossature métallique](#).

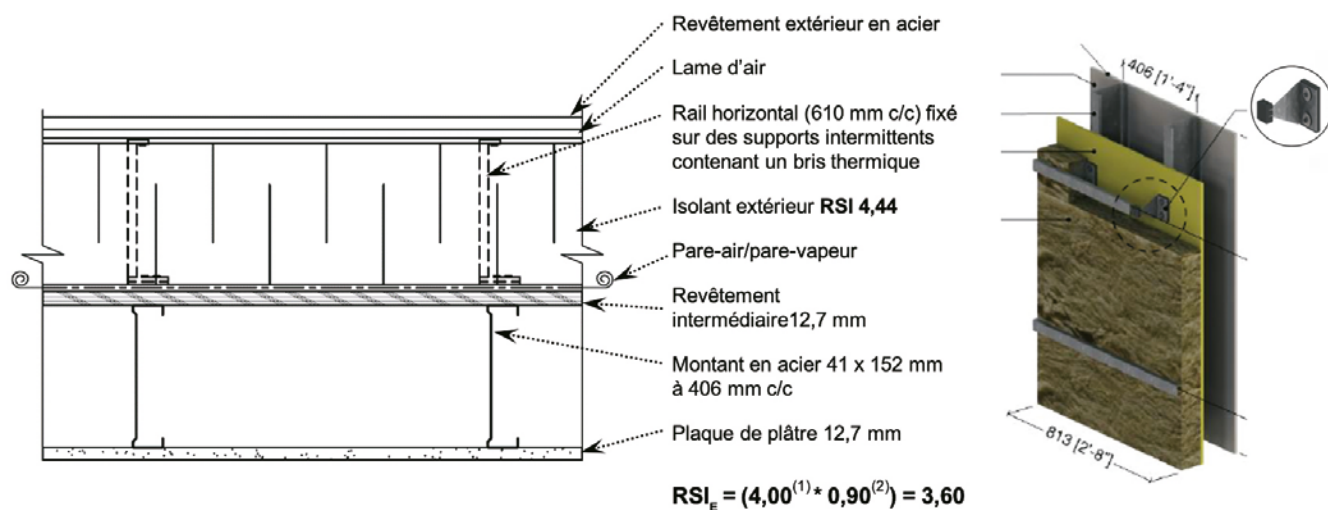
Figure 3-9 – Résistance thermique effective ajustée – Montants métalliques sans isolation dans la cavité et barres en Z verticales intermittentes sans bris thermique



(1) Valeur de résistance thermique effective (RSI_E) de l'assemblage avant ajustement provenant du *Building Envelope Thermal Bridging Guide* publié par Morrison Hershfield.

(2) Facteur d'ajustement défini au [tableau 3-9 – Facteurs d'ajustement détaillés à appliquer à un mur à ossature métallique](#).

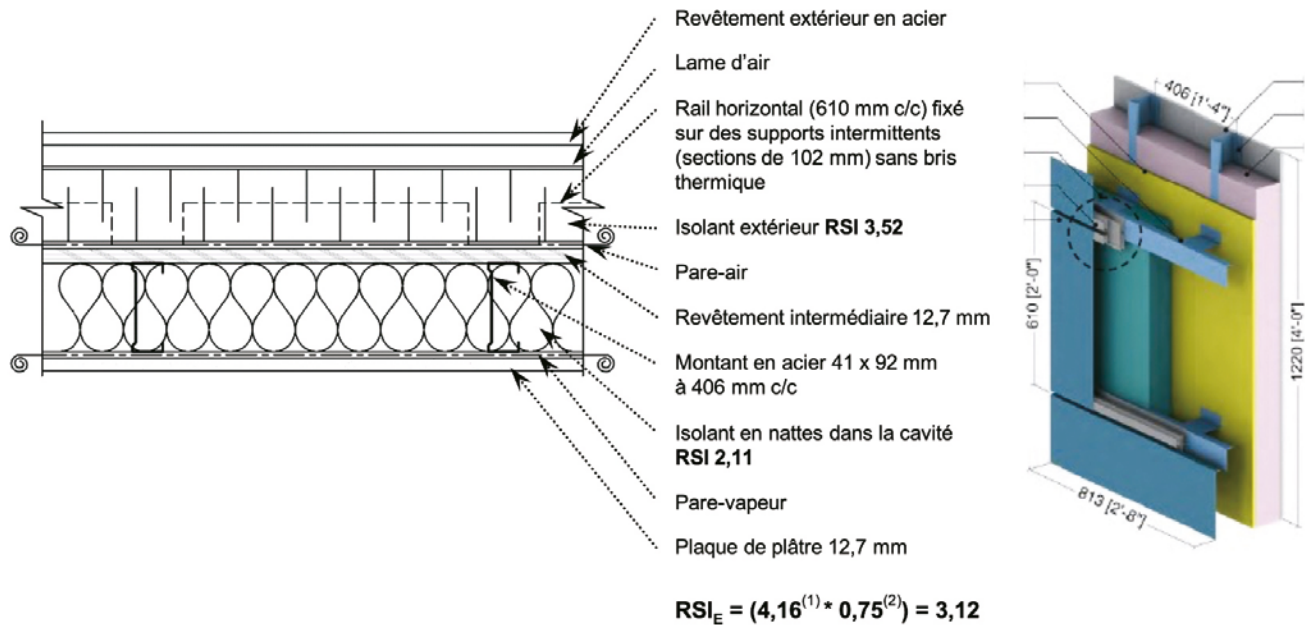
Figure 3-10 – Résistance thermique effective ajustée – Montants métalliques sans isolation dans la cavité et système de rails horizontaux fixés sur des supports intermittents avec bris thermique



(1) Valeur de résistance thermique effective (RSI_E) de l'assemblage avant ajustement provenant du *Building Envelope Thermal Bridging Guide* publié par Morrison Hershfield.

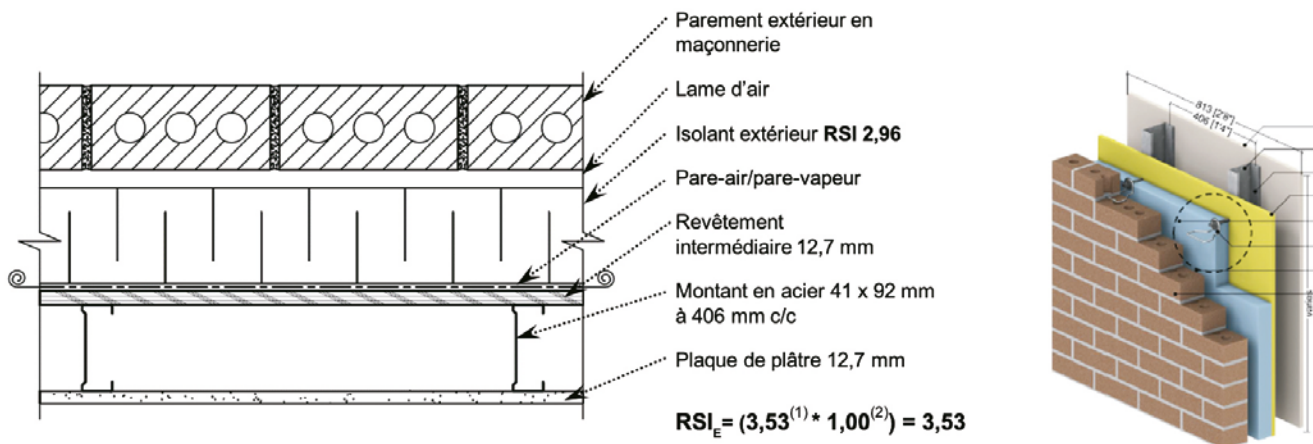
(2) Facteur d'ajustement défini au [tableau 3-9 – Facteurs d'ajustement détaillés à appliquer à un mur à ossature métallique](#).

Figure 3-11 – Résistance thermique effective ajustée – Montants métalliques avec isolation dans la cavité et système de rails horizontaux fixés sur supports intermittents sans bris thermique



- (1) La valeur de résistance thermique effective (RSI_E) de l'assemblage avant ajustement provenant du *Building Envelope Thermal Bridging Guide* publié par Morrison Hershfield.
- (2) Facteur d'ajustement défini au [tableau 3-9 – Facteurs d'ajustement détaillés à appliquer à un mur à ossature métallique](#), mais qui aurait pu être omis puisqu'il n'a aucun effet sur cet assemblage.

Figure 3-12 – Résistance thermique effective ajustée – Ossature métallique sans isolation dans la cavité et parement de maçonnerie avec pénétrations mineures de l'isolant extérieur



- (1) La valeur de résistance thermique effective (RSI_E) de l'assemblage avant ajustement provenant du *Building Envelope Thermal Bridging Guide* publié par Morrison Hershfield.
- (2) Facteur d'ajustement défini au [tableau 3-9 – Facteurs d'ajustement détaillés à appliquer à un mur à ossature métallique](#), mais qui aurait pu être omis puisqu'il n'a aucun effet sur cet assemblage.

Étanchéité à l'air (article 3.1.1.8. et sous-section 3.2.4.)

L'enveloppe du bâtiment doit être conçue et construite de manière à prévenir les infiltrations et les exfiltrations d'air. De nombreuses fonctions de l'enveloppe dépendent d'un contrôle adéquat des fuites d'air. Le paragraphe 3.2.4.1. 1) exige que l'enveloppe du bâtiment comporte un système d'étanchéité à l'air continu pour prévenir les infiltrations d'air dans les espaces climatisés (chauffés ou refroidis) et les exfiltrations d'air hors de ces espaces. Les exfiltrations ou les infiltrations d'air non contrôlées peuvent mener à des charges de chauffage et de refroidissement accrues. Un système d'étanchéité à l'air efficace se doit d'être continu et de réduire au minimum les fuites d'air.

Pour assurer une bonne performance en matière d'étanchéité à l'air des ensembles de construction opaques, il est exigé que ceux-ci soient évalués selon la norme CAN/ULC-S742 ou la norme ASTM E2357, de manière à respecter le taux de fuite maximal décrit à l'article 3.2.4.2. Il est à noter que la norme ASTM E2357 peut uniquement être utilisée aux fins de vérification de la conformité d'un ensemble d'étanchéité à l'air lorsque celui-ci se situe du côté chaud de l'isolant, puisque les ensembles d'étanchéité à l'air évalués selon cette méthode d'essai sont testés à température ambiante.

Les articles 3.2.4.3. et 3.2.4.4. précisent pour leur part les taux de fuite d'air maximaux admissibles pour les produits de fenêtrage, les murs-rideaux et les portes. Ces taux de fuite doivent être évalués conformément aux normes spécifiées aux paragraphes 3.1.1.8. 2) à 4).

Bien que le Code ne renferme pas d'exigences propres à ce sujet, il est recommandé de réaliser des tests in situ lors de la construction et d'accorder une attention particulière à l'étanchéité des divers joints et jonctions entre les ensembles de construction. Le recours à des tests d'infiltrométrie ou à des essais de dépressurisation ou de pressurisation ciblés permettront de détecter les principales fuites d'air présentes et de procéder aux travaux correctifs nécessaires en temps opportun. Ces tests permettront notamment de vérifier l'intégrité des ensembles d'étanchéité à l'air du bâtiment ainsi que la performance des différentes jonctions entre les ensembles de construction, dont celles au pourtour des ouvertures, et des scellements réalisés au niveau des diverses pénétrations de l'enveloppe. Une autre bonne pratique consiste à faire des essais de performance sur une maquette à l'échelle (*mock-up test*) des différents systèmes constructifs de l'enveloppe. En plus de permettre le repérage des lacunes de conception et la mise en œuvre des correctifs nécessaires, ces tests à l'échelle donnent l'occasion aux ouvriers de se familiariser avec les détails constructifs du projet, ce qui garantit une meilleure qualité de construction en chantier.

Conformité par la méthode prescriptive (section 3.2.)

La méthode de conformité par la voie prescriptive établit des exigences de performance thermique minimales acceptables pour l'enveloppe du bâtiment et inclut des exigences particulières d'efficacité énergétique. Elle comprend notamment des exigences générales relatives aux matériaux isolants, à la continuité de l'isolation et à l'aire maximale admissible pour le fenêtrage et les portes. Cette méthode renferme également des exigences relatives aux caractéristiques thermiques minimales et aux taux de fuite d'air maximaux à respecter pour les ensembles de construction opaques (hors sol ou en contact avec le sol), le fenêtrage, les portes et les trappes de visite du bâtiment. Selon cette méthode, la conformité de l'enveloppe du bâtiment n'est atteinte que lorsque toutes les exigences de la section 3.2. sont respectées. Dès que l'une des exigences prescrites n'est pas respectée, il devient alors nécessaire d'utiliser l'une des deux autres voies de conformité autorisées (c'est-à-dire la méthode des solutions de remplacement ou la méthode par la performance énergétique).

Le paragraphe 3.2.1.1. 1) exige que l'enveloppe du bâtiment soit conçue de manière à limiter les effets indésirables de certains éléments critiques pouvant nuire à la performance de l'isolation thermique. Les conditions découlant des environnements intérieur et extérieur de l'enveloppe du bâtiment, y compris les fuites d'air, l'effet de convection, le mouillage et l'humidité contournant le plan de résistance thermique, ont toutes une incidence sur la performance réelle des matériaux composant l'enveloppe du bâtiment. Une conception minutieuse des détails en vue d'assurer une gestion optimale de l'eau, de la vapeur d'eau et des transferts thermiques dans les ensembles de construction est donc requise pour garantir leur performance et leur durabilité globales.

Les transferts de la chaleur, de l'air et de l'humidité au travers de l'enveloppe du bâtiment sont des questions distinctes, mais qui doivent être traitées simultanément. 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. Un contrôle approprié de la chaleur, de l'air et de l'humidité au travers des ensembles de construction influence directement la performance thermique de ceux-ci. En ce sens, une attention particulière doit être apportée aux exigences du chapitre I, Bâtiment, du Code de construction, notamment à celles relatives à la partie 5 portant sur la séparation des milieux différents.

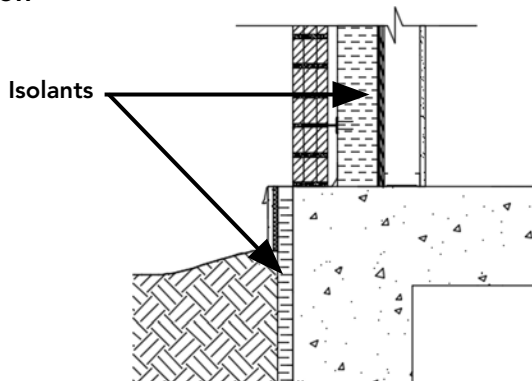
Continuité de l'isolation (article 3.2.1.2.)

L'article 3.2.1.2. porte sur le traitement des ponts thermiques, précise les exemptions et énonce les principes qui régissent l'isolation continue requise au niveau des différentes jonctions entre les ensembles de construction et des diverses pénétrations de l'enveloppe du bâtiment. Il vise à réduire au minimum la présence de zones froides dans l'enveloppe du bâtiment en raison d'un effet de pont thermique ainsi que l'effet des détails constructifs les plus importants et les plus courants qui peuvent occasionner des pertes de chaleur.

Lorsque les exigences de continuité de l'isolation spécifiées à l'article 3.2.1.2. ne peuvent pas être respectées, ou pour toute autre discontinuité non énumérée à cet article, il faut recourir à la dépréciation de la résistance thermique effective des ensembles de construction concernés par ces ponts thermiques, de manière à quantifier leur effet sur la performance thermique de l'enveloppe du bâtiment. La section « [Calcul de la résistance thermique effective dépréciée](#) » explique en détail comment procéder à ce calcul de dépréciation lorsqu'une telle situation survient. Certains allègements sont néanmoins autorisés. À cet effet, les lignes qui suivent visent à offrir des informations complémentaires concernant quelques-uns de ces allègements.

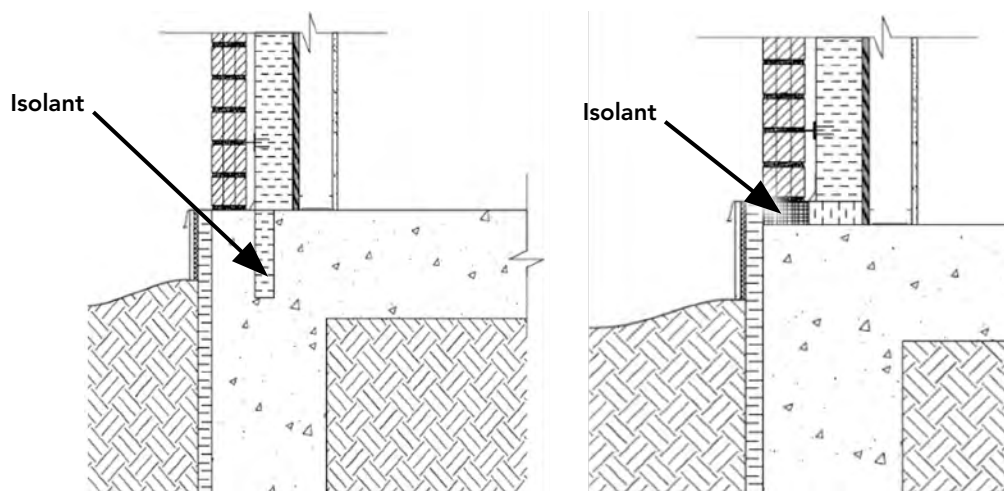
L'alinéa 3.2.1.2. 9)b) permet notamment que la continuité de l'isolation soit interrompue à la jonction entre la base du parement de maçonnerie ou de pierre d'un mur hors sol et le mur de fondation, comme le montre la figure suivante.

Figure 3-13 – Interruption de la continuité de l'isolation à la jonction du mur hors sol avec le mur de fondation



Bien que cet alinéa permette une discontinuité de l'isolation à cet endroit, il est recommandé d'atténuer ce pont thermique, notamment lorsque l'espace adjacent est un logement, de manière à éviter des problèmes d'inconfort pour les occupants. Pour ce faire, différentes méthodes peuvent être mises en œuvre. L'utilisation de cornières d'appui légèrement surélevées ou fixées à des supports transversaux intermittents sur le mur de fondation pour permettre la pose d'un matériau à faible conductivité thermique entre la cornière et le dessus du mur de fondation ou encore l'insertion d'une clé d'isolant dans le mur de fondation sont des exemples d'applications qui peuvent être envisagées. La figure suivante illustre de façon schématique ces options. Le recours à de telles méthodes requiert cependant une attention particulière lors des phases de conception et de mise en œuvre, de manière à ce que les précautions nécessaires soient prises pour assurer la stabilité structurale des assemblages et la performance de ces détails.

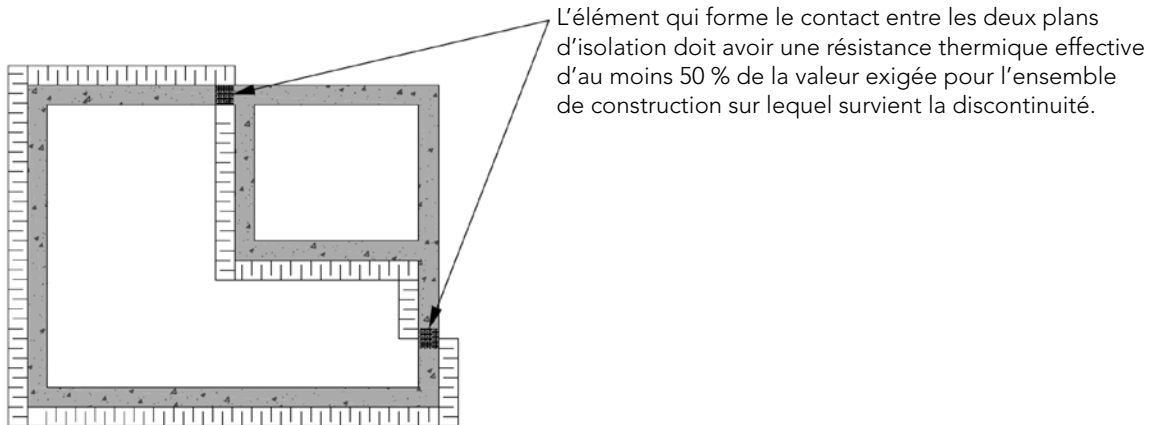
Figure 3-14 – Exemples d'application pour réduire le pont thermique à la jonction entre un mur hors sol et un mur de fondation



De son côté, l'alinéa 3.2.1.2. 9)c) permet que la continuité de l'isolation soit interrompue par des éléments structuraux mineurs au niveau de certaines jonctions, comme c'est le cas des fonds de clouage à l'intersection des parapets et des toits. Cette exemption s'applique également, par exemple, à la jonction entre un seuil de porte, un mur et un plancher, lorsque le seuil doit être appuyé directement sur le plancher pour offrir un accès sans obstacle, conformément aux exigences du chapitre I, Bâtiment, du Code de construction.

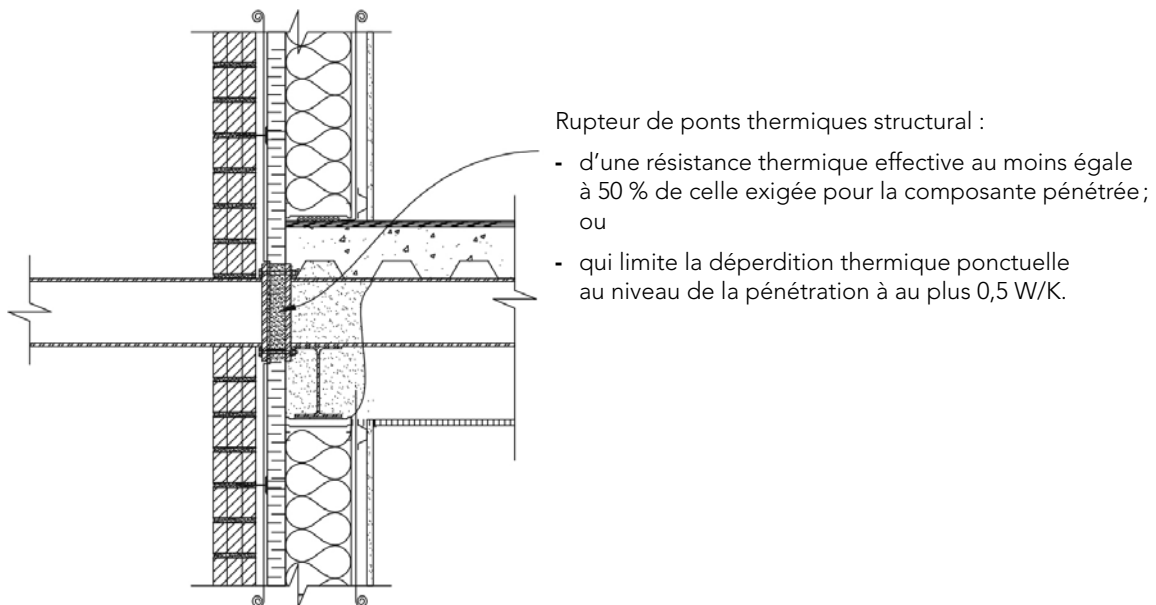
L'alinéa 3.2.1.2. 9)e) permet que la continuité de l'isolation soit interrompue lorsque les deux plans d'isolation ne peuvent être prolongés sur la distance exigée au paragraphe 3.2.1.2. 7). Cette permission est toutefois conditionnelle à ce que la résistance thermique effective de l'élément qui forme le contact entre les deux plans d'isolation corresponde à au moins 50 % de celle exigée pour l'ensemble de construction sur lequel survient la discontinuité. La figure suivante illustre schématiquement l'application de cet allègement.

Figure 3-15 – Interruption de la continuité de l’isolation selon les dispositions de l’alinéa 3.2.1.2. 9)e)



Enfin, le paragraphe 3.2.1.2. 10) permet, à certaines conditions, l'installation d'un rupteur de pont thermique ne respectant pas la valeur de résistance thermique effective exigée à l'alinéa 3.2.1.2. 3)b). Pour ce faire, le rupteur de pont thermique installé au niveau d'une pénétration ponctuelle de l'enveloppe doit limiter la déperdition thermique à l'endroit de cette pénétration en possédant un coefficient ponctuel de transmission thermique d'au plus 0,5 W/K.

Figure 3-16 – Poutre structurale séparée par un rupteur de ponts thermiques structural



Espaces climatisés (chauffés ou refroidis) à des températures différentes (article 3.2.1.3.)

Résistance thermique effective entre deux espaces adjacents

Des exigences particulières sont applicables aux ensembles de construction opaques séparant des espaces climatisés (chauffés ou refroidis) à des températures distinctes comme une pièce réfrigérée adjacente à une cuisine ou un entrepôt semi-chauffé adjacent à un local pour bureau.

Le tableau suivant présente des exemples de résistances thermiques effectives minimales applicables aux ensembles de construction opaques hors sol séparant deux espaces climatisés en fonction de différents écarts de température. Ces valeurs ont été obtenues à partir de l'équation présentée au paragraphe 3.2.1.3. 1) et des valeurs de résistance thermique effective minimales exigées à l'article 3.2.2.2. pour les emplacements possédant moins de 6 000 degrés-jours de chauffage sous 18 °C (DJC). Ces valeurs ne sont donc pas applicables aux bâtiments situés dans les zones 7B et 8 (6 000 DJC ou plus).

Tableau 3-10 – Résistance thermique effective des ensembles de construction séparant des espaces climatisés à des températures différentes

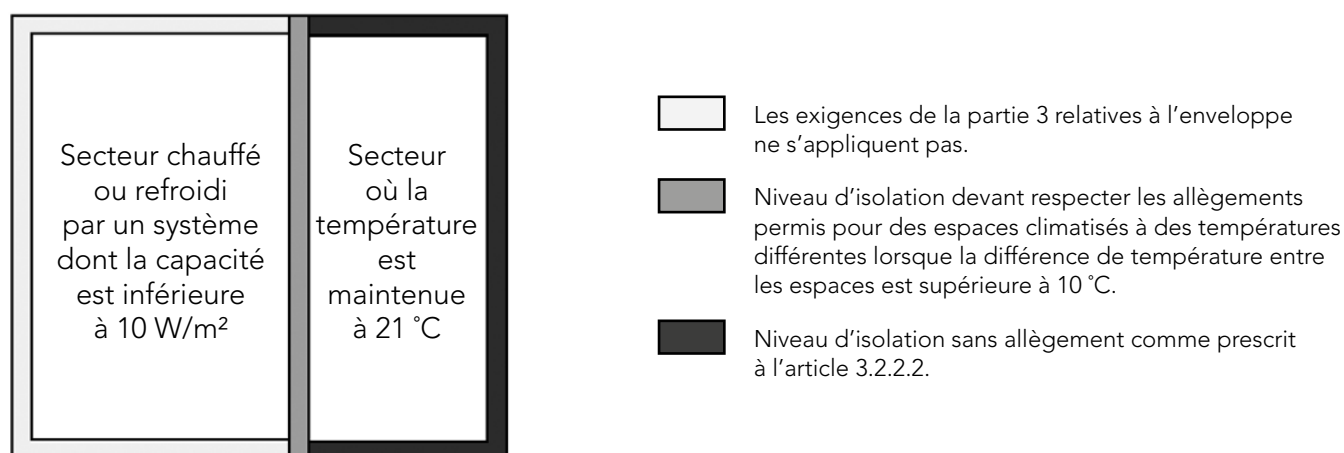
ΔT_{int} °C	RSI _E des murs (m ² · °C)/W	RSI _E des plafonds et planchers (m ² · °C)/W
10,5	0,88	1,33
15	1,26	1,91
20	1,68	2,54
25	2,10	3,18
30	2,52	3,81

À titre d'exemple, pour un bâtiment situé dans la zone 6 (de 4 000 à 4 999 DJC) possédant un stationnement souterrain au-dessus duquel se trouvent des logements, si la différence des températures de consigne entre ces deux espaces est de 10,5 °C, l'ensemble plafond/plancher séparant ces espaces devrait posséder une résistance thermique effective d'au moins RSI 1,33.

Lorsque l'écart de température entre deux espaces est de 10 °C ou moins, aucune résistance thermique effective minimale n'est exigée. Dans certaines situations (ex. : lorsque des logements sont situés au-dessus d'un stationnement souterrain), le concepteur devrait néanmoins prévoir des moyens supplémentaires pour contrôler les échanges thermiques entre les espaces adjacents, et ce, malgré l'absence d'exigence obligatoire en la matière. Le transfert thermique entre de tels espaces peut notamment devenir important par exemple à proximité des ouvertures du stationnement en hiver en risquant de générer de l'inconfort pour les occupants des logements. L'augmentation de la résistance thermique des ensembles de construction séparant ces espaces (ex. : par l'installation d'isolant supplémentaire sur le plafond du stationnement souterrain à proximité des ouvertures, comme près des portes de garage) peut contribuer à réduire le transfert thermique et les risques d'inconfort.

Selon l'alinéa 3.1.1.2. 1)b), les bâtiments à faible besoin de chauffage et de climatisation (c'est-à-dire dont la capacité des systèmes de chauffage ou de refroidissement est inférieure à 10 W/m²) ne sont pas assujettis aux exigences de la partie 3. Cette exemption n'est toutefois pas applicable aux ensembles de construction qui séparent un tel espace d'un espace chauffé. La figure suivante présente un exemple d'une telle situation. Selon cet exemple, les exigences de la partie 3 ne s'appliqueraient donc pas aux murs extérieurs de la portion de bâtiment contenant un système dont la capacité de chauffage ou de refroidissement est inférieure à 10 W/m². Par contre, les exigences de la partie 3 s'appliquent à la portion adjacente du bâtiment maintenue à une température de consigne de 21 °C. Le mur mitoyen entre ces deux espaces devrait donc être isolé conformément aux exigences applicables aux espaces chauffés ou refroidis à des températures différentes, selon la différence de température entre ces deux espaces.

Figure 3-17 – Exigences applicables lorsque des espaces sont climatisés à des températures différentes



Si un mur mitoyen ou des murs jumeaux sont présents entre un nouveau bâtiment à construire et un bâtiment voisin contigu, il peut être compliqué de bien interpréter les exigences applicables. Les lignes suivantes visent à clarifier la nature des exigences à respecter en fonction du contexte rencontré et du type de mur.

Dans le cas d'un mur mitoyen au sens propre du terme (c'est-à-dire un seul mur commun à deux bâtiments adjacents), il importe de s'assurer :

- de respecter les exigences de continuité de l'isolation, dont celles spécifiées au paragraphe 3.2.1.2. 3) pour les jonctions du mur mitoyen avec les murs extérieurs ; et
- d'isoler le mur mitoyen en fonction de l'exigence applicable aux espaces chauffés ou refroidis à des températures différentes spécifiée au paragraphe 3.2.1.3. 1), si l'écart de température est supérieur à 10 °C de part et d'autre du mur ; ou
- d'isoler le mur mitoyen comme un mur extérieur, selon les exigences de l'article 3.2.2.2. ou 3.2.3.1., si l'espace adjacent du bâtiment voisin n'est pas climatisé (chauffé ou refroidi).

Si l'écart de température de part et d'autre du mur est inférieur ou égal à 10 °C, l'isolation du mur mitoyen n'est pas obligatoire.

Dans le cas de murs jumeaux (c'est-à-dire deux murs distincts, mais situés très près l'un de l'autre, et parfois même joints par des scellements), les exigences applicables varient en fonction du type de construction préconisé.

- S'il y a un espace où l'air peut circuler librement entre le mur du nouveau bâtiment et le mur du bâtiment voisin ou encore si l'espace entre ces deux murs est ventilé par la présence d'ouvertures périphériques, le mur du nouveau bâtiment est alors considéré comme exposé à l'air extérieur et il doit être isolé conformément aux exigences de l'article 3.2.2.2.
- Dans le cas où deux murs jumeaux sont scellés ensemble et que la jonction entre ces murs est traitée de manière à être complètement étanche ou à maintenir une pression d'air équilibrée entre les deux murs, le mur du nouveau bâtiment est alors soumis aux mêmes exigences que celles applicables pour les murs mitoyens décrites précédemment.

Malgré ces considérations théoriques, les scellements utilisés pour joindre deux murs jumeaux peuvent parfois être sujets à une détérioration hâtive en fonction des méthodes de construction préconisées et des mouvements structuraux potentiels. Il peut également arriver que des informations liées à l'usage, à l'occupation ou aux températures de consigne du bâtiment voisin soient manquantes. En l'absence de telles informations ou advenant certaines réserves quant à la performance ou à la durabilité des scellements réalisés, le mur jumeau du nouveau bâtiment devrait être considéré comme exposé à l'air extérieur et un traitement conforme aux exigences applicables à un tel contexte devrait être privilégié.

Résistance thermique effective des espaces semi-chauffés

Des exigences particulières sont également applicables aux ensembles de construction d'un espace semi-chauffé dont le point de consigne de chauffage est inférieur à 18 °C. Les ensembles de construction visés sont les ensembles de construction opaques hors sol, le fenêtrage, les portes ainsi que les murs en contact avec le sol.

La règle de calcul qui permet d'établir les résistances thermiques effectives requises pour les ensembles de construction de tels espaces semi-chauffés est présenté au paragraphe 3.2.1.3. 2). L'exemple suivant présente le cas d'un entrepôt semi-chauffé situé à Dorval et dont la température de consigne de chauffage est fixée à 4 °C.

Exemple d'application du paragraphe 3.2.1.3. 2) pour un entrepôt semi-chauffé localisé à Dorval (< 6 000 DJC)

Température intérieure de calcul au cours de l'hiver : $t_1 = 4$ °C

Température extérieure de calcul aux fins de chauffage de janvier à 2,5 % (voir le tableau C-1 de la division B – Données climatiques du Code) : $t_0 = -24$ °C

La formule applicable est la suivante :

$$RSI_{E1} = [(t_1 - t_0) \cdot RSI_E] / (18 - t_0) = \frac{4 - (-24) \cdot RSI_E}{18 - (-24)}$$

En fonction de ce calcul, les valeurs de résistance thermique effective minimale requise pour cet entrepôt semi-chauffé sont celles indiquées dans la colonne de droite du tableau suivant.

Ensemble de construction	RSI_E exigé aux tableaux 3.2.2.2., 3.2.2.3., 3.2.2.4. et 3.2.3.1. en $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$	RSI_{E1} applicable à l'entrepôt semi-chauffé en $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$
Murs hors sol	3,60	2,4
Toits	5,46	3,64
Murs en contact avec le sol	2,64	1,76
Portes sans vitrage	1,11 ⁽¹⁾	0,74
Fenêtrage	0,5 ⁽¹⁾	0,33

(1) Pour les portes et le fenêtrage, les valeurs présentées aux tableaux 3.2.2.3. et 3.2.2.4. doivent être converties en RSI_E (soit 1/U).

Composants hors sol de l'enveloppe du bâtiment et ensembles de construction en contact avec le sol (sous-sections 3.2.2. et 3.2.3.)

Les composants de l'enveloppe du bâtiment sont choisis ou conçus en fonction du type de bâtiment, de l'utilisation de celui-ci 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 et intérieures auxquelles un ensemble de construction sera soumis est l'une des premières étapes du processus de conception et de sélection.

La demande et les degrés-jours de chauffage (DJC) sous 18 °C pour l'emplacement du bâtiment permettent une estimation raisonnable de la consommation annuelle d'énergie pour le chauffage. Les exigences des sous-sections 3.2.2. et 3.2.3. établissent les valeurs prescriptives minimales de performance thermique à respecter pour les ensembles de construction de l'enveloppe en fonction de la catégorie de degrés-jours de chauffage sous 18 °C applicable à l'emplacement du bâtiment. Les degrés-jours de chauffage sont la somme du nombre de degrés Celsius de différence entre la température moyenne pour le jour et 18 °C pour chaque jour de l'année où la température moyenne est inférieure à 18 °C. Les valeurs en DJC pour certaines localités canadiennes sont fournies au tableau C-1 de la division B – Données climatiques du Code.

Bien que le Code utilise plusieurs catégories de degrés-jours de chauffage sous 18 °C (DJC) regroupées en zones, le rehaussement des performances minimales requises pour le Québec s'effectue uniquement à la transition entre la zone 7A (de 5 000 à 5 999 DJC) et la zone 7B (de 6 000 à 6 999 DJC). C'est donc dire que deux paliers de performances minimales distincts doivent être respectés, l'un applicable aux bâtiments situés dans les emplacements possédant moins de 6 000 DJC et l'autre applicable aux bâtiments situés dans les emplacements possédant 6 000 DJC ou plus. Certaines exigences prescriptives sont pour leur part obligatoires et applicables de manière identique, peu importe l'emplacement du bâtiment à construire et la méthode utilisée pour en déterminer la conformité. C'est notamment le cas pour les vestibules exigés à l'article 3.2.2.1.

Portes et fenêtres (articles 3.2.2.3. et 3.2.2.4.)

Les articles 3.2.2.3. et 3.2.2.4. établissent les caractéristiques thermiques du fenêtrage, y compris les lanterneaux, ainsi que des portes et des trappes de visite. Les exigences de performance sont formulées en fonction du coefficient de transmission thermique global (coefficient U). Le niveau de performance requis est indépendant du type de produit utilisé (ex. : coulissant, à battant, fixe) ainsi que de la composition du cadre (ex. : bois, PVC, aluminium). La valeur du coefficient de transmission thermique global du fenêtrage et des portes doit être obtenue par les normes CAN/CSA A440.2/A440.3, NFRC 100 ou AAMA/WDMA/CSA 101/I.S.2/A440. La norme AAMA/WDMA/CSA 101/I.S.2/A440 renvoie aux modes opératoires prescrits dans les normes CAN/CSA A440.2/A440.3, NFRC 100, AAMA 1503 et ASTM 1423 pour évaluer le coefficient de transmission thermique global du fenêtrage et des portes. La norme CAN/CSA A440.2/A440.3 propose deux méthodes pour évaluer le coefficient de transmission thermique global. La première méthode consiste à utiliser un test en laboratoire réalisé conformément à la norme NFRC 102, « Procedure for Measuring the Steady-State Thermal Transmittance of Fenestration Systems », et la seconde méthode consiste à utiliser les procédures de simulation décrites dans la norme NFRC 100, mais en excluant les essais de validation en laboratoire. Lorsque le fenêtrage et les portes ne sont pas visés par les normes CAN/CSA A440.2/A440.3, NFRC 100 ou AAMA/WDMA/CSA 101/I.S.2/A440, le coefficient de transmission thermique global doit être obtenu par des essais en laboratoire effectués selon la norme ASTM C1363 ou à l'aide des méthodes de calcul décrites dans le manuel ASHRAE *Handbook – Fundamentals*.

Toutes ces normes utilisent des dimensions d'échantillon normalisées pour déterminer le coefficient de transmission thermique global du fenêtrage et des portes de manière à permettre la comparaison de la performance des produits entre eux. Ces normes permettent également d'évaluer le coefficient de transmission thermique global pour des dimensions propres à un produit de fenestration. Aux fins de démonstration de la conformité, il est permis d'utiliser le coefficient de transmission thermique global propre à un produit, à la condition que celui-ci ait été obtenu conformément aux modes opératoires prescrits dans les normes ou aux méthodes de calcul autorisées par la réglementation.

Le Code ne renferme pas d'exigences prescriptives concernant le coefficient de gain solaire (CGS), mieux connu sous l'acronyme anglophone SHGC (pour *solar heat gain coefficient*). Le CGS est un coefficient entre 0 et 1. Plus il est élevé, plus important sera le gain de chaleur interne associé au rayonnement solaire au travers de la fenêtre. Le concepteur devrait choisir le CGS des produits de fenêtrage de son bâtiment en fonction de l'usage, des gains internes, de la superficie vitrée, de l'orientation et du niveau d'ombrage sur le bâtiment. Typiquement, pour un climat froid, le CGS d'un bâtiment ayant de forts besoins en chauffage devrait être plus élevé qu'un bâtiment à faible besoin en chauffage, de manière à profiter du rayonnement solaire pour chauffer le bâtiment en hiver. Il faut cependant faire attention de ne pas créer de surchauffe en trouvant le juste milieu selon la situation. Les outils de simulation sont alors tout indiqués pour évaluer différents scénarios et aider le concepteur à choisir la meilleure option à envisager selon le contexte applicable. La partie 3 ne contient pas non plus d'exigences prescriptives basées sur le coefficient de rendement énergétique (RE) des fenêtres puisque celui-ci a été développé en fonction des bâtiments d'habitation de faible hauteur. Il n'est donc pas applicable pour la grande majorité des bâtiments visés par le Code.

Planchers en contact avec le sol (article 3.2.3.3.)

