



Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada



# Logiciel EE4 Version 1.7

## Guide de modélisation

Février 2008

Le présent manuel a été élaboré par l'Office de l'efficacité énergétique (OEE) et le Centre de la technologie de l'énergie de CANMET (CTEC) de Ressources naturelles Canada (RNCan), comme la partie d'écoÉNERGIE pour les bâtiments et les habitations.

<http://ecoaction.gc.ca/batiments>

[http://sbc.nrcan.gc.ca/software\\_and\\_tools/ee4\\_soft\\_f.asp](http://sbc.nrcan.gc.ca/software_and_tools/ee4_soft_f.asp)

Also available in English  
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2008

Ressources naturelles Canada (RNCan) tient à remercier les organisations suivantes qui ont accepté que soient inclus dans ce manuel les détails et les plans de leurs bâtiments.

- Breton Banville et Associés
  - École élémentaire catholique de Barrhaven
  - Bryden Martel Architects
  - Clemann, Large, Patterson and Associates Ltd
-

## **Table des matières**

1. INTRODUCTION.....	1-1
1.1 Contexte .....	1-1
1.2 Objet du présent manuel.....	1-3
1.3 Organisation du manuel .....	1-4
1.4 Aperçu du CMNÉB et des exigences de RNCan liées à la validation de la conception des bâtiments neufs.....	1-5
1.4.1 Bâtiments admissibles .....	1-5
1.4.2 Immeubles résidentiels à logements multiples (IRLM) et immeubles résidentiels à usage mixte .....	1-5
1.4.3 Rénovations .....	1-6
1.4.4 Ajouts .....	1-6
1.4.5 Bâtiments industriels.....	1-7
1.5 Mesures d'efficacité énergétique .....	1-7
2. PRINCIPES DE ZONAGE DES BÂTIMENTS .....	2-1
2.1 Division des bâtiments en zones.....	2-1
2.1.1 Même système de CVCA.....	2-1
2.1.2 Horaires d'exploitation et fonctions semblables.....	2-2
2.1.3 Charges de chauffage et de refroidissement semblables .....	2-3
2.1.4 Regroupement des zones semblables .....	2-3
2.2 Division des zones en espaces.....	2-5
2.3 Délimitation des zones non climatisées/ partiellement climatisées.....	2-7
2.4 Exemple de zonage.....	2-8
3. FONCTION ET CARACTÉRISTIQUES D'EXPLOITATION DU BÂTIMENT.....	3-1
3.1 Aperçu du logiciel EE4 .....	3-1
3.2 « Type de bâtiment » ou « fonction de l'espace »? .....	3-3
3.3 « Économies d'énergie » ou « économies de coûts »? .....	3-4
3.4 Tarifs des utilités .....	3-4
3.4.1 Tarifs selon la période d'utilisation : entrée des données.....	3-5
3.4.2 Tarification des sources d'énergie renouvelables.....	3-12
3.4.3 Tarification des utilités/activités internes .....	3-13
3.4.4 Tarification déréglémentée .....	3-13

3.5	Identification de la source principale de chauffage .....	3-13
3.6	Horaires du bâtiment et caractéristiques d'exploitation de l'équipement.....	3-16
3.6.1	Modification d'horaires dans le logiciel EE4 .....	3-17
3.6.2	Charges de procédé .....	3-18
3.6.3	Charges de chauffage de l'eau sanitaire .....	3-19
3.7	Sélection d'un fichier climatologique .....	3-21
4.	ÉQUIPEMENT CENTRALISÉ.....	4-1
4.1	Chauffe-eau sanitaires .....	4-1
4.1.1	Chauffage de l'eau sanitaire .....	4-2
4.1.2	Chaudière(s) dédiée(s) .....	4-2
4.1.3	Chauffage sans réservoir (citerne).....	4-2
4.1.4	Serpentin à l'intérieur d'une chaudière pour l'espace ou alimenté de l'énergie achetée.....	4-3
4.1.5	Serpentin à l'intérieur d'une thermopompe géothermique ou alimenté par une thermopompe géothermique dédiée.....	4-3
4.1.6	Chauffage de l'eau sanitaire par thermopompe à air.....	4-3
4.1.7	Systèmes à plusieurs chaudières .....	4-3
4.1.8	Chaudières saisonnières .....	4-6
4.1.9	Chauffage de l'eau sanitaire par de l'énergie renouvelable .....	4-6
4.2	Chaudières .....	4-6
4.2.1	Ajustements selon l'altitude .....	4-6
4.2.2	Système à plusieurs chaudières .....	4-7
4.2.3	Plusieurs chaudières à rendement différent .....	4-7
4.2.4	Chaudières multi-étagées ou modulantes .....	4-9
4.2.5	Chaudières à condensation .....	4-10
4.2.6	Régulation de la température d'eau de retour de la chaudière en fonction de la température extérieure .....	4-10
4.2.7	Récupération de la chaleur des gaz de combustion.....	4-11
4.3	Refroidisseurs .....	4-11
4.3.1	Refroidisseurs électriques.....	4-12
4.3.2	Refroidisseurs au gaz/à absorption .....	4-12
4.3.3	Refroidisseurs modulants .....	4-13
4.3.4	Récupération de chaleur du refroidisseur.....	4-13
4.4	Tours de refroidissement.....	4-13
4.5	Chauffage et refroidissement collectif.....	4-14
4.5.1	Chauffage collectif/acheté.....	4-14
4.5.2	Chauffage fourni à la fois par une chaudière et par un système de chauffage central.....	4-15
4.5.3	Refroidissement collectif/acheté .....	4-16
4.5.4	Tarifs des utilités .....	4-17
4.6	Thermopompes .....	4-17

4.6.1	Thermopompes géothermiques .....	4-18
4.6.2	Thermopompes sur boucle d'eau (chaudière/tour de refroidissement) .....	4-20
4.6.3	Thermopompes air-air .....	4-21
4.6.4	Installations combinées thermopompe géothermique/chaudière .....	4-21
4.6.5	Questions communes .....	4-24
4.7	Pompes .....	4-27
4.7.1	Rendement des pompes et moteurs .....	4-27
4.7.2	Calcul de la pression de refoulement d'une pompe .....	4-28
4.7.3	Baisse nominale de la température .....	4-29
4.7.4	Types de pompe .....	4-29
4.7.5	Commandes de pompe .....	4-29
4.8	Installations centralisées particulières .....	4-29
4.8.1	Refroidissement non-mécanique .....	4-29
4.8.2	Heures de sous-refroidissement .....	4-30
4.8.3	Installations de production combinée de chaleur et d'électricité .....	4-30
4.8.4	Récupération de chaleur des condensats .....	4-30
4.8.5	Stockage thermique .....	4-30
5.	MATÉRIEL DE CVCA .....	5-1
5.1	Serpentins centralisés de chauffage/refroidissement .....	5-1
5.1.1	Serpentins de chauffage .....	5-1
5.1.2	Serpentins de refroidissement .....	5-2
5.2	Thermopompes air-air .....	5-3
5.3	Appareils de chauffage de zone .....	5-4
5.3.1	Radiateurs-plinthes, serpentins de réchauffage, panneaux chauffants .....	5-4
5.3.2	Ventilo-convecteurs et thermopompes hydroniques .....	5-5
5.4	Débits d'air et ventilateurs .....	5-6
5.4.1	Ventilateurs d'alimentation et d'extraction – Généralités .....	5-6
5.4.2	Entrée de ventilateurs d'alimentation centraux dans le logiciel EE4 .....	5-8
5.4.3	Ventilateurs de reprise centraux .....	5-9
5.4.4	Ventilateurs d'alimentation de zone .....	5-9
5.4.5	Ventilateurs d'extraction de zone .....	5-10
5.4.6	Horaires d'exploitation des ventilateurs .....	5-10
5.5	Débits d'air extérieur .....	5-10
5.5.1	Taux de renouvellement d'air conforme au Code .....	5-11
5.5.2	Taux de renouvellement du bâtiment de référence .....	5-11
5.5.3	Taux de renouvellement d'air des bâtiments proposés .....	5-12
5.5.4	Exemples .....	5-13
5.5.5	Norme de remplacement .....	5-15
5.5.6	Norme ASHRAE IAQ .....	5-15
5.5.7	Exigences concernant l'air d'alimentation/air extrait .....	5-16
5.5.8	Systèmes de CVCA d'établissements hospitaliers .....	5-18