Les exigences d'isolation pour les planchers en contact avec le sol sont établies sur une base différente de celles applicables aux autres ensembles de construction opaques de l'enveloppe. Plutôt que de s'exprimer selon la résistance thermique effective minimale pour l'ensemble de construction complet, elles expriment une valeur de résistance thermique minimale applicable uniquement au matériau isolant utilisé et imposent certaines conditions d'installation spécifiques pour celui-ci. Ces exigences varient notamment en fonction de la profondeur du plancher par rapport au niveau du sol contigu, de la présence de composants de chauffage ou de refroidissement intégrés, de l'emplacement prévu pour le matériau isolant, de même qu'en fonction du type de plancher concerné (ex. : dalle sur terre-plein, dalle ou sol compacté avec mur de fondation). Les planchers sur sol des logements doivent également se conformer à des exigences plus rigoureuses que celles applicables aux autres types d'occupation.

En présence d'un niveau de sol variable au pourtour du bâtiment, les exigences les plus contraignantes s'appliquent à l'ensemble du plancher en contact avec le sol. Par exemple, dans le cas de logements dont le plancher sur sol se situe à plus de 0,6 m du niveau du sol contigu par endroits, mais à moins de 0,6 m ailleurs, les exigences propres aux planchers situés à moins de 0,6 m sous le niveau du sol contigu sont celles qui doivent être respectées. Un plancher sur sol situé à une profondeur de 0,6 m par rapport au niveau du sol contigu est réputé faire partie de la catégorie des planchers situés à moins de 0,6 m sous le niveau du sol contigu. Les exigences applicables à un plancher sur sol construit en paliers peut se faire distinctement pour chacun des paliers.

Le paragraphe 3.2.3.3. 3) précise les exigences relatives à la résistance thermique minimale du matériau isolant qui doit être installé à la jonction verticale entre le plancher sur sol et le mur de fondation. Les exceptions sont mentionnées aux alinéas 3.2.3.3. 3)a) et b) :

- lorsque l'isolation du mur de fondation est réalisée par l'extérieur et que celle-ci se prolonge d'au moins 2,4 m vers le bas à partir du niveau du sol ou jusqu'à la partie inférieure du mur (voir la figure A-3.2.3.3.-B du Code); ou
- lorsque le mur de fondation et la dalle de plancher sont isolés par l'intérieur et que l'isolation est posée de manière continue (voir la figure A-3.2.3.3.-C du Code).

Dans le cas d'une dalle sur terre-plein, un matériau isolant positionné à l'horizontale et solidement fixé à l'isolant vertical de la dalle pourrait être nécessaire pour éviter que l'assise du bâtiment ne soit endommagée par l'effet du gel, comme précisé dans le chapitre I, Bâtiment, du Code de construction. Il est également essentiel de s'assurer que l'isolant posé sous la dalle et la section semelle de celle-ci possèdent la résistance nécessaire à la transmission des charges au sol (ex. : isolant à haute résistance à la compression) et que le sol est très bien drainé. Une mauvaise conception ou un manquement relatif à ces considérations pourrait entraîner des problèmes structuraux importants au bâtiment.

Conformité par la méthode des solutions de remplacement (section 3.3.)

La méthode des solutions de remplacement procure une plus grande souplesse aux concepteurs que la méthode prescriptive pour satisfaire aux exigences relatives à l'enveloppe du bâtiment. Elle offre un mécanisme d'échange qui permet de compenser une moins bonne performance thermique de certains composants de l'enveloppe et de reconnaître la performance supérieure d'autres composants de l'enveloppe. Pour ce faire, il suffit de démontrer que les déperditions thermiques par conduction du bâtiment proposé sont inférieures ou égales à celles d'un bâtiment de référence qui est une réplique du bâtiment proposé, mais en tous points conforme aux exigences prescriptives de la section 3.2.

Domaine d'application et restrictions (articles 3.3.1.1. et 3.3.1.2.)

Il existe toutefois des restrictions relatives aux types de solutions de remplacement permis. Les échanges autorisés sont applicables uniquement aux ensembles de construction hors sol (toits, murs, planchers, fenêtrage et portes) ainsi qu'à certaines jonctions et pénétrations s'y rattachant. Les ensembles de construction en contact avec le sol ou séparant des espaces chauffés ou refroidis à des températures différentes, l'étanchéité à l'air, les ratios maximaux de superficie admissible pour le fenêtrage et les portes de même que tous les éléments relatifs aux autres parties du Code (ex. : systèmes mécanique et électrique) en sont exclus.

De plus, les solutions de remplacement s'appliquent de manière distincte pour les ensembles de construction des espaces dont le point de consigne de chauffage est de moins de 18 °C, comme indiqué au paragraphe 3.3.1.2. 4). Cela signifie que les compensations permises sont limitées aux composants d'enveloppe d'espaces climatisés partageant des points de consigne similaires. Par d'exemple, la performance énergétique inférieure d'un mur hors sol d'un espace chauffé à 21 °C ne pourrait pas être compensée par l'amélioration de celle d'un ensemble appartenant à un autre espace, mais qui serait pour sa part chauffé à une température inférieure à 18 °C. Suivant une logique similaire, les ensembles séparant des espaces climatisés destinés à être maintenus à des températures de consigne différentes par plus de 10 °C ne peuvent pas être considérés dans les solutions de remplacement.

En ce qui concerne les murs en contact avec le sol, seules les parties de murs dont au moins 50 % de la surface est exposée à l'air extérieur (voir paragraphe 3.2.2.2. 2)) peuvent être prises en considération dans la méthode des solutions de remplacement. La performance du fenêtrage et des portes peut pour sa part être considérée lorsque la superficie totale de ces éléments est inférieure ou égale au ratio maximal de 40 % (ou de 3 % pour les lanterneaux), comme décrit à l'article 3.2.1.4. Au-delà de ces ratios, le fenêtrage et les portes sont exclus de la méthode des solutions de remplacement et le recours à la méthode de conformité par la performance énergétique décrite à la partie 8 doit être utilisée.

Enfin, pour que les compensations admissibles à la solution de remplacement puissent être considérées, chacun des éléments de l'enveloppe ciblés pour les échanges doit pouvoir être caractérisé conformément aux articles 3.1.1.5., 3.1.1.6. et 3.1.1.7. À l'exception des échanges autorisés, toutes les autres exigences prescriptives de la partie 3 doivent être respectées.

Bien que la méthode des solutions de remplacement ne spécifie pas de limite inférieure quant à la performance thermique des ensembles de construction, le concepteur devrait toujours considérer l'option d'utiliser des composants suffisamment performants pour assurer le confort thermique des occupants et minimiser les pertes thermiques au travers de l'enveloppe. Cette méthode de démonstration de la conformité doit être appliquée avec discernement, de manière à trouver des solutions optimales sans nuire à la qualité de la construction.

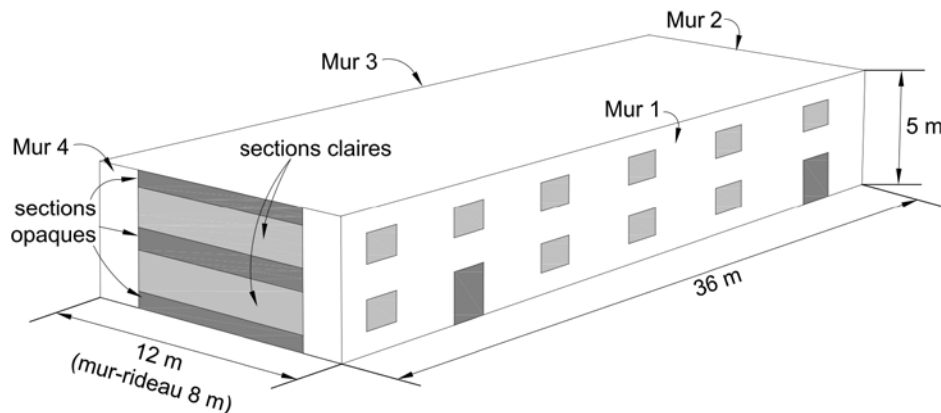
Conformité (article 3.3.1.3.)

La conformité par la méthode des solutions de remplacement est déterminée au moyen de l'équation tirée du paragraphe 3.3.1.3. 1). Cette équation vise à établir une comparaison entre les pertes thermiques de l'enveloppe du bâtiment proposé et celles d'un bâtiment de référence, une réplique du bâtiment proposé, mais en tous points conforme aux exigences prescriptives de la section 3.2. Elle permet ainsi d'établir la conformité d'un bâtiment en démontrant que, pour les ensembles de construction hors sol ciblés pour les échanges, la somme de leurs aires divisée par leurs résistances thermiques effectives ne dépasse pas celle du bâtiment de référence. Il est à noter que les dimensions et les aires des éléments pris en considération par la méthode des solutions de remplacement doivent être identiques pour le bâtiment de référence et le bâtiment proposé. Seules les valeurs relatives aux résistances thermiques effectives peuvent être différentes.

L'exemple suivant illustre la façon dont la conformité de l'enveloppe du bâtiment peut être démontrée au moyen de la méthode des solutions de remplacement. Il ne prend pas en compte l'effet des ponts thermiques des jonctions (planchers, toit, balcons, etc.) sur la résistance thermique effective des ensembles de construction opaques, puisque dans cet exemple l'ensemble des jonctions du bâtiment proposé sont réputées conformes aux exigences de continuité de l'isolation décrites à l'article 3.2.1.2.

Exemple d'application de la méthode des solutions de remplacement sans dépréciation

Un immeuble de bureaux de deux étages, situé à Montréal, possède des sections opaques (tympans) de mur-rideau, localisées sur le mur 4, qui ne respectent pas les exigences prescriptives portant sur la résistance thermique effective décrites dans la section 3.2. pour les murs hors sol. Le mur 1 et le mur 3 sont identiques, alors que le mur 2 ne possède aucune ouverture.



Étape 1. Définir les paramètres géométriques du bâtiment.

Pour le bâtiment faisant l'objet du présent exemple, les principales données géométriques à considérer sont les suivantes :

- Aire nette mur 1 : 165 m^2 ($180 \text{ m}^2 - 10 \text{ fenêtres} \times 1 \text{ m}^2 - 2 \text{ portes} \times 2,5 \text{ m}^2$)
- Aire nette mur 3 : 165 m^2 (comme le mur 1)
- Aire nette mur 2 : 60 m^2
- Aire nette mur 4 : 20 m^2 ($60 \text{ m}^2 - \text{mur-rideau de } 40 \text{ m}^2$)
- Aire nette totale des murs (sauf les sections opaques du mur-rideau) : 410 m^2
- Aire nette des sections opaques (tympans) du mur-rideau : 14 m^2
- Aire totale du fenêtrage : 46 m^2 ($20 \text{ fenêtres} \times 1 \text{ m}^2 + 26 \text{ m}^2 \text{ de sections claires de mur-rideau}$)
- Aire totale des portes sans vitrage : 10 m^2 ($4 \text{ portes} \times 2,5 \text{ m}^2$)
- Aire nette du toit : 432 m^2

Étape 2. Déterminer la résistance thermique effective des ensembles de construction du bâtiment proposé et du bâtiment de référence.

Bâtiment proposé

Les résistances thermiques effectives (RSI_E) des ensembles de construction du bâtiment proposé sont calculées conformément aux spécifications des articles 3.1.1.5. et 3.1.1.7. Les valeurs ainsi obtenues sont inscrites dans le tableau de l'étape 3.

Bâtiment de référence

Les résistances thermiques effectives des ensembles de construction du bâtiment de référence sont pour leur part établies en fonction des exigences prescriptives de la section 3.2. Ces valeurs sont inscrites dans le tableau de l'étape 4.

Étape 3. Déterminer le total des pertes thermiques pour le bâtiment proposé.

- Diviser l'aire de chacun des ensembles de construction hors sol du bâtiment proposé par leur résistance thermique effective respective. Chacun des ensembles présentant une valeur de résistance thermique effective différente doit être considéré indépendamment.
- Additionner tous les résultats obtenus en a).

Le tableau suivant regroupe ces deux étapes de calcul.

Ensemble de construction hors sol	Aire (A _i) ⁽¹⁾ m ²	/	Résistance thermique effective (RSI _{Eip}) ⁽²⁾ (m ² ·K)/W	=	Pertes thermiques (A _i /RSI _{Eip}) W/K
Sections opaques du mur-rideau (tympans)	14		0,80		17,5
Murs hors sol (sauf tympans)	410		3,85		106,49
Toit	432		6,00		72
Fenêtrage	46		0,5 ⁽³⁾		92
Portes sans vitrage	10		1,11 ⁽³⁾		9
$\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{RSI_{Eip}} =$					296,99

(1) Aire propre à chacun des ensembles de construction présentant une valeur RSI_E différente, calculée conformément à l'article 3.1.1.6.

(2) La valeur en rouge est inférieure aux exigences prescriptives, alors que les valeurs en vert sont supérieures. Ces valeurs RSI_E sont celles qui ont un effet sur le calcul de démonstration de la conformité du bâtiment proposé. Les valeurs RSI_E du fenêtrage et des portes sans vitrage sont données ici à titre indicatif aux fins de démonstration, mais leur effet est neutre puisqu'elles sont identiques à celles du bâtiment de référence dans cet exemple.

(3) Valeurs obtenues par l'application de la formule $RSI_E = 1/U$ aux coefficients U du fenêtrage et des portes.

Étape 4. Déterminer le total des pertes thermiques pour le bâtiment de référence.

Le calcul est effectué de la même manière qu'à l'étape 3 pour le bâtiment proposé, mais cette fois-ci selon les valeurs RSI_E propres au bâtiment de référence, soit :

Ensemble de construction hors sol	Aire (A_i) m^2		Résistance thermique effective (RSI_{Eir}) ($m^2 \cdot K$)/W		Pertes thermiques (A_i/RSI_{Eir}) W/K
Sections opaques du mur-rideau (tympans)	14		3,60		3,89
Murs hors sol (sauf tympans)	410		3,60		113,89
Toit	432	/	5,46	=	79,12
Fenêtrage	46		0,5 ⁽¹⁾		92
Portes sans vitrage	10		1,11 ⁽¹⁾		9
$\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{RSI_{Eir}} =$					297,90

(1) Valeur obtenue par l'application de la formule $RSI_E = 1/U$ aux coefficients U du fenêtrage et des portes prescrits à la section 3.2.

Étape 5. Comparer le résultat obtenu pour le bâtiment proposé à celui du bâtiment de référence.

Selon l'équation spécifiée au paragraphe 3.3.1.3. 1), le bâtiment proposé est réputé conforme aux exigences de la partie 3 par l'application de la méthode des solutions de remplacement si le résultat obtenu pour celui-ci est inférieur ou égal à celui obtenu pour le bâtiment de référence.

$$\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{RSI_{Eip}} \leq \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{RSI_{Eir}}$$

Le bâtiment proposé dans le présent exemple est donc conforme selon la méthode des solutions de remplacement, puisque le résultat obtenu pour celui-ci est effectivement inférieur à celui obtenu pour le bâtiment de référence ($296,99 < 297,90$). Dans le cas présent, la moins bonne performance thermique des sections tympans du mur-rideau est compensée par la performance thermique supérieure des murs hors sol et du toit.

Calcul de la résistance thermique effective dépréciée

La résistance thermique effective dépréciée (RSI_{ED}) est utilisée dans la méthode des solutions de remplacement lorsque l'effet des jonctions et des pénétrations est considéré dans l'analyse de la conformité de même que dans la méthode de conformité par la performance énergétique. Ce calcul de dépréciation est notamment requis lorsque les exigences prescriptives portant sur la continuité de l'isolation et le traitement des ponts thermiques décrites à l'article 3.2.1.2. ne sont pas respectées. Il est également requis en tout temps lorsque la méthode de performance énergétique décrite à la partie 8 est utilisée comme voie de conformité. La RSI_{ED} permet de prendre en considération, dans le calcul de la résistance thermique effective, les pertes thermiques supplémentaires associées aux pénétrations ainsi qu'aux jonctions entre les composants de l'enveloppe. Par rapport à la RSI_E , la RSI_{ED} est une représentation plus réaliste de la performance thermique d'un ensemble de construction opaque, puisqu'elle permet de quantifier l'effet des principales discontinuités au niveau de l'isolation de l'enveloppe.

Comme décrit au paragraphe 3.3.1.3. 2), la résistance thermique effective dépréciée d'un ensemble de construction opaque peut être calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$RSI_{EDi} = \frac{1}{\frac{\sum_{j=1}^m (\Psi_j \cdot L_j) + \sum_{k=1}^n (X_k \cdot N_k)}{A_i} + \frac{1}{RSI_{Ei}}}$$

où

RSI_{EDi} = résistance thermique effective dépréciée de l'ensemble de construction opaque du bâtiment proposé ou de référence, en $(m^2 \cdot K)/W$

Ψ_j = coefficient linéaire de transmission thermique de la jonction, calculé conformément au paragraphe 3.1.1.5. 7), en $W/(m \cdot K)$

L_j = longueur de la jonction, en m

m = nombre total de types de jonctions

Ψ_k = coefficient ponctuel de transmission thermique de la pénétration, calculée conformément au paragraphe 3.1.1.5. 7), en W/K

N_k = nombre de pénétrations ponctuelles

n = nombre total de types de pénétrations

A_i = aire de l'ensemble de construction opaque, calculée conformément à l'article 3.1.1.6., en m^2

RSI_{Ei} = résistance thermique effective de l'ensemble de construction opaque non dépréciée, calculée conformément au paragraphe 3.1.1.5. 5) ou 3.1.1.5. 6), en $(m^2 \cdot K)/W$

Cette équation fait intervenir les coefficients linéaire et ponctuel de transmission thermique (Ψ et X) qui permettent d'évaluer la performance thermique d'une jonction ou d'une pénétration. Le coefficient Ψ représente les pertes thermiques par mètre linéaire d'une jonction soumise à une différence de température d'un kelvin, alors que le coefficient X représente les pertes thermiques d'un élément ponctuel qui pénètre l'enveloppe lorsque l'assemblage dont il fait partie est soumis à cette même différence de température. Plus ces coefficients sont élevés, plus les pertes thermiques au niveau de la jonction ou de la pénétration sont importantes, et donc, plus faible est la performance thermique de l'assemblage. Comme précisé au paragraphe 3.1.1.5. 7), ces coefficients peuvent être déterminés par simulation numérique du transfert thermique ou par des essais en laboratoire. Le guide *Building Envelope Thermal Bridging Guide* publié par Morrison Hershfield et basé sur l'approche développée dans le cadre de l'ASHRAE RP-1365 peut également être utilisé pour établir les coefficients linéaire et ponctuel de transmission thermique applicables à divers assemblages. La section « [Caractéristiques thermiques des ensembles de construction \(article 3.1.1.5.\)](#) » du présent guide fournit également des détails supplémentaires sur la façon dont ces coefficients peuvent être déterminés.

Lorsque la méthode de performance énergétique est utilisée aux fins de démonstration de la conformité, certaines hypothèses propres à cette méthode peuvent s'appliquer au calcul de dépréciation de la résistance thermique effective des ensembles de construction opaques hors sol de l'enveloppe du bâtiment. La résistance thermique effective dépréciée peut, par exemple, être calculée en fonction de l'orientation des façades du bâtiment conformément aux dispositions du paragraphe 8.4.3.3. 6). De plus, si deux espaces sont climatisés à des températures différentes et que l'écart de température entre ces deux zones est supérieur à 10 °C (ex. : un local pour bureau maintenu à 21 °C adjacent à une zone d'entrepôt réfrigéré maintenue à 4 °C), la dépréciation de la résistance thermique effective doit se faire distinctement pour chacun de ces espaces, et ce, même si ceux-ci font partie du même ensemble de construction opaque. De telles dispositions ne sont toutefois pas applicables lorsqu'une autre méthode de conformité est utilisée.

Il est également possible que la perte thermique supplémentaire associée à une jonction concerne deux ensembles de construction opaques distincts. Il est aussi possible de répartir la perte thermique de façon équivalente sur chacun des ensembles concernés ou de l'appliquer entièrement à l'un ou l'autre de ces ensembles. Par exemple, pour la jonction entre un mur et un toit, une valeur correspondant à 50 % du coefficient linéaire de transmission thermique de la jonction peut être appliquée au calcul de la résistance thermique effective dépréciée du mur, alors qu'une valeur correspondant à l'autre 50 % du coefficient linéaire de transmission thermique de la jonction peut pour sa part être appliquée au calcul de la résistance thermique effective dépréciée du toit. Il est aussi possible d'appliquer la valeur entière du coefficient linéaire à l'un ou l'autre des ensembles concernés, de manière à ce que l'ensemble de la perte thermique (100 %) y soit attribué. Le cas échéant, l'effet de cette perte thermique n'a pas besoin d'être appliqué à l'autre ensemble concerné par cette jonction. Dans une telle situation, la répartition de la perte thermique est laissée à la discrétion du concepteur. Il importe simplement de s'assurer que l'effet complet de la perte thermique est bien pris en compte dans les calculs de dépréciation de la résistance thermique applicables, peu importe le mode de répartition retenu.

Bâtiment proposé

Bien que les coefficients linéaire et ponctuel de transmission thermique doivent normalement être obtenus par simulation numérique ou par essai en laboratoire, il est permis d'utiliser les valeurs génériques indiquées au tableau suivant pour le bâtiment proposé en vue de simplifier l'application de la méthode des solutions de remplacement et de la méthode de performance énergétique. Les valeurs indiquées dans la première colonne du tableau présentent les coefficients linéaires de transmission thermique (Ψ) établis par défaut pour des jonctions qui respectent les exigences de continuité de l'isolation de l'article 3.2.1.2. et décrits au paragraphe 3.3.1.3. 3). Celles indiquées dans la deuxième colonne présentent des valeurs applicables aux jonctions qui ne respectent pas les exigences prescriptives de continuité de l'isolation. Ces valeurs correspondent à des assemblages de faible performance thermique et sont tirées de l'ouvrage de référence *Building Envelope Thermal Bridging Guide* publié par Morrison Hershfield. Cet ouvrage contient de nombreuses valeurs de coefficients linéaire et ponctuel de transmission thermique ayant été obtenues par simulation numérique du transfert thermique, conformément aux exigences du Code. Elles peuvent donc être utilisées dans le calcul de la résistance thermique effective dépréciée des ensembles de construction opaques lorsqu'elles concordent avec les détails d'assemblage du bâtiment proposé. À défaut d'obtenir le coefficient linéaire ou ponctuel de transmission thermique pour un détail propre, les valeurs du tableau suivant peuvent être utilisées.

Tableau 3-11 – Coefficient linéaire de transmission thermique par défaut pour le bâtiment proposé

Jonctions ⁽¹⁾	Coefficient linéaire de transmission thermique W/(m · K)	
	Jonction conforme aux exigences prescriptives	Jonction non conforme aux exigences prescriptives ⁽²⁾
Mur/toit	0,325	0,800
Mur/fondation	0,450	0,850
Mur/projection ⁽³⁾	0,500	1,000
Mur/plancher intermédiaire ⁽⁴⁾	0,300	0,850
Mur/ouverture ou Mur/mur mineure ⁽²⁾⁽⁵⁾	0,200	0,500
Mur/mur majeure ⁽²⁾⁽⁶⁾	0,450	0,850

- (1) Les murs sont généralement les ensembles de construction les plus exposés aux principaux ponts thermiques de l'enveloppe du bâtiment. Les jonctions ont ainsi été catégorisées en fonction de cette considération. Les valeurs génériques peuvent néanmoins être utilisées pour d'autres types d'ensembles de construction (ex. : toit), lorsque des jonctions de nature similaire s'appliquent et que cela est cohérent. La responsabilité incombe alors au concepteur d'agir avec discernement pour s'assurer de la bonne concordance des valeurs utilisées en fonction des détails proposés aux plans et des exigences prescrites.
- (2) Ces jonctions et les valeurs qui y sont liées ne sont pas décrites à l'article 3.3.1.3. du Code. Elles sont ajoutées à titre indicatif uniquement et peuvent être utilisées, au besoin, comme valeurs génériques et références complémentaires.
- (3) Les projections incluent les pénétrations linéaires qui traversent complètement ou pénètrent partiellement l'ensemble de construction, en se prolongeant du côté extérieur de celui-ci (ex. : balcons).
- (4) Dans le cas d'un mur-fenêtre (*window-wall*), l'assemblage du revêtement mural est inséré entre les planchers, ce qui a pour effet de créer une discontinuité dans l'isolation de la section opaque (tympan) du mur. Cette configuration propre au mur-fenêtre ne permet pas de respecter les exigences de continuité de l'isolation décrites à l'article 3.2.1.2. du Code. Le calcul de dépréciation de la résistance thermique effective doit alors être réalisé, de manière à tenir compte de l'effet de cette jonction non conforme aux exigences prescriptives. Cette particularité du mur-fenêtre ne s'applique pas au mur-rideau. Lorsque le mur-rideau agit comme revêtement mural continu suspendu à l'extrémité de la structure du plancher intermédiaire sans que la structure du plancher pénètre l'isolation de la section tympan, l'effet de cette jonction sur la continuité de l'isolation est marginal.
- (5) La notion de mineure renvoie aux jonctions qui occasionnent généralement des pertes thermiques modérées, comme celles décrites au paragraphe 3.2.1.2. 6) du Code.
- (6) La notion de majeure renvoie aux jonctions qui peuvent occasionner des pertes thermiques plus importantes, comme celles décrites aux paragraphes 3.2.1.2. 3) et 7) du Code.

Les coefficients linéaires génériques indiqués dans ce tableau ainsi que ceux spécifiés au tableau suivant pour le bâtiment de référence correspondent à des valeurs calculées du côté intérieur des jonctions, selon la méthodologie décrite dans le *Building Envelope Thermal Bridging Guide*. Le recours à des coefficients linéaires spécifiques basés sur une méthodologie différente (ex. : valeurs calculées du côté extérieur des jonctions) peut générer un écart important dans les résultats. Les jonctions de nature convexe ou concave pour lesquelles les paramètres intérieurs et extérieurs diffèrent de manière significative (ex. : jonction mur/toit, coins entre deux murs extérieurs) sont particulièrement exposées à ce problème. Dans de tels cas, il est important de s'assurer que les valeurs utilisées sont basées sur les mêmes hypothèses de calcul pour le bâtiment de référence et le bâtiment proposé. Dans le cas contraire, une conversion des données est requise pour harmoniser les méthodologies autour d'hypothèses uniformes.

Pour les coefficients ponctuels de transmission thermique (X), il est permis d'utiliser une valeur 1,0 W/K pour une pénétration ne respectant pas les exigences prescriptives de continuité de l'isolation et une valeur de 0,5 W/K pour une pénétration conforme à ces exigences.

Le paragraphe 3.3.1.3. 4) contient des valeurs génériques de résistance thermique effective devant être utilisées pour la section opaque des murs-rideaux du bâtiment proposé, lorsque celle-ci n'a pas été déterminée conformément aux exigences du paragraphe 3.1.1.5. 6). Ces valeurs ne peuvent toutefois pas être utilisées directement pour un mur-fenêtre (*window-wall*). Contrairement au mur-rideau qui est suspendu à l'extrémité de la structure des planchers, le mur-fenêtre se distingue par les jonctions directes entre ses sections opaques (tympans) et les éléments structuraux des planchers. Cette configuration propre au mur-fenêtre implique des contraintes de calcul additionnelles, puisqu'elle ne permet pas de respecter les exigences de continuité de l'isolation décrites à l'article 3.2.1.2. Cela signifie que pour les sections opaques des murs-fenêtres, il est nécessaire de déprécier les valeurs de résistance thermique effective indiquées au paragraphe 3.3.1.3. 4) afin qu'elles prennent en compte l'effet des jonctions non conformes aux exigences prescriptives.

Bâtiment de référence

Le tableau suivant présente les valeurs des coefficients linéaires de transmission thermique (Ψ) qui doivent être utilisées dans le bâtiment de référence. Pour les pénétrations ponctuelles de l'enveloppe, il faut utiliser un coefficient ponctuel de transmission thermique (X) de 0,5 W/K.

Tableau 3-12 – Coefficient linéaire de transmission thermique du bâtiment de référence

Jonctions	Coefficient linéaire de transmission thermique (W/m · K)
Mur/toit	0,325
Mur/fondation	0,450
Mur/projection ⁽¹⁾	0,500
Mur/plancher intermédiaire	0,300
Mur/ouverture ou Mur/mur mineure ⁽²⁾⁽³⁾	0,200
Mur/mur majeure ⁽²⁾⁽⁴⁾	0,450

(1) Les projections incluent les pénétrations linéaires qui traversent complètement ou pénètrent partiellement l'ensemble de construction, en se prolongeant du côté extérieur de celui-ci (ex. : balcons).

(2) Ces jonctions et les valeurs qui y sont liées ne sont pas décrites à l'article 3.3.1.3. du Code. Elles sont ajoutées à titre indicatif et peuvent être utilisées, au besoin, comme valeurs génériques et références complémentaires.

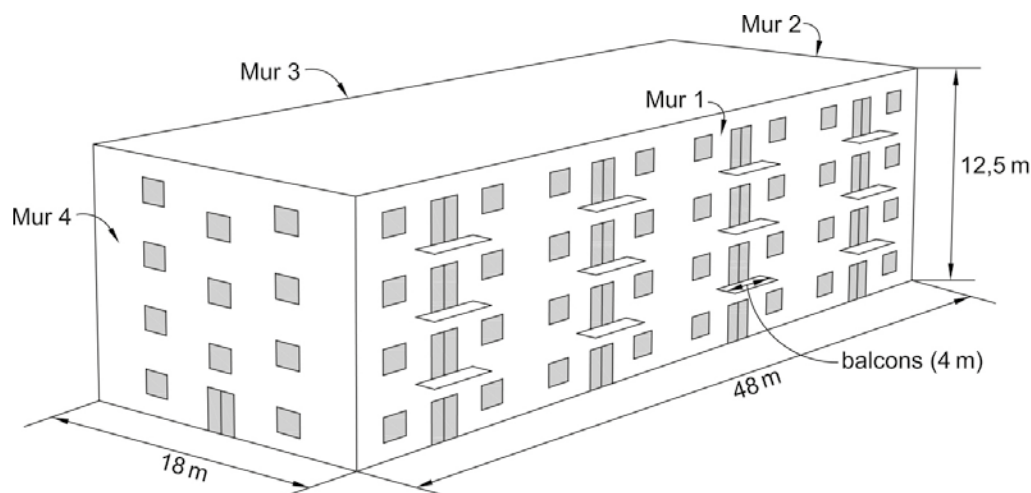
(3) La notion de mineure renvoie aux jonctions qui occasionnent généralement des pertes thermiques modérée, comme celles décrites au paragraphe 3.2.1.2. 6) du Code.

(4) La notion de majeure renvoie aux jonctions qui peuvent occasionner des pertes thermiques plus importantes, comme celles décrites aux paragraphes 3.2.1.2. 3) et 7) du Code.

Dans le cas de la méthode des solutions de remplacement, la dépréciation de la résistance thermique effective est requise lorsque des jonctions ou des pénétrations ne respectent pas les exigences prescriptives de l'article 3.2.1.2. Pour mieux comprendre comment considérer l'effet de pont thermique des jonctions non conformes dans une telle situation, l'exemple suivant présente une application de cette méthode lorsque le calcul de dépréciation de la résistance thermique effective est requis.

Exemple d'utilisation de la méthode des solutions de remplacement, y compris la résistance thermique effective dépréciée

Un immeuble à logements de 4 étages, situé à Québec, est composé de balcons qui ne respectent pas les exigences prescriptives de continuité de l'isolation de l'article 3.2.1.2. Il est à noter que le mur 3 est identique au mur 1, alors que le mur 2 est identique au mur 4.



Étape 1. Définir les paramètres géométriques du bâtiment.

Pour le bâtiment faisant l'objet du présent exemple, les principaux paramètres géométriques à considérer sont les suivants :

- Longueur totale des jonctions mur 1/balcons = 48 m (12 balcons x 4 m)
- Longueur totale des jonctions mur 3/balcons = 48 m (comme le mur 1)
- Aire nette du mur 1 = 472 m² (600 m² - 32 fenêtres x 2 m² - 16 portes x 4 m²)
- Aire nette du mur 3 = 472 m² (comme le mur 1)
- Aire nette du mur 2 = 199 m² (225 m² - 11 fenêtres x 2 m² - 1 porte x 4 m²)
- Aire nette du mur 4 = 199 m² (comme le mur 2)
- Aire nette du toit = 864 m²
- Aire totale du fenêtrage = 172 m² (86 fenêtres x 2 m²)
- Aire totale des portes avec vitrage = 136 m² (34 portes x 4 m²)

Étape 2. Déterminer la résistance thermique effective des ensembles de construction ainsi que les coefficients linéaires de transmission thermique des jonctions non conformes du bâtiment proposé de même que ceux applicables au bâtiment de référence.

Bâtiment proposé

Les résistances thermiques effectives (RSI_E) des ensembles de construction du bâtiment proposé sont calculées conformément aux exigences des articles 3.1.1.5. et 3.1.1.7. Les valeurs ainsi obtenues sont inscrites dans les tableaux des étapes 3 (RSI_{Ei}) et 4 (RSI_{Eip}).

Pour ce qui est du coefficient linéaire de transmission thermique des jonctions mur/balcon non conformes, il est déterminé dans le présent exemple en fonction de la valeur générique applicable à la jonction mur/projection tirée du tableau 3-11 – Coefficient linéaire de transmission thermique par défaut pour le bâtiment proposé. Il correspond à 1,000 W/(m · K).

Bâtiment de référence

Les résistances thermiques effectives des ensembles de construction du bâtiment référence sont fixées selon les exigences prescriptives de la section 3.2. Ces valeurs sont inscrites dans les tableaux des étapes 5 (RSI_{Ei}) et 6 (RSI_{Eir}).

Le coefficient linéaire de transmission thermique des jonctions mur/balcon est tiré du tableau 3-12 – Coefficient linéaire de transmission thermique du bâtiment de référence et décrit au paragraphe 3.3.1.3. 3). Il correspond à 0,500 W/(m · K).

Étape 3. Déterminer la résistance thermique effective dépréciée (RSI_{EDi}) des murs du bâtiment proposé comportant les jonctions de balcons non conformes.

Les données pertinentes au calcul de dépréciation applicable au bâtiment proposé recueillies aux étapes précédentes sont inscrites dans le tableau suivant.

Ensemble de construction opaque	Jonction considérée ⁽¹⁾	Aire de l'ensemble de construction (A_i) ⁽²⁾ m ²	RSI_E de l'ensemble de construction (RSI_{Ei}) (m ² · K)/W	Longueur de la jonction (L) m	Coefficient linéaire de transmission thermique (Ψ) W/(m · K)	RSI_E dépréciée (RSI_{EDi}) (m ² · K)/W
Mur 1	Mur/balcon	472	3,60	48	1,000	2,635
Mur 3	Mur/balcon	472	3,60	48	1,000	2,635

(1) Les jonctions ou les pénétrations à considérer sont celles dont le traitement est inférieur ou supérieur aux exigences prescriptives de l'article 3.2.1.2.

(2) L'aire nette de l'ensemble de construction opaque sur lequel la jonction se trouve est calculée conformément à l'article 3.1.1.6.

La valeur de résistance thermique effective dépréciée pour les murs 1 et 3 est obtenue par l'insertion de ces intrants dans l'équation décrite au paragraphe 3.3.1.3. 2).

$$RSI_{EDi} = \frac{1}{\frac{\sum_{j=1}^m (\Psi_j \cdot L_j) + \sum_{k=1}^n (\chi_k \cdot N_k)}{A_i} + \frac{1}{RSI_{Ei}}} = \frac{1}{\frac{(1,000 \cdot 48)}{472} + \frac{1}{3,60}} = 2,635 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

Note : Toutes les autres jonctions du bâtiment proposé sont réputées conformes aux exigences prescriptives de la section 3.2. Par conséquent, aux fins de l'évaluation de la conformité selon la méthode des solutions de remplacement, leur effet n'a pas besoin d'être considéré dans le calcul de résistance thermique effective dépréciée. De plus, puisque les murs 1 et 3 possèdent les mêmes caractéristiques thermiques (valeur RSI_E et coefficient Ψ pour les jonctions non conformes), il aurait aussi été possible d'effectuer le calcul de dépréciation par la combinaison des intrants de ces deux murs dans l'équation ci-dessus.

Étape 4. Déterminer le total des pertes thermiques des ensembles de construction hors sol pour le bâtiment proposé.

- a) Diviser l'aire de chacun des ensembles de construction hors sol du bâtiment proposé par leur résistance thermique effective respective ou leur résistance thermique effective dépréciée en fonction des données calculées aux étapes précédentes. Chacun des ensembles présentant une valeur RSI_E ou RSI_{ED} différente doit être traité distinctement.
- b) Additionner ensuite tous les résultats obtenus en a).

Le tableau suivant regroupe ces deux étapes de calcul.

Ensemble de construction hors sol	Aire (A _i) ⁽¹⁾ m ²		RSI _E ou RSI _E dépréciée (RSI _{EDi}) ⁽³⁾ (m ² · K)/W		Pertes thermiques (A _i /RSI _{Eip}) W/K
Murs 1 et 3	944	/	2,635 ⁽²⁾	=	358,25
Murs 2 et 4	398		3,60		110,56
Toit	864		5,46		158,24
Fenêtrage	172		0,625 ⁽⁴⁾		275,20
Portes avec vitrage	136		0,5 ⁽⁴⁾		272
</					

(1) Aire propre à chacun des ensembles de construction présentant une valeur RSI_E différente calculée conformément à l'article 3.1.1.6.

(2) Valeur RSI_E dépréciée déterminée à l'étape 3 du présent exemple.

(3) La valeur en rouge est inférieure aux exigences prescriptives, alors que celle en vert y est supérieure. Ces valeurs sont celles qui ont un effet sur le calcul de démonstration de la conformité du bâtiment proposé selon la méthode des solutions de remplacement. Les autres valeurs RSI_E sont données ici à titre indicatif aux fins de démonstration, mais leur effet est neutre puisqu'elles sont identiques à celles du bâtiment de référence.

(4) Valeur obtenue par l'application de la formule $RSI_E = 1/U$ aux coefficients U du fenêtrage et des portes.

Étape 5. Déterminer la résistance thermique effective dépréciée (RSI_{EDi}) des murs contenant les jonctions avec les balcons, pour le bâtiment de référence.

Le calcul est effectué de la même manière qu'à l'étape 3 pour le bâtiment proposé, mais cette fois selon la valeur RSI_E et le coefficient linéaire de transmission thermique propres au bâtiment de référence, soit :

Ensemble de construction opaque	Jonction considérée	Aire de l'ensemble de construction (A_i) m ²	RSI_E de l'ensemble de construction (RSI_{Ei}) (m ² · K)/W	Longueur de la jonction (L) m	Coefficient linéaire de transmission thermique (Ψ) W/(m · K)	RSI_E dépréciée (RSI_{EDi}) (m ² · K)/W
Mur 1	Mur/balcon	472	3,60	48	0,500	3,043
Mur 3	Mur/balcon	472	3,60	48	0,500	3,043

$$RSI_{EDi} = \frac{1}{\frac{\sum_{j=1}^m (\Psi_j \cdot L_j) + \sum_{k=1}^n (X_k \cdot N_k)}{A_i} + \frac{1}{RSI_{Ei}}} = \frac{1}{\frac{(0,500 \cdot 48)}{472} + \frac{1}{3,60}} = 3,043 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

Étape 6. Déterminer le total des pertes thermiques des ensembles de construction hors sol pour le bâtiment de référence.

Procéder de la même manière qu'à l'étape 4, mais cette fois selon les valeurs RSI_E et RSI_E dépréciée (RSI_{Eir}) propres au bâtiment de référence.

Ensemble de construction hors sol	Aire de l'ensemble de construction (A _i) m ²		RSI _E ou RSI _E dépréciée (RSI _{Eir}) (m ² · K)/W		Pertes thermiques (A _i /RSI _{Eir}) W/K
Murs 1 et 3	944	/	3,043 ⁽¹⁾	=	310,22
Murs 2 et 4	398		3,60		110,56
Toit	864		5,46		158,24
Fenêtrage	172		0,5 ⁽²⁾		344
Portes avec vitrage	136		0,5 ⁽²⁾		272
$\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{RSI_{Eir}} =$					1 195,02

(1) Valeur RSI_E dépréciée déterminée à l'étape 5 du présent exemple.

(2) Valeur obtenue par l'application de la formule $RSI_E = 1/U$ aux coefficients U du fenêtrage et des portes.

Étape 7. Comparer les résultats obtenus aux étapes 4 et 6 pour le bâtiment proposé par rapport à celui de référence.