5.5.9	Installations sans ventilation mécanique .....	5-20
5.5.10	Ventilation en fonction de la demande.....	5-21
5.5.11	Ventilation à la demande réglée par détecteurs de présence .....	5-23
5.6	Transfert d'air .....	5-24
5.7	Récupération de chaleur de l'air vicié .....	5-24
5.7.1	Récupérateurs de chaleur intégrés à des ventilateurs d'extraction.....	5-26
5.7.2	Récupérateurs de chaleur intégrés à des ventilateurs d'extraction avec groupes d'appoint d'air.....	5-26
5.7.3	Récupération de chaleur et débits d'air extrait et d'alimentation différents – avec groupes d'appoint d'air .....	5-27
5.7.4	Récupération de chaleur et horaires d'exploitation différents pour les ventilateurs d'alimentation et d'extraction .....	5-27
5.7.5	Récupération de chaleur avec préchauffage de l'air par thermie solaire ..	5-28
5.8	Humidificateurs.....	5-29
5.9	Économiseurs d'énergie.....	5-30
5.10	Serpentins de préchauffage .....	5-30
6.	MODÉLISATION DE SYSTÈMES DE CVCA.....	6-1
6.1	Types de systèmes de base prévus dans le logiciel EE4 .....	6-1
6.2	Choix d'un système approprié.....	6-4
6.3	Types de systèmes .....	6-5
6.3.1	Thermopompe géothermique/sur boucle d'eau .....	6-5
6.3.2	Systèmes à ventilo-convecteurs et à éjecto-convecteurs.....	6-6
6.3.3	Systèmes monozones.....	6-6
6.3.4	Systèmes multizones VAC.....	6-7
6.3.5	Systèmes VAV monobloc .....	6-8
6.3.6	Systèmes VAV constitués de blocs autonomes .....	6-8
6.3.7	Systèmes VAV à deux conduits.....	6-8
6.3.8	Systèmes VAV à deux conduits/deux ventilateurs .....	6-8
6.4	Systèmes de CVCA spéciaux .....	6-9
6.4.1	Systèmes de chauffage/refroidissement radiants, à eau.....	6-9
6.4.2	Plinthes chauffantes électriques .....	6-10
6.4.3	Aérothermes radiants (à gaz) .....	6-10
6.4.4	Aérothermes à infrarouge et panneaux radiants .....	6-12
6.4.5	Systèmes combinés de chauffage de l'air ambiant et de l'eau sanitaire ...	6-12
6.4.6	Systèmes de chauffage solaire de l'eau et de l'air de ventilation .....	6-13
6.4.7	Garages de stationnement.....	6-14
6.5	Exemples de modélisation de systèmes.....	6-15
7.	MODÉLISATION DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT.....	7-1

7.1	Niveau de détail exigé .....	7-1
7.2	Murs, toits et planchers hors-sol .....	7-2
7.2.1	Calcul de l'aire.....	7-2
7.2.2	Coefficients U des murs, toits et planchers .....	7-2
7.3	Ensembles en contact avec le sol.....	7-4
7.3.1	Murs au-dessous du niveau du sol et semi-enterrés.....	7-4
7.3.2	Toits au-dessous du niveau du sol et toitures de constructions semi-enterrées .....	7-5
7.4	Fenêtres et lanterneaux .....	7-5
7.4.1	Aire de fenêtre et de lanterneau .....	7-5
7.4.2	Coefficients U des fenêtres et des lanterneaux .....	7-6
7.4.3	Coefficients de gain solaire (CGS) des fenêtres et des lanterneaux.....	7-6
7.5	Portes .....	7-7
7.6	Murs-rideaux .....	7-8
7.6.1	Panneau vitré.....	7-8
7.6.2	Panneau d'allège .....	7-8
7.7	Balcons et jonctions mur/plancher .....	7-10
7.7.1	Jonctions .....	7-10
7.7.2	Balcons .....	7-10
7.8	Modélisation des zones non climatisées ou partiellement climatisées .....	7-10
7.8.1	Espace non climatisé (vestibules non chauffés, garages de stationnement) .....	7-10
7.8.2	Zones partiellement climatisées (vides sanitaires, garages de stationnement chauffés).....	7-11
7.8.3	Espaces non climatisés servant de plénum d'alimentation (vides sanitaires, locaux d'installations mécaniques hors-toit ou planchers).....	7-12
7.8.4	Espaces partiellement climatisés servant de plénum d'alimentation (vides sanitaires, locaux des installations mécaniques hors-toit ou planchers)...	7-13
7.9	Cloisons intérieures.....	7-13
8.	MODÉLISATION DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES.....	8-1
8.1	Systèmes d'éclairage .....	8-1
8.1.1	Commandes d'éclairage .....	8-2
8.1.2	Exclusions du calcul de la densité de puissance d'éclairage .....	8-4
8.1.3	Traitement des lampes fluorescentes compactes vissées .....	8-4
8.2	Autres installations électriques.....	8-5
8.2.1	Charges des ascenseurs et des appareils de réfrigération .....	8-5
8.2.2	Électricité fournie par une énergie renouvelable .....	8-5
9.	LIGNES DIRECTRICES POUR LES SOUMISSIONS POUR VALIDATION PAR RNCAN ..	9-1

---

10. CONSEILS DE DÉPANNAGE .....	10-1
ANNEXE A - Valeurs implicites théoriques des coefficients U et coefficients de gain solaire.....	A-1
ANNEXE B - Types de bâtiment et fonctions des espaces valeurs implicites théoriques.....	B-1
ANNEXE C - Description détaillée des systèmes pouvant être modélisés avec le logiciel EE4..	C-1
ANNEXE D - Options de crédits pour les IRLM.....	D-1
ANNEXE E - Hottes dans les laboratoires institutionnels logés dans des établissements d'enseignement.....	E-1
ANNEXE F - Dispositifs de récupération de chaleur des eaux usées.....	F-1
ANNEXE G - Informations additionnelles.....	G-1

## **Liste des figures**

Figure 2-1 - Zonage typique d'un immeuble à bureaux ou aux IRLMs .....	2-4
Figure 2-2 - Regroupement des zones selon les charges de chauffage et de refroidissement...	2-5
Figure 2-3 - Délimitation d'espaces .....	2-6
Figure 2-4 - Stratégie de zonage pour un commerce de détail à grande surface.....	2-8
Figure 3-1 - Hiérarchie de l'arbre du bâtiment dans le logiciel EE4 .....	3-1
Figure 4-1 - Exemple de Système à Thermopompe Centrale Géothermique.....	4-24
Figure 5-1 - Débits d'air - Système.....	5-7
Figure 7-1 - Profondeur d'un mur par rapport au niveau du sol - des remblais sont utilisés. ....	7-4
Figure 7-2 - Entrée EE4 pour un panneau d'allège.....	7-9
Figure 8-1 - Courbes illustrant le facteur d'aire facteur d'aire pour l'éclairage.....	8-2
Figure 8-2 - Profondeur maximale de pénétration de la lumière naturelle.....	8-4

## **Liste des tableaux**

Tableau 3-1 - Facteurs de pondération de la source d'énergie .....	3-15
Tableau 3-2 - Horaires de fonctionnement des ventilateurs .....	3-17
Tableau 4-1 - Conditions nominales des refroidisseurs .....	4-12
Tableau 4-2 - Températures de boucle ouverte (profondeur de 1,5 mètres).....	4-18
Tableau 4-3 - Températures de l'eau d'entrée mensuelles pour les thermopompes à boucle fermée horizontale .....	4-19
Tableau 4-4 - Températures de l'eau d'entrée mensuelles pour les thermopompes à boucle fermée verticale .....	4-19
Tableau 4-5 - Exemple de calcul pour la pression de refoulement effective .....	4-28
Tableau 6-1 - Systèmes de CVCA pouvant être modélisés dans le logiciel EE4 .....	6-1
Tableau 6-2 - Récapitulatif des données relatives aux systèmes de CVCA.....	6-3
Tableau 7-1 - Pourcentages d'ossature .....	7-3
Tableau 8-1 - Commandes d'éclairage .....	8-3