Comme dans l'exemple d'application de la méthode des solutions de remplacement sans dépréciation, le bâtiment proposé est réputé conforme lorsqu'il respecte l'équation décrite au paragraphe 3.3.1.3. 1).

$$\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{RSI_{Eip}} \leq \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{RSI_{Eir}}$$

Le résultat obtenu à l'étape 4 doit donc être inférieur ou égal à celui obtenu à l'étape 6 pour que le bâtiment proposé soit considéré comme conforme, ce qui est effectivement le cas dans le présent exemple puisque $1\,174,25 < 1\,195,02$. La moins bonne performance thermique des jonctions murs/balcons est donc compensée par la performance supérieure du fenêtrage dans le bâtiment proposé.

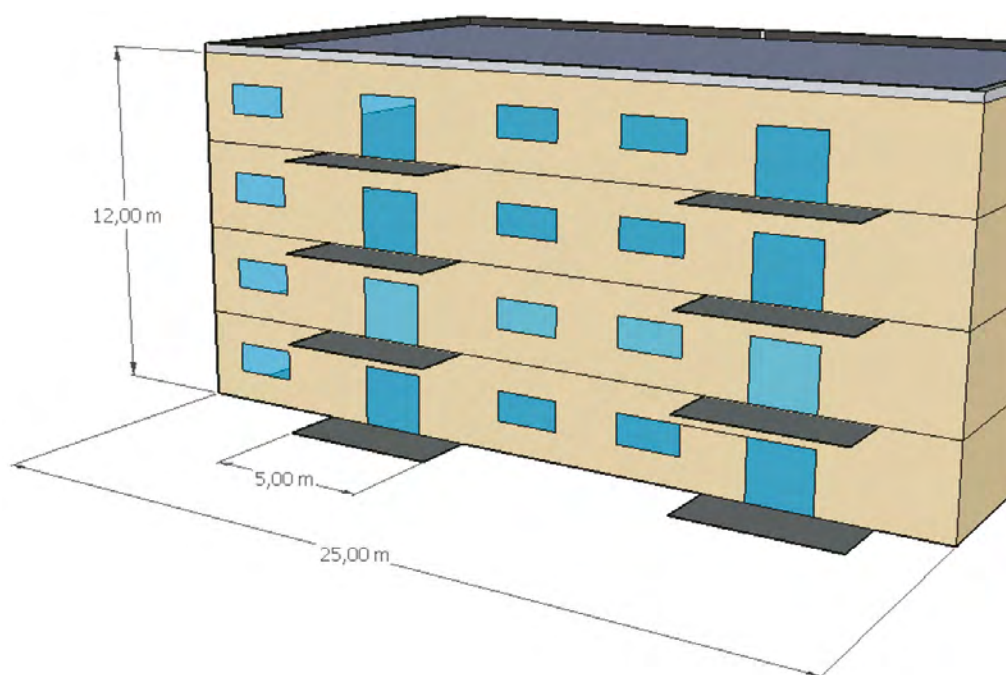
Contrairement à la méthode des solutions de remplacement, la méthode de performance énergétique impose que la dépréciation de la résistance thermique effective des ensembles de construction opaques soit réalisée en tout temps, et ce, même lorsque les exigences de continuité de l'isolation sont respectées. Puisque l'évaluation de la conformité par cette méthode s'effectue au moyen d'une simulation énergétique, les intrants utilisés doivent refléter le plus fidèlement possible les paramètres réels du bâtiment à construire, de manière à pouvoir établir une comparaison représentative et fiable de la consommation annuelle d'énergie du bâtiment proposé par rapport à celle du bâtiment de référence. En ce sens, la dépréciation de la résistance thermique effective des ensembles de construction opaques permet de considérer les déperditions thermiques supplémentaires occasionnées par les pénétrations partielles ou complètes de l'enveloppe de même que par les transitions entre les systèmes constructifs. Considérant les différents facteurs et effets croisés ayant une influence sur la consommation énergétique d'un bâtiment, cet ajustement de la résistance thermique effective aura donc un effet différent sur chacun des bâtiments auquel il sera appliqué.

L'exemple suivant montre un calcul de résistance thermique effective dépréciée plus détaillé appliqué à la façade d'un bâtiment proposé ainsi qu'à celle du bâtiment de référence. Cet exemple prend en compte les principales jonctions définies au tableau 3.3.1.3. du Code. Ce type de calcul détaillé est nécessaire lorsque la méthode de performance énergétique est utilisée comme voie de conformité.

La prise en compte de jonctions supplémentaires, comme celles indiquées au [tableau 3-11 – Coefficient linéaire de transmission thermique par défaut pour le bâtiment proposé](#) et au [tableau 3-12 – Coefficient linéaire de transmission thermique du bâtiment de référence](#) du présent guide, peut aussi permettre de définir avec plus de précision les paramètres de performance liés à l’enveloppe du bâtiment. Lorsque l’on utilise la méthode des solutions de remplacement, le recours au calcul de dépréciation de la résistance thermique effective est exigé quand des jonctions ou des pénétrations ne sont pas conformes aux exigences prescriptives. Contrairement à l’exemple suivant, il n’est pas nécessaire d’effectuer le calcul de la résistance thermique effective dépréciée pour les jonctions qui sont conformes. Néanmoins, il est possible de les considérer si elles sont conçues de manière à excéder les exigences minimales, pour reconnaître leur performance supérieure.

Exemple de calcul plus détaillé de la résistance thermique effective dépréciée

Le bâtiment suivant est un immeuble à logements de 4 étages situé à Montréal.



Étape 1. Définir les paramètres géométriques du bâtiment proposé et du bâtiment de référence.

Il faut déterminer les principaux paramètres géométriques requis pour le calcul. Pour le bâtiment présenté ici, les paramètres pertinents à prendre en considération sont les suivants :

- Aire nette du mur = 244 m²
- Longueur de la jonction mur/toit = 25 m
- Longueur de la jonction mur/fondation = 15 m (25 m - 2 balcons x 5 m)
- Longueur des jonctions mur/balcons = 40 m (8 balcons x 5 m)
- Longueur des jonctions mur/plancher = 45 m (3 x 25 m - 6 balcons x 5 m)

Il est à noter que dans la méthode de performance énergétique, le pourcentage d’ouverture pour les portes et le fenêtrage peut dépasser la valeur permise de 40 % pour le bâtiment proposé. Lorsque cette situation survient, le pourcentage d’ouverture du bâtiment de référence doit être fixé à 40 % en réduisant proportionnellement l’aire occupée par chacune des ouvertures, comme précisé au paragraphe 8.4.4.3. 2). Dans cet exemple, puisque le pourcentage d’ouverture du bâtiment proposé est inférieur à 40 %, la géométrie est identique dans le bâtiment proposé et celui de référence.

Étape 2. Déterminer la résistance thermique effective et les coefficients linéaires de transmission thermique des jonctions pour le bâtiment proposé et le bâtiment de référence.

Bâtiment proposé

La résistance thermique effective (RSI_E) de la section opaque du mur est calculée conformément à l'article 3.1.1.5. et correspond à 3,50 ($m^2 \cdot K/W$).

Pour le présent exemple, les coefficients linéaires de transmission thermique sont pour leur part déterminés comme précisé dans le tableau suivant :

Jonctions	Coefficient linéaire de transmission thermique $W/(m \cdot K)$	Précisions
Mur/toit	0,800	La jonction n'est pas conforme aux exigences prescriptives. La performance de la jonction n'a pas été évaluée. La valeur du tableau 3-11 – Coefficient linéaire de transmission thermique par défaut pour le bâtiment proposé pour une jonction non conforme est appliquée.
Mur/fondation	0,450	La jonction est conforme aux exigences prescriptives. La performance de la jonction n'a pas été évaluée. La valeur du tableau 3-11 – Coefficient linéaire de transmission thermique par défaut pour le bâtiment proposé pour une jonction conforme est appliquée.
Mur/projection	0,200	La performance de la jonction est supérieure aux exigences prescriptives. La valeur du coefficient linéaire de transmission thermique a été obtenue par simulation numérique.
Mur/plancher intermédiaire	0,528	La jonction n'est pas conforme aux exigences prescriptives. La valeur du coefficient linéaire de transmission thermique a été obtenue à partir du <i>Building Envelope Thermal Bridging Guide</i> , détail 5.2.26, qui correspond à l'assemblage proposé pour cette jonction.

Bâtiment de référence

La résistance thermique effective de la section opaque du mur est déterminée en fonction des exigences prescriptives de l'article 3.2.2.2., soit 3,60 ($m^2 \cdot K/W$).

Les coefficients linéaires de transmission thermique sont ceux du [tableau 3-12 – Coefficient linéaire de transmission thermique du bâtiment de référence](#) (qui correspondent à ceux définis au tableau 3.3.1.3. du Code).

Étape 3. Calculer la résistance thermique effective dépréciée de la façade pour le bâtiment proposé et pour le bâtiment de référence à partir de l'équation spécifiée au paragraphe 3.3.1.3. 2).

$$RSI_{EDi} = \frac{1}{\frac{\sum_{j=1}^m (\Psi_j \cdot L_j) + \sum_{k=1}^n (\chi_k \cdot N_k)}{A_i} + \frac{1}{RSI_{Ei}}}$$

Bâtiment proposé

$$RSI_{EDi} = \frac{1}{\frac{(50\%^{(1)} \cdot 0,800 \cdot 25) + (0,450 \cdot 15) + (0,200 \cdot 40) + (0,528 \cdot 45)}{244} + \frac{1}{3,50}}$$

$$= 2,06 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

(1) L'effet de cette jonction est réparti également entre le mur et le toit. Au total, 50 % de la valeur du coefficient linéaire est appliqué à la jonction mur/toit, l'autre 50 % doit être appliqué au calcul de la résistance thermique effective dépréciée du toit.

Bâtiment de référence

$$RSI_{EDi} = \frac{1}{\frac{(50\% \cdot 0,325 \cdot 25) + (0,450 \cdot 15) + (0,500 \cdot 40) + (0,300 \cdot 45)}{244} + \frac{1}{3,60}}$$

$$= 2,18 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

Pour cette façade, la valeur de résistance thermique effective dépréciée prenant en considération les principales jonctions définies au tableau 3.3.1.3. du Code correspond à 2,06 (m² · K)/W pour le bâtiment proposé et à 2,18 (m² · K)/W pour le bâtiment de référence. Si la méthode de performance énergétique est utilisée pour démontrer la conformité du bâtiment, un calcul similaire devrait aussi être fait pour chacune des façades et pour tous les autres ensembles de construction opaques à saisir dans la modélisation énergétique.

En complément des informations fournies dans la présente section, l'ouvrage *Building Envelope Thermal Bridging Guide* publié par Morrison Hershfield contient de nombreuses informations complémentaires pouvant aider à mieux comprendre la méthodologie applicable lorsque la dépréciation de la résistance thermique effective doit être appliquée à l'échelle du bâtiment. Il est toutefois important de noter que la méthodologie présentée dans cet ouvrage de référence utilise le coefficient de transmission thermique globale (U) comme unité à déprécier dans les équations qui y sont présentées, plutôt que la résistance thermique effective (RSI_E). Au-delà des aspects méthodologiques qui y sont présentés, il est donc important de s'assurer que l'équation utilisée pour le calcul de la dépréciation est celle prescrite à l'article 3.3.1.3. du Code.

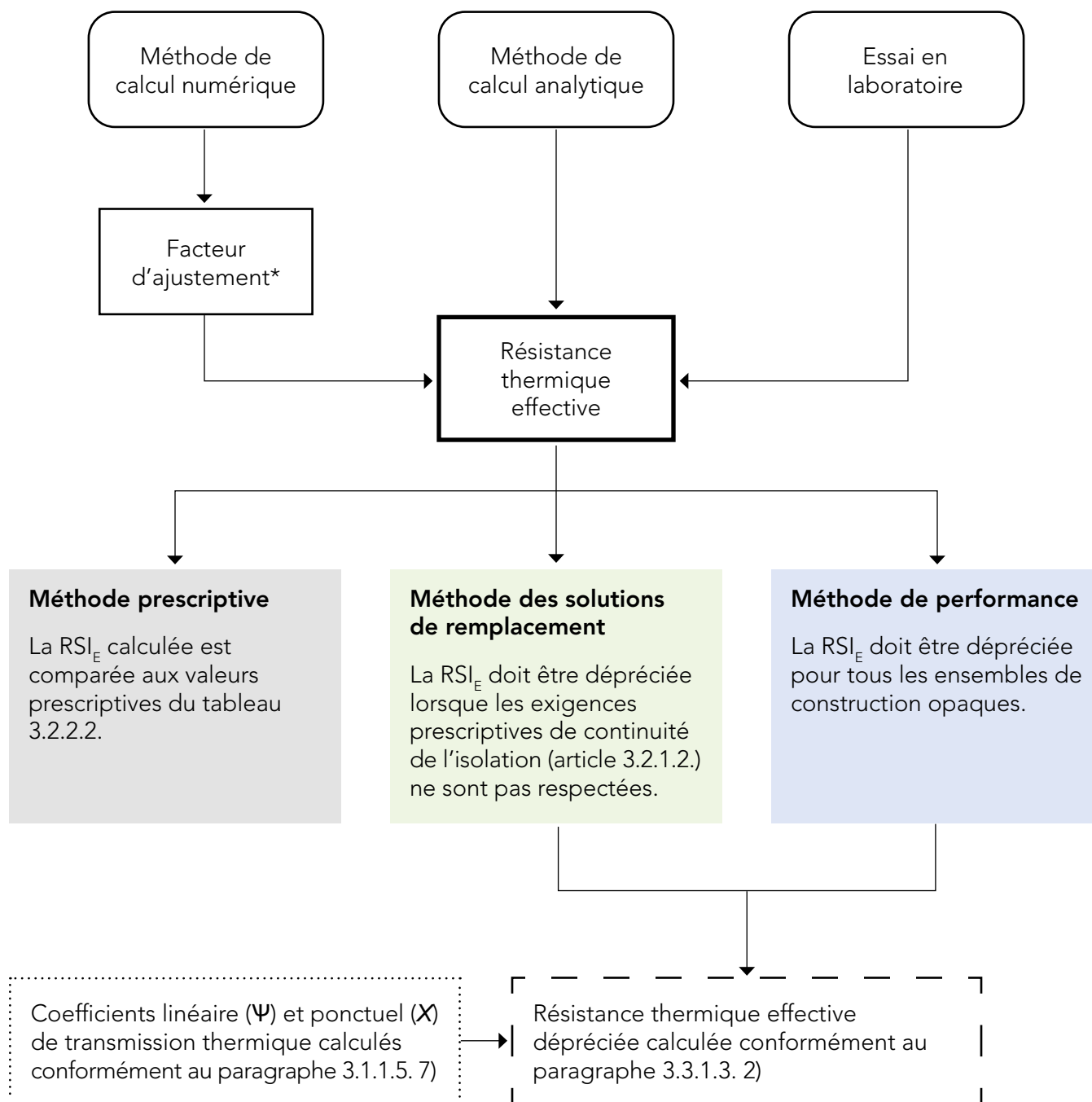
Conformité par la méthode de performance énergétique (section 3.4.)

L'option de la méthode de performance énergétique est décrite à la partie 8 du Code. Cette méthode utilise une approche axée sur le bâtiment entier pour démontrer la conformité. Le bâtiment proposé et le bâtiment de référence sont tous les deux modélisés de façon identique à l'aide d'une valeur de fuite d'air globale de $0,25 \text{ L/(s} \cdot \text{m}^2)$ à débit constant, comme indiqué au paragraphe 8.4.3.3. 4), ce qui pourrait ne pas refléter la valeur réelle enregistrée dans les conditions d'exploitation. Cette méthode de conformité permet des échanges 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, un bâtiment dont l'enveloppe est moins performante pourrait être conforme au Code s'il est muni d'installations CVCA d'une efficacité supérieure à celle exigée par la réglementation et qu'il n'excède pas la consommation cible d'énergie du bâtiment de référence. Certaines restrictions sont toutefois applicables. Les restrictions relatives à l'enveloppe du bâtiment sont décrites à l'article 3.4.1.2. Le bâtiment proposé doit donc respecter les exigences prescriptives de la section 3.2. n'étant pas énumérées au paragraphe 3.4.1.2. 1) ou ne respectant pas les dispositions de ce paragraphe.

La méthode de performance énergétique permet notamment de considérer, à certaines conditions, un ratio d'ouverture supérieur à 40 % pour le fenêtrage et les portes (ou 3 % pour les lanterneaux) de même qu'une performance thermique inférieure ou supérieure des ensembles de construction en contact avec le sol. Lorsque les superficies d'ouverture du bâtiment proposé excèdent les ratios prescrits, celles du bâtiment de référence doivent être fixées en fonction des valeurs maximales prescrites, comme indiqué aux paragraphes 8.4.4.3. 2) et 3). Dans le cas où la conception du bâtiment proposé respecte les ratios d'ouverture prescrits, les ouvertures du bâtiment de référence doivent être identiques à celles du bâtiment proposé. Cela signifie qu'aucun crédit énergétique n'est reconnu lorsque le pourcentage d'ouverture du bâtiment proposé est inférieur au maximum permis par la réglementation.

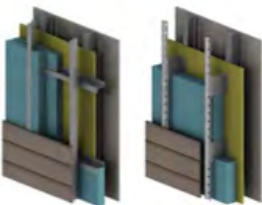
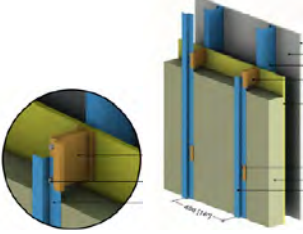
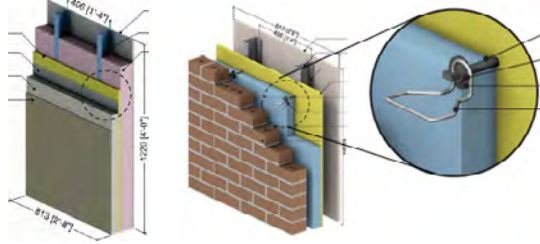
Comme mentionné dans la section précédente, la méthode de conformité par la performance énergétique fait aussi intervenir la résistance thermique effective dépréciée pour tous les ensembles de construction opaques présentant des jonctions ou des pénétrations, qu'ils soient conformes ou non aux exigences prescriptives de continuité de l'isolation. Pour chaque ensemble de construction opaque, la résistance thermique effective devra donc être dépréciée en fonction des détails de construction conformes aux exigences prescriptives pour le bâtiment de référence, alors que pour le bâtiment proposé elle sera dépréciée en fonction de la performance des détails de construction réellement prévus aux plans et devis. Les principales exigences applicables à ce sujet sont précisées aux paragraphes 8.4.2.8. 4) et 5) et 8.4.3.3. 6).

Annexe A – Méthodes de calcul de la résistance thermique effective des ensembles de construction opaques hors sol, à l'exclusion des sections tympans des murs-rideaux



* Les facteurs d'ajustement sont appliqués, au besoin, pour considérer de manière approximative l'effet de l'ossature secondaire lorsque celle-ci n'est pas incluse dans les ensembles de construction soumis aux simulations numériques.

Annexe B – Facteurs d’ajustement : dispositifs de fixation pénétrant l’isolant extérieur

Dispositifs de fixation du parement pénétrant l’isolant extérieur		Exemple d’assemblage ⁴
Sans bris thermique au croisement de l’ossature principale	Dispositifs de fixation linéaires verticaux	
	Dispositifs de fixation linéaires horizontaux	
	Dispositifs de fixation linéaires entrecroisés	
	Supports intermittents	
Avec bris thermique au croisement de l’ossature principale	Dispositifs de fixation linéaires horizontaux	
	Dispositifs de fixation linéaires entrecroisés	
	Supports intermittents	
Supports intermittents de faible conductivité thermique		
Absence de pénétrations ou pénétrations mineures de l’isolant extérieur		

⁴ Images tirées du *Building Envelope Thermal Bridging Guide* publié par Morrison Hershfield.

Partie 4



Éclairage



La partie 4 s'applique aux composantes et aux systèmes d'éclairage intérieur et extérieur qui sont raccordés à l'installation électrique du bâtiment. Elle ne s'applique pas à l'éclairage de sécurité si cet éclairage est automatiquement fermé pendant les heures normales d'exploitation d'un bâtiment. Elle ne s'applique pas non plus à l'éclairage à l'intérieur des logements. Toutefois, l'éclairage intérieur des parties communes d'un bâtiment abritant des logements doit être conforme aux exigences de la partie 4.

Pour s'y conformer, le concepteur doit choisir entre la méthode prescriptive (section 4.2.), la méthode des solutions de remplacement (section 4.3) et la méthode de performance (section 4.4.) qui renvoie à la partie 8. La figure A-4.1.1.3. 1) du Code illustre le processus de conformité.

La méthode prescriptive dicte les exigences minimales à respecter en ce qui a trait aux commandes et aux puissances d'éclairage, tandis que la méthode des solutions de remplacement encadre l'énergie de l'éclairage intérieur plutôt que sa puissance. De son côté, la méthode de performance énergétique analyse le bâtiment dans sa globalité et exige que la consommation annuelle d'énergie du bâtiment proposé soit inférieure ou égale à la consommation cible d'énergie du bâtiment de référence déterminée à la partie 8.

Méthode prescriptive (section 4.2.)

Cette section décrit les exigences en matière de conception d'installations d'éclairage lorsque le concepteur désire se conformer aux exigences de la partie 4 en appliquant la méthode prescriptive.

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

Limites à la puissance de l'éclairage intérieur installé (article 4.2.1.3.)

L'éclairage intérieur d'un bâtiment est conforme aux exigences prescriptives lorsque la puissance de l'éclairage intérieur installé (PEII) totale est inférieure à la puissance de l'éclairage intérieur admissible (PEIA) totale.

$$PEII_{\text{totale}} \leq PEIA_{\text{totale}}$$

La puissance de l'éclairage intérieur admissible totale est calculée selon l'une des deux méthodes suivantes :

- la méthode de l'aire du bâtiment (article 4.2.1.5.);
- la méthode espace par espace (article 4.2.1.6.).

Quelle que soit la méthode utilisée, les puissances doivent être calculées pour chaque ensemble d'espaces et additionnées pour obtenir les puissances totales lorsqu'un bâtiment contient plusieurs ensembles d'espaces. Il est permis d'utiliser l'une des deux méthodes ou les deux pour un même bâtiment.

Il est permis d'effectuer des transferts de puissance d'éclairage intérieur admissible entre les espaces d'un même ensemble d'espaces ou même entre des ensembles d'espaces, sous certaines conditions (voir les paragraphes 4.2.1.3. 5) et 4.2.1.3. 6)). Lorsque les suites sont reliées par des espaces communs comme un corridor central ou un vestibule, ceux-ci peuvent être intégrés aux calculs des puissances admissibles des suites.

Exemple – Déterminer la conformité de l'éclairage d'un bâtiment

Un bâtiment regroupe deux suites reliées au même compteur électrique. Déterminer si la puissance de l'éclairage intérieur installé du bâtiment est conforme à l'article 4.2.1.3.

Bureaux	Aire de vente
Méthode Aire du bâtiment	Méthode Aire du bâtiment
PEII = 2 600 W PEIA = 2 300 W	PEII = 2 400 W PEIA = 2 800 W

Étape 1. La puissance de l'éclairage intérieur installée, PEII, dépasse de 300 W la puissance de l'éclairage intérieur admissible, PEIA, dans la suite abritant les bureaux.

Étape 2. Selon le paragraphe 4.2.1.3. 6), il est permis de transférer une puissance de l'éclairage intérieur entre des ensembles d'espaces lorsque la même méthode de calcul a été utilisée et que les entrées électriques sont reliées au même compteur électrique.

Étape 3. Calculer le total des puissances de l'éclairage intérieur installé du bâtiment en fonction de la permission décrite au paragraphe 4.2.1.3. 6) pour vérifier si $PEII \leq PEIA$:

$$PEII_{\text{Bâtiment}} = 2\,600 + 2\,400 = 5\,000 \text{ W}$$

$$PEIA_{\text{Bâtiment}} = 2\,300 + 2\,800 = 5\,100 \text{ W}$$

$$\text{Alors } PEII \leq PEIA$$

Comme la puissance de l'éclairage intérieur installé totale ne dépasse pas la puissance de l'éclairage intérieur admissible totale, les exigences de conformité par la méthode prescriptive à l'article 4.2.1.3. sont respectées.

Détermination de la puissance de l'éclairage intérieur installé (article 4.2.1.4.)

L'éclairage des espaces doit être inclus dans le calcul de la puissance de l'éclairage intérieur installé (PEII). Le paragraphe 4.2.1.4. 4) permet plusieurs allègements.

Par exemple, l'éclairage destiné à la culture de plantes (4.2.1.4. 4)f) que l'on trouve dans certains bâtiments, comme dans des halls d'hôtel, peut être exclu du calcul de la PEII. Il en est de même pour l'éclairage dans les entrées et sorties couvertes des garages de stationnement servant aux passages de véhicules afin de permettre l'adaptation visuelle. Toutefois, cet éclairage doit respecter les exigences liées aux commandes comme mentionné au paragraphe 4.2.2.2. 3).

Calcul de la puissance de l'éclairage intérieur admissible selon la méthode de l'aire du bâtiment (article 4.2.1.5.)

Le calcul de la puissance de l'éclairage intérieur admissible (PEIA) par la méthode de l'aire du bâtiment s'effectue en multipliant la surface de plancher de l'ensemble d'espaces (A_{Plancher}) par la densité de puissance d'éclairage (DPE_{Fonction}) comme allouée au tableau 4.2.1.5. selon la fonction précise du bâtiment.

$$PEIA = A_{\text{Plancher}} \cdot DPE_{\text{Fonction}}$$

Quelques clarifications sur les fonctions du tableau 4.2.1.5. sont décrites ici :

Bureaux : Les bureaux sont réservés aux espaces dont la fonction principale est semblable à celle d'un immeuble de bureaux, par exemple une institution financière. Les autres bâtiments ayant une partie réservée aux activités de bureau doivent respecter la DPE de leur fonction. Par exemple, les bureaux de la direction d'un commerce au détail sont associés à la fonction « établissement de vente au détail ». La DPE indiquée dans le tableau inclut déjà des espaces réservés aux activités administratives de bureau liées au commerce au détail.

Centres d'exercice : Les centres d'exercice désignent les aires comportant des appareils d'exercice et des zones d'entraînement.

Gymnases : Les gymnases désignent les bâtiments spacieux ayant des plafonds hauts adaptés à la pratique de sports collectifs comme le basketball. Ils désignent également les piscines.

Hôtels et motels : Cette fonction regroupe tous les bâtiments qui ont une fonction similaire comme une auberge.

Restauration : Les aires de préparation des aliments, les salles à manger et toutes les autres fonctions complémentaires sont incluses dans les bâtiments dont la fonction est la restauration

Exemple – Déterminer la conformité de l'éclairage d'un bâtiment à partir de la méthode de l'aire du bâtiment

Un bâtiment, entièrement occupé par le même occupant, est composé d'un atelier au rez-de-chaussée et de bureaux à l'étage. Chaque étage occupe une aire de plancher de 800 m². Le concepteur désire répondre à deux questions.

Question A : Quelle est la PEIA dans le bâtiment selon la méthode de l'aire du bâtiment ?

Question B : Est-ce que l'éclairage intérieur est conforme aux exigences prescriptives en supposant que les PEII de l'atelier et des bureaux sont respectivement de 10 000 W et de 8 000 W ?



Réponse de la question A

Étape 1. Déterminer la DPE pour chaque ensemble d'espaces selon le tableau 4.2.1.5.

$$DPE_{\text{Atelier}} = 12,8 \text{ W/m}^2$$

$$DPE_{\text{Bureaux}} = 8,8 \text{ W/m}^2$$

Étape 2. Calculer la PEIA pour chaque ensemble d'espaces et pour le bâtiment.

$$PEIA_{\text{Atelier}} = A_{\text{Atelier}} \cdot DPE_{\text{Atelier}} = 800 \text{ m}^2 \cdot 12,8 \text{ W/m}^2 = 10\,240 \text{ W}$$

$$PEIA_{\text{Bureaux}} = A_{\text{Bureaux}} \cdot DPE_{\text{Bureaux}} = 800 \text{ m}^2 \cdot 8,8 \text{ W/m}^2 = 7\,040 \text{ W}$$

$$\begin{aligned} PEIA_{\text{Bâtiment}} &= PEIA_{\text{Atelier}} + PEIA_{\text{Bureaux}} \\ &= 10\,240 + 7\,040 \\ &= 17\,280 \text{ W} \end{aligned}$$

La PEIA dans le bâtiment est de 17 280 W.

Réponse de la question B

Étape 1. Vérifier si $PEII \leq PEIA$ dans l'atelier.

$$PEII_{\text{Atelier}} = 10\,000 \text{ W}$$

$$PEIA_{\text{Atelier}} = 10\,240 \text{ W}$$

Oui, $PEII_{\text{Atelier}} \leq PEIA_{\text{Atelier}}$, il y a donc conformité de la PEII dans l'atelier selon la méthode prescriptive.

Étape 2. Vérifier si $PEII \leq PEIA$ dans les bureaux.

$$PEII_{\text{Bureaux}} = 8\,000 \text{ W}$$

$$PEIA_{\text{Bureaux}} = 7\,040 \text{ W}$$

Non, $PEII_{\text{Bureaux}} > PEIA_{\text{Bureaux}}$, il n'y a donc pas conformité.

Étape 3. Cependant, comme les conditions du paragraphe 4.2.1.3 6) sont respectées, il est permis de transférer de la puissance entre les deux ensembles d'espace, entre les bureaux et l'atelier. Vérifier si $PEII_{\text{Bâtiment}} \leq PEIA_{\text{Bâtiment}}$.

$$PEII_{\text{Bâtiment}} = PEII_{\text{Atelier}} + PEII_{\text{Bureaux}} = 10\,000 + 8\,000 = 18\,000 \text{ W}$$

$$PEIA_{\text{Bâtiment}} = 17\,280$$

Non, $PEII_{\text{Bâtiment}} > PEIA_{\text{Bâtiment}}$, il n'y a donc pas conformité.

Les puissances de l'éclairage installé ne respectent pas les exigences prescriptives, car $PEII_{\text{Bâtiment}} > PEIA_{\text{Bâtiment}}$.

Le concepteur devra revoir la conception de l'éclairage proposée pour diminuer la puissance de l'éclairage intérieur installé dans le bâtiment. Les calculs pourraient aussi être réalisés au moyen de la méthode espace par espace, car celle-ci est souvent plus permissive.

Calcul de la puissance de l'éclairage intérieur admissible selon la méthode espace par espace (article 4.2.1.6.)

Cette méthode de calcul est une autre manière de se conformer aux exigences prescriptives de la partie 4. Elle est plus complexe, mais elle offre une plus grande flexibilité et permet généralement d'atteindre une puissance de l'éclairage intérieur admissible plus élevée.

La puissance de l'éclairage intérieur admissible d'un espace calculée selon la méthode espace par espace s'effectue par la multiplication de la surface de plancher de l'espace (A_{Plancher}) par la densité de puissance d'éclairage (DPE_{Type}) de l'espace comme allouée au tableau 4.2.1.6. selon le type d'espace proposé aux plans.

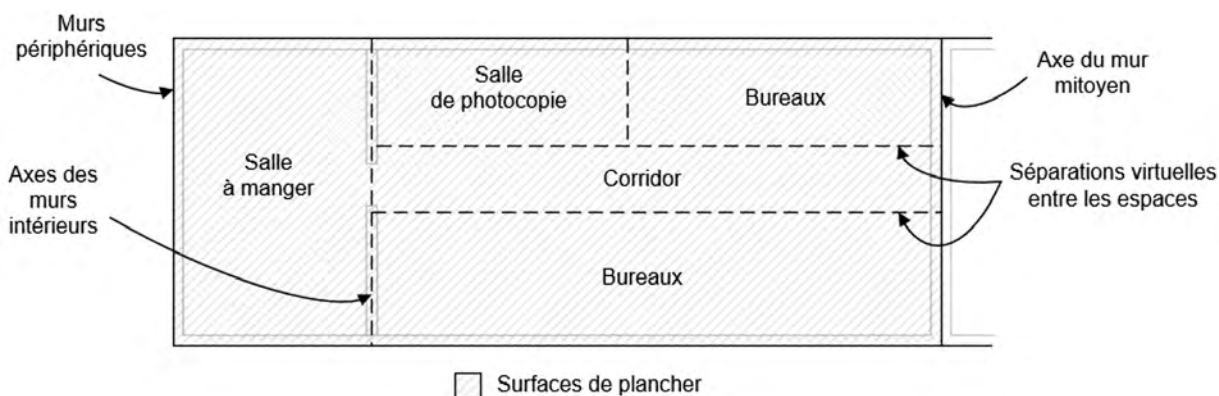
$$PEIA = A_{\text{Plancher}} \cdot DPE_{\text{Type}}$$

Les puissances admissibles doivent être calculées pour chacun des espaces et additionnées de manière à obtenir la puissance admissible totale de l'ensemble des espaces.

Le tableau 4.2.1.6. comporte deux sections. La première section regroupe les espaces communs et la seconde regroupe les espaces spécifiques. En plus des DPE, le tableau 4.2.1.6. contient les renseignements concernant le facteur d'ajustement (FA), le pourcentage d'augmentation de la DPE admissible (PA_{DPE}) ainsi que les types de commandes de l'éclairage dont les exigences sont décrites à la sous-section 4.2.2.

La surface de plancher de chaque espace est délimitée par les faces externes des murs périphériques et les axes des murs mitoyens et des cloisons, comme le montre la figure suivante.

Figure 4-1 – Délimitation des surfaces de plancher des espaces



Exemple – Déterminer la conformité de l'éclairage d'un bâtiment selon la méthode espace par espace

Il s'agit du même bâtiment que dans l'exemple précédent, qui est entièrement occupé par le même occupant. Il est composé d'un atelier au rez-de-chaussée et de bureaux à l'étage. Chaque étage occupe une aire de plancher de 800 m². Le concepteur désire répondre à deux questions.

Question A : Quelle est la PEIA dans le bâtiment selon la méthode espace par espace ?

Question B : Est-ce que l'éclairage intérieur est conforme aux exigences prescriptives ?

Réponse de la question A

Étape 1. Déterminer la DPE pour chaque espace selon le tableau 4.2.1.6. et calculer la PEIA pour chaque ensemble d'espaces et pour le bâtiment en entier.

Le tableau suivant résume les espaces divisés, les puissances de l'éclairage intérieur installé (PEII), les puissances d'éclairage intérieur admissibles calculées ($PEIA = A_{\text{Plancher}} \cdot DPE_{\text{Type}}$) ainsi que les totaux associés.

Ensemble d'espaces	Type d'espace	PEII (W)	A_{Plancher} (m ²)	DPE (W/m ²)	PEIA (W)
Atelier	Atelier	6 650	450	17,2	7 740
	Entreposage	250	30	6,8	204
	Entretien des véhicules	1 100	150	7,3	1 095
	Installations électriques/mécaniques	500	40	4,6	184
	Toilettes	500	40	10,5	420
	Bureaux à aire fermée	1 000	90	12,0	1 080
	TOTAL	10 000	800	-	10 723
Bureaux	Bureaux à aire ouverte	2 400	150	10,6	1 590
	Bureaux à aire fermée	600	50	12,0	600
	Photocopies/impressions	200	25	7,8	195
	Rayons de bibliothèque	900	75	18,4	1 380
	Salle à manger	1 100	200	7,0	1 400
	Toilettes	800	80	10,5	840
	Réunion	500	50	13,3	665
	Cage d'escalier	600	70	7,4	518
	Corridor	900	100	7,1	710
	TOTAL	8 000	800	-	7 898
Bâtiment		18 000	1 600	-	18 621

La PEIA dans le bâtiment est de 18 621 W.

Réponse de la question B

Étape 1. Vérifier si $PEII \leq PEIA$ dans l'atelier.

$$PEII_{\text{Atelier}} = 10\,000 \text{ W}$$

$$PEIA_{\text{Atelier}} = 10\,723 \text{ W}$$

Oui, $PEII_{\text{Atelier}} \leq PEIA_{\text{Atelier}}$, il y a donc conformité de la PEII dans l'atelier selon la méthode prescriptive.

Étape 2. Vérifier si $PEII \leq PEIA$ dans les bureaux.

$$PEII_{\text{Bureaux}} = 8\,000 \text{ W}$$

$$PEIA_{\text{Bureaux}} = 7\,898 \text{ W}$$

Non, $PEII_{\text{Bureaux}} > PEIA_{\text{Bureaux}}$, il n'y a pas conformité de la PEII dans les bureaux selon la méthode prescriptive.

Étape 3. Il est permis de transférer de la puissance d'éclairage intérieur installé entre les deux ensembles d'espaces, soit entre les bureaux et l'atelier, car les ensembles d'espaces dont il est question dans cet exemple sont conformes aux exigences du paragraphe 4.2.1.3. 5). Il faut vérifier si $PEII_{\text{Bâtiment}} \leq PEIA_{\text{Bâtiment}}$.

$$PEII_{\text{Bâtiment}} = PEII_{\text{Atelier}} + PEII_{\text{Bureaux}} = 10\,000 + 8\,000 = 18\,000\text{ W}$$

$$PEIA_{\text{Bâtiment}} = 18\,621\text{ W}$$

Puisque $PEII_{\text{Bâtiment}} \leq PEIA_{\text{Bâtiment}}$, il y a donc conformité de la PEII du bâtiment selon la méthode prescriptive.

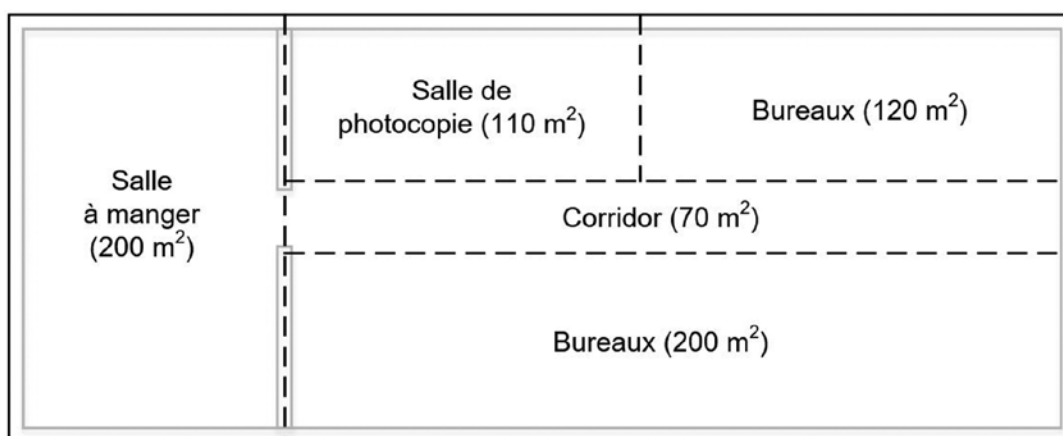
Les puissances de l'éclairage intérieur installé respectent les exigences prescriptives, car $PEII_{\text{Bâtiment}} < PEIA_{\text{Bâtiment}}$. La méthode espace par espace a permis de se conformer aux exigences prescriptives de la partie 4.

Selon le paragraphe 4.2.1.6. 2), lorsque l'utilisation d'un espace correspond à plus d'un type prévu au tableau 4.2.1.6., il est permis de ne pas diviser cet espace lorsqu'il occupe moins de :

- 20 % de l'espace pour un espace dont la surface de plancher est d'au plus 1 500 m²; ou
- 300 m² pour un espace dont la surface de plancher est de plus de 1500 m².

Exemple – Délimiter les espaces et calculer la puissance d'éclairage intérieur admissible selon la méthode espace par espace

Un étage d'un bâtiment est occupé par une entreprise de services professionnels. Le concepteur désire diviser cet espace pour effectuer le calcul de la puissance d'éclairage intérieur admissible selon la méthode espace par espace. Les locaux sont divisés en deux parties : la salle à manger se trouve dans la partie gauche de l'étage et les bureaux se trouvent dans la partie droite, qui est à aire ouverte.



Étape 1. Délimiter l'espace de la partie gauche.

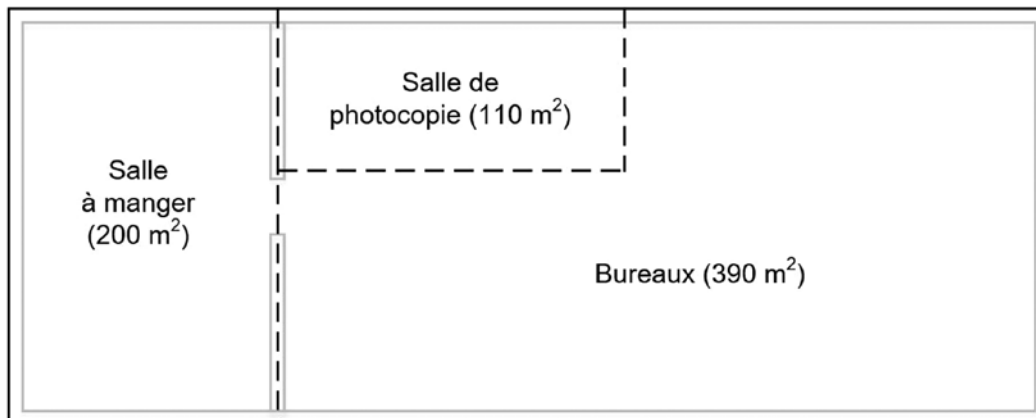
Cet espace est représenté par un seul type d'espace, la salle à manger, avec une DPE de 7,0 W/m² selon le tableau 4.2.1.6.

Étape 2. Délimiter les espaces de la partie droite.

Cet espace est à aire ouverte. Le paragraphe 4.2.1.6. 2) nous permet de ne pas diviser les espaces qui occupent moins de 20 % d'une surface de plancher, soit 500 m² x 20 % = 100 m². Comme le corridor occupe moins de 100 m² de surface de plancher, il ne sera pas divisé en sous espaces. Quant à la salle de photocopie, qui occupe plus de 100 m², elle sera divisée.

Le tableau suivant présente les espaces divisés.

Espace	Surface (m ²)	DPE (W/m ²)	Référence tableau 4.2.1.6.
Salle à manger	200	7,0	Salles à manger – Autres
Salle de photocopie	110	7,8	Salles de photocopie et d'impression de documents
Bureaux (y compris le corridor)	390	10,6	Bureaux – À aire ouverte



Si l'on calcule la puissance de l'éclairage intérieur admissible au moyen de la méthode espace par espace, il est permis d'augmenter la puissance de l'éclairage intérieur admissible sous certaines conditions, en fonction de certains éléments :

- la hauteur des luminaires et la hauteur de la surface de travail selon le paragraphe 4.2.1.6. 3);
- la largeur d'un corridor selon le paragraphe 4.2.1.6. 4);
- les types d'espaces et les commandes installées qui sont indépendantes de l'éclairage général selon le paragraphe 4.2.1.6. 5);
- l'éclairage décoratif/présentation d'œuvres d'art commandé séparément de l'éclairage général selon le paragraphe 4.2.1.6. 6);
- l'éclairage réservé à la présentation des articles en vente commandé séparément de l'éclairage général selon le paragraphe 4.2.1.6. 7).

Pour l'éclairage décoratif et l'éclairage réservé à la présentation, le type de luminaire sélectionné n'a pas d'importance, pourvu qu'il ne soit pas utilisé pour l'éclairage général. C'est donc « l'application » et non le « luminaire » qui importe. Si par exemple un luminaire catégorisé comme éclairage décoratif est utilisé pour l'éclairage général de l'espace, aucune puissance additionnelle n'est permise.

Les DPE au tableau 4.2.1.6. sont établies pour des hauteurs d'éclairage qui sont typiques de l'espace considéré. Lorsque ces hauteurs sont en réalité plus élevées que le cas typique, il est permis d'augmenter la DPE admissible de 20 %. La hauteur des luminaires utilisée dans le calcul du facteur d'ajustement (FA) doit correspondre à la hauteur de la source lumineuse. Dans le cas où les luminaires ne sont pas encastrés au plafond, le concepteur devra évaluer la hauteur de la source lumineuse par rapport au sol, comme le montre la figure suivante.

Figure 4-2 – Facteur d’ajustement (FA) de l’espace



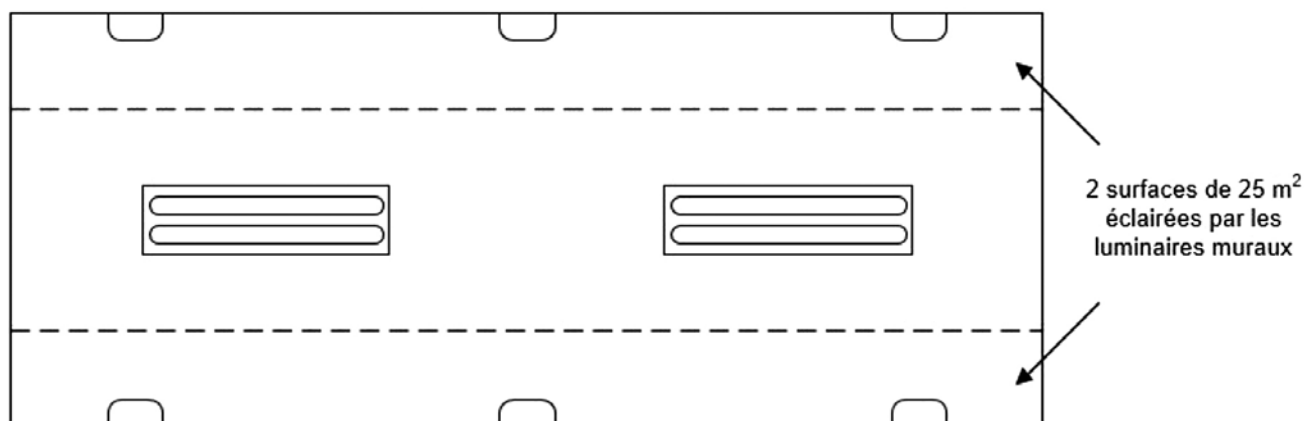
Il est permis d’échanger la partie inutilisée de ces puissances intérieures installées admissibles, sauf pour les éclairages décoratifs ou pour la présentation d’œuvres d’art ainsi que pour l’éclairage des articles en vente, comme précisé au paragraphe 4.2.1.6. 8).

Le tableau suivant résume les puissances additionnelles permises selon le type d’éclairage et à la condition que cet éclairage soit commandé indépendamment de l’éclairage général selon le cas.

Type d’éclairage	Paragraphe	Puissance additionnelle	Aire à considérer pour le calcul de la puissance additionnelle	Puissance additionnelle transférable à d’autres espaces
En hauteur	4.2.1.6. 3)	Si $FA_{\text{Espace}} > FA_{4.2.1.6.}$ $P_{\text{additionnelle}} = A \cdot DPE_{\text{type}} \cdot 20 \%$	Aire de l’espace ayant des plafonds non standards	Oui
Corridor ou aire de transition étroite	4.2.1.6. 4)	Si largeur < 2,4 m $P_{\text{additionnelle}} = A \cdot DPE_{\text{type}} \cdot 20 \%$	Aire de l’espace de circulation ayant une largeur < 2,4 m	Oui
Contrôlé par des commandes indépendantes avancées	4.2.1.6. 5)	Si commande individuelle C1 à C4 dans le tableau 4.2.1.6. $P_{\text{additionnelle}} = PEII_{\text{partie}} \cdot PA_{DPE}$	Aire desservie par la commande	Oui
Décoratif ou de présentation d’œuvres d’art ou d’artéfacts	4.2.1.6. 6)	$P_{\text{additionnelle}} = A \cdot 10,8 \text{ W/m}^2$	Aire éclairée par l’éclairage spécifique	Non
Présentation d’articles en vente	4.2.1.6. 7)	$P_{\text{additionnelle}} = 1\,000 \text{ W} + (A_1 \cdot 27 \text{ W/m}^2) + (A_2 \cdot 15 \text{ W/m}^2) + (A_3 \cdot 6,5 \text{ W/m}^2)$	Aire de la projection au sol et aire de circulation autour des présentoirs	Non

Exemple – Calculer la puissance additionnelle permise pour l'éclairage décoratif ou l'éclairage pour la présentation d'œuvres d'art ou d'artéfacts selon le paragraphe 4.2.1.6. 6)

Un corridor de 100 m² est éclairé par des luminaires fluorescents à tubes encastrés au plafond. Des luminaires muraux, commandés de façon indépendante, illuminent les bords des murs pour créer un éclairage décoratif. Déterminer la puissance d'éclairage intérieur admissible.



Étape 1. Déterminer la PEIA pour l'éclairage général du corridor. Selon le tableau 4.2.1.6., au type d'espace Corridors et aires de transition (Autres), la DPE est de 7,1 W/m².

$$PEIA_{\text{Corridor}} = A \cdot DPE = 100 \text{ m}^2 \cdot 7,1 \text{ W/m}^2 = 710 \text{ W}$$

Étape 2. Déterminer l'augmentation de la PEIA pour l'éclairage décoratif du corridor selon le paragraphe 4.2.1.6. 6).

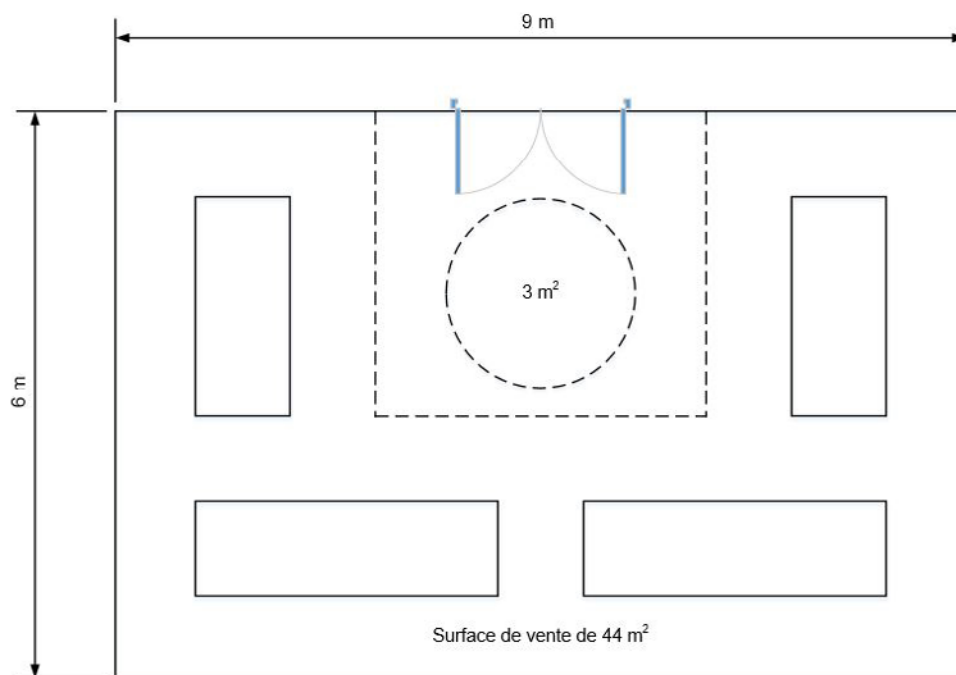
$$P_{\text{additionnelle}} = A \cdot 10,8 \text{ W/m}^2 = 50 \text{ m}^2 \cdot 10,8 \text{ W/m}^2 = 540 \text{ W}$$

- Un maximum de 710 W peut être utilisé pour l'éclairage général assuré par les luminaires fluorescents à tubes et cette puissance est transférable à d'autres espaces du bâtiment aux conditions décrites à la partie 4.
- Un maximum de 540 W additionnel peut être utilisé pour l'éclairage décoratif assuré par les luminaires muraux et cette puissance n'est pas transférable à d'autres espaces du bâtiment. De plus, cet éclairage doit être commandé séparément de l'éclairage général.

Note : Si le corridor avait été éclairé seulement par les luminaires muraux, aucune puissance additionnelle n'aurait été permise, car ces luminaires seraient considérés comme un éclairage général.

Exemple – Calculer la puissance additionnelle pour l'éclairage destiné à la présentation des articles en vente selon le paragraphe 4.2.1.6. 7)

Une bijouterie possède quatre présentoirs éclairés par des luminaires pour les articles en vente. Une aire totale de 44 m² est réservée à la présentation des bijoux ainsi qu'aux aires de circulation de 900 mm tout autour. À l'entrée, un chandelier décoratif illumine une surface de plancher de 3 m². L'éclairage général est assuré par des luminaires encastrés au plafond. L'éclairage décoratif ainsi que l'éclairage réservé aux articles en vente sont commandés séparément de l'éclairage général de l'espace. Quelle est la PEIA de cette bijouterie ?



Étape 1. Déterminer l'augmentation de la PEIA pour l'éclairage général. Selon le tableau 4.2.1.6. au type d'espace Aires de vente, la DPE est de 15,5 W/m².

$$PEIA_{\text{général}} = A \cdot DPE = 54 \text{ m}^2 \cdot 15,5 \text{ W/m}^2 = 837 \text{ W}$$

Étape 2. Déterminer l'augmentation de la PEIA pour l'éclairage décoratif assuré par le chandelier selon le paragraphe 4.2.1.6. 6).

$$P_{\text{additionnelle}} = A \cdot 10,8 \text{ W/m}^2 = 3 \text{ m}^2 \cdot 10,8 \text{ W/m}^2 = 32 \text{ W}$$

Étape 3. Déterminer la PEIA pour l'éclairage réservé à la présentation des articles en vente selon 4.2.1.6. 7).

$$P_{\text{additionnelle}} = 1\,000 \text{ W} + (A_1 \cdot 27 \text{ W/m}^2) + (A_2 \cdot 15 \text{ W/m}^2) + (A_3 \cdot 6,5 \text{ W/m}^2)$$

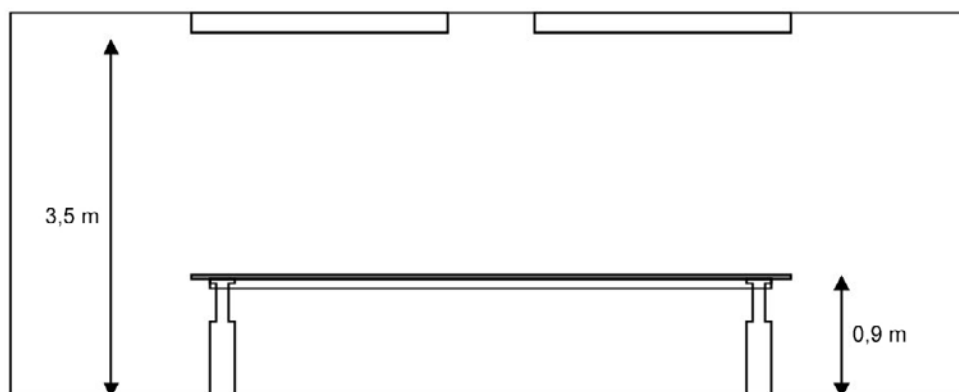
où

$$A_1 = 44 \text{ et } A_2 = A_3 = 0 \text{ (voir le paragraphe 4.2.1.6. 7)}$$

$$P_{\text{additionnelle}} = 1\,000 \text{ W} + (44 \cdot 27 \text{ W/m}^2) = 2\,188 \text{ W}$$

La PEIA de l'éclairage général est de 837 W, celle de l'éclairage assuré par le chandelier est de 32 W et celle réservée à la présentation des articles en vente est limitée à 2 188 W. Seule la puissance inutilisée de l'éclairage général peut être transférée à d'autres espaces du bâtiment.

Exemple – Calculer la puissance additionnelle pour l'éclairage placé en hauteur selon l'article 4.2.1.6. 3)



Un atelier de travail de 3 m x 6 m comporte une table de travail d'une hauteur de 90 cm. L'éclairage général de l'atelier est intégré au plafond à une hauteur de 3,5 m du plancher. Pour le calcul de la PEIA, le concepteur peut-il profiter de l'augmentation de 20 % de la puissance selon le paragraphe 4.2.1.6. 3)?

Étape 1. Déterminer la PEIA pour l'éclairage général. Selon le tableau 4.2.1.6. au type d'espace Ateliers, la DPE est de 17,2 W/m².

$$PEIA_{\text{général}} = A \cdot DPE = (3 \text{ m} \times 6 \text{ m}) \cdot 17,2 \text{ W/m}^2 = 310 \text{ W}$$

Étape 2. Déterminer le FA de l'atelier. Selon le tableau 4.2.1.6. au type d'espace Ateliers, le FA est de 6.

$$FA = 2,5 \cdot (H_1 - H_2) \cdot L/S$$

$$FA = 2,5 \cdot (3,5 - 0,9) \cdot (3 + 3 + 6 + 6)/(3 \times 6)$$

$$FA = 6,5$$

Puisque $FA = 6,5 > 6$, il est permis d'augmenter de 20 % la PEIA de l'atelier.

Étape 3. Calcul de l'augmentation de la PEIA permise.

$$P_{\text{additionnelle}} = PEIA \cdot 20 \%$$

$$P_{\text{additionnelle}} = 310 \cdot 20 \%$$

$$P_{\text{additionnelle}} = 62 \text{ W}$$

Étape 4. Calcul de la PEIA totale permise.

$$PEIA = PEIA_{\text{général}} + P_{\text{additionnelle}}$$

$$PEIA = 310 + 62$$

$$PEIA = 372 \text{ W}$$

Cet atelier peut bénéficier d'une augmentation de 20 % de la PEIA et la valeur totale admissible est de 372 W.

Exemple – Calculer la puissance additionnelle pour l'éclairage commandé par des commandes autres que celles exigées au paragraphe 4.2.1.6. 5)

Des bureaux à aire ouverte occuperont un espace de 300 m². Un total de 1 000 W d'éclairage sera contrôlé par des commandes d'éclairage à détecteurs d'occupant et par gradation continue manuelle (C4 selon le tableau 4.2.1.6.). Quelle sera la PEIA totale de ces bureaux?

Étape 1. Déterminer la PEIA pour l'éclairage général des bureaux. Selon le tableau 4.2.1.6. au type d'espace Bureaux à aire ouverte, la DPE est de 10,6 W/m².

$$PEIA_{\text{général}} = A \cdot DPE = 300 \text{ m}^2 \cdot 10,6 \text{ W/m}^2 = 3\,180 \text{ W}$$

Étape 2. Calcul de la puissance additionnelle de la PEIA permise. Selon le tableau 4.2.1.6. au type d'espace Bureaux à aire ouverte, la PA_{DPE} est de 30 % pour des commandes C4.

$$P_{\text{additionnelle}} = PEI \cdot PA_{DPE}$$

$$P_{\text{additionnelle}} = 1\,000 \text{ W} \cdot 30 \%$$

$$P_{\text{additionnelle}} = 300 \text{ W}$$

Étape 3. Calcul de la PEIA totale permise.

$$PEIA = PEIA_{\text{général}} + P_{\text{additionnelle}}$$

$$PEIA = 3\,180 + 300$$

$$PEIA = 3\,480 \text{ W}$$

La PEIA totale pour cet espace de bureaux sera de 3 480 W.

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

Cette section couvre les commandes de l'éclairage intérieur qui doivent être installées dans un espace donné. Elles sont obligatoires et elles sont les mêmes, peu importe la méthode de conformité choisie : prescriptive, des solutions de remplacement ou de performance énergétique. Sommairement, les exigences visent à limiter la mise en circuit automatique et à privilégier la mise hors circuit automatique.

Selon le paragraphe 4.2.2.1. 3), chaque type d'espace doit avoir un dispositif de commande manuelle permettant de contrôler tout l'éclairage dans :

- chaque aire ≤ 250 m² pour les espaces ≤ 1 000 m²; et
- chaque aire ≤ 1 000 m² pour les espaces > 1 000 m².

La conformité aux exigences relatives aux commandes d'éclairage intérieur impose que le bâtiment soit divisé en espaces représentatifs selon le tableau 4.2.1.6., et ce, peu importe la méthode utilisée pour déterminer la PEIA du bâtiment (méthode des aires du bâtiment ou méthode espace par espace). Dans le tableau 4.2.1.6., selon les types d'espaces, la légende des types de commandes requises est la suivante selon le cas :

- X : obligatoire;
- - : non nécessaire;
- A : au moins une commande marquée A doit être installée;
- B : au moins une commande marquée B doit être installée.

Si par exemple le type d'espace est un atelier, les commandes requises sont les suivantes :

Types d'espaces	Densité de puissance d'éclairage (DPE), en W/m²	Facteur d'ajustement (FA)	Pourcentage d'augmentation de la DPE (FA _{corr}) admissible ⁽²⁾	Type de commande de l'éclairage ⁽³⁾						
				Manuelle (voir 4.2.2.1. 3))	Limitée à la mise en circuit manuelle (voir 4.2.2.1. 6))	Limitée à la mise en circuit automatique partielle ⁽⁴⁾ (voir 4.2.2.1. 8))	À deux niveaux (voir 4.2.2.1. 9))	Mise hors circuit automatique partielle (voir 4.2.2.1. 10))	Mise hors circuit automatique complète ⁽⁴⁾ (voir 4.2.2.1. 12))	Mise hors circuit programmée (voir 4.2.2.1. 14))
Types d'espaces communs ⁽⁵⁾										
Ateliers	17,2	6	S. O.	X	A	A	X	—	B	B

- Manuelle ;
- Limitée à la mise en circuit manuelle OU Limitée à la mise en circuit automatique partielle ;
- À deux niveaux ;
- Mise hors circuit automatique complète OU Mise hors circuit programmée.

Pour la mise en circuit, il existe deux types de commandes d'éclairage intérieur permises : manuelle ou automatique partielle. Le tableau ci-dessous résume les différences entre les deux types de commande.

Commande	Description	Commentaires
Limitée à la mise en circuit manuelle 4.2.2.1. 6)	Mise en circuit/à l'arrêt manuelle	Aucun système d'allumage automatique
Limitée à la mise en circuit automatique partielle 4.2.2.1. 8)	Mise en circuit automatique limitée à 50 % de la puissance de l'éclairage général	Actionné par détecteur d'occupant ou programmé selon l'horaire prévu Mise en circuit complémentaire manuelle

Il existe deux principaux types de détecteurs d'occupant :

- Capteur à boîte murale : installé sur une boîte électrique murale standard d'interrupteur (boîte rectangulaire). Il permet de remplacer facilement un interrupteur existant. Sa portée de détection étant limitée, il est plutôt utilisé dans les petits locaux ou les salles de réunion ;
- Détecteur mural ou de plafond : unité contenant un détecteur. Sa portée de détection est considérable et n'a que très peu de limitations.

L'exigence de commande d'éclairage intérieur individuelle « à deux niveaux » selon le paragraphe 4.2.2.1. 9) impose que l'éclairage général ait au moins un niveau d'éclairage intermédiaire de 30 à 70 % de la pleine puissance d'éclairage. Cela peut être réalisé par éclairage étagé ou par gradation continue. Lorsque l'éclairage est étagé, le passage du niveau d'éclairage intermédiaire vers la pleine puissance peut se faire manuellement.

Pour la mise hors circuit, il existe trois types de commandes d'éclairage intérieur individuelles permises : automatique partielle, automatique complète ou programmée. Le tableau ci-dessous résume les différences entre ces commandes.

Commande	Description	Commentaires
Mise hors circuit automatique partielle 4.2.2.1. 10)	La puissance d'éclairage totale doit être réduite d'au moins 50 % dans les 20 minutes suivant l'inoccupation	Réduction par gradation ou arrêt complet Allègement pour lampes HID
Mise hors circuit automatique complète 4.2.2.1. 12)	Tout l'éclairage doit être éteint dans les 20 minutes suivant l'inoccupation	Chaque dispositif doit commander une aire d'au plus 500 m ² . Allègement pour les ateliers et laboratoires d'enseignement
Mise hors circuit programmée 4.2.2.1. 14)	Tout l'éclairage doit se fermer automatiquement pendant les périodes inoccupées	Chaque dispositif doit commander une aire d'au plus 2 500 m ² sur un seul étage en fonction de la journée. Il faut considérer indépendamment l'horaire selon les jours de la semaine, des fins de semaine et des jours fériés. Lorsqu'une commande manuelle est utilisée pour rallumer l'éclairage, elle doit commander une aire d'au plus 500 m ² et faire fonctionner l'éclairage pour un maximum de deux heures.

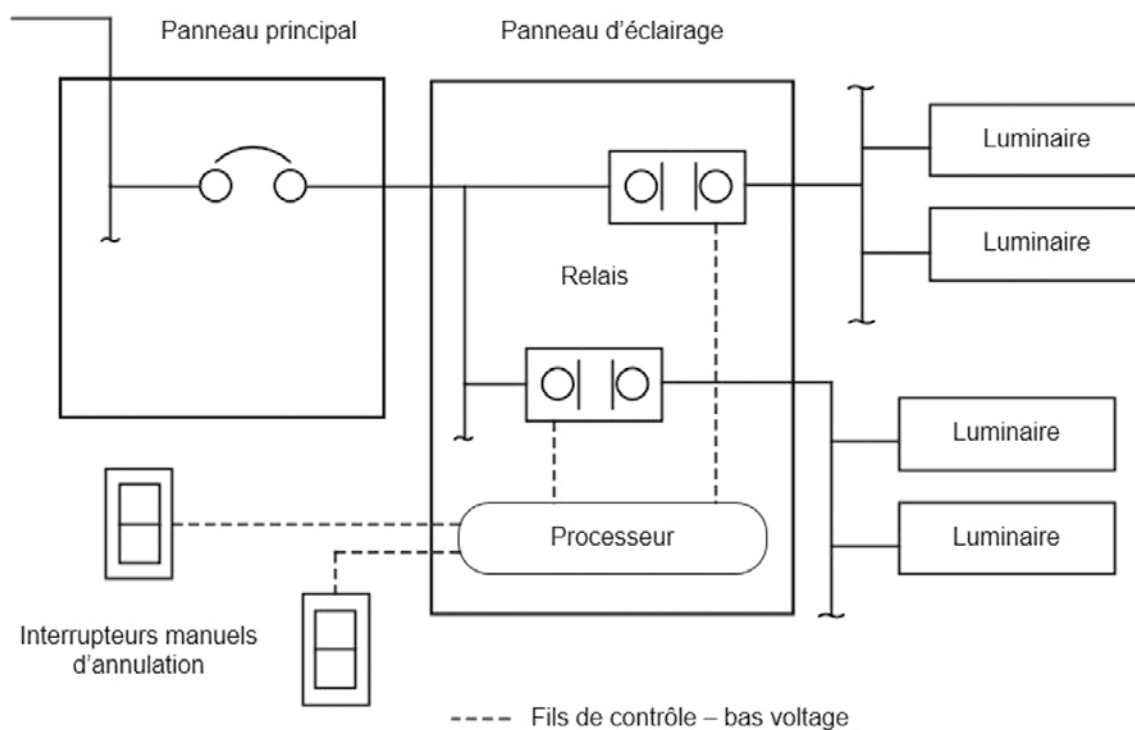
Mise hors circuit automatique partielle des lampes HID (4.2.2.1. 11))

Les lampes HID peuvent prendre plusieurs minutes à s'allumer, alors que d'autres technologies s'allument presque instantanément. Ce délai représente un enjeu de sécurité lors de l'allumage ; c'est pour cette raison qu'un allègement est prévu lorsque des lampes HID sont utilisées lors de la mise hors circuit automatique partielle. La condition pour se prévaloir de cet allègement est que l'éclairage doit être réduit d'au moins 30 % dans les 20 minutes suivant l'inoccupation plutôt que de 50 %. De cette façon, lorsqu'un utilisateur aura besoin du plein éclairage de l'espace, 70 % de la puissance de l'éclairage sera déjà allumé (au lieu de 50 %). L'allègement s'applique uniquement lorsque la DPE de l'espace éclairé par les lampes HID est de moins de 8,6 W/m².

Mise hors circuit programmée (4.2.2.1. 14))

L'exigence de mise hors circuit programmée peut être réalisée de différentes façons. La plupart du temps, la mise hors circuit sera composée d'un processeur central contrôlant divers secteurs d'éclairage à l'aide de relais. Les horaires d'exploitation programmés dans le système de mise hors circuit programmé doivent refléter les horaires réels, selon les usages de chaque secteur du bâtiment. Les signaux d'annulation permettant aux usagers de contourner la programmation temporairement en dehors des heures normales peuvent être activés manuellement par des interrupteurs ou provenir par exemple d'un téléphone intelligent ou d'un ordinateur. Souvent, ce type de système annonce la fermeture imminente de l'éclairage en faisant clignoter les lumières, ce qui permet d'avertir les usagers. Au besoin, ces derniers pourront donc activer la commande manuelle pour contourner la programmation temporairement. La figure suivante illustre un exemple de contrôle de l'éclairage programmé.

Figure 4-3 – Contrôles programmés pour l'éclairage



Puissance de l'éclairage extérieur (sous-section 4.2.3.)

Éclairage extérieur (article 4.2.3.1.)

Les puissances de l'éclairage extérieur d'un bâtiment sont basées sur l'endroit où se situe le bâtiment, selon le tableau 4.2.3.1.-A. Plus la localisation du bâtiment est urbaine et commerciale, plus la zone d'éclairage sera élevée et, par conséquent, permissive. À l'opposé, moins d'éclairage extérieur sera permis pour un bâtiment situé en zone rurale.

Une puissance d'éclairage extérieur de base (puissance d'allocation) est allouée pour tout site en fonction de la zone d'éclairage, selon le tableau 4.2.3.1.-B. Cette puissance de base est indépendante de l'envergure du projet. Elle ne peut être utilisée qu'une seule fois dans les calculs des puissances admissibles pour les applications extérieures spécifiques et générales.

En fonction de la zone d'éclairage, l'éclairage extérieur d'un bâtiment est conforme aux exigences prescriptives lorsque :

1. La puissance de l'éclairage extérieur installé (PEEI) pour chacune des applications extérieures SPÉCIFIQUES ne dépasse pas la puissance de l'éclairage extérieur admissible (PEEA) pour l'application concernée, plus toute puissance inutilisée de la puissance de base :

$$PEEI_{\text{Application spécifique}} \leq PEEA_{\text{Application spécifique}} + P_{\text{Base inutilisée}}$$

2. La puissance de l'éclairage extérieur installé (PEEI) pour toutes les applications extérieures GÉNÉRALES ne dépasse pas la somme des puissances de l'éclairage extérieur admissible (PEEA) des applications, plus toute puissance inutilisée de la puissance de base :

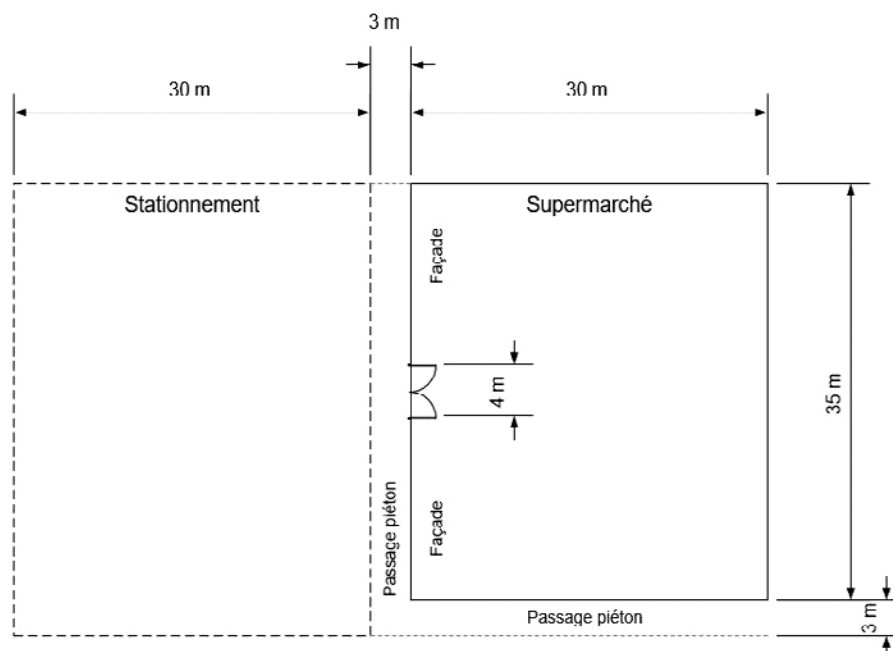
$$PEEI_{\text{Applications générales}} \leq \sum PEEA_{\text{Application générale}} + P_{\text{Base inutilisée}}$$

Le transfert de puissance entre les applications extérieures générales est permis puisque la somme de toutes les PEEA ne doit pas être dépassée. Au contraire, chaque PEEA de chacune des applications extérieures spécifiques ne doit pas être dépassée, ce qui interdit donc le transfert de puissance.

Il est permis de ne pas considérer la puissance d'éclairage de certains types d'éclairage dans le calcul de la puissance d'éclairage extérieur installé. Ces types d'éclairage sont énumérés au paragraphe 4.2.3.1. 6).

Exemple – Évaluer la conformité de l'éclairage extérieur installé d'un bâtiment

Un concepteur élabore le projet d'éclairage extérieur pour un site composé d'un supermarché et d'un stationnement. Le bâtiment mesure 10 m de hauteur et comporte deux passages piétons le long du bâtiment. Les portes de l'entrée principale mesurent au total 4 m de largeur. Le bâtiment est situé dans un district commercial à activité modérée. La figure et les tableaux ci-dessous résument les données du projet. Est-ce que l'éclairage extérieur de ce projet est conforme ?



Application extérieure SPÉCIFIQUE	Nombre de luminaires projetés	Puissance de chacun des luminaires (W)	Total PEEI (W)
Façade	10	70	$10 \times 70 = 700$

Application extérieure GÉNÉRALE	Nombre de luminaires projetés	Puissance de chacun des luminaires (W)	Total PEEI (W)
Entrée	2	90	$2 \times 90 = 180$
Passage piéton	7	90	$7 \times 90 = 630$
Stationnement	2	800	$2 \times 800 = 1\,600$
TOTAL			2 410

Étape 1. Selon le tableau 4.2.3.1.-A, la zone d'éclairage correspondant au projet est une zone 3.

Étape 2. La puissance d'allocation de base du site pour l'éclairage extérieur en zone 3, selon le tableau 4.2.3.1.-B, est de 750 W. Cette puissance peut être utilisée une seule fois, pour les applications extérieures spécifiques ou générales, en fonction des besoins lorsque les puissances admissibles sont dépassées.

Étape 3. Calculer la PEEA pour les applications spécifiques, selon le tableau 4.2.3.1.-C.

Application extérieure SPÉCIFIQUE	Puissance admissible (W)	Dimensions	PEEA
Façade de bâtiment (par surface de mur éclairée)	$1,6 \text{ W/m}^2$	$35 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 350 \text{ m}^2$	$1,6 \text{ W/m}^2 \times 350 \text{ m}^2 = 560 \text{ W}$
OU			
Façade de bâtiment (par longueur de mur éclairée)	$12,3 \text{ W/m}$	35 m	$12,3 \text{ W/m} \times 35 \text{ m} = 431 \text{ W}$

La PEEA maximale à considérer est donc de 560 W.

Étape 4. Calculer la PEEA pour les applications générales, selon le tableau 4.2.3.1.-D.

Application extérieure GÉNÉRALE	Puissance admissible (W)	Dimensions	PEEA
Entrée principale	98 W/m de largeur de porte	4 m	$98 \text{ W/m} \times 4 \text{ m} = 392 \text{ W}$
Passage piéton d'au moins 3 m de largeur	$1,7 \text{ W/m}^2$	$68 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 204 \text{ m}^2$	$1,7 \text{ W/m}^2 \times 204 \text{ m}^2 = 347 \text{ W}$
Aire de stationnement	$1,1 \text{ W/m}^2$	$30 \text{ m} \times 38 \text{ m} = 1\,140 \text{ m}^2$	$1,1 \text{ W/m}^2 \times 1\,140 \text{ m}^2 = 1\,254 \text{ W}$
TOTAL			1 993 W

Étape 5. S'assurer que la PEEI est inférieure à PEEA pour l'application spécifique.

$$PEEI_{\text{Application spécifique}} \leq PEEA_{\text{Application spécifique}} + P_{\text{Base inutilisée}}$$

Application extérieure SPÉCIFIQUE	PEEI (W)	PEEA (W)	Surplus ou manque (W)
Façade	700	560	560 - 700 = -140

La PEEI étant plus élevée que la PEEA, 140 W de la P_{Base} sont utilisés.

La $P_{\text{Base inutilisée}}$ est donc de 750 W - 140 W = 610 W.

Étape 6. S'assurer que la PEEI est inférieure à PEEA pour les applications spécifiques.

$$PEEI_{\text{Applications générales}} \leq \sum PEEA_{\text{Application générale}} + P_{\text{Base inutilisée}}$$

Applications extérieures GÉNÉRALES	PEEI (W)	PEEA (W)	Surplus ou manque (W)
Entrée, passage piéton et stationnement	2 410	1 993	1 993 - 2 410 = -417

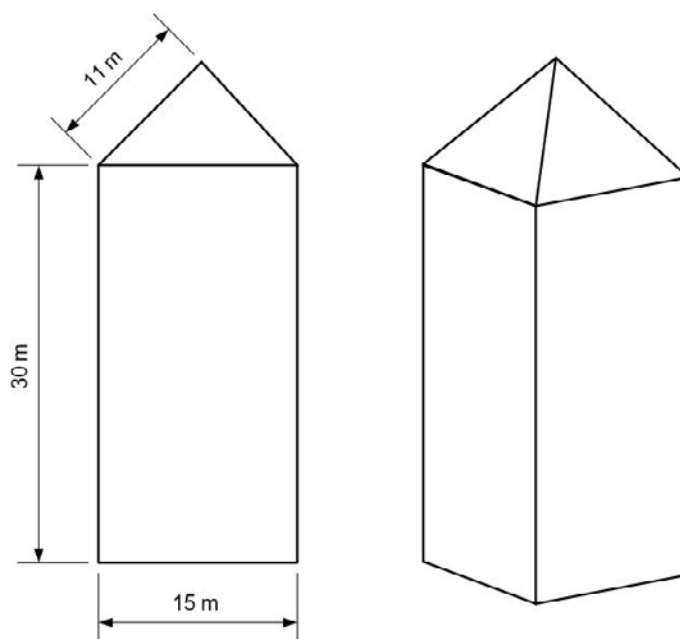
La PEEI étant plus élevée que la PEEA, 417 W de la P_{Base} sont utilisés.

La $P_{\text{Base inutilisée}}$ est donc de 610 W - 417 W = 193 W.

L'éclairage extérieur respecte les exigences prescriptives. De plus, il reste 193 W de puissance de base qui pourraient être utilisés.

Exemple – Évaluer la conformité de l'éclairage des façades extérieures d'un bâtiment

Un bâtiment situé dans la zone d'éclairage 3 possède un toit à quatre pans en forme de pyramide, sans corniche ni soffite. Il est prévu d'éclairer toutes les faces du bâtiment, y compris les pans du toit. Peut-on inclure les surfaces des pans du toit dans le calcul des puissances admissibles des façades de bâtiment ?



Étape 1. Déterminer la PAEE de chaque façade selon le tableau 4.2.3.1.-C. La DPE admissible pour les façades est de 1,6 W/m². Non, les surfaces des pans du toit ne peuvent être incluses dans le calcul des puissances admissibles, car la toiture ne fait pas partie de la façade (voir la définition d'éclairage de façade).

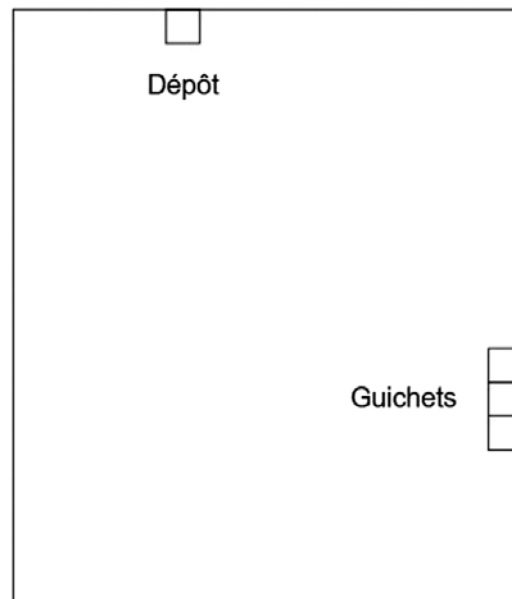
$$\text{Surface façade (A)} = 15 \text{ m} \cdot 30 \text{ m} = 450 \text{ m}^2$$

$$\text{PAEE}_{\text{Façade}} = A \cdot \text{DPE} = 450 \text{ m}^2 \cdot 1,6 \text{ W/m}^2 = 720 \text{ W}$$

Chacune des façades pourrait être éclairée avec une puissance de 720 W de manière à répondre aux exigences prescriptives. Par contre, ces puissances admissibles ne sont pas transférables.

Exemple – Évaluer la conformité de l'éclairage de guichets automatiques et de dépôts de nuit

Une banque située dans une zone urbaine possède trois guichets automatiques et un dépôt de nuit. Quelle est la puissance d'éclairage extérieur admissible pour ces équipements ?



Étape 1. Déterminer la PAEE du dépôt de nuit selon le tableau 4.2.3.1.-C.

$$PAEE_{\text{Dépôt}} = 270 \text{ W}$$

Étape 2. Déterminer la PAEE des guichets automatiques selon le tableau 4.2.3.1.-C.

$$PAEE_{\text{Guichets}} = 270 \text{ W} + 2 \cdot 90 \text{ W} = 450 \text{ W}$$

La puissance d'éclairage extérieur admissible pour le dépôt de nuit est de 270 W et celle pour les guichets automatiques est de 450 W. Ces puissances admissibles ne sont pas transférables.

Méthode des solutions de remplacement (section 4.3.)

Cette section décrit toutes les exigences requises pour concevoir les installations d'éclairage lorsque le concepteur désire suivre la méthode des solutions de remplacement afin de se conformer aux exigences prescriptives de la partie 4.

Les commandes de l'éclairage intérieur, l'éclairage extérieur ainsi que les commandes de l'éclairage extérieur doivent être conformes aux exigences prescriptives.

L'éclairage intérieur est conforme aux exigences prescriptives de la partie 4 selon la méthode des solutions de remplacement lorsque l'énergie de l'éclairage intérieur installé (EEI_{totale}) ne dépasse pas l'énergie admissible de l'éclairage intérieur ($EAEI_{\text{totale}}$).

$$EEI_{\text{totale}} \leq EAEI_{\text{totale}}$$

Énergie de l'éclairage intérieur installé (sous-section 4.3.2.)

L'énergie de l'éclairage intérieur installé (EEI) en kW · h/a est calculée au moyen de l'équation suivante :

$$EEI = \sum_{i=1}^N \frac{DPE_{i,\text{proposé}} \cdot S_i \cdot t_i}{1\,000}$$

La durée de fonctionnement de l'éclairage de chaque espace est déterminée en fonction des horaires d'exploitation et peut être réduite quand des photocommandes sont installées selon l'article 4.3.2.3. lorsqu'un espace est éclairé naturellement. Les DPE des espaces sont celles des éclairages installés.

Énergie admissible de l'éclairage intérieur (sous-section 4.3.3.)

L'énergie admissible de l'éclairage intérieur (EAEI) en kW · h/a est calculée au moyen de l'équation suivante :

$$EAEI = \sum_{i=1}^N \frac{DPE_{i,\text{référence}} \cdot S_i \cdot t_i}{1\,000}$$

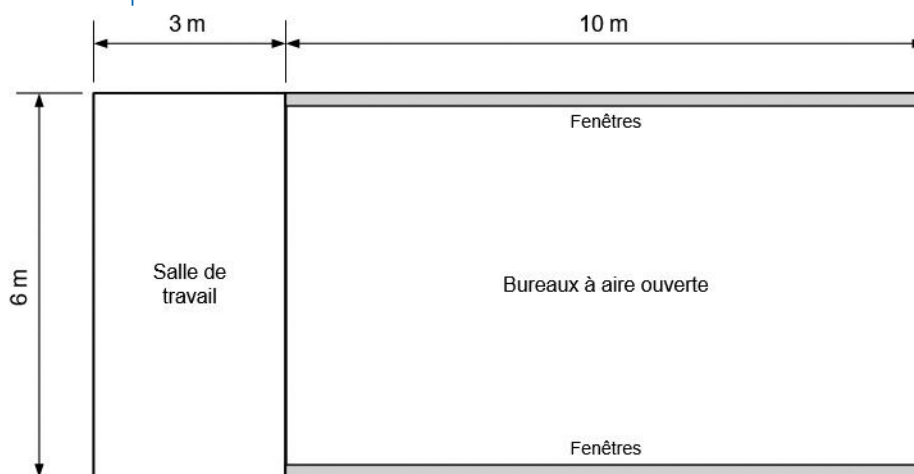
Les DPE des espaces sont celles qui se trouvent au tableau 4.2.1.6.

Exemple – Établir la conformité à l'aide de la méthode des solutions de remplacement

Une portion de bâtiment est constituée d'une salle de travail et de bureaux à aire ouverte. La salle de travail ne comporte aucune fenêtre, tandis que la zone des bureaux possède des fenêtres sur deux façades et peut être éclairée naturellement. Les espaces seront utilisés 9 heures par jour, 250 jours par année.

Une DPE de 15 W/m² est requise dans la salle de travail, tandis qu'une DPE de 12 W/m² est requise dans l'espace des bureaux.

Comme ce projet d'éclairage intérieur n'est pas conforme aux exigences prescriptives, quels types de photocommandes doivent être installées en vue de se conformer selon la méthode des solutions de remplacement ?



Étape 1. Déterminer les DPE admissibles et comparer la valeur obtenue à celle des DPE installées.

Selon les données, on trouve les DPE allouées au tableau 4.2.1.6.

Espace	Référence tableau 4.2.1.6.	DPE allouée (W/m ²)	DPE installée (W/m ²)
Salle de travail	Salles de classe, formation – Autres	13,4	15
Bureaux	Bureaux à aire ouverte	10,6	12

On constate que les DPE installées dépassent les DPE allouées et que la PEI_{totale} sera plus élevée que la $PEIA_{totale}$, ce qui rend l'éclairage intérieur non conforme aux exigences prescriptives.

La méthode des solutions de remplacement est susceptible de rendre ce projet conforme. Il s'agit de vérifier sous quelles conditions $EEl_{totale} \leq EAEI_{totale}$.

Étape 2. Calculer la EAEI totale.

Espace	DPE allouée (W/m ²)	Surface (S _i) de plancher (m ²)	Durée annuelle (h/a)	EAEI (kW · h/a)
Salle de travail	13,4	18	2 250	543
Bureaux	10,6	60	2 250	1 431
TOTAL				1 974

Étape 3. Calculer la EEII totale en fonction des types de photocommandes et des facteurs de réduction selon l'alinéa 4.3.2.3. 2)b).

Seul l'espace des bureaux est éclairé naturellement et peut être équipé de photocommandes.

Espace	Photocommandes installées	DPE installée (W/m ²)	Surface (S _p) de plancher (m ²)	Durée annuelle (h/a)	EEII (kW · h/a)
Salle	ND	15	18	2 250	608
Bureaux	Aucune	12	60	2 250	1 620
	Deux niveaux	12	60	$2\,250 \times 0,90 = 2\,025$	1 458
	Niveaux multiples	12	60	$2\,250 \times 0,80 = 1\,800$	1 296
	Gradation continue	12	60	$2\,250 \times 0,70 = 1\,575$	1 134
EEII_{totale} selon les photocommandes installées				Aucune	2 228
				Deux niveaux	2 066
				Niveaux multiples	1 904
				Gradation continue	1 742

Les deux seules possibilités qui permettent que $EEII_{totale} \leq EAEI_{totale}$ sont les suivantes :

- l'installation de photocommandes à niveaux multiples dans les bureaux;
- l'installation de photocommandes à gradation continue dans les bureaux.

En vue de se conformer aux exigences d'éclairage intérieur de la partie 4 à l'aide de la méthode des solutions de remplacement, des photocommandes à niveaux multiples ou à gradation continue doivent être installées dans les bureaux à aire ouverte.

Partie 5



Chauffage, ventilation
et conditionnement d'air



La partie 5 traite des installations CVCA dans les bâtiments. Pour se conformer aux exigences, le concepteur doit choisir la méthode prescriptive (section 5.2.) ou la méthode de performance (section 5.4.) qui renvoie à la partie 8. La méthode prescriptive dicte les exigences minimales à respecter, tandis que la méthode de performance énergétique exige que la consommation annuelle d'énergie du bâtiment proposé soit inférieure ou égale à la consommation cible d'énergie du bâtiment de référence déterminée dans la partie 8.

Méthode prescriptive (section 5.2.)

Cette section décrit toutes les exigences qui permettent à un concepteur de concevoir des installations CVCA répondant aux exigences prescriptives.

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

Cette sous-section décrit certaines exigences applicables aux réseaux de conduits d'air et au refroidissement par l'intégration d'un cycle économiseur.

Essais de détection des fuites (article 5.2.2.4.)

Le taux de fuite maximal admissible ($L_{\max}$) dépend de la pression statique et de la forme des conduits d'air. Plus la pression statique de l'air dans les conduits est élevée, plus les fuites d'air peuvent être élevées (et coûteuses en énergie) lorsque le conduit d'air n'est pas étanchéisé adéquatement.

Exemple

Quel est le taux de fuite maximal admissible ($L_{\max}$) dans une section de conduits circulaires fonctionnant généralement à une pression statique de 800 Pa et occasionnellement à une pression statique maximale de 950 Pa?

Étape 1. Le tableau 5.2.2.4. porte sur les classes de fuite exigées selon la forme du conduit d'air ou du plenum et la pression statique maximale d'opération. Selon l'exemple, la classe de fuite est la suivante : $C_L = 0,20$ L/s par m^2 de surface de conduit. Cette variable est nécessaire pour établir le taux de fuite admissible selon la formule du paragraphe 5.2.2.4. 2).

La valeur P est la pression statique maximale de fonctionnement, soit 950 Pa.

Étape 2. On remplace C_L et P dans l'équation suivante :

$$L_{\max} = C_L \cdot \left(\frac{P}{249} \right)^{0,65} = 0,20 \cdot \left(\frac{950}{249} \right)^{0,65} = 0,48$$

Le taux de fuite maximal admissible ($L_{\max}$) est de 0,48 L/s pour chaque mètre carré de surface de conduit circulaire fonctionnant à une pression statique de 950 Pa.

Isolation des conduits et des plenums (article 5.2.2.5.)

Dans un conduit situé à l'intérieur de l'enveloppe du bâtiment dans lequel circule de l'air provenant d'une prise d'air extérieur, sans être ensuite chauffé ou refroidi, l'écart de température le plus important à considérer est évidemment celui de la saison d'hiver. Dans ce cas, la température extérieure de calcul de janvier à 2,5 % du tableau C-1 présenté en annexe du Code sera utilisée pour déterminer la température de l'air à l'intérieur du conduit.

Dans un conduit d'air situé à l'extérieur du bâtiment dans lequel circule de l'air qui est ensuite chauffé ou refroidi, l'écart de température devra être calculé pour déterminer l'écart le plus important entre la saison d'hiver ou la saison d'été. En ce qui concerne l'écart relatif à la saison d'hiver, la température de calcul de janvier à 2,5 % du tableau C-1 présenté en annexe du Code est utilisée comme température de l'espace dans lequel le conduit est localisé. Selon le même principe, l'écart relatif à la saison d'été considère la température de calcul de juillet à 2,5 % du même tableau C-1 comme température de l'espace dans lequel le conduit est localisé.

Exemple

Une unité de traitement d'air est installée sur le toit d'un nouveau bâtiment à Sherbrooke. Cette unité assure, en fonction de la saison, le chauffage ou le refroidissement de l'air, air qui est ensuite envoyé dans le bâtiment à l'aide d'un conduit de distribution. Des contraintes techniques obligent le concepteur à faire passer une section du conduit de distribution d'air à l'extérieur du bâtiment, au niveau du toit. En période de chauffage l'hiver, l'air de distribution doit être chauffé à 40 °C, tandis qu'en période de refroidissement en été, l'air de distribution doit être refroidi à 13 °C. Quelle doit être la résistance thermique minimale de l'isolant de la section du conduit située à l'extérieur ?

Étape 1. Le tableau des données climatiques (tableau C-1) donne une valeur de -28 °C pour la ville de Sherbrooke, à la température extérieure de calcul en période de chauffage de janvier à 2,5 % et de 29 °C à la température extérieure de calcul en période de refroidissement (climatisation) de juillet à 2,5 % sec.

Étape 2. Calcul de l'écart de température en période de chauffage (hiver).

$$\begin{aligned}\text{Écart} &= \text{Température de l'air dans le conduit} - \text{Température extérieure (l'espace où le conduit est localisé)} \\ &= 40\text{ °C} - (-28\text{ °C}) \\ &= 68\text{ °C}\end{aligned}$$

Étape 3. Calcul de l'écart de température en période de refroidissement (été).

$$\begin{aligned}\text{Écart} &= \text{Température extérieure (l'espace où le conduit est localisé)} - \text{Température de l'air dans le conduit} \\ &= 29\text{ °C} - 13\text{ °C} \\ &= 16\text{ °C}\end{aligned}$$

Étape 4. L'écart de température à considérer pour établir la résistance thermique minimale de l'isolant qui doit protéger la section du conduit située à l'extérieur est celui qui est le plus important, c'est-à-dire celui en période de chauffage (hiver), qui est de 68 °C.

Étape 5. Le tableau 5.2.2.5. exige une résistance thermique minimale de l'isolant de 2,11 (m² · K)/W, pour un écart de température de plus de 43 °C dans les conduits autres que ceux de 3 m de longueur reliant les grilles ou les diffuseurs aux conduits principaux.

La résistance thermique minimale de l'isolant du conduit extérieur est de 2,11 (m² · K)/W.

Exemple

Un conduit achemine de l'air extérieur vers une unité de ventilation située dans une salle mécanique d'un nouveau bâtiment, à Montmagny. Les locaux où est situé le conduit sont maintenus à 21 °C en hiver, tandis qu'en été, en période de refroidissement, ils sont maintenus à 24 °C. Quelle doit être la résistance thermique minimale de l'isolant du conduit ?

Étape 1. Le tableau des données climatiques (tableau C-1) donne une valeur de -25 °C pour la ville de Montmagny, à la température extérieure de calcul en période de chauffage de janvier à 2,5 % et de 28 °C à la température extérieure de calcul en période de refroidissement (climatisation) de juillet à 2,5 % sec.

Étape 2. Calcul de l'écart de température en période de chauffage (hiver).

$$\begin{aligned}\text{Écart} &= \text{Température des locaux où est situé le conduit} - \text{Température de l'air dans le conduit} \\ &\quad (\text{égale à la température extérieure}) \\ &= 21\text{ °C} - (-25\text{ °C}) \\ &= 46\text{ °C}\end{aligned}$$

Étape 3. Calcul de l'écart de température en période de refroidissement (été).

$$\begin{aligned}\text{Écart} &= \text{Température de l'air dans le conduit (égale à la température extérieure)} - \text{Température} \\ &\quad \text{des locaux où est situé le conduit} \\ &= 28\text{ °C} - 24\text{ °C} \\ &= 4\text{ °C}\end{aligned}$$

Étape 4. L'écart de température à considérer pour établir la résistance thermique minimale de l'isolant qui doit protéger le conduit est donc celui qui est le plus important, c'est-à-dire celui en période de chauffage, qui est de 46 °C.

Étape 5. Le tableau 5.2.2.5. exige une résistance thermique minimale de l'isolant de 2,11 (m² · K)/W, pour un écart de température de plus de 43 °C dans les conduits autres que ceux de 3 m de longueur reliant les grilles ou les diffuseurs aux conduits principaux.

La résistance thermique minimale de l'isolant du conduit est de 2,11 (m² · K)/W.

Protection de l'isolant (article 5.2.2.6.)

La protection de l'isolant peut se faire par une enveloppe ou un revêtement extérieur, typiquement fait de plastique ou de métal. L'isolant et sa gaine protectrice doivent être homologués pour résister aux conditions de l'environnement avoisinant.

Refroidissement par l'air extérieur (article 5.2.2.7.)

Un cycle économiseur permet de refroidir l'air de distribution par de l'air extérieur plutôt que par un équipement de refroidissement mécanique qui généralement consomme de l'énergie. C'est ce qu'on appelle du refroidissement gratuit. Cette pratique génère des économies d'énergie, mais dans certains cas d'exception, énumérés au 5.2.2.7. 2), l'énergie nécessaire pour traiter une grande quantité d'air extérieur peut être plus grande que celle nécessaire au refroidissement mécanique.

Il existe deux types de cycle économiseur :

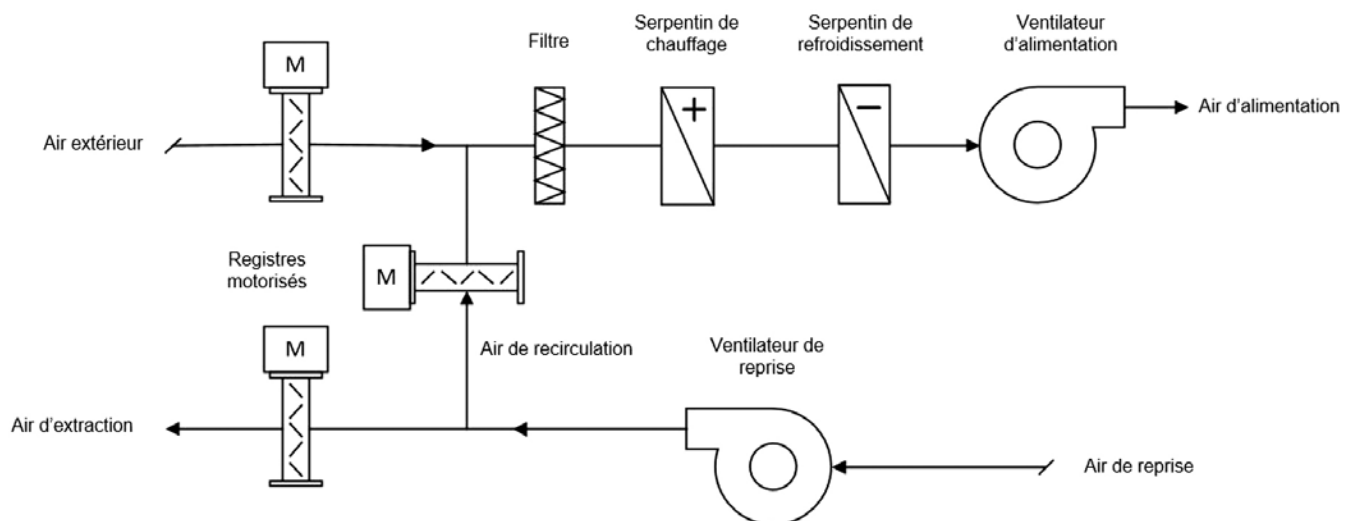
- économiseur sur le circuit d'air traité à l'article 5.2.2.8. pour lequel le refroidissement résulte d'une utilisation directe de l'air extérieur;
- économiseur sur le circuit d'eau traité à l'article 5.2.2.9. pour lequel le refroidissement résulte d'une utilisation indirecte de l'air extérieur.

Le paragraphe 5.2.2.7. 3) mentionne que le cycle économiseur doit être intégré au refroidissement mécanique. En fonction de la température de l'air extérieur et de la demande de refroidissement de la zone desservie, la charge de refroidissement est assurée uniquement par le cycle économiseur, par une combinaison du cycle économiseur et du système de refroidissement mécanique ou uniquement par le refroidissement mécanique.

Refroidissement par utilisation directe de l'air extérieur (article 5.2.2.8.)

Le cycle économiseur sur le circuit d'air représenté à la figure suivante utilise directement l'air extérieur plus froid pour refroidir le bâtiment. Des registres motorisés (M) règlent, entre autres, le débit d'air extérieur introduit par le système de ventilation lorsque le bâtiment doit être refroidi. À plein rendement de refroidissement avec de l'air extérieur, le registre de la prise d'air extérieur est à 100 % ouvert et celui de l'air de recirculation est complètement fermé. La température de l'air arrivant au serpentin de refroidissement mécanique est donc presque la même que celle de l'air extérieur.

Figure 5-1 – Cycle économiseur sur le circuit d'air



Exemple

Un refroidisseur mécanique à expansion directe de 20 tonnes de réfrigération est installé dans une installation CVCA intégrant une section de traitement de l'air. Un cycle économiseur est exigé en vertu de l'article 5.2.2.7. La section de traitement de l'air est commandée par la température de l'air d'alimentation, et non directement par la température de l'espace. Quel est le nombre minimal d'étages de refroidissement mécanique requis pour le refroidisseur ?

Étape 1. Puisque le refroidisseur n'est pas commandé directement à partir de la température de l'espace comme décrit à l'alinéa 5.2.2.8. 3)c), l'installation CVCA doit se conformer au paragraphe 5.2.2.8. 4).

Étape 2. La puissance frigorifique est de 20 tonnes de réfrigération, ce qui équivaut à 70,34 kW.

Étape 3. Le tableau 5.2.2.8.-B porte sur le nombre minimal d'étages de refroidissement mécanique d'une installation CVCA intégrant une section de traitement de l'air. Pour une puissance frigorifique ≥ 70 kW, le refroidisseur à expansion directe doit avoir minimalement quatre étages de refroidissement mécanique avec un déplacement minimal du premier étage de refroidissement ≤ 25 % de la puissance frigorifique totale.

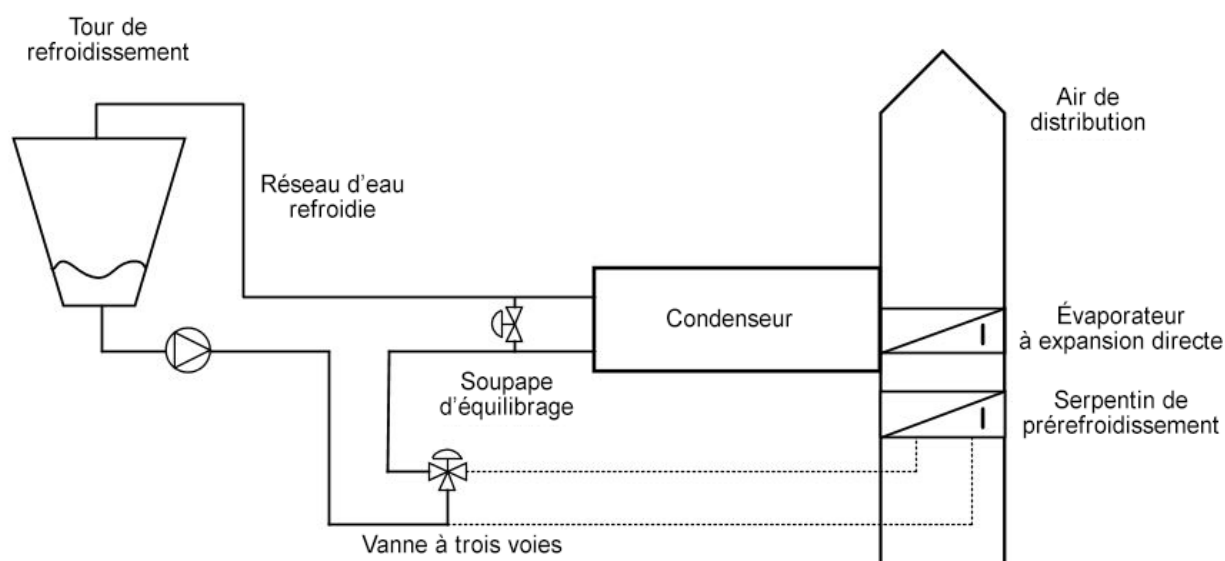
Minimalement, quatre étages de refroidissement mécanique sont requis avec un déplacement minimal du premier étage d'au plus 17,585 kW (25 % de 70,34 kW).

Pour respecter cette exigence, il n'est pas nécessaire que le refroidisseur ait le nombre de compresseurs équivalent au nombre d'étages. Par exemple, il pourrait n'avoir qu'un compresseur à vitesse variable ou une combinaison de deux compresseurs interchangeables de 35 kW chacun, un à vitesse constante et l'autre à vitesse variable.

Refroidissement par utilisation indirecte de l'air extérieur (article 5.2.2.9.)

La figure suivante est un exemple de cycle économiseur (trait pointillé) sur le circuit d'eau. Lorsque le fluide caloporteur provenant de la tour de refroidissement est plus froid que l'air de distribution, la vanne à trois voies dirige le fluide vers un serpentin de prérefroidissement qui refroidit ainsi l'air de ventilation au lieu de refroidir par expansion directe. Les économies d'énergie sont possibles grâce à la réduction de fonctionnement des compresseurs du refroidisseur mécanique à expansion directe. Dans cette conception, étant donné que le condenseur doit être raccordé à une tour d'eau, le cycle économiseur consiste uniquement à rajouter un serpentin de prérefroidissement ainsi que les contrôles nécessaires. Puisque l'économiseur et le refroidisseur mécanique peuvent fonctionner simultanément, cette configuration intégrée du cycle économiseur répond aux exigences du paragraphe 5.2.2.7. 3).

Figure 5-2 – Cycle économiseur sur le circuit d'eau (prérefroidissement de l'air, également appelé « cycle économiseur à refroidissement par transfert de chaleur sensible »)



En contrepartie, un économiseur sur le circuit d'eau non intégré, par exemple un « chiller by-pass », serait quant à lui non conforme aux exigences d'efficacité énergétique. Ce type de conception ne permet pas le fonctionnement simultané de l'économiseur et du refroidisseur mécanique. La totalité de la charge de refroidissement est assurée soit par l'économiseur, soit par le refroidisseur mécanique.

Conception des ventilateurs (sous-section 5.2.3.)

Cette sous-section s'applique aux ventilateurs d'une installation CVCA.

Domaine d'application (article 5.2.3.1.)

Cette sous-section limite les puissances des ventilateurs lorsque la somme des puissances nominales (TPN) des ventilateurs d'une installation CVCA utilisés seuls ou en combinaison est d'au moins 4 kW.

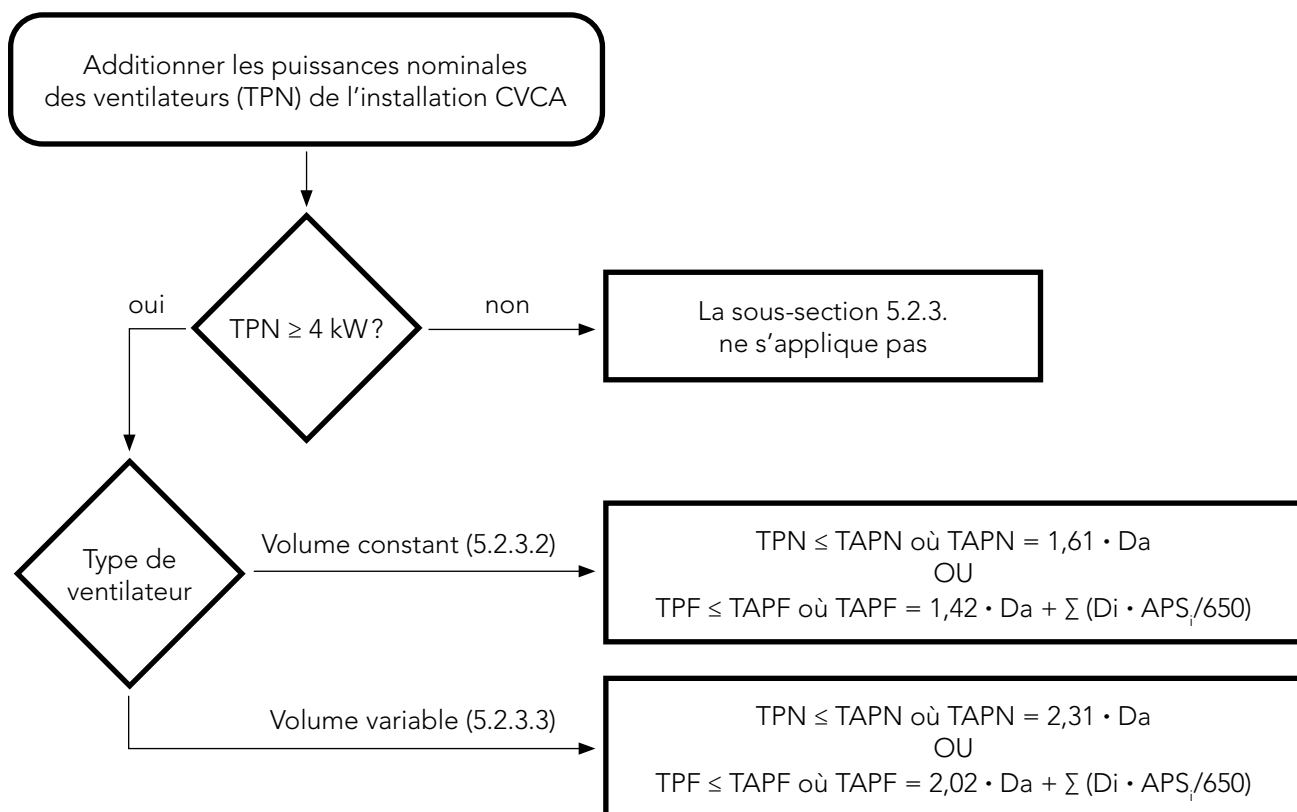
La conception des ventilateurs est limitée par le total admissible des puissances nominales (TAPN) ou par le total admissible des puissances au frein (TAPF). Lorsqu'une installation CVCA possède certaines caractéristiques ou certains équipements qui sont énumérés au tableau 5.2.3.1., le concepteur doit ajuster le TAPF à l'aide des valeurs d'ajustement de pression statique (APS_i) correspondantes au tableau 5.2.3.1.

Les deux options de calcul concernant les puissances de l'installation CVCA sont les suivantes :

- la méthode simple : $TPN \leq TAPN$;
- la méthode détaillée : $TPF \leq TAPF$.

La figure suivante présente les étapes à suivre pour se conformer aux exigences de la sous-section 5.2.3.

Figure 5-3 – Conception des ventilateurs



Ajustement de la pression statique (tableau 5.2.3.1.)

Le tableau 5.2.3.1. présente les ajustements de pression statique qui augmentent ou diminuent le total admissible des puissances au frein (TAPF) en fonction des caractéristiques de certains composants de l'installation CVCA.

Caractéristiques des systèmes CVCA permettant des ajustements de pression statique (tableau 5.2.3.1.)

1. Ensemble des conduits de reprise et ensemble des conduits d'extraction de l'installation CVCA entièrement canalisés

Les équations de base de calcul des TAPF présument que la reprise ou l'extraction de l'air de l'installation CVCA s'effectue sans que celui-ci soit canalisé par des conduits. Un calcul d'ajustement de pression est donc nécessaire lorsque ces conduits sont canalisés.

2. Registres de contrôle de pression installés dans un conduit de reprise et/ou un conduit d'extraction

Certaines zones comme des laboratoires ou des salles d'opération doivent être maintenues en pression négative ou positive par rapport aux espaces environnants. Cela peut être fait par un registre de contrôle sur le conduit de reprise ou d'extraction de la zone par exemple (voir la note A-5.2.3.2. 2) du Code). Un calcul d'ajustement de pression statique est nécessaire et doit prendre en considération le débit D_i correspondant au débit de reprise ou d'extraction de la zone.

3. Filtre ou appareil absorbeur-neutraliseur ou autre appareil de traitement d'air sur le conduit d'extraction

Certaines applications exigent de filtrer ou de traiter l'air d'extraction pour éviter le rejet de poussières ou de contaminants à l'extérieur du bâtiment.

4. Filtres particuliers

Les filtres particuliers évitent l'accumulation de particules dans les ventilateurs, les serpentins et les conduits. Tout en baissant les coûts de maintenance, ils aident à maintenir une bonne qualité d'air intérieur. L'efficacité des filtres se quantifie en MERV (*Minimum Efficiency Reporting Value*) sur une échelle de 1 à 20. Plus la cote MERV est élevée, plus le filtre est efficace et moins de particules traverseront le filtre. Il est courant de retrouver des filtres particuliers dans les réseaux de ventilation allant jusqu'à MERV 8. Toutefois, certains bâtiments tels que les hôpitaux peuvent exiger une meilleure filtration.

5. Filtres particuliers MERV ≥ 16 et filtres électrostatiques

Ces types de filtres requièrent un ajustement de pression statique égal au double de la valeur de la perte de pression fournie par le fabricant dans les conditions de calcul.

6. Purificateurs d'air au carbone ou utilisant une autre phase gazeuse

À la différence des filtres particuliers conçus pour filtrer des particules, les purificateurs d'air au carbone ou ceux qui utilisent une autre phase gazeuse sont conçus pour éliminer les gaz contaminants par des procédés chimiques tels que l'adsorption, la chimisorption ou l'oxydation photocatalytique.

7. Enceinte de sécurité biologique

Les enceintes de sécurité biologique filtrent l'air vicié sortant au moyen d'un filtre HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) pour éviter le rejet de contaminants à l'extérieur du bâtiment et ainsi protéger l'environnement. Par opposition, les hottes de laboratoire extraient directement l'air capté sous la hotte à l'extérieur du bâtiment.

8. Récupérateur de chaleur ou d'énergie, à l'exception des circuits de récupération de chaleur par serpentins

Un récupérateur de chaleur ou d'énergie transfère une partie de l'énergie de l'air évacué vers l'air d'alimentation. Cet équipement (ex. : une roue thermique) augmente la perte de pression de l'installation CVCA et exige plus de puissance au ventilateur.

9. Circuit de récupération de chaleur par serpentins

Ce type de circuit fait circuler un fluide caloporteur dans un réseau bouclé reliant des serpentins distincts entre l'air d'alimentation et l'air d'évacuation pour récupérer de l'énergie.

10. Humidificateur ou refroidisseur évaporatif en série avec un autre serpentins de refroidissement

Ce type d'équipement humidifie l'air pour maintenir les conditions de confort requises.

11. Section atténuatrice de bruit

L'atténuation du bruit dans un système de ventilation est parfois nécessaire lorsque le son ambiant doit être contrôlé. Une section intérieure de conduits est recouverte de matériau absorbant le bruit. Cet équipement augmente la perte de pression de l'installation CVCA et exige plus de puissance au ventilateur.

12. Équipement d'extraction des hottes

Cet équipement est souvent utilisé dans les laboratoires et les cuisines. Il comporte plusieurs composants causant une perte de pression statique.

13. Conduits d'extraction dans les bâtiments en hauteur pour laboratoires et vivariums

Ces conduits d'extraction d'air captent souvent plusieurs équipements situés sur plusieurs étages.

14. Thermopompe ou section de traitement de l'air au gaz naturel ou au propane

Dans une installation CVCA, lorsque le chauffage de l'air est assuré non pas par une résistance électrique, mais par un serpentins de chauffage au gaz naturel ou au propane, ou encore par une thermopompe, un ajustement de la pression statique est nécessaire pour compenser l'augmentation des pertes de pression statique occasionnées.

15. Installation CVCA sans équipement de refroidissement dans la section de traitement de l'air

Il est supposé qu'une installation CVCA standard possède un serpentins de refroidissement. Cet ajustement négatif s'applique lorsque l'installation CVCA ne possède aucun refroidissement, mais seulement du chauffage.

16. Installation CVCA sans équipement de chauffage dans la section de traitement de l'air

Il est supposé qu'une installation CVCA standard possède un serpentins de chauffage. Cet ajustement négatif s'applique lorsque l'installation CVCA ne possède aucun chauffage, mais seulement du refroidissement.

Exemple

Une partie d'un bâtiment est desservie par une installation CVCA munie d'un ventilateur d'alimentation à vitesse variable, d'un ventilateur de reprise et d'un cycle économiseur sur le circuit d'air. L'installation CVCA est aussi munie d'un filtre MERV 9, d'un serpentin de refroidissement à expansion directe et d'un serpentin de chauffage au gaz naturel. Deux salles de conférence sont chacune alimentées par une boîte terminale avec ventilateur en série et une troisième salle l'est par une autre boîte terminale avec ventilateur en parallèle (soit un ventilateur fonctionnant seulement en période de chauffage). Deux groupes de salles de toilettes possèdent chacun un ventilateur d'extraction locale. La figure et le tableau suivants présentent en détails les conditions de calcul de climatisation qui sont plus importantes qu'en période de chauffage. Le concepteur désire savoir si l'installation CVCA est conforme en ce qui a trait aux puissances des ventilateurs (sous-section 5.2.3.).

Figure 5-3 – Installation CVCA

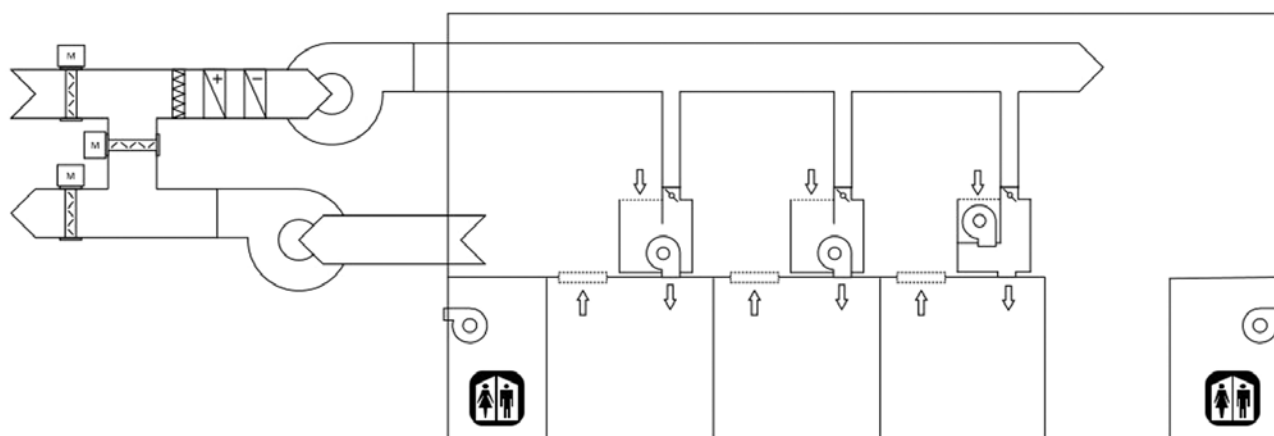


Tableau 5-1 – Conditions de calcul de climatisation

Équipement	Quantité	Débit (L/s)	Puissance nominale (W)	Puissance au frein (W)
Ventilateur d'alimentation	1	5 000	7 560	6 950
Ventilateur de reprise	1	4 600	4 150	3 740
Boîtes terminales avec ventilateur en série	2	250	260	100
Boîtes terminales avec ventilateur en parallèle	1	200	225	90
Ventilateurs d'extraction de toilettes	2	100	160	130

Conditions de calcul de climatisation

Étape 1. L'installation CVCA proposée doit respecter la sous-section 5.2.3. lorsque le total des puissances nominales des ventilateurs est d'au moins 4 kW.

Déterminer quels ventilateurs doivent être comptabilisés dans le total des puissances nominales.

- Le ventilateur d'alimentation, le ventilateur de reprise et ceux des boîtes terminales avec ventilateur en série fonctionnent en continu durant les conditions de calcul de chauffage et de climatisation et sont par conséquent inclus dans le calcul des puissances nominales.
- La boîte terminale avec ventilateur en parallèle fonctionne seulement en période de chauffage. Son ventilateur ne sera pas inclus dans le calcul.
- Les ventilateurs d'extraction autonomes des salles de toilettes ne sont pas inclus dans le calcul puisqu'ils ont chacun une puissance nominale unitaire inférieure à 750 W (selon le paragraphe 5.2.3.1. 3)).

Selon l'alinéa 5.2.3.1. 3)c), le ventilateur du condenseur du système de refroidissement à expansion directe peut ne pas être inclus dans le calcul des puissances nominales, car il dissipe la chaleur de l'équipement et ne participe pas au déplacement de l'air des zones climatisées.

Étape 2. Calculer le total des puissances nominales (TPN) pour vérifier si $TPN \geq 4 \text{ kW}$.

$$\begin{aligned} TPN &= P_{\text{alimentation}} + P_{\text{reprise}} + 2 \cdot P_{\text{boîtes terminales}} \\ &= 7\,560 + 4\,150 + 2 \cdot 260 \\ &= 12\,230 \text{ W} \end{aligned}$$

Étant donné que le TPN (12,23 kW) est supérieur à 4 kW, l'installation CVCA doit se conformer aux exigences de la sous-section 5.2.3.

Étape 3. Vérifier la conformité selon la méthode simple par puissances nominales pour s'assurer que $TPN \leq TAPN$.

- Ventilateurs à débit variable : calculer le TAPN (5.2.3.3. 1)a)).

$$\begin{aligned} TAPN &= 2,31 \cdot D_a \\ &= 2,31 \cdot 5\,000 \\ &= 11\,550 \text{ W} \end{aligned}$$

Étant donné que le TPN (12 230 W) n'est pas inférieur ou égal au TAPN (11 550 W), l'installation CVCA n'est pas conforme selon la méthode simple de vérification par puissances nominales. Par conséquent, la méthode de vérification doit se poursuivre selon la méthode détaillée par puissances au frein.

Étape 4. Calculer le total des puissances au frein (TPF) (5.2.3.3. 1)b)).

$$\begin{aligned} TPF &= P_{\text{alimentation}} + P_{\text{reprise}} + 2 \cdot P_{\text{boîtes terminales}} \\ &= 6\,950 + 3\,740 + 2 \cdot 100 \\ &= 10\,890 \text{ W} \end{aligned}$$

Étape 5. Vérifier la conformité selon la méthode détaillée par puissances au frein pour s'assurer que $TPF \leq TAPF$.

- Calculer les ajustements de pression statique exigés selon le tableau 5.2.3.1.

Équipement	Ajustement APS_i (Pa)	Calculs : $D_i \cdot APS_i / 650$ (W)
Filtre MERV 9	$28,5 \cdot \text{MERV} - 174$ $28,5 \cdot 9 - 174 = 82,5$	$5\,000 \cdot 82,5 / 650 = 635$
Serpentin de chauffage au gaz naturel	50	$5\,000 \cdot 50 / 650 = 385$
$\Sigma (D_i \cdot APS_i / 650)$		1 020 W

- Ventilateurs à débit variable : calculer le TAPF.

$$\begin{aligned}
 TAPF &= 2,02 \cdot D_a + \Sigma (D_i \cdot APS_i / 650) \\
 &= 2,02 \cdot 5\,000 + 1\,020 \\
 &= 11\,120 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Étant donné que le TPF (10 890 W) est inférieur ou égal au TAPF (11 120 W), l'installation CVCA est conforme selon la méthode détaillée de vérification par puissances au frein.

Oui, l'installation CVCA est conforme en ce qui a trait aux puissances des ventilateurs selon les exigences de la sous-section 5.2.3.

Exemple

Une aile d'hôpital est desservie par une installation CVCA à 100 % d'air neuf composé d'un ventilateur d'alimentation à débit constant et d'un ventilateur d'extraction à débit constant. Des registres de contrôle de pression sont installés dans tous les conduits d'extraction. L'installation CVCA possède un filtre particulaire avec une efficacité MERV 13 et l'ensemble des conduits de reprise et des conduits d'extraction de l'installation CVCA sont entièrement canalisés. Un récupérateur d'énergie (roue thermique) ayant une efficacité sensible de 60 % est installé entre l'extraction et l'apport d'air neuf. Le concepteur désire savoir si l'installation CVCA est conforme en ce qui a trait aux puissances des ventilateurs de la sous-section 5.2.3.

Équipement	Quantité	Débit (L/s)	Puissance nominale (W)	Puissance au frein (W)
Ventilateur d'alimentation	1	4 700	15 000	10 400
Ventilateur d'extraction	1	4 300	3 700	2 400

Étape 1. L'installation de ventilation doit respecter la sous-section 5.2.3. lorsque le total des puissances nominales des ventilateurs est d'au moins 4 kW.

Déterminer quels ventilateurs doivent être comptabilisés dans le total des puissances nominales.

- Le ventilateur d'alimentation et le ventilateur d'extraction sont inclus dans le calcul.

Étape 2. Calculer le total des puissances nominales (TPN) pour vérifier si $TPN \geq 4$ kW.

$$\begin{aligned} TPN &= P_{\text{alimentation}} + P_{\text{extraction}} \\ &= 15\,000 + 3\,700 \\ &= 18\,700 \text{ W} \end{aligned}$$

Étant donné que le TPN (18,7 kW) est supérieur à 4 kW, l'installation CVCA doit se conformer à la sous-section 5.2.3.

Étape 3. Vérifier la conformité selon la méthode simple par puissances nominales pour s'assurer que $TPN \leq TAPN$.

- Selon le paragraphe 5.2.3.2. 2), les ventilateurs à débit constant, utilisés entre autres dans les hôpitaux et dont le débit d'extraction ou de reprise est contrôlé de façon à maintenir une pression spécifique, peuvent utiliser les limites plus permissives des ventilateurs à volume variable.
- Ventilateurs à débit variable : calculer le TAPN (5.2.3.3. 1a)).

$$\begin{aligned} TAPN &= 2,31 \cdot D_a \\ &= 2,31 \cdot 4\,700 \\ &= 10\,857 \text{ W} \end{aligned}$$

Étant donné que le TPN (18 700 W) n'est pas inférieur ou égal au TAPN (10 857 W), l'installation CVCA n'est pas conforme selon la méthode simple de vérification par puissances nominales. Par conséquent, la méthode de vérification doit se poursuivre selon la méthode détaillée par puissances au frein.

Étape 4. Calculer le total des puissances au frein (TPF).

$$\begin{aligned} TPF &= P_{\text{alimentation}} + P_{\text{extraction}} \\ &= 10\,400 + 2\,400 \\ &= 12\,800 \text{ W} \end{aligned}$$

Étape 5. Vérifier la conformité selon la méthode détaillée par puissances au frein pour s'assurer que $TPF \leq TAPF$.

Calculer les ajustements de pression statique exigés selon le tableau 5.2.3.1.

Équipement	Ajustement APS_i (Pa)	Calculs : $D_i \cdot APS_i / 650$ (W)
Filtre particulaire avec une efficacité MERV 13	$28,5 \cdot MERV - 174$ $28,5 \cdot 13 - 174 = 196,5$	$4\,700 \cdot 196,5 / 650 = 1\,421$
Registres de contrôle de pression (tout le débit d'extraction)	125	$4\,300 \cdot 125 / 650 = 827$
Ensemble des conduits de reprise et des conduits d'extraction canalisés	125	$4\,300 \cdot 125 / 650 = 827$
Récupérateur d'énergie (flux d'alimentation)	$(550 \cdot \text{efficacité}) - 125$ $(550 \cdot 0,60) - 125 = 205$	$4\,700 \cdot 205 / 650 = 1\,482$
Récupérateur d'énergie (flux d'extraction)	$(550 \cdot \text{efficacité}) - 125$ $(550 \cdot 0,60) - 125 = 205$	$4\,300 \cdot 205 / 650 = 1\,356$
$\Sigma (D_i \cdot APS_i / 650)$		5 913 W

- Ventilateurs à débit variable : calculer le TAPF (5.2.3.3. 1)b)).

$$\begin{aligned}
 TAPF &= 2,02 \cdot D_a + \Sigma (D_i \cdot APS_i / 650) \\
 &= 2,02 \cdot 4\,700 + 5\,913 \\
 &= 15\,407 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Étant donné que le TPF (12 800 W) est inférieur ou égal au TAPF (15 407 W), l'installation CVCA est conforme selon la méthode détaillée de vérification par puissances au frein.

Oui, l'installation CVCA est conforme en ce qui a trait aux puissances des ventilateurs selon les exigences de la sous-section 5.2.3.

Registre des prises et sorties d'air (sous-section 5.2.4.)

Les registres motorisés atténuent les transferts de chaleur non intentionnels attribuables à une exfiltration ou à une infiltration d'air dans les conduits d'air, car ils sont maintenus en position fermée automatiquement lorsque le système de ventilation est à l'arrêt.

Une section de conduit ou un orifice de prise d'air d'au plus $0,08 \text{ m}^2$ correspond à un conduit rond d'un diamètre d'au plus 318 mm (12,53 pouces). Pour ces dimensions, le Code permet que les registres motorisés soient remplacés par des registres anti-refoulement à ressort ou appelé par gravité.

Conception des systèmes de pompage (sous-section 5.2.6.)

Aucune limite de puissance n'est imposée sur les moteurs de pompes, mais certains systèmes de pompage devront être capables de faire varier le débit du fluide qui fournit l'énergie thermique à l'installation CVCA à 50 % ou moins du débit de calcul. Pour savoir si un système de pompage est visé, il faut calculer le total des puissances nominales des moteurs de pompes qui fonctionnent lors des conditions de calcul.

Commandes de température (sous-section 5.2.8.)

Cette sous-section traite des commandes de température des installations CVCA.

Commandes de température des espaces (article 5.2.8.5.)

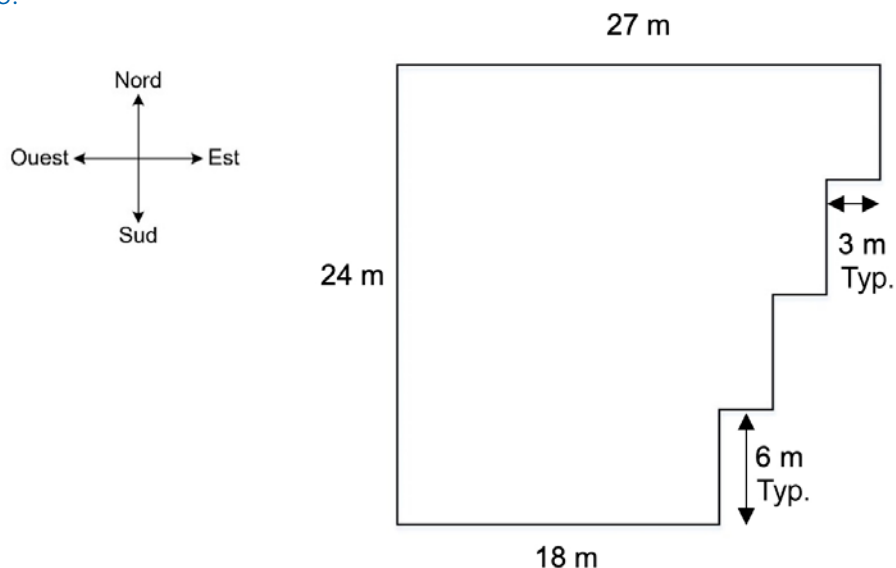
Une zone de régulation de température peut être composée d'un seul espace ou regrouper des espaces ayant des caractéristiques similaires. Chaque zone doit être contrôlée par des commandes thermostatiques individuelles activées par la température de la zone. Par exemple, un espace semi-chauffé et un espace chauffé à des conditions normales ne pourraient pas faire partie de la même zone de régulation de température.

Dans un bâtiment, une zone de régulation de température adjacente à un mur extérieur peut parfois être chauffée ou refroidie par deux systèmes différents : le système principal CVCA et le système périphérique utilisé pour compenser les pertes thermiques de l'enveloppe (ex. : en raison des plinthes électriques situées sous les fenêtres). Comme précisé au paragraphe 5.2.8.5. 1), au moins un thermostat sera nécessaire dans la zone de régulation de température pour contrôler l'apport en chaleur ou en refroidissement du système principal. Le paragraphe 5.2.8.5. 2) exige que le système périphérique de la zone de régulation de température soit commandé par un thermostat desservant cette même zone. On considère que les murs extérieurs ont une orientation différente lorsqu'ils diffèrent de plus de 45°. Il n'y a pas d'exigence particulière lorsqu'une section de périmètre de même orientation est continue sur une distance inférieure à 15 m. Cette section devra être contrôlée par un thermostat indépendant ou par un autre thermostat.

Dans la délimitation des zones, l'important est de prendre en considération les similarités ou les différences des zones, les divisions intérieures, les fonctions et les dimensions des zones. De la même manière, l'ombrage créé par l'environnement extérieur, tel qu'un immeuble adjacent ou un élément architectural du bâtiment construit en saillie, pourrait influencer de manière importante l'apport en gain solaire dans une même zone et, par conséquent, justifier un regroupement ou un fractionnement différent selon les zones périphériques desservies.

Exemple

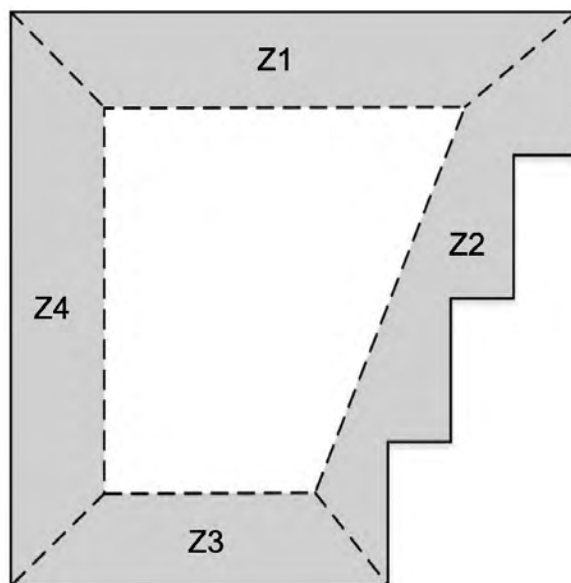
Un bâtiment est équipé d'un système périphérique de chauffage indépendant conçu pour compenser uniquement les pertes thermiques de l'enveloppe. Le concepteur désire délimiter les zones périphériques et installer des commandes de température conformément aux exigences de l'article 5.2.8.5.



Étape 1. Déterminer quels sont les murs extérieurs qui ont les mêmes orientations et qui mesurent au moins 15 m.

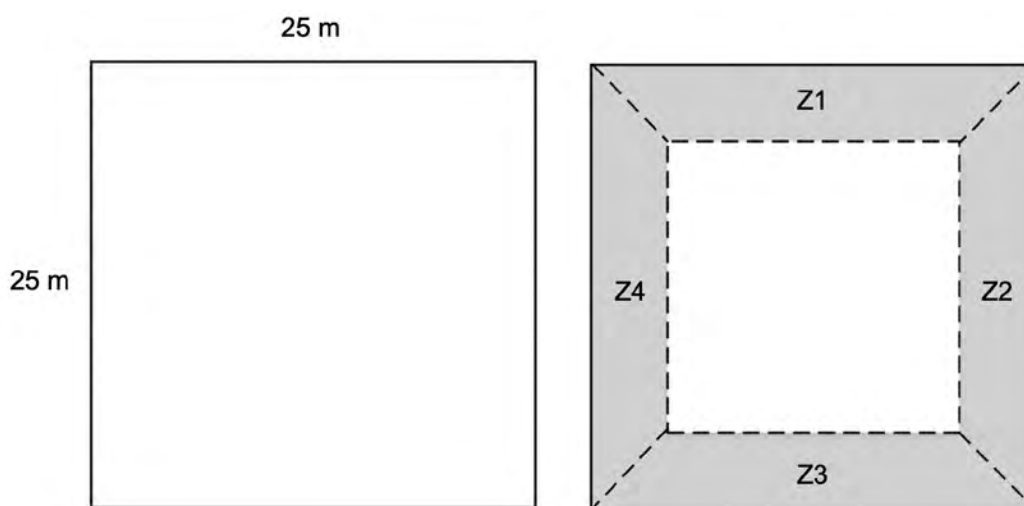
- La façade sud :
 - est continue et mesure 18 m ;
 - constitue une zone de régulation de température et cette section de 18 m devra être munie d'au moins un thermostat situé dans cette même zone.
- La façade ouest :
 - est continue et mesure 24 m ;
 - constitue une zone de régulation de température et cette section de 24 m devra être munie d'au moins un thermostat situé dans cette même zone.
- La façade nord :
 - est continue et mesure 27 m ;
 - constitue une zone de régulation de température et cette section de 27 m devra être munie d'au moins un thermostat situé dans cette même zone.
- La façade est :
 - n'a pas de continuité sur 15 m ou plus ;
 - mesure 33 m de façon discontinue, a des sections de murs extérieurs de moins de 15 m, 4 sections de 6 m chacune pour un total de 24 m sur l'orientation est et 3 sections de 3 m chacune pour un total de 9 m sur l'orientation sud ;
 - on suppose que les mêmes conditions sont présentes partout (fenêtres, ombrages, etc.);
 - puisqu'il n'y a pas de continuité sur 15 m ou plus, cette section regroupant toutes les sections de murs extérieurs constitue une zone de régulation de température et devra être munie d'au moins un thermostat situé dans cette même zone.

Quatre zones de régulation de température périphériques seront créées et chacune devra être contrôlée par au moins un thermostat installé dans la zone desservie.



Exemple

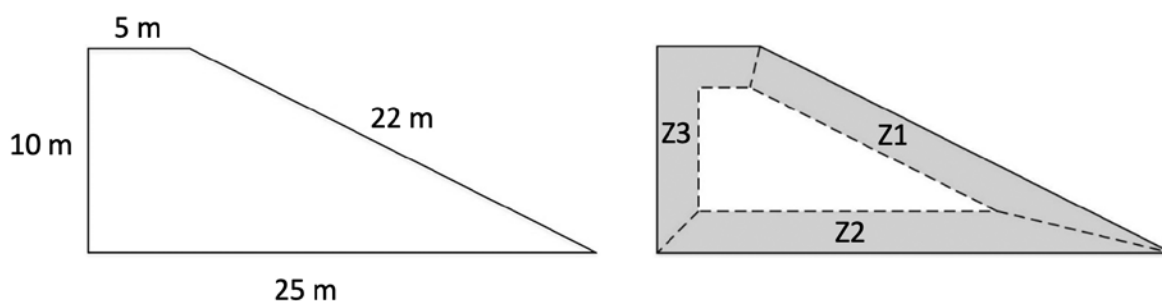
Un bâtiment est équipé d'un système périphérique de chauffage indépendant conçu pour compenser uniquement les pertes thermiques de l'enveloppe. Le concepteur désire délimiter les zones périphériques et installer des commandes de température conformément aux exigences de l'article 5.2.8.5.



Chaque section de périmètre continu de même orientation mesure plus de 15 m. Quatre zones de régulation de température périphériques seront créées et chacune devra être contrôlée par au moins un thermostat installé dans la zone desservie.

Exemple

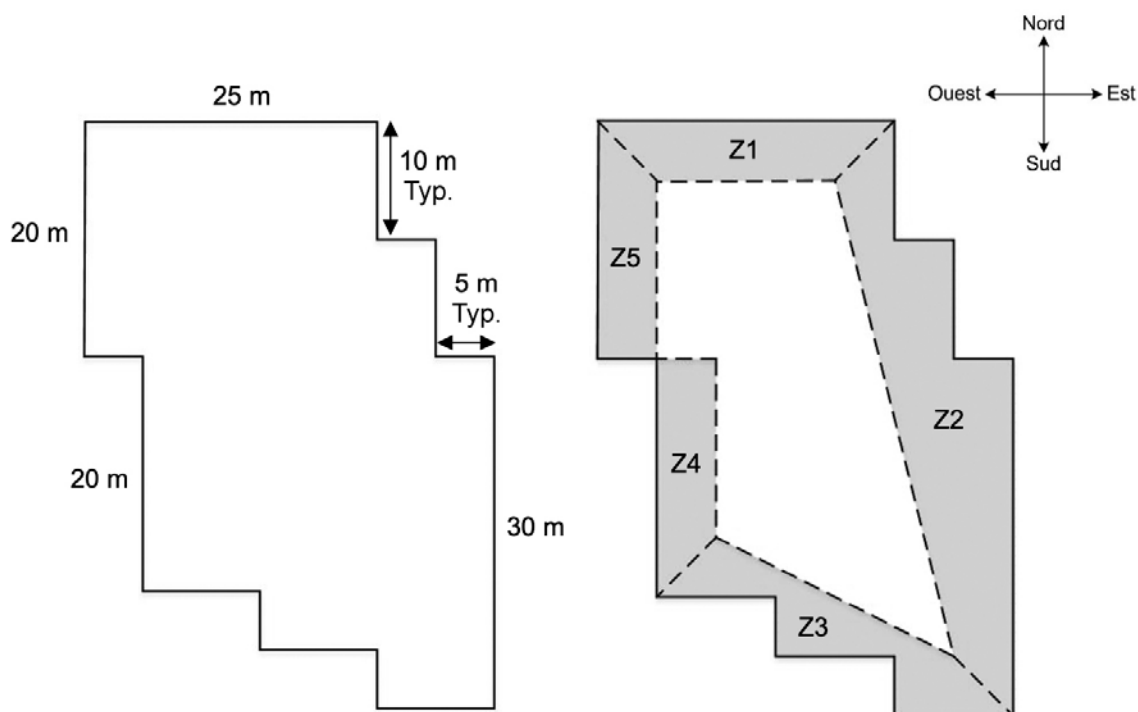
Un bâtiment est équipé d'un système périphérique de chauffage indépendant conçu pour compenser uniquement les pertes thermiques de l'enveloppe. Le concepteur désire délimiter les zones périphériques et installer des commandes de température conformément aux exigences de l'article 5.2.8.5.



Chaque section de périmètre continu de même orientation mesurant 15 m ou plus devra être zonée en Z1 et Z2. Les deux autres façades sont regroupées en une seule zone, Z3. Chacune constitue une zone de régulation de température qui devra être contrôlée par au moins un thermostat installé dans la zone desservie.

Exemple

Un bâtiment est équipé d'un système périphérique de chauffage indépendant conçu pour compenser uniquement les pertes thermiques de l'enveloppe. Le concepteur désire délimiter les zones périphériques et installer des commandes de température conformément aux exigences de l'article 5.2.8.5.



Chaque section de périmètre continu de même orientation mesurant au moins 15 m devra être zonée. Une zone Z1 est créée sur la façade nord, une première zone Z2 est créée sur la façade est et deux zones sont créées sur la façade ouest, soit Z4 et Z5. En raison des similarités, la section restante (nord-est) est regroupée avec la zone Z2. Une dernière zone, Z3, est créée sur la façade sud. Chacune constitue une zone de régulation de température qui devra être contrôlée par au moins un thermostat installé dans la zone desservie.

Commandes des systèmes de chauffage servant à fondre la neige et la glace et des équipements de protection contre le gel (article 5.2.8.6.)

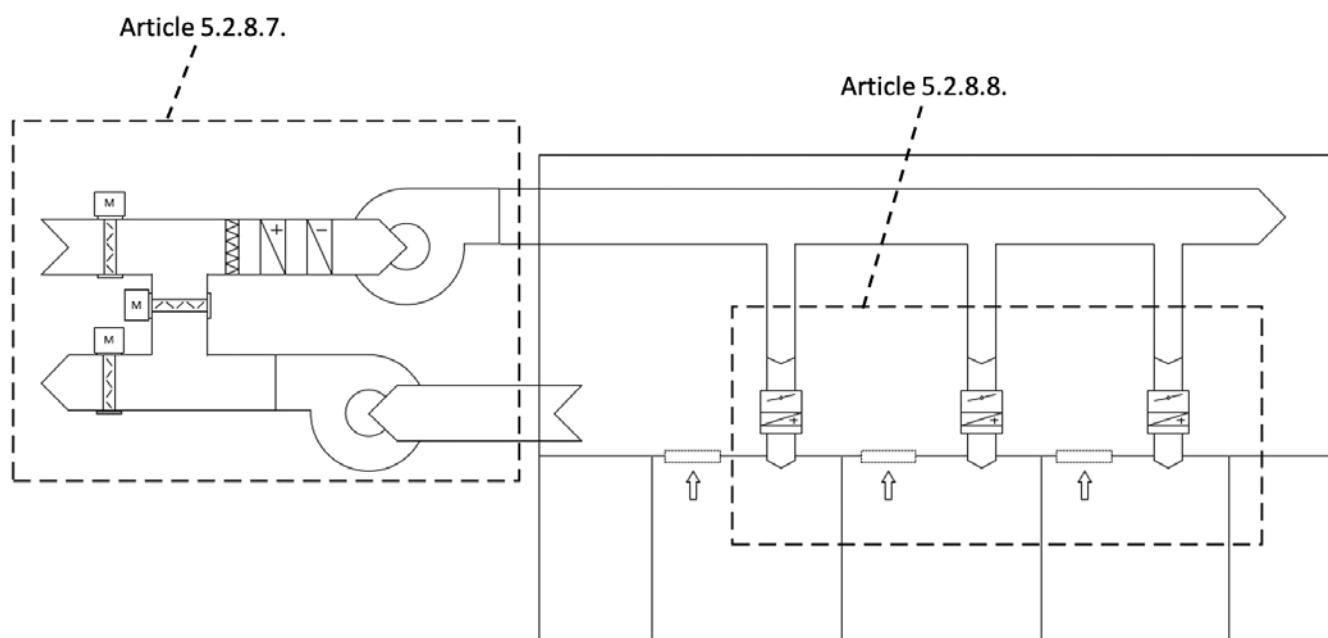
Les équipements de protection contre le gel sont généralement localisés à l'extérieur ou dans un espace non chauffé. L'exemple le plus courant est la protection des tuyauteries par des fils chauffants pour protéger le fluide circulant à l'intérieur contre le gel. Lorsque la température extérieure est au-dessus du point de congélation du fluide, l'énergie de chauffage du fil représente une perte énergétique évitable, et il est requis par le Code de mettre à l'arrêt ces systèmes de protection par des commandes automatiques intégrées. Ces exigences s'appliquent également au fil chauffant dit auto-régulant, qui fait varier la puissance de chauffage en fonction de la température extérieure, car la puissance de chauffage n'est jamais totalement nulle même si la température extérieure est plus élevée que celle du point de congélation du fluide.

Régulation de la température (articles 5.2.8.7. et 5.2.8.8.)

Lors du développement des premières installations CVCA, la principale préoccupation était de fournir du chauffage ou du refroidissement dans les zones desservies en contrôlant, entre autres, la température sans trop se soucier des coûts énergétiques. Les stratégies de régulation consistaient par exemple à réchauffer de l'air préalablement refroidi à l'unité de traitement d'air dans les boîtes terminales. Puisque ces systèmes de contrôle sont énergivores, des limitations sont imposées dans le but de réduire le gaspillage d'énergie.

Ces deux articles s'appliquent à différents équipements d'une même installation CVCA. L'article 5.2.8.7. encadre la section du traitement d'air et ses exigences s'appliquent à l'air d'alimentation. L'article 5.2.8.8. encadre les boîtes terminales (également appelées boîtes de fin de course) et ses exigences s'appliquent à l'air entrant dans les zones à conditionner. La figure suivante illustre les champs d'application de ces deux articles.

Figure 5-4 – Champs d'application des articles 5.2.8.7. et 5.2.8.8.



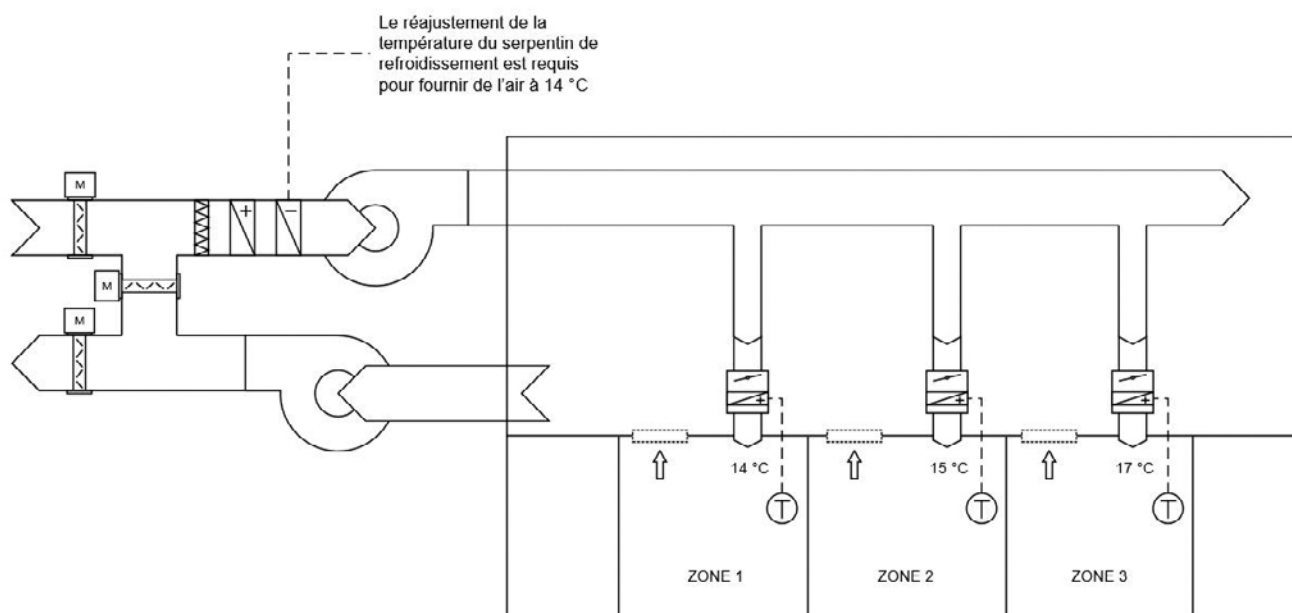
Régulation de la température des espaces par refroidissement additionnel ou réchauffage (article 5.2.8.8.)

Les trois premiers paragraphes de cet article imposent des réglages automatiques de la température d'alimentation de l'air sortant de la section de traitement lorsque des boîtes terminales modulent le chauffage ou le refroidissement pour desservir les zones.

Le paragraphe 5.2.8.8. 1) encadre les installations CVCA avec réchauffage en fin de course. Il est requis de réguler continuellement de façon automatique la consigne de température du serpentin de refroidissement de la section de traitement de l'air pour qu'elle soit égale à la température de la zone de régulation de température qui requiert l'air le plus froid. Cette régulation évitera de refroidir inutilement un gros volume d'air d'alimentation sortant de la section de traitement pour ensuite réchauffer une partie de ce volume d'air par la boîte terminale de la zone. L'écart de réchauffage des autres zones sera aussi réduit en même temps que seront diminuées les dépenses énergétiques.

Exemple

L'installation CVCA suivante alimente avec de l'air extérieur et/ou de reprise de plus de 25 °C trois zones de régulation de température qui sont toutes en demande de refroidissement, mais à des températures différentes. Conformément au paragraphe 5.2.8.8. 1), à quelle valeur devra être portée la consigne de température du serpentin de refroidissement de la section de traitement de l'air?

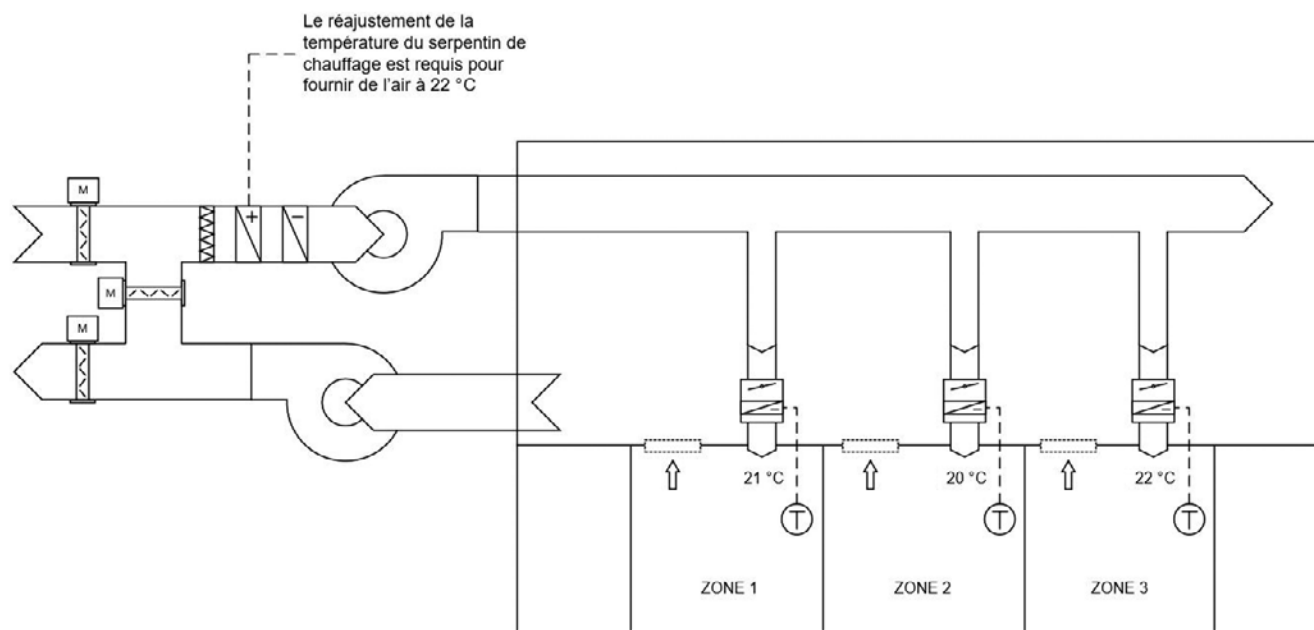


La zone 1, qui a une température de 14 °C, est celle qui requiert l'air d'alimentation le plus froid. La température du serpentin de refroidissement de la section de traitement de l'air devra donc être automatiquement ajustée à 14 °C. De cette façon, le serpentin de réchauffage de la zone 1 ne fonctionnera pas et les serpentins de réchauffage des zones 2 et 3 seront sollicités selon des écarts minimaux.

À l'opposé, le paragraphe 5.2.8.8. 2) encadre les installations CVCA avec refroidissement en fin de course. Il est requis de réguler continuellement de façon automatique la consigne de température du serpentin de chauffage de la section de traitement de l'air pour qu'elle soit égale à la température de la zone de régulation de température qui requiert l'air le plus chaud. Cette régulation évitera de réchauffer inutilement le volume d'air d'alimentation sortant de la section de traitement de l'air pour ensuite refroidir une partie de ce volume d'air par la boîte terminale de la zone. L'écart de refroidissement des autres zones sera aussi réduit en même temps que seront diminuées les dépenses énergétiques.

Exemple

L'installation CVCA suivante alimente avec de l'air extérieur et/ou de reprise de moins de 15 °C trois zones de régulation de température qui sont toutes en demande de chauffage, mais à des températures différentes. Conformément au paragraphe 5.2.8.8. 2), à quelle valeur devra être portée la consigne de température du serpentin de chauffage de la section de traitement de l'air de l'unité de ventilation ?

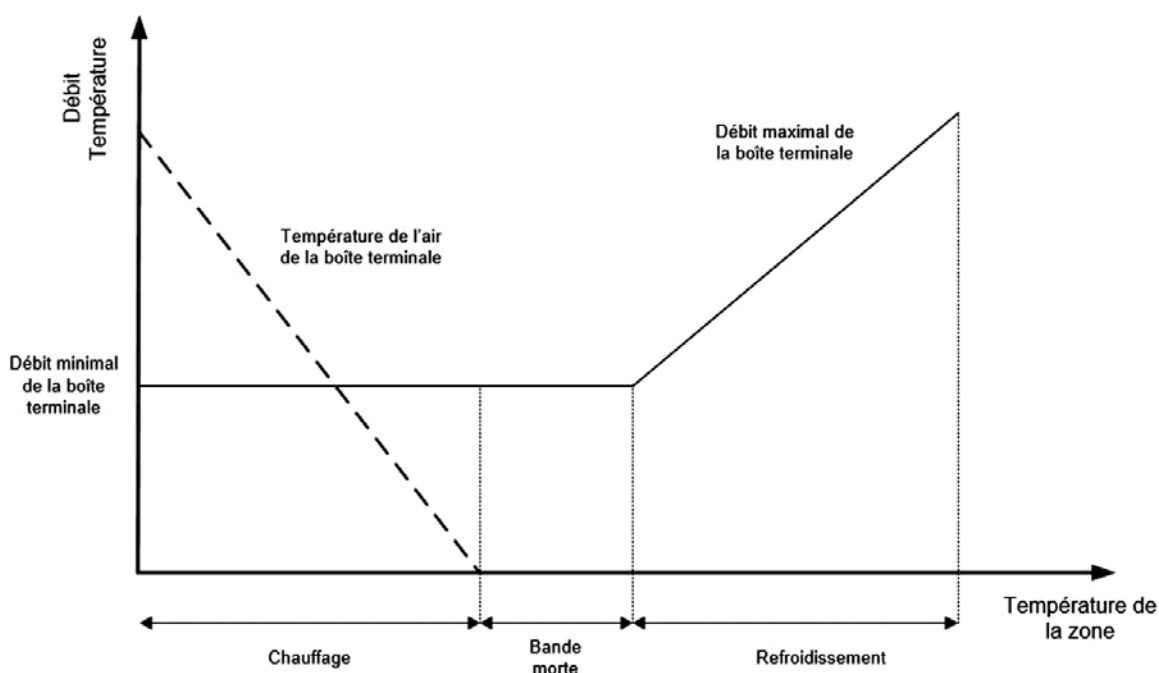


La zone 3, qui a une température de 22 °C, est celle qui requiert l'air d'alimentation le plus chaud. La température du serpentin de chauffage de la section de traitement de l'air devra donc être automatiquement ajustée à 22 °C. De cette façon, le serpentin de refroidissement de la zone 3 ne fonctionnera pas et les serpentins de refroidissement des zones 1 et 2 seront sollicités selon des écarts minimaux.

Le paragraphe 5.2.8.8. 3) encadre la régulation des boîtes terminales d'une installation CVCA à double conduit qui mélange l'air chaud et l'air froid avant d'alimenter la zone desservie.

Après la régulation de la température de l'air d'alimentation, les paragraphes 5.2.8.8. 4) et 5) limitent les débits aux boîtes terminales lorsqu'il y a refroidissement additionnel ou réchauffage. Le paragraphe 5.2.8.8. 4) encadre la régulation de la température dans les boîtes terminales sans système de commande numérique directe. La figure suivante illustre un exemple de séquence de contrôle d'une boîte terminale à volume variable sans système de commande numérique directe et avec réchauffage par serpentin hydronique d'eau chaude.

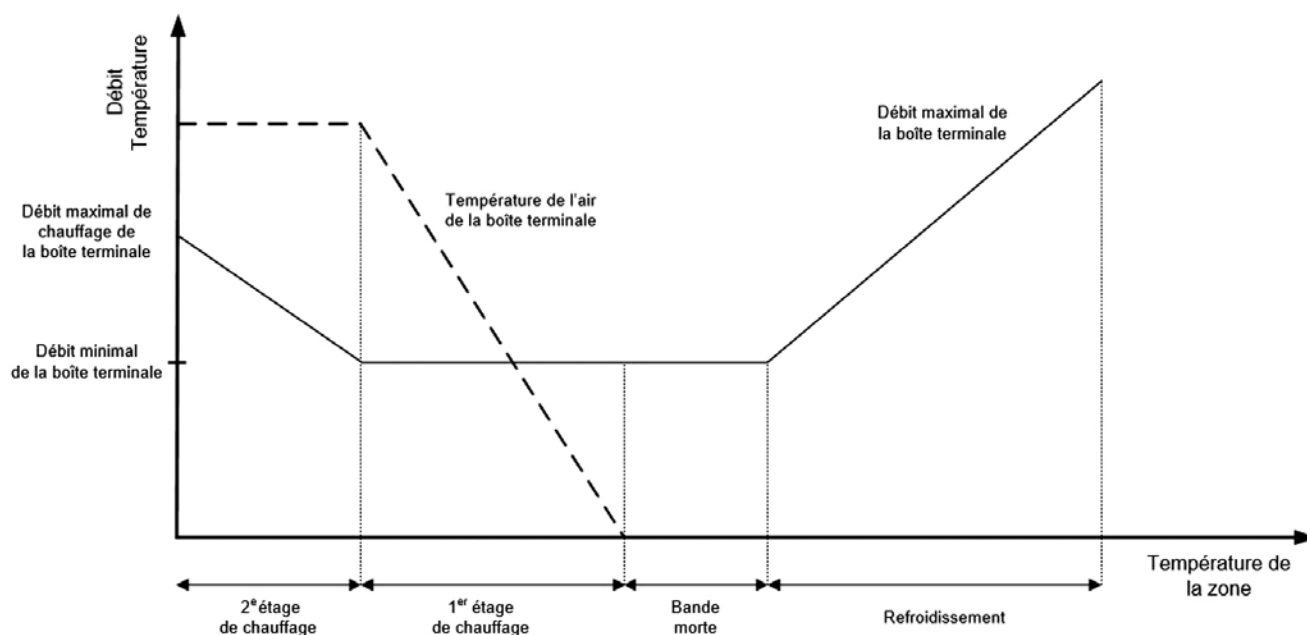
Figure 5-5 – Séquence de contrôle d’une boîte terminale à volume variable sans système de commande numérique directe et avec réchauffage par serpentin hydronique d’eau chaude



L'axe horizontal représente la température de la zone ainsi que le signal de la demande en chauffage ou en refroidissement pour l'espace desservi par la boîte terminale. L'axe vertical représente à la fois le débit d'air de la boîte terminale et la température du serpentin hydronique de chauffage dans la boîte terminale. La plage centrale de la figure représente la bande morte où aucune activité de chauffage ni de refroidissement n'est présente. Le débit de cette plage est égal à la valeur la plus élevée entre le débit d'air extérieur exigé au Code national du bâtiment (CNB) pour maintenir la qualité d'air intérieur requise ou les 30 % du débit d'alimentation maximal de la zone de régulation de température. Lorsque la température de la zone diminue, partant de la bande morte (de droite vers la gauche), la période de chauffage débute. Plus la température de la zone diminue, plus le chauffage augmente par l'ouverture progressive de la valve d'eau chaude du serpentin hydronique, passant de sa position fermée jusqu'à son ouverture complète. La plage droite de la figure représente le refroidissement de l'espace. Lorsque la température de la zone augmente, partant de la bande morte (de gauche vers la droite), et que la température de l'air d'alimentation est suffisamment basse, le débit de la boîte terminale augmente jusqu'au maximum au besoin, pour satisfaire à la demande de température et refroidir la zone desservie.

Le paragraphe 5.2.8.8. 5) encadre la régulation de la température dans les boîtes terminales par un système de commande numérique directe. La figure suivante illustre un exemple de séquence de contrôle d'une boîte terminale à volume variable par un système de commande numérique directe et par le réchauffage par serpentin hydronique d'eau chaude.

Figure 5-6 – Séquence de contrôle d’une boîte terminale à volume variable avec système de commande numérique directe et avec réchauffage par serpentin hydronique d’eau chaude



L'axe horizontal représente la température de la zone ainsi que le signal de la demande en chauffage ou en refroidissement pour la zone desservie par la boîte terminale. L'axe vertical représente à la fois le débit d'air de la boîte terminale et la température du serpentin hydronique de chauffage dans la boîte terminale. La plage centrale de la figure représente la bande morte où aucune activité de chauffage ni de refroidissement n'est présente. Le débit de cette plage est égal à la valeur la plus élevée entre le débit d'air extérieur exigé au CNB pour maintenir la qualité d'air intérieur requise ou les 20 % du débit d'alimentation maximal de la zone de régulation de température. Lorsque la température de la zone diminue, partant de la bande morte (de droite vers la gauche), le premier étage de chauffage débute. Plus la température de la zone diminue, plus le chauffage augmente par l'ouverture progressive de la valve d'eau chaude du serpentin hydronique, passant de sa position fermée jusqu'à son ouverture complète. Ensuite, lorsque la température de la zone continue à diminuer, le second étage de chauffage s'enclenche en même temps et le débit de la boîte terminale augmente progressivement pour atteindre au plus 50 % du débit d'alimentation maximal de la zone de régulation de température. La plage droite de la figure représente le refroidissement de la zone. Lorsque la température de la zone augmente, partant de la bande morte (de gauche vers la droite), et que la température de l'air d'alimentation mélangé est suffisamment basse, le débit de la boîte terminale augmente jusqu'au maximum au besoin pour satisfaire à la demande de température et refroidir la zone desservie.

Récupération de la chaleur ou de l'énergie (sous-section 5.2.10.)

Cette sous-section traite de la récupération de la chaleur ou de l'énergie dans les installations CVCA ou de réfrigération des bâtiments.

Récupération de la chaleur ou de l'énergie (article 5.2.10.1.)

L'air conditionné extrait d'un bâtiment peut contenir une quantité d'énergie très intéressante à récupérer en vue d'abaisser les coûts énergétiques du bâtiment. D'ailleurs, lorsque la quantité de chaleur sensible de chaque équipement dépasse 50 kW dans l'air d'extraction, l'installation CVCA doit être munie d'un équipement de récupération de la chaleur ou de l'énergie.

Exemple

Une installation CVCA comportant une unité de traitement d'air doit être installée sur le toit d'un nouveau bâtiment à Rimouski. Le débit nominal d'extraction est de 1 000 L/s et la température de l'air extrait est de 22 °C. Est-ce que cette installation CVCA devra être munie d'un équipement de récupération de la chaleur ou de l'énergie?

Étape 1. Le tableau des données climatiques (tableau C-1) donne une valeur de -25 °C pour la ville de Rimouski, à la température extérieure de calcul en période de chauffage de janvier à 2,5 %.

Étape 2. Calcul de la quantité de chaleur sensible (équation décrite au paragraphe 5.2.10.1. 4)).

$$\text{chaleur sensible} = 0,00123 \cdot Q \cdot (T_e - T_o)$$

où

Q = capacité nominale du système d'extraction à la température normale de l'air extrait en L/s

T_e = température de l'air extrait avant récupération de la chaleur en °C

T_o = température extérieure de calcul de janvier à 2,5 % en °C

$$\begin{aligned}\text{Quantité de chaleur sensible} &= 0,00123 \cdot Q \cdot (T_e - T_o) \\ &= 0,00123 \cdot 1000 \text{ L/s} \cdot (22 \text{ °C} - [-25 \text{ °C}]) \\ &= 57,81 \text{ kW}\end{aligned}$$

Étant donné que la quantité de chaleur sensible de l'air d'extraction est supérieure à 50 kW, l'installation CVCA devra être munie d'un équipement de récupération de la chaleur ou de l'énergie.

Piscines (article 5.2.10.2.)

Dans les espaces intérieurs climatisés, les piscines agissent comme des humidificateurs en ajoutant continuellement de la vapeur d'eau dans l'air. Les installations CVCA des bâtiments abritant des piscines doivent donc être conçues pour contrôler cette humidité. Pour une piscine intérieure, le taux d'humidité relative de l'air se situe généralement entre 50 et 60 %. En dessous de 50 %, le taux d'évaporation de l'eau de la piscine augmente de façon importante, ce qui accroît les coûts de déshumidification. Au-dessus de 60 %, la qualité de l'air se dégrade rapidement et cette situation peut entraîner des problèmes de moisissure ou une corrosion prématurée des équipements et installations.

Une autre préoccupation importante de la gestion de la ventilation des bâtiments abritant des piscines est d'assurer une distribution efficace de l'air pour éviter la condensation et assurer l'évacuation des contaminants tels que les chloramines ou le CO₂. Par conséquent, les changements d'air volumétriques de la section du bâtiment occupée par la piscine varient de 4 à 8 CAH (changement d'air à l'heure), en fonction de la typologie et de l'usage qui est fait de la piscine (bassin compétitif, récréatif, spa, présence de gradins, etc.).

Il existe en principe deux façons de déshumidifier l'air d'une piscine intérieure : par une déshumidification mécanique ou par un apport d'air extérieur. Une déshumidification entièrement réalisée par l'ajout d'air extérieur dans l'espace de la piscine n'est pas envisageable dans le climat québécois. En hiver, l'introduction d'air sec extérieur pourrait faire chuter rapidement le niveau d'humidité relative du bâtiment en dessous de 50 %. De plus, le chauffage de l'air extérieur introduit représente une importante dépense énergétique. En été, l'introduction d'air extérieur plus humide que celle présente à l'intérieur augmente la charge de déshumidification mécanique nécessaire.

C'est pourquoi l'article 5.2.10.2. impose d'utiliser la déshumidification mécanique. Puisque l'installation CVCA d'une piscine intérieure fonctionne 24 heures sur 24, 7 jours sur 7 (l'humidification produite par l'eau du bassin n'arrête jamais), la déshumidification mécanique de l'air intérieur de la piscine est moins énergivore que le chauffage d'une grande quantité d'air sec introduit de l'extérieur.

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

À l'alinéa 5.2.11.2. 8)a), il est mentionné qu'il n'est pas nécessaire d'inclure dans les secteurs de réglage de la circulation d'air les zones de régulation de température dans lesquelles les exigences relatives à l'air extérieur et à l'extraction de l'air ne permettent pas de réduire ni de supprimer l'alimentation en air. Cela pourrait être le cas par exemple dans le hall d'entrée d'un hôtel qui n'aurait aucun avantage à être isolé puisque cette zone doit être conditionnée en tout temps.

Installation de ventilation de cuisson commerciale (article 5.2.13.1.)

Dans les bâtiments comportant des installations de ventilation de cuisson commerciale, il est courant de compenser l'air d'extraction des hottes de captation par un apport équivalent d'air extérieur. Puisque le traitement de l'air extérieur est énergivore, il est important de limiter cet apport d'air en vue d'optimiser la conception et de diminuer les coûts de traitement de l'air.

Lorsque l'extraction de l'air de cuisson commerciale a un débit cumulé de plus de 2 360 L/s, trois options sont offertes aux concepteurs qui veulent encadrer la conception de ces installations et se conformer aux exigences d'efficacité énergétique :

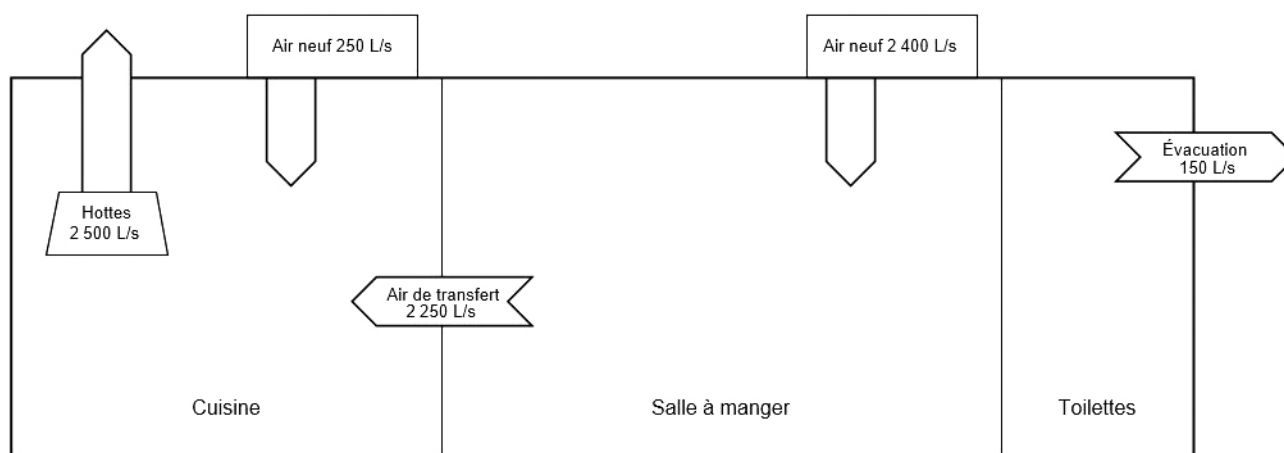
- l'utilisation d'air de transfert, selon l'alinéa 5.2.13.1. 2)a);
- l'extraction d'air sur demande, selon l'alinéa 5.2.13.1. 2)b);
- la récupération de la chaleur extraite, selon l'alinéa 5.2.13.1. 2)c).

L'air de transfert disponible est une quantité d'air qui a circulé (selon les classes d'air décrites à la norme ASHRAE 62.1) dans un autre espace indépendant de la cuisine et qui aurait été évacué du bâtiment. Comme il est déjà conditionné, au lieu d'être rejeté directement à l'extérieur, cet air transite par la cuisine avant de finalement être évacué par les hottes de captation de cuisson.

Exemple

Un nouveau restaurant est composé principalement d'une salle à manger, d'une cuisine avec équipement de cuisson commercial ainsi que de deux salles de toilettes. Pour maintenir la qualité d'air intérieur requise par le CNB, il faut que le débit d'air extérieur soit de 250 L/s dans la cuisine et de 2 400 L/s dans la salle à manger. On doit extraire un débit total combiné de 150 L/s d'air vicié à l'aide des ventilateurs de salles de toilettes. Les hottes d'extraction de cuisson sont conçues pour extraire un débit cumulé de 2 500 L/s. Afin de se conformer aux exigences d'efficacité énergétique, le concepteur choisit l'utilisation de l'air de transfert disponible.

Calcul du débit de l'air de transfert requis



Étape 1. Le débit d'air de transfert doit correspondre à au moins 50 % du débit d'extraction des hottes de cuisson.

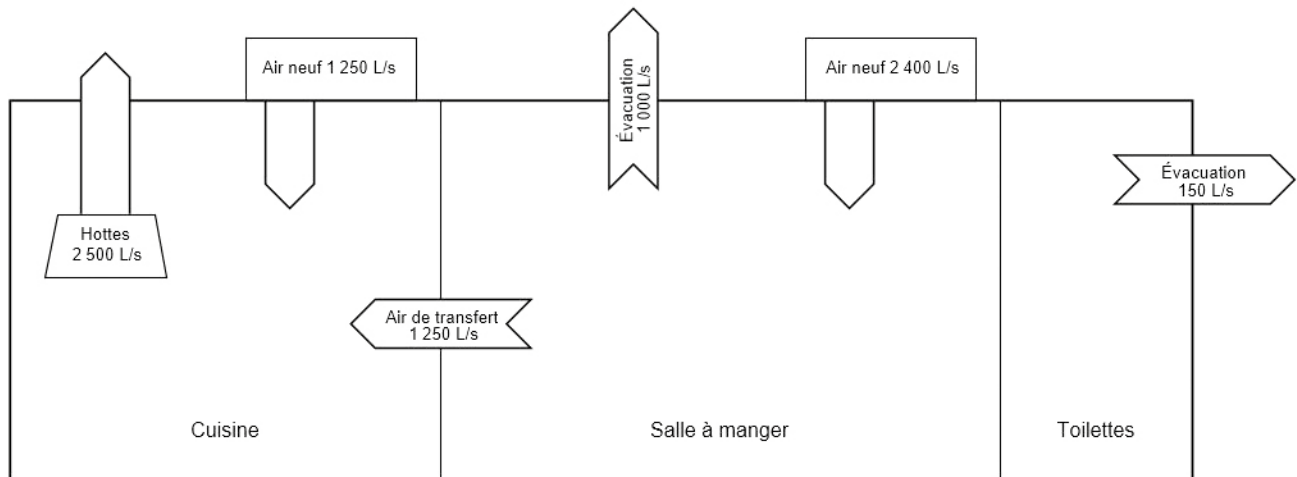
$$\text{Débit d'air de transfert} \geq 50 \% \cdot 2\,500 \geq 1\,250 \text{ L/s}$$

Étape 2. Calculer le débit d'air de transfert disponible.

$$\begin{aligned} \text{Air de transfert disponible} &= D_a - D_t - D_e = 2\,400 - 150 - 0 \\ &= 2\,250 \text{ L/s} \end{aligned}$$

L'air de transfert disponible permet donc de compenser plus de 50 % du débit de l'extraction des hottes de cuisson, c'est-à-dire jusqu'à 90 % du débit d'extraction des hottes.

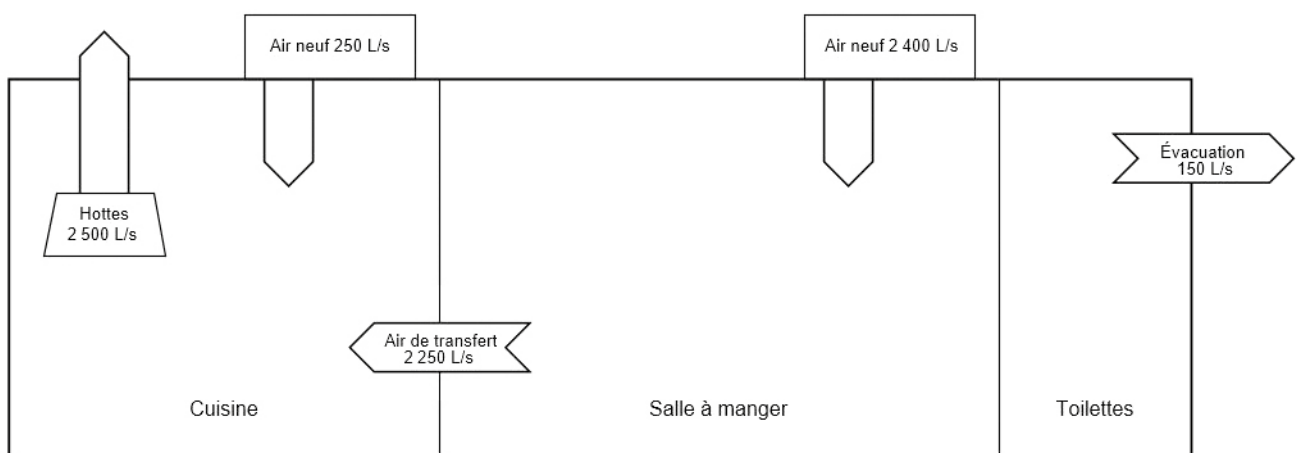
La solution minimale, qui consiste à compenser le débit d'extraction des hottes de cuisson par l'utilisation de l'air de transfert disponible, est illustrée à la figure suivante.



Pour balancer l'extraction de l'air par les hottes de cuisson de 2 500 L/s, cette solution exige :

- un apport d'air extérieur de 2 400 L/s;
- une évacuation d'air de 150 L/s par la ventilation des salles de toilettes;
- une évacuation d'air de 1 000 L/s par la ventilation de la salle à manger;
- un apport d'air extérieur de 1 250 L/s dans la cuisine;
- un transfert d'air de 1 250 L/s de la salle à manger vers la cuisine.

En analysant de plus près cette première solution, un concepteur pourrait décider d'optimiser la conception en utilisant la totalité de l'air de transfert disponible pour la transférer vers la cuisine et compenser ainsi l'extraction des hottes. Il est évident qu'une telle solution n'est possible que si la configuration du bâtiment s'y prête et que les ouvertures entre la salle à manger et la cuisine sont importantes, et ce, pour permettre le transfert de cet air sans nuire au confort de la clientèle et du personnel. La figure suivante illustre cette optimisation.



Selon cette conception, 90 % (2 250/2 500) du débit nécessaire pour compenser le débit d'extraction des hottes de cuisson proviendrait de l'air de transfert de la salle à manger. L'apport en air neuf extérieur total passerait de 3 650 L/s à 2 650 L/s, soit une réduction d'environ 27 %. Sur le plan énergétique, les coûts de traitement de l'air seraient réduits.

Partie 6



Installations d'eau sanitaire
et de piscines



La partie 6 traite des installations d'eau sanitaire et des piscines dans les bâtiments. Pour se conformer aux exigences, le concepteur doit choisir entre la méthode prescriptive (section 6.2.) et la méthode de performance (section 6.4.) conformément à la partie 8. La méthode prescriptive dicte les exigences minimales à respecter, tandis que la méthode de performance exige que la consommation annuelle d'énergie du bâtiment proposé soit inférieure ou égale à la consommation cible d'énergie du bâtiment de référence déterminée par la partie 8.

Méthode prescriptive (section 6.2.)

Cette section décrit les exigences qui permettront à un concepteur de concevoir des installations d'eau sanitaire qui répondront à la méthode prescriptive.

Appareils mixtes de chauffage des espaces et de l'eau sanitaire (article 6.2.2.4.)

En vue de limiter les pertes énergétiques, les installations comportant des appareils mixtes de chauffage des espaces et de l'eau sanitaire sont limitées en puissance. Le chauffage de l'air peut être effectué par de l'équipement périphérique de chauffage hydronique ou par un serpentin de chauffage hydronique dans les installations CVCA. Les figures suivantes présentent des exemples d'installations d'appareils mixtes de chauffage.

Figure 6-1 – Installation mixte de chauffage des espaces et de l'eau sanitaire avec un chauffe-eau instantané

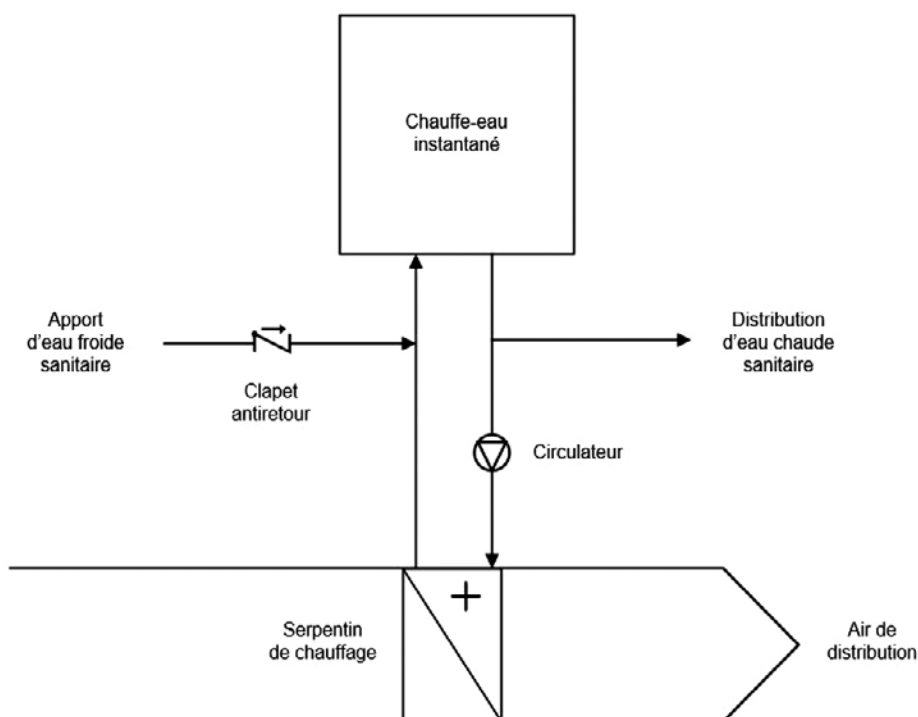
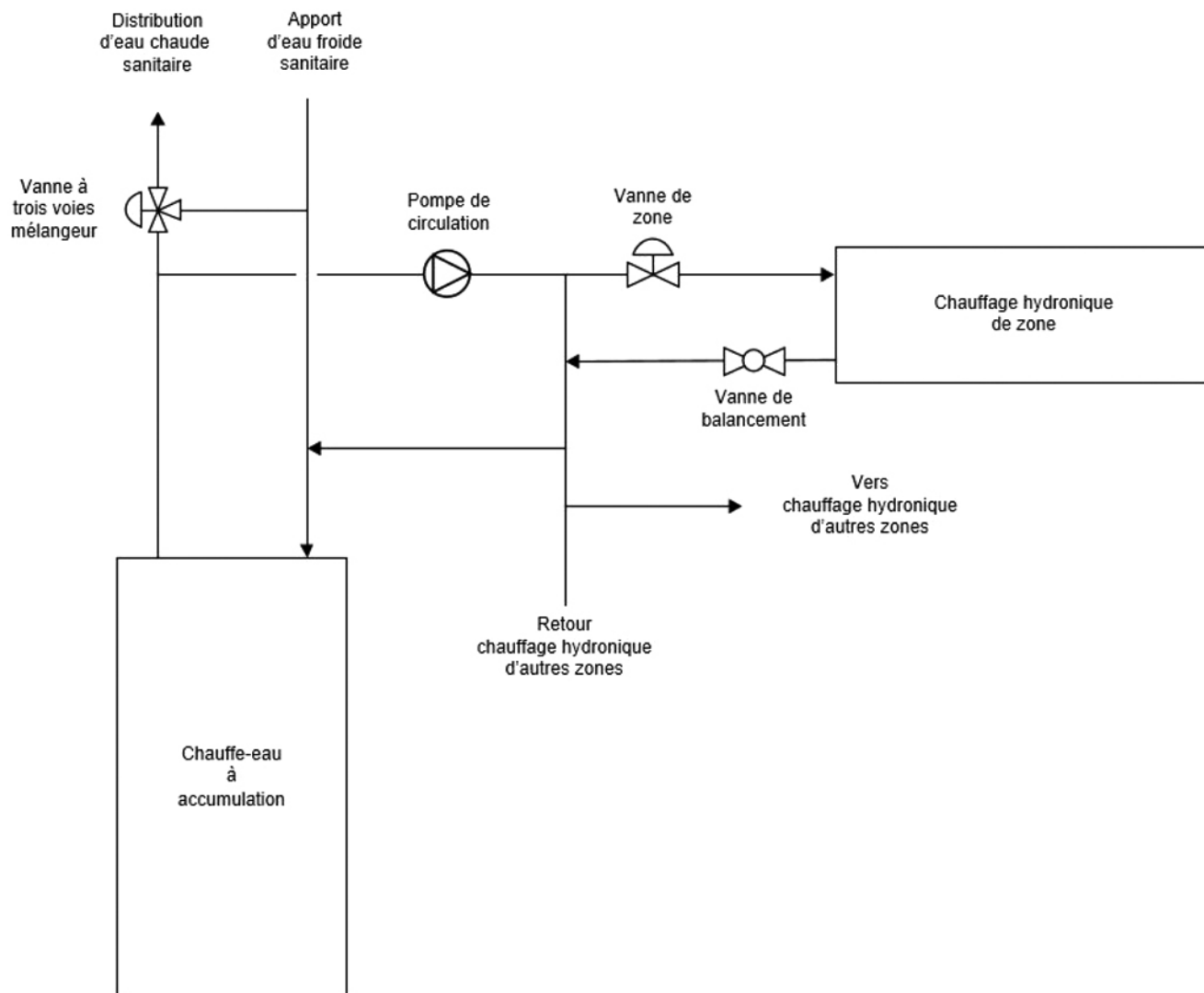


Figure 6-2 – Installation mixte de chauffage des espaces et de l’eau sanitaire avec un chauffe-eau à accumulation



Partie 8

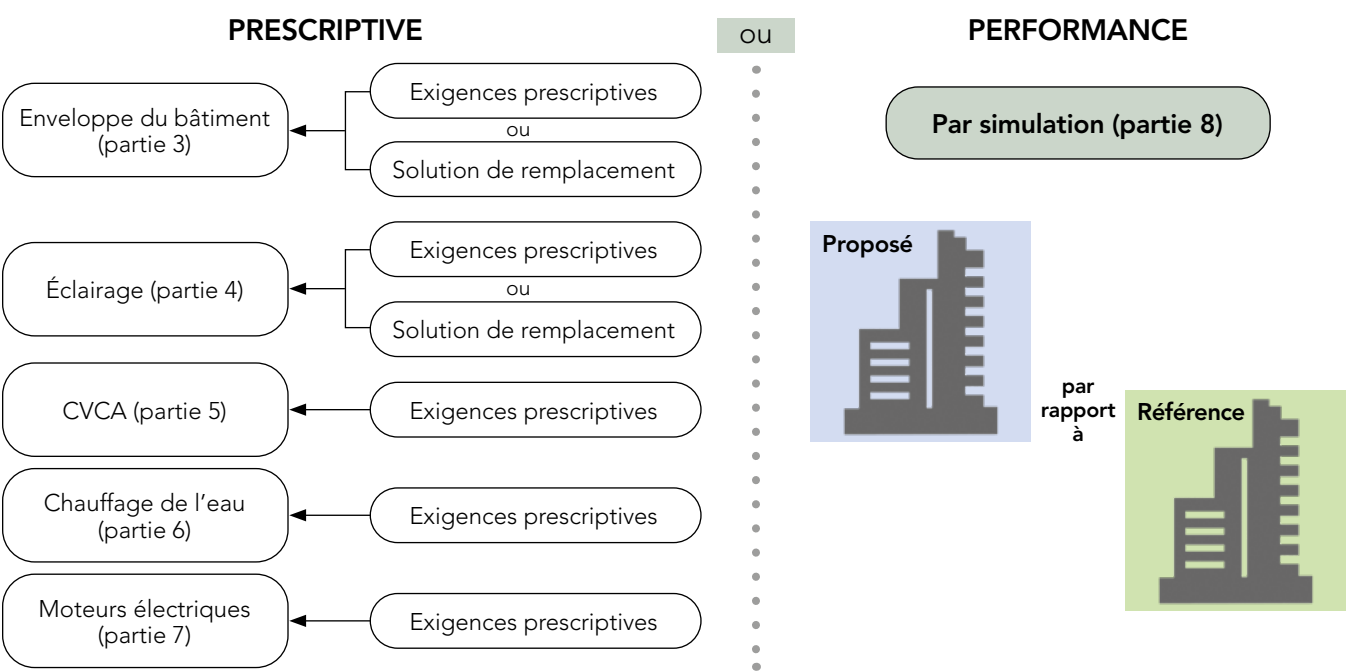


Méthode de conformité par
la performance énergétique



La partie 8 permet aux concepteurs de compenser les pénalités énergétiques engendrées par des composants d'un bâtiment non conformes aux exigences prescriptives du Code (à celles de la section 3.2. ou 4.2., par exemple) par des crédits énergétiques résultant de la performance accrue d'un ou plusieurs autres composants d'un même bâtiment (ex. : une installation CVCA). L'objectif est de s'assurer que les crédits peuvent compenser les pénalités, selon les dispositions prévues à la partie 8. Dans le contexte du Code, on détermine la conformité d'un bâtiment selon l'approche prescriptive ou selon l'approche par performance énergétique (comme illustrée à la figure suivante); une démonstration hybride n'est pas permise. Néanmoins, plusieurs exigences de nature prescriptive peuvent s'ajouter, selon les circonstances, aux exigences générales de la partie 8.

Figure 8-1 – L'approche prescriptive par rapport à l'approche par performance du Code



La méthode de conformité par la performance énergétique repose sur deux assises numériques : la modélisation énergétique, c'est-à-dire la représentation mathématique des composants et des systèmes énergétiques d'un bâtiment, et la simulation énergétique, c'est-à-dire la mise en opération virtuelle du modèle, par exemple au cours d'une année typique. La partie 8 décrit les critères qui permettent le recours à cette méthode, les principes qui guident la modélisation ainsi que les paramètres de la simulation énergétique.

Généralités (section 8.1.)

Cette section décrit les exigences générales de la partie 8, dont le domaine d'application.

Généralités (sous-section 8.1.1.)

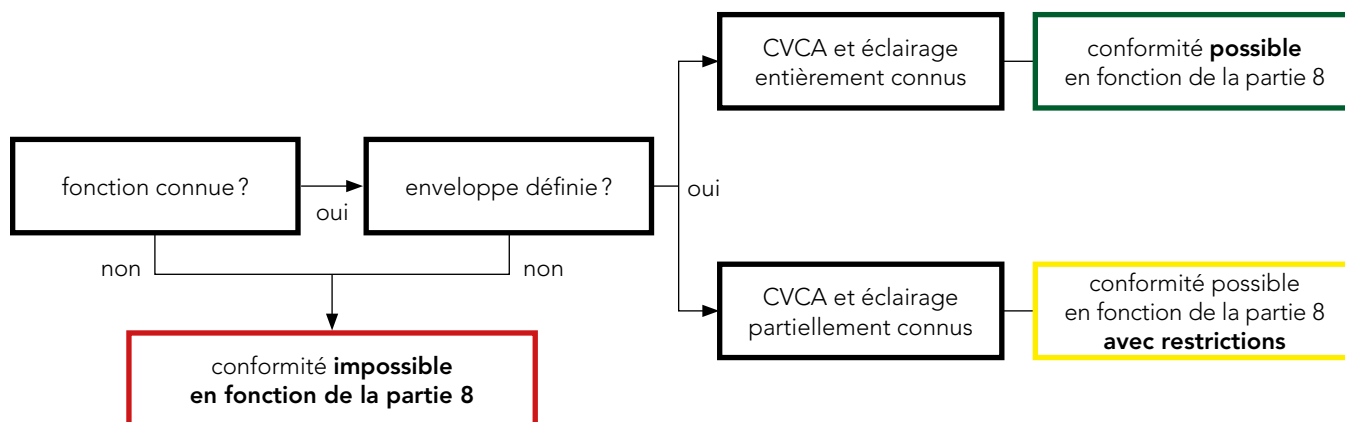
Cette sous-section décrit le domaine d'application de la partie 8, c'est-à-dire ce qui doit (ou peut) être inclus ou exclu de la modélisation énergétique, les éléments à neutraliser, etc., ainsi que certains critères d'ordre général.

Domaine d'application (article 8.1.1.2.)

Les exigences du Code s'appliquent strictement aux composants ou systèmes de nature immobilière d'un bâtiment (l'enveloppe, l'éclairage, les installations CVCA, etc.). Les appareils mobiliers ou les procédés au sein d'un même bâtiment sont donc exclus du domaine d'application du Code, malgré les besoins énergétiques qui leur sont associés. Pensons aux charges aux prises (ordinateurs ou électroménagers) ou aux procédés de nature industrielle. Alors qu'il est prescrit d'intégrer ces appareils mobiliers ou procédés au sein de la modélisation énergétique, il demeure proscrit, selon la partie 8, d'y associer des crédits énergétiques (en compensant une enveloppe non conforme à l'aide d'un parc informatique moins énergivore, par exemple). Cette neutralisation de besoins énergétiques est traitée plus en détail dans le présent guide.

Rappel : La détermination de la conformité d'un bâtiment au Code s'effectue à partir des spécifications indiquées aux plans et devis (habituellement déposés lors d'une demande de permis de construction) et elle doit être réévaluée si des changements sont apportés lors de la construction et que ces changements entraînent une diminution de la performance énergétique. Lorsque certains composants ou systèmes ne sont pas précisés (ou connus en tout ou en partie) au moment de la détermination de la conformité, la méthode de conformité par la performance énergétique décrite à la partie 8 ne peut généralement pas être utilisée. Pour qu'il soit possible d'utiliser cette méthode de conformité dans une telle situation, ces composants ou systèmes (à venir) doivent alors être spécifiés de manière à répondre en tous points aux exigences prescriptives décrites aux sous-sections 3.2., 4.2., 5.2., 6.2. et 7.2. La figure suivante reprend les principaux concepts décrivant l'arbre de décision à suivre pour déterminer si cette méthode de conformité peut être utilisée.

Figure 8-2 – Diagramme décisionnel relatif au recours conditionnel à la méthode de conformité décrite à la partie 8



Exemple

Évaluer la conformité d'un nouvel immeuble à partir de plans et devis. L'immeuble sera utilisé à des fins locatives et les futurs occupants ne sont pas connus au moment de l'évaluation de la conformité. Les documents déposés décrivent l'enveloppe du bâtiment, les systèmes d'éclairage des espaces communs (halls d'entrée et noyaux techniques) ainsi que les installations CVCA. Les locaux sont laissés non finis jusqu'à leur location, moment où ils seront finalement aménagés selon les besoins des futurs locataires. On trouve inscrite aux plans une note précisant que la conformité du bâtiment à la partie 8 sera assurée à l'aide de l'éclairage (efficient) des suites locatives (à venir). Est-il possible d'évaluer la conformité du nouvel immeuble par la méthode de performance énergétique décrite à la partie 8 du Code ?

Aux fins d'une évaluation de la conformité par la méthode de performance énergétique décrite à la partie 8, les composants du bâtiment proposés non définis (comme l'éclairage des suites ou les boîtes terminales des installations CVCA) doivent être minimalement conformes aux exigences prescriptives, tant en ce qui a trait à la modélisation énergétique qu'en ce qui concerne ce qui sera réellement construit ou installé. De plus, il n'est pas permis d'attribuer des crédits énergétiques à tout composant ou système inconnu lors de l'évaluation de la conformité.

Méthode de conformité par la performance (section 8.4.)

Cette section décrit le traitement des principaux intrants à la modélisation énergétique ainsi que les fonctionnalités minimales attendues des moteurs de calcul.

Conformité (sous-section 8.4.1.)

Cette sous-section sert à déterminer la conformité d'un bâtiment lorsque la méthode de conformité décrite à la partie 8 est utilisée ainsi que certains critères additionnels, dont ceux qui concernent les heures d'inconfort admissibles.

Détermination de la conformité (article 8.4.1.2.)

Le concept de consommation cible d'énergie se définit comme suit :

La consommation annuelle d'énergie d'une réplique hypothétique du bâtiment proposé, utilisant les mêmes sources d'énergie pour remplir les mêmes fonctions, soumise aux mêmes conditions ambiantes, destinée aux mêmes usages et caractérisée par les mêmes données climatiques et les mêmes horaires d'exploitation que ceux du bâtiment proposé, mais conçue de façon à satisfaire à toutes les exigences prescriptives pertinentes du Code.

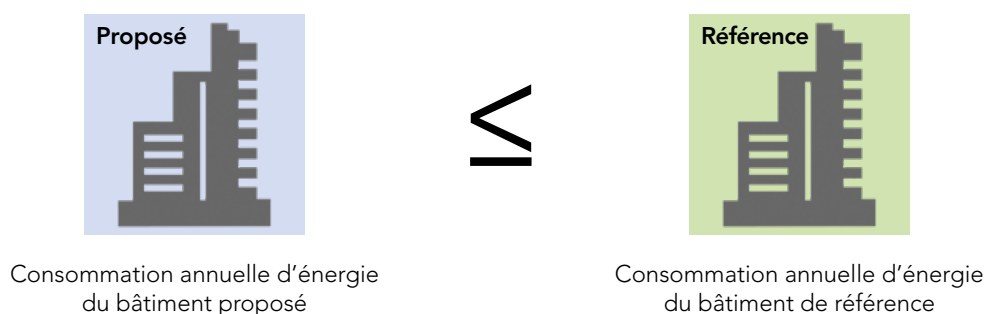
Cette réplique hypothétique du bâtiment proposé correspond au bâtiment de référence au sens du Code. La consommation annuelle d'énergie du bâtiment de référence établit ainsi la cible énergétique à laquelle le bâtiment proposé doit se conformer. Soulignons que cette cible est propre à chaque nouveau bâtiment ou agrandissement, selon plusieurs critères, dont les suivants :

- sa localisation (Montréal ou Baie-Comeau ?);
- ses fonctions (école ou hôpital ?);
- ses heures d'ouverture (ouvert les soirs et fins de semaine ? fermé l'été ?);
- le conditionnement de ses locaux (refroidis ou non ? points de consigne ?);
- sa disposition architecturale (nombre d'étages ? compacte ou étroite ?).

Mentionnons également que les intrants à la modélisation énergétique doivent être de nature quantitative (et non qualitative, comme « supérieure à la moyenne ») et que toute dimension comportementale (le déploiement manuel des vénitiennes, l'ajustement manuel des points de consigne, etc.) doit être ignorée ou neutralisée dans la modélisation énergétique, tant dans le bâtiment proposé que dans le bâtiment de référence.

Lorsque la consommation annuelle d'énergie du bâtiment proposé est inférieure ou égale à sa cible énergétique, déterminée selon les modalités décrites à la partie 8, le bâtiment proposé est alors considéré comme conforme aux exigences du Code.

Figure 8-3 – Indicateur principal déterminant la conformité d'un bâtiment à la partie 8



Le critère illustré à la figure ci-dessus demeure l'indicateur de conformité principal, mais non l'unique. Il est notamment proscrit de considérer les consommations annuelles d'énergie, tant celles du bâtiment proposé que celles du bâtiment de référence, lorsque les heures d'inconfort dépassent 300 heures au cours d'une année simulée. On entend par heures d'inconfort le cumulatif d'heures, au cours d'une année simulée, durant lesquelles les points de consigne de chauffage ou de refroidissement des locaux d'un bâtiment ne sont pas respectés. De telles situations sont attendues entre autres pendant les reprises de chauffage les matins d'hiver ou lors des pointes de refroidissement en été. Surdimensionner les installations CVCA en vue d'éliminer complètement ces heures d'inconfort engendrerait des surcoûts injustifiés. La partie 8 permet donc d'accepter un certain nombre d'heures d'inconfort, sans que cela soit fait de manière déraisonnable.

Agrandissements (article 8.4.1.4.)

Le Code porte sur les bâtiments neufs et les agrandissements. La rénovation des bâtiments existants ou le remplacement d'équipements d'un bâtiment (installation CVCA, chaudières, éclairage, etc.) sont exclus du champ d'application du Code. Dans le cas des agrandissements, seule la partie agrandie doit se conformer aux exigences du Code. Il n'est donc pas exigé de réaliser une modélisation énergétique du bâtiment en entier; seule la partie agrandie doit se conformer au Code.

Calculs de conformité (sous-section 8.4.2.)

Cette sous-section décrit le traitement des principaux intrants à la modélisation énergétique ainsi que les fonctionnalités minimales attendues des moteurs de calcul.

Généralités (article 8.4.2.1.)

La partie 8 fait référence aux concepts de calculs de conformité, de méthodes de calcul, de programme, etc., ce qui peut confondre plusieurs professionnels, qui ne connaissent pas toujours le sens précis à accorder à chacun de ces concepts.

Il n'y a en réalité que trois types de « calculs » dans le contexte de la partie 8 :

- la préparation des intrants à la modélisation énergétique ;
- la simulation énergétique annuelle, exécutée exclusivement par un moteur de calcul ;
- les quelques calculs complémentaires (éclairage extérieur, énergie renouvelable, etc.).

Un moteur de calcul constitue l'application informatique clé réalisant une simulation énergétique. Dans la documentation, il est question de « simulation engine » ou « simulation program » au sein de l'univers EnergyPlus ou eQuest, de « simulation kernel » dans TRNSYS, du moteur Apache dans IES Virtual Environment, etc. Il est courant chez les professionnels de recourir aux interfaces graphiques que sont OpenStudio, DesignBuilder et OpenBuildings Designer, etc., pour le moteur EnergyPlus, et ce, pour faciliter la gestion des simulations énergétiques exécutées en arrière-scène par un moteur. Le recours aux interfaces graphiques demeure néanmoins optionnel ; les professionnels plus chevronnés choisissent souvent de lancer leurs simulations directement à partir d'instructions UNIX ou DOS. Dans le présent guide, on ne fera plus référence aux « programmes », « méthodes » ou « interfaces graphiques », mais uniquement aux moteurs. La partie 8 n'intègre d'ailleurs que des exigences relatives aux moteurs de calcul.

Pour réaliser une simulation énergétique, un moteur de calcul requiert essentiellement deux intrants : des données climatiques et une modélisation énergétique, qui est la représentation mathématique des composants et systèmes énergétiques d'un bâtiment. À titre d'exemple, dans l'univers EnergyPlus, on décrit une modélisation énergétique d'un bâtiment à l'aide d'un fichier IDF. Que ce fichier IDF soit préparé par l'interface graphique OpenStudio, DesignBuilder ou OpenBuildings Designer, ou qu'il soit rédigé à la main, cela n'a aucune incidence sur les exigences de la partie 8.

La sous-section 8.4.2. énumère les exigences minimales relatives aux moteurs de calcul et aux données climatiques, alors que les sous-sections 8.4.3. et 8.4.4. décrivent les exigences de la partie 8 relatives à la modélisation énergétique du bâtiment proposé et à celle du bâtiment de référence (y compris tout calcul nécessaire à la préparation des intrants).

Méthodes de calcul (article 8.4.2.2.)

La partie 8 n'autorise que les moteurs de calcul ayant été soumis à des essais concluants réalisés selon la norme ASHRAE 140, « Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs (ANSI Approved) ». De plus, les moteurs doivent notamment être en mesure d'intégrer les fonctionnalités suivantes :

- la simulation énergétique d'une durée minimale d'une année ;
- pas de calcul maximal d'une heure toutes les cinq, dix ou quinze minutes ;
- les données climatiques horaires représentatives du site (ex. : Montréal ou Québec) ;
- les horaires d'occupation (ex. : heures d'ouverture, nombre variable d'occupants) ;
- la consommation énergétique (ex. : éclairage, prises, chauffage de l'eau) ;
- le rejet de chaleur conséquent (ex. : dans les locaux, dans les réseaux d'air ou d'eau) ;
- les portions d'énergie latente ou sensible ;
- le transfert thermique par convection ou par rayonnement ;
- l'inertie thermique (ex. : planchers et mobilier, enveloppe).

Enveloppe du bâtiment (article 8.4.2.8.)

Les moteurs de calcul doivent considérer les transferts thermiques au sein de l'enveloppe, attribuables tant aux écarts de température qu'au rayonnement (appareils, solaire). Les caractéristiques optiques des matériaux (absorptance, transmittance, etc.) doivent être considérées, tout comme l'orientation (ex. : face au nord) des surfaces (ex. : toits, murs, fenêtres). Il n'est pas exigé de considérer les effets hygrothermiques (attribuables à l'humidification des matériaux), mais il n'est toutefois pas interdit d'en tenir compte. Si le concepteur décide de les prendre en considération, il devra le faire pour le bâtiment proposé de même que pour le bâtiment de référence. Les moteurs doivent permettre de caractériser l'inertie thermique des couches constituant les assemblages de l'enveloppe, habituellement à l'aide d'attributs connus tels que la densité, la conductivité thermique et la chaleur spécifique des matériaux. L'inertie thermique des planchers et des murs intérieurs doit également être prise en compte.

Que les ponts thermiques majeurs d'un projet (parapets, balcons, etc.) soient conformes aux exigences prescriptives de la section 3.2 ou non, leur impact doit néanmoins être intégré à la modélisation énergétique. Habituellement, les moteurs de calcul ne peuvent traiter de façon isolée les ponts thermiques majeurs de l'enveloppe. L'approche recommandée est alors de considérer l'effet des ponts thermiques au moyen d'un exercice de dépréciation thermique des assemblages opaques liés à chacun de ces ponts thermiques. La dépréciation thermique s'effectue préférentiellement par l'ajustement de l'épaisseur de la couche isolante d'un assemblage. Il est également possible d'ajuster à la hausse la conductivité thermique de cette même couche isolante. Pour une surface opaque donnée (ex. : un mur), l'importance de la dépréciation thermique est fonction du nombre de ponts thermiques (en mètres linéaires), de leurs coefficients de transmission thermique (en W/K par mètre linéaire) et de l'aire exposée (en mètres carrés). Il va donc de soi que la dépréciation thermique est habituellement propre à chacune des surfaces opaques d'un projet, tant pour celles du bâtiment proposé que pour celles du bâtiment de référence.

Installations CVCA (article 8.4.2.10.)

Les installations CVCA doivent être modélisées et simulées selon les fonctionnalités offertes par les moteurs de calcul, c'est-à-dire sans recourir à des calculs approximatifs. Les moteurs doivent notamment tenir compte de la variation (ex. : horaire) du rendement et de la puissance des installations CVCA en fonction d'une charge partielle. Les moteurs doivent aussi être en mesure de dimensionner automatiquement les appareils et les composants des installations CVCA en fonction des charges de pointe (refroidissement, chauffage, etc.).

Il faut porter attention au rendement et à la performance des appareils d'une installation CVCA. Par exemple, l'EER (*energy efficiency ratio*) d'un système de refroidissement intègre habituellement le rendement combiné du ventilateur et du refroidisseur. Lors de la modélisation énergétique, on doit isoler les paramètres du refroidisseur de ceux du ventilateur, puisque ces deux composants fonctionneront souvent indépendamment l'un de l'autre au cours d'une année simulée.

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

Cette sous-section traite des intrants à la modélisation énergétique liés aux caractéristiques du bâtiment proposé.

Généralités (article 8.4.3.1.)

La modélisation énergétique du bâtiment proposé doit refléter, en général, les caractéristiques des composants et systèmes précisés aux plans et devis au moment de la détermination de la conformité, du moins minimalement ceux visés par les exigences prescriptives du Code.

Horaires d'exploitation (article 8.4.3.2.)

La modélisation énergétique du bâtiment proposé doit refléter l'occupation anticipée des locaux (aires communes, suites, etc.), et ce, au moment de la détermination de la conformité. Si un établissement prévoit être en activité pendant les fins de semaine ou en activité continue (centre d'appel, service au volant 24 h, etc.), les horaires d'occupation doivent refléter ces activités. L'estimation du nombre variable d'employés ou de clients desservis sera souvent approximative, mais les points de consigne ainsi que l'intensité et l'utilisation prévue des systèmes d'éclairage et des installations CVCA sont habituellement bien connus.

Dans certaines situations, il serait abusif d'exiger des professionnels et du propriétaire qu'ils connaissent l'occupation des locaux, en raison de la nature locative des suites visées. C'est le cas notamment des suites locatives, dont les futurs occupants sont inconnus au moment d'une demande de permis. Les professionnels peuvent alors avoir recours aux horaires d'exploitation suggérés en annexe de la partie 8.

Composants de l'enveloppe du bâtiment (article 8.4.3.3.)

Le Code offre aux professionnels un certain nombre d'allègements ou de traitements par défaut (étanchéité, caractéristiques optiques, échanges avec le sol, tympans de murs-rideaux, etc.) à l'endroit de la modélisation énergétique du bâtiment proposé, et ce, dans le but de réduire les efforts de modélisation énergétique.

Certaines options dépendront du contexte. Par exemple, si les professionnels choisissent de tenir compte de l'occultation solaire, venant soit du contexte urbain ou paysager, soit de dispositifs prévus à cet effet, la dimension « solaire » de la modélisation énergétique du bâtiment proposé doit demeurer cohérente :

- les dispositifs d'occultation (statiques ou automatisés) doivent être modélisés ;
- l'environnement urbain et paysager doit être modélisé explicitement ;
- les ombres projetées par le bâtiment lui-même doivent être considérées.

Dans ces circonstances, on doit également réduire de 10 % les gains solaires et l'accès à la lumière visible (SHGC, VT, etc.), et ce, dans le but de prendre en considération l'impact conjoint des saletés et du déploiement fortuit des dispositifs d'occultation manuels. Cette réduction doit être de 20 % si l'on choisit de ne pas tenir compte des effets d'ombrage dans la modélisation énergétique.

Éclairage intérieur (article 8.4.3.4.)

Les paramètres de la modélisation énergétique du bâtiment proposé doivent refléter les densités de puissance d'éclairage intérieur, calculées à partir des spécifications aux plans et devis. On doit également classer chaque espace ou regroupement d'espaces selon leur fonction, afin d'établir les densités de puissance d'éclairage appropriées dans les espaces correspondants du bâtiment de référence (voir le tableau 4.2.1.5.).

Comme mentionné à l'article 8.4.3.2., les professionnels et le propriétaire doivent préciser des horaires d'exploitation des systèmes d'éclairage reflétant les scénarios d'occupation anticipés. Ces horaires doivent également tenir compte de l'impact énergétique des commandes de l'éclairage intérieur exigées à la sous-section 4.2.2. et répertoriées au tableau 4.2.1.6.

Puisque la grande majorité de ces commandes sont exigées par le Code, les horaires d'exploitation des systèmes d'éclairage doivent être les mêmes au sein des deux modélisations énergétiques : celle du bâtiment proposé et celle du bâtiment de référence. Il y a toutefois deux exceptions, soit les commandes individuelles et les photocommandes.

Les commandes individuelles de l'éclairage intérieur sont celles énumérées dans la dernière colonne du tableau 8.4.3.4.-A. Elles ne sont pas exigées par le Code ; elles peuvent donc générer des crédits énergétiques, applicables uniquement au bâtiment proposé. Elles sont limitées aux commandes C1 à C4 (voir le tableau 4.2.1.6.), restreintes à quelques fonctions (bureaux, corridors, etc.) et limitées strictement aux aires touchées par les appareils d'éclairage ainsi commandés (et non par l'éclairage de tout l'espace ou de la zone). À titre d'exemple, le Code reconnaît une réduction de 10 % des besoins énergétiques des appareils d'éclairage commandés à l'aide d'une programmation horaire de niveaux multiples d'éclairement (C2), mais uniquement pour les fonctions suivantes :

- les atriiums, les corridors, les halls, les mails et les aires de transition ;
- les garages ;
- les salles d'enseignement et de formation ;
- les salles à manger ;
- les salles d'audience, de réunion, de conférence ;
- les aires d'exercice et de jeu des gymnases.

Cette programmation (C2) ainsi que la gradation manuelle (C1) peuvent générer un crédit de 5 % lorsqu'elles sont appliquées aux aires de bureaux, alors que les commandes personnalisées de l'éclairage intégré aux postes de travail (bureaux) peuvent générer des réductions de 25 % (C3) ou de 30 % (C4).

De manière similaire, la section 4.2 du Code n'intègre aucune exigence relative aux photocommandes; ces technologies peuvent donc générer des crédits énergétiques, applicables uniquement au bâtiment proposé, s'il y a réduction de la consommation énergétique des systèmes d'éclairage en fonction de la contribution de l'éclairage naturel aux niveaux d'éclairement requis.

Zones de régulation de température (article 8.4.3.7.)

La notion de zone de régulation de température est reprise ici : un espace (ou la plupart du temps un regroupement d'espaces) dont la température est réglée par une (seule) commande de température. Par défaut, le Code requiert de transposer cette notion de zone à chaque espace fermé, délimité aux plans et devis. Le Code autorise toutefois le regroupement de plusieurs espaces en une seule zone, lorsque la situation s'y prête. La partie 5 offre d'ailleurs passablement d'informations sur les stratégies de zonage à employer, par exemple en ce qui a trait à l'orientation solaire. Finalement, il est permis de regrouper plus d'une zone en un seul bloc thermique, à l'aide de multiplicateurs par exemple, et ce, pour alléger les modélisations énergétiques.

Comme c'est le cas pour les horaires d'exploitation et les charges aux prises, il existe des situations où l'aménagement des suites locatives (et donc du zonage) n'est pas précisé au moment de la détermination de la conformité. Il faut alors appliquer les consignes du paragraphe 8.4.3.7. 3) relatives à la délimitation systématique des zones. Et tout comme les horaires d'exploitation, le zonage de la modélisation énergétique du bâtiment de référence doit reprendre (à la lettre) celle de la modélisation énergétique du bâtiment proposé.

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

Cette sous-section traite des intrants à la modélisation énergétique liés aux caractéristiques du bâtiment de référence.

Généralités (article 8.4.4.1.)

La modélisation énergétique du bâtiment de référence doit refléter, à moins d'avis contraire, les exigences prescriptives du Code applicables aux composants et systèmes précisés aux plans et devis, au moment de la détermination de la conformité. Autrement, et à moins d'indications contraires dans cette sous-section, la modélisation énergétique du bâtiment de référence doit reprendre les mêmes paramètres que ceux de la modélisation énergétique du bâtiment proposé. Voici une liste partielle de paramètres typiques à modéliser de façon identique dans le bâtiment de référence et le bâtiment proposé :

- la forme du bâtiment et le nombre d'étages;
- le besoin de chauffage ou de refroidissement des espaces ainsi que les points de consigne qui s'y rattachent;
- les données climatiques, les propriétés du sol et la température de l'eau;
- les effets d'ombrage, l'orientation du fenêtrage et les caractéristiques optiques;
- les taux de fuite d'air;
- les procédés et les charges aux prises;
- les horaires d'exploitation.

Le bâtiment de référence doit reprendre les mêmes sources énergétiques que celles du bâtiment proposé et les attribuer aux mêmes fins. Par exemple, si l'air de ventilation d'un bâtiment proposé est chauffé au gaz naturel alors que ses chauffe-eau sont électriques, l'air de ventilation du bâtiment de référence doit également être chauffé au gaz naturel et les chauffe-eau doivent également être électriques.

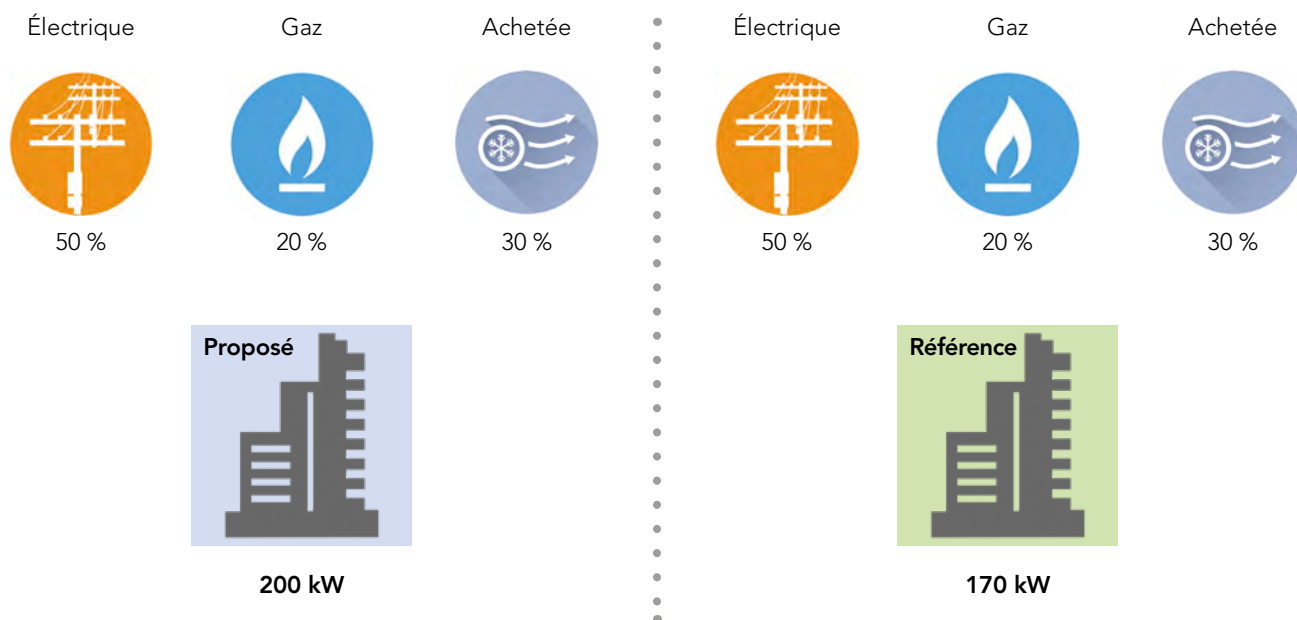
Si plus d'une source énergétique contribue à une même fin ou à un même besoin dans le bâtiment proposé, la répartition des sources énergétiques dans le bâtiment de référence doit refléter les rapports (%) de puissance des sources énergétiques sollicitées dans le bâtiment proposé ainsi que les séquences d'utilisation prévues.

Exemple

Les plans et devis indiquent trois équipements de chauffage (ex. : à l'électricité, à partir d'énergie achetée et au gaz naturel) répondant au même besoin de chauffage et en activité selon une séquence de contrôle clairement définie (ex. : exclusivement à l'électricité lorsque la température extérieure est supérieure à -12 °C). L'équipement de chauffage électrique est malgré tout dimensionné pour répondre à la totalité des besoins estimés (ex. : 200 kW, à -25 °C). Les deux autres équipements sont également dimensionnés pour répondre à la totalité de la charge en tandem, selon une répartition de 60 % (120 kW) pour l'énergie achetée et de 40 % (80 kW) au gaz. Les premières estimations par simulation suggèrent que 60 % des besoins énergétiques annuels (en kWh) liés aux équipements mentionnés précédemment seraient comblés par le chauffage électrique. Le professionnel désire déterminer en conséquence les puissances des équipements de chauffage du bâtiment de référence de manière à refléter cette répartition des besoins énergétiques annuels.

Selon les exigences décrites à la sous-section 8.4.4., la puissance des trois équipements de référence doit refléter les rapports de puissance des équipements proposés, comme le montre la figure suivante. Si la puissance requise pour répondre à la totalité de la charge de chauffage à -25 °C est de 170 kW dans le bâtiment de référence (plutôt que de 200 kW, comme dans le bâtiment proposé), l'équipement chauffant à l'électricité doit donc avoir une puissance de 170 kW, celui à l'énergie achetée de 102 kW et celui au gaz de 68 kW.

Figure 8-4 – Rapports de puissance des sources énergétiques (de chauffage, par exemple) entre le bâtiment proposé et le bâtiment de référence



Si un appareil ou un équipement à intégrer au bâtiment de référence en vertu d'une exigence du Code est visé par les lois du Québec ou du Canada sur l'efficacité énergétique ainsi que par leurs règlements, cet appareil ou équipement doit répondre aux exigences d'efficacité prévues dans ces lois et règlements. Si un tel appareil ou équipement de référence n'est pas visé par ces lois et règlements, cet appareil ou équipement doit reprendre les mêmes caractéristiques que l'appareil ou équipement correspondant du bâtiment proposé.

Composants de l'enveloppe du bâtiment (article 8.4.4.3.)

Selon les exigences générales de la sous-section 8.4.4., les composants de l'enveloppe du bâtiment de référence doivent répondre aux exigences prescriptives de la section 3.2., lorsqu'elles sont applicables. Par exemple, si le bâtiment proposé intègre des lanterneaux, le bâtiment de référence doit intégrer également des lanterneaux et ceux-ci doivent offrir un coefficient de transmission thermique globale (U) de $2,85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, à Montréal ou à Québec d'après le tableau 3.2.2.3. Sinon, et à moins d'avis contraire, les caractéristiques des composants qui ne sont pas visées par le Code doivent être les mêmes pour le bâtiment de référence que celles des composants correspondants du bâtiment proposé. À titre d'exemple, le coefficient de gain solaire (SHGC ou CARS) de ces mêmes lanterneaux dans le bâtiment de référence doit être le même que celui précisé aux plans et devis. Cet exercice de neutralisation s'applique également aux conditions environnementales auxquelles est exposée l'enveloppe du bâtiment de référence, tout comme aux caractéristiques du sol, aux profils topographiques et aux ombres projetées par les bâtiments environnants.

Il y a toutefois des exceptions, dont l'absorptance solaire des revêtements opaques du bâtiment de référence qui est fixée à 0,7, ainsi que l'absence de tout dispositif d'ombrage fixe (comme les tablettes réfléchissantes ou les brise-soleil) ou automatisé dans le bâtiment de référence.

Au Québec, le paramètre de l'enveloppe le plus important en matière de consommation annuelle d'énergie demeure l'aire du fenêtrage, des portes et des lanterneaux. Dans le bâtiment de référence, l'aire et l'emplacement du fenêtrage ainsi que des portes doivent correspondre à l'aire

et à l'emplacement du fenêtrage et des portes indiqués aux plans et devis, jusqu'à concurrence du seuil maximal de 40 % de l'aire brute des murs hors sol. Par contre, si l'aire totale du fenêtrage et des portes indiquée aux plans et devis excède ce seuil, l'aire totale du fenêtrage et des portes du bâtiment de référence doit être fixée à 40 % de l'aire brute des murs hors sol, tout en conservant un emplacement et une proportion semblables à ceux du bâtiment proposé (l'orientation, par exemple). Pour les lanterneaux, le principe est le même : l'aire et l'emplacement des lanterneaux du bâtiment de référence doivent refléter les spécifications aux plans et devis, jusqu'à concurrence d'un seuil maximal de 3 % de l'aire brute des toits hors sol.

Le pourcentage d'ouverture est calculé sur la base des murs extérieurs qui peuvent être percés d'ouvertures. Cela exclut les murs mitoyens.

Masse thermique (article 8.4.4.4.)

La masse (ou l'inertie) thermique du bâtiment de référence est traitée différemment selon qu'il est question de l'enveloppe (opaque) ou des éléments à « l'intérieur » du bâtiment comme les planchers, les murs intérieurs ou le mobilier.

En ce qui a trait à l'inertie thermique de l'enveloppe, le Code offre l'option de définir la masse thermique comme celle d'une construction à ossature légère (voir l'article 8.4.4.4.). Pour les éléments de l'enveloppe à caractère massif comme les murs en béton, coulés sur place ou préfabriqués, il est possible d'y associer des crédits énergétiques.

En ce qui concerne la masse thermique des éléments à l'« intérieur » du bâtiment de référence, le Code requiert de modéliser ces éléments de manière identique aux éléments correspondants du bâtiment proposé. Si l'on voit aux plans et devis des dalles de plancher en béton armé d'une épaisseur de 200 mm, le bâtiment de référence doit également intégrer des dalles de plancher en béton armé d'une épaisseur de 200 mm.

Éclairage (article 8.4.4.5.)

Les systèmes d'éclairage du bâtiment de référence sont l'objet d'un traitement semblable à celui de l'enveloppe. D'entrée de jeu, les systèmes du bâtiment de référence doivent répondre aux exigences prescriptives décrites à la section 4.2. Le paramètre ayant le plus grand impact sur la consommation énergétique des systèmes d'éclairage demeure la densité de puissance d'éclairage (DPE). Sauf exception, les DPE des espaces (ou du bâtiment) de référence doivent correspondre aux valeurs des tableaux 4.2.1.5. ou 4.2.1.6., selon la fonction ou le type d'espace prévu. Quant aux logements du bâtiment de référence, la DPE doit être fixée à 5 W/m², tout comme c'est le cas dans le bâtiment proposé.

On réitère ici des éléments-clés des articles 8.4.3.2. et 8.4.3.4. : les professionnels (ou le propriétaire) doivent définir des horaires d'exploitation des systèmes d'éclairage reflétant les horaires d'occupation anticipés. Ces horaires d'exploitation (ou tout autre levier complémentaire modulant l'éclairage au sein du modèle énergétique) doivent également tenir compte de l'impact énergétique des commandes de l'éclairage intérieur exigées à la sous-section 4.2.2. et répertoriées au tableau 4.2.1.6. Ces horaires d'exploitation des systèmes d'éclairage doivent être les mêmes au sein des deux modélisations énergétiques : celui du bâtiment proposé et celui du bâtiment de référence.

Exceptionnellement, les commandes individuelles (C1 à C4, décrites au tableau 4.2.1.6. et dont le facteur lié à ces commandes est décrit à la dernière colonne du tableau 8.4.3.4.-A) ne doivent pas être intégrées au bâtiment de référence. Il s'agit d'une des rares exceptions, dans le Code, à l'exercice de neutralisation des horaires d'exploitation. De manière semblable, le bâtiment de référence ne doit pas intégrer de photocommandes.

Installations CVCA et installations de chauffage de l'eau (article 8.4.4.6.)

La sélection et la caractérisation des installations CVCA et de chauffage de l'eau sanitaire du bâtiment de référence représentent un défi plus important que dans les systèmes d'éclairage ou de l'enveloppe.

Il doit y avoir une correspondance directe entre le nombre d'installations dans le bâtiment de référence et celui du bâtiment proposé; chaque installation présente dans le bâtiment proposé doit répondre aux mêmes besoins dans le bâtiment de référence. Si, par exemple, l'on prévoit assurer la ventilation des locaux d'un bâtiment proposé à l'aide de deux systèmes monozones (c'est-à-dire chaque système desservant une seule zone de régulation de température) et d'un système polyzone (desservant plus d'une zone), le bâtiment de référence doit également intégrer trois systèmes CVCA correspondants, soit deux systèmes monozones et un système polyzone desservant les mêmes zones de régulation de température que dans le bâtiment proposé.

Malgré cette correspondance 1:1, les caractéristiques techniques des installations dans le bâtiment de référence peuvent varier considérablement de celles des installations du bâtiment proposé. Si l'on prévoit refroidir mécaniquement un local, par exemple à l'aide de l'air de ventilation distribué à partir d'un système central ou à l'aide d'unités terminales, ou encore tempérer l'air de ventilation, l'installation CVCA correspondante du bâtiment de référence doit répondre aux mêmes fins (ex. : chauffer/refroidir) et doit être conçue pour répondre aux mêmes points de consigne. Les sources énergétiques exploitées pour répondre à ces fins doivent être les mêmes entre le bâtiment proposé et le bâtiment de référence, selon les modalités précisées à l'article 8.4.4.1.

Ces trois principes généraux (correspondance 1:1, utilisation des systèmes aux mêmes fins, mêmes sources énergétiques) déterminent largement les caractéristiques des installations de référence.

En fonction de ces principes généraux, s'il est prévu que l'air de ventilation ou l'air d'un local du bâtiment proposé soit chauffé à l'aide d'une résistance électrique (comme c'est le cas pour plusieurs installations CVCA au Québec), les mêmes besoins doivent être desservis par des technologies similaires (ex. : résistances terminales ou plinthes électriques) dans le bâtiment de référence. Exceptionnellement, si cet apport de chaleur, d'origine électrique, provient d'une thermopompe intégrée au bâtiment proposé (air-air, géothermique, etc.), l'installation correspondante dans le bâtiment de référence doit demeurer une technologie à résistance électrique. Si cette même thermopompe contribue au refroidissement mécanique dans le bâtiment proposé, ce besoin doit être assuré par un refroidisseur dans le bâtiment de référence.

L'installation CVCA du bâtiment de référence doit chauffer l'air directement à l'aide d'une résistance électrique si la thermopompe installée dans le bâtiment proposé est de type air-air; autrement, si la thermopompe est de type air-eau, il faut intégrer la thermopompe à une boucle hydronique. Le Code exige un traitement similaire dans les installations de refroidissement. De plus, le rendement à charge partielle des appareils de chauffage, notamment les thermopompes, et celui des refroidisseurs doivent être modélisés selon les tableaux 8.4.4.21.-A à 8.4.4.21.-I.

Rappelons que les moteurs de calcul doivent être en mesure d'auto-dimensionner les débits, les puissances d'équipement, etc., pour répondre adéquatement au besoin. De plus, si les débits, puissances, etc., des installations CVCA aux plans et devis répondent adéquatement aux besoins du bâtiment proposé, mais qu'ils sont légèrement sous-dimensionnés ou surdimensionnés (par comparaison aux valeurs auto-dimensionnées), le Code permet de sous-dimensionner ou de surdimensionner équitablement les installations CVCA correspondantes dans le bâtiment de référence, idéalement à l'aide d'une fonction automatisée du moteur de calcul.

Lorsque les ventilateurs d'une installation CVCA du bâtiment de référence sont visés par la sous-section 5.2.3., ils doivent répondre aux critères de puissance (en fonction du débit), déterminés selon les modalités de la sous-section 5.2.3. Conformément à ces modalités, il est possible d'ajuster (à la hausse) la pression statique d'une installation CVCA du bâtiment de référence de façon à démontrer que l'on répond aux mêmes fins que l'installation CVCA du bâtiment proposé (voir le tableau 5.2.3.1., par exemple). Dans tous les autres cas (soit dans les cas où la sous-section 5.2.3. ne s'applique pas, par exemple pour certains extracteurs ou ventilateurs de faible puissance), le rapport puissance/débit (ex. : W par L/s) des ventilateurs d'une installation CVCA du bâtiment de référence doit être le même que celui des ventilateurs de l'installation CVCA correspondante dans le bâtiment proposé.

L'un des paramètres qui ont le plus d'influence sur la consommation énergétique des installations CVCA du bâtiment de référence concerne l'intégration (ou non) de technologies de récupération de chaleur. Si l'installation CVCA du bâtiment de référence, une fois auto-dimensionnée, répond aux critères énoncés à la sous-section 5.2.10., elle doit être munie d'un équipement de récupération de chaleur, conformément aux dispositions de la sous-section 5.2.10.

Les commandes des installations CVCA du bâtiment de référence doivent être modélisées de manière à répondre aux exigences de la sous-section 5.2.8. Un traitement particulier est réservé aux installations de ventilation de cuisson commerciale, où la modélisation de cette installation dans le bâtiment de référence doit être réalisée en réduisant les débits d'extraction et de compensation à 50 % des débits nominaux pendant la moitié des heures d'exploitation; il s'agit d'une autre (rare) exception à la neutralisation des horaires d'exploitation (entre le bâtiment de référence et le bâtiment proposé).

Sélection de l'installation CVCA (article 8.4.4.7.)

En complément aux exigences de l'article 8.4.4.6., l'article 8.4.4.7. précise la nature ou le type d'installation CVCA du bâtiment de référence en fonction des besoins du bâtiment proposé. Le tableau suivant constitue une matrice décisionnelle abrégée tirée de celle décrite dans le Code (voir les tableaux 8.4.4.7.-A à 8.4.4.7.-E pour la nomenclature complète). On le consulte de gauche à droite selon l'installation CVCA aux plans et devis du bâtiment proposé pour le refroidissement et le chauffage des locaux, puis en déterminant si l'installation doit desservir une zone de régulation de température (monozone) ou plusieurs zones (polyzone). Les cellules bleutées du tableau suivant décrivent les caractéristiques de l'installation CVCA du bâtiment proposé; celles en vert désignent précisément le type de système CVCA à modéliser dans le bâtiment de référence. Les systèmes monozones (à débit constant, et donc à température d'alimentation variable) commencent tous par « S1 »; les systèmes polyzones (à débit variable, et donc à température constante) commencent tous par « S2 ».

Tableau 8-1 – Sélection CVCA du bâtiment de référence, selon l'article 8.4.4.7.

CVCA proposé

CVCA de référence

Refroidissement	Chauffage	Air extérieur : une zone	Air extérieur : plus d'une zone
Système central distribuant de l'air refroidi	Système central distribuant de l'air de chauffage ou de l'air réchauffé par boîte(s) terminale(s)	S1a/b	S2a/b
	Système terminal à convection forcée	S1a/b/c	S2a/b/c
	Système périphérique à convection naturelle	S1a/b	S2a/b
Système terminal à convection forcée	Système central distribuant de l'air de chauffage ou de l'air réchauffé par boîte(s) terminale(s)	S1c	S2c
	Système terminal à convection forcée	S3a	S3b
	Système périphérique unique à convection naturelle	S3a	S3b
Système terminal à induction	Tout type de chauffage	S1b	S2b
Sans refroidissement	Système central distribuant de l'air de chauffage ou de l'air réchauffé par boîte(s) terminale(s)	S1d	S2d
	Système terminal à convection forcée	S3a	S3b
	Système périphérique à convection naturelle	S4a	S4b

La plupart des installations CVCA au Québec, monozones ou polyzones, correspondent à la première ligne du tableau ci-dessus, le refroidissement des locaux étant assuré (du moins principalement) par une convection forcée à partir d'un ventilateur central. Si l'installation CVCA est monozone, on restreint les choix à la série S1 ; si l'installation CVCA est polyzone, on restreint les choix à la série S2.

Il faut consulter ensuite le tableau 8.4.4.7.-B pour déterminer les caractéristiques techniques des systèmes de la série S1 (on n'énumère ici que quelques faits saillants du tableau 8.4.4.7.-B, dont certains ont déjà été traités ailleurs dans le Code). Entre autres, on y fait la distinction entre technologies de refroidissement mécanique : S1a, où l'air ventilé est refroidi par expansion directe et S1b, où l'air est refroidi à l'aide d'une boucle d'eau, reliée à une tour de refroidissement. Le ventilateur d'alimentation d'un système S1a doit offrir une pression statique de 325 Pa et une efficacité énergétique combinée de 40 %, alors que celui d'un système S1b doit fournir une pression statique de 500 Pa et une efficacité énergétique combinée de 50 %. Si l'installation CVCA du bâtiment proposé comporte un ventilateur de reprise, l'installation CVCA correspondante dans le bâtiment de référence doit également être munie d'un ventilateur de reprise offrant une pression statique de 150 Pa et une efficacité énergétique combinée de 25 %.

Plusieurs spécifications au tableau 8.4.4.7.-B ainsi qu'aux autres tableaux de la série (8.4.4.7.-A, 8.4.4.7.-C à 8.4.4.7.-E) renvoient aux articles 8.4.4.9. à 8.4.4.18., soit une série d'articles du Code qui renferment des exigences supplémentaires en lien avec les tableaux de la série 8.4.4.7. :

- 8.4.4.9. Système de chauffage
- 8.4.4.10. Système de refroidissement
- 8.4.4.11. Tours de refroidissement
- 8.4.4.14. Pompes
- 8.4.4.15. Air extérieur
- 8.4.4.17. Ventilateurs
- 8.4.4.18. Système d'alimentation en air

À cette série s'ajoutent certaines exigences-clés des articles 8.4.4.19. (récupération de la chaleur) et 8.4.4.21. (courbes de performance sous charge partielle), pouvant également s'appliquer aux installations CVCA du bâtiment de référence.

Système de chauffage (article 8.4.4.9.)

On réitère ici, mais de façon plus explicite, l'arrimage en matière de chauffage entre les installations CVCA du bâtiment de référence et celles du bâtiment proposé. Par exemple, on précise que l'installation CVCA du bâtiment de référence doit être un générateur à air chaud lorsque l'installation correspondante aux plans et devis (du bâtiment proposé) est également un générateur à air chaud, ainsi que le nombre d'étages à modéliser dans ce cas. Lorsque la technologie de chauffage de l'installation CVCA aux plans et devis est du type hydronique (chaudière, géothermie, etc.), on doit appliquer les dispositions prévues au paragraphe 8.4.4.9. 2), dont le nombre d'étages de la chaudière du bâtiment de référence, les paramètres de dimensionnement, les courbes de performance à utiliser, les caractéristiques des pompes circulatoires et les températures d'alimentation aux installations CVCA du bâtiment de référence.

Système de refroidissement (article 8.4.4.10.)

Cet article vise les mêmes objectifs que ceux de l'article 8.4.4.9., applicables dans ce cas-ci à l'équipement de refroidissement (caractéristiques des boucles d'eau, dimensionnement, courbes de performance, etc.).

Tours de refroidissement (article 8.4.4.11.)

Les unités de refroidissement hydroniques des installations CVCA du bâtiment de référence, visées à l'article 8.4.4.10., doivent être combinées à des tours de refroidissement, modélisées selon les exigences décrites à l'article 8.4.4.11. De manière semblable aux exigences des articles 8.4.4.9. et 8.4.4.10., on décrit ici les paramètres de modélisation des tours de refroidissement et des composantes connexes (ex. : nombre de cellules des tours de refroidissement en fonction de la puissance de refroidissement, température d'utilisation et commandes, caractéristiques des ventilateurs de cellules).

Pompes (article 8.4.4.14.)

Cet article décrit la modélisation des pompes circulatoires des boucles hydroniques, qu'il s'agisse par exemple de boucles de chauffage ou de refroidissement.

Air extérieur (article 8.4.4.15.)

Les débits en air extérieur (on infère également les débits d'air à évacuer), précisés aux plans et devis, doivent être les mêmes dans les installations CVCA du bâtiment de référence et dans celles du bâtiment proposé. Il y a toutefois une exception lorsque la stratégie de ventilation de l'installation CVCA du bâtiment proposé est une ventilation par déplacement, répondant aux critères du paragraphe 8.4.3.6. 2). Dans ce cas, l'installation du bâtiment de référence doit plutôt alimenter les locaux visés avec des débits en air neuf (et d'air de ventilation) reflétant une stratégie de ventilation (plus conventionnelle) par dilution. Il est alors recommandé de consulter la norme ASHRAE 62.1 (et la documentation qui l'accompagne), visée par le chapitre 1, Bâtiment, du Code de construction.

Ventilateurs (article 8.4.4.17.)

Selon l'application visée (alimentation, évacuation, boîtes terminales, etc.), cet article décrit le type de ventilateurs et leurs caractéristiques (dont les débits minimaux et leurs puissances correspondantes) à modéliser dans le bâtiment de référence selon les types de ventilateurs spécifiés au bâtiment proposé.

Système d'alimentation en air (article 8.4.4.18.)

Cet article caractérise les systèmes d'alimentation en air au sein du bâtiment de référence, directement en lien avec les dispositions de l'article précédent, notamment les débits calculés. Un aspect critique, déjà évoqué dans le présent guide, concerne l'ajustement des pressions statiques des ventilateurs du bâtiment de référence, selon les dispositions de la sous-section 5.2.3.

Récupération de chaleur (article 8.4.4.19.)

L'intégration ou non d'un équipement de récupération de chaleur ou d'énergie est un des facteurs-clés qui contribuent à la performance énergétique des installations CVCA du bâtiment de référence. Lorsqu'une installation CVCA du bâtiment de référence répond aux critères énoncés au paragraphe 5.2.10.1. 1), une fois dimensionnée selon les dispositions des articles précédents, elle doit intégrer un équipement de récupération de chaleur ou d'énergie d'une efficacité de 60 % (ou de 65 % pour des logements situés dans une municipalité dont le nombre de degrés-jours de chauffage est de 6 000 ou plus) et répondant aux exigences du paragraphe 5.2.10.1. 1).

De manière semblable, si un système de réfrigération décrit aux plans et devis est visé par l'article 5.2.10.3. (conservation alimentaire), le système de réfrigération correspondant dans le bâtiment de référence doit être modélisé selon les critères énumérés à l'article 8.4.4.19.

Installation de chauffage de l'eau sanitaire (article 8.4.4.20.)

Les paramètres de modélisation des systèmes de chauffage de l'eau sanitaire du bâtiment de référence sont décrits à cet article, selon des dispositions semblables à celles de l'article 8.4.4.9.

Courbes de performance sous charge partielle (article 8.4.4.21.)

Comme mentionné à plus d'une reprise ailleurs dans le présent guide, les équipements des installations CVCA et de chauffage de l'eau sanitaire du bâtiment de référence doivent être modélisés à l'aide de courbes de performance sous charge partielle, soit selon les fonctionnalités offertes par les moteurs de calcul, soit selon les courbes décrites aux tableaux 8.4.4.21.-A à 8.4.4.21.-I.

Énergie récupérée sur le site et énergie renouvelable produite sur le site (article 8.4.4.22.)

L'intégration de technologies de récupération d'énergie sur le site (ex. : valorisation des rejets thermiques) ou de technologies d'énergie renouvelable sur le site (ex. : panneaux photovoltaïques, préchauffage solaire de l'air neuf, chauffe-eau solaire) desservant une installation CVCA ou une installation de chauffage de l'eau sanitaire peut générer des crédits énergétiques considérables, à concurrence de 5 % de la consommation annuelle d'énergie du bâtiment proposé. À l'exception des cas visés à l'article 8.4.4.19., le bâtiment de référence ne doit pas intégrer de telles technologies. Il est par contre requis de modéliser une installation correspondante dans le bâtiment de référence qui reprend les mêmes principes de distribution et les mêmes sources d'énergie que ceux de l'installation du bâtiment proposé.

À titre d'exemple, on peut prévoir un chauffe-eau solaire devant desservir une installation de chauffage de l'eau sanitaire, autrement alimentée au gaz naturel; l'installation du bâtiment de référence doit alors également être alimentée au gaz naturel. Si une stratégie de récupération de chaleur d'un procédé est conçue pour transférer la chaleur récupérée à une boucle hydronique de chauffage, l'installation du bâtiment de référence doit être du type hydronique et répondre aux critères énoncés à l'article 8.4.4.9.

Précisons qu'il s'agit de modalités visant des technologies qui répondent strictement aux énoncés de l'article 8.4.4.22.; il y aura bien entendu une part d'énergie renouvelable (souvent fortuite) présente dans le bâtiment de référence. On pense notamment aux gains solaires thermiques (au sein des locaux) et à l'éclairage naturel des locaux. Ces contributions demeureront largement neutralisées, selon les circonstances.

Figure 8-5 – Distribution de l'énergie renouvelable entre le bâtiment proposé et celui de référence.