# 1. INTRODUCTION

## 1.1 Contexte

Le Conseil national de recherches a publié, en 1997, le Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments (CMNÉB). Ce code précise un certain nombre d'exigences prescriptives en matière d'efficacité énergétique, qui doivent être prises en compte dans le cas des bâtiments commerciaux neufs. Il permet le recours à des solutions de remplacement, à la condition qu'elles n'entraînent pas une augmentation de la consommation d'énergie du bâtiment. Puisque l'application du code est volontaire, ces mesures s'appliquent seulement si le gouvernement provincial ou l'autorité locale, ayant la juridiction, adopte le code.

Étant donné que le CMNÉB est un code, il énonce des exigences minimales en matière d'efficacité énergétique. L'Office de l'efficacité énergétique (OEE) de Ressources naturelles Canada travaille à améliorer l'économie d'énergie et l'efficacité énergétique par le biais de l'Initiative écoÉNERGIE et des activités réalisées dans le cadre d'écoÉNERGIE pour les bâtiments et les habitations (<http://ecoaction.gc.ca/batiments>). Le service de validation de la conception des bâtiments neufs est destiné à encourager les investissements dans la conception et la construction de bâtiments commerciaux et institutionnels énergétiques. Il offre un soutien aux propriétaires de bâtiments et à leur équipe de conception en déterminant les possibilités d'amélioration de l'efficacité énergétique, en leur proposant des pratiques exemplaires, des normes, des études de cas, des conseils, des mesures éconergétiques, des outils et la validation de la conception des bâtiments neufs préparés à l'aide du logiciel autorisé par RNCAN. La validation est acceptée si le modèle propose des caractéristiques de conception permettant des économies d'énergie de l'ordre 25 % par rapport à celle d'un bâtiment standard ou « de référence ». Un bâtiment « de référence » est un bâtiment conçu selon les exigences prescriptives du Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments (CMNÉB), et selon les règles de RNCAN lorsqu'il y a divergence avec le CMNÉB ou que ce dernier ne vise pas un critère de conception donné.

Le logiciel informatique EE4, mis au point par RNCAN, a été spécialement conçu pour servir d'outil de vérification de la conformité des bâtiments au CMNÉB et au service de validation. En vertu des règles de RNCAN, l'efficacité énergétique d'un bâtiment doit être analysée au moyen du logiciel EE4. Avec un consentement écrit préalable de RNCAN, on pourra, dans certains cas, recourir au logiciel d'analyse énergétique des bâtiments DOE2 pour simuler des caractéristiques qui ne peuvent l'être au moyen du logiciel EE4, à la condition que les valeurs implicites relatives aux systèmes mécaniques et architecturaux du bâtiment soient entrées dans le logiciel EE4 pour permettre de modéliser le bâtiment de référence correspondant.

Le bâtiment de référence est, sur le plan de l'architecture, identique au bâtiment proposé pour ce qui est de la géométrie, de l'orientation des murs, de la superficie et du fenêtrage, ainsi que pour ce qui est du niveau d'étanchéité à l'air, du nombre d'occupants, de la température intérieure de consigne (chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire), de la ventilation, de la consommation d'électricité et du matériel de fabrication/traitement. La valeur d'isolation thermique est conforme aux exigences du CMNÉB, énoncées à l'annexe A de ce dernier, pour la région climatique considérée et le combustible de chauffage utilisé. Le bâtiment de référence est doté d'un système centralisé de chauffage et de refroidissement (le cas échéant), d'un système de traitement de l'air représentatif (système de refroidissement monozone à détente directe, système à volume d'air variable ou appareils autonomes de chauffage/ refroidissement). Le type de système de traitement de l'air sélectionné pour le bâtiment de référence dépend de la fonction du bâtiment proposé et du type de système envisagé pour celui-ci. Dans le cas du bâtiment de référence, la consommation d'énergie calculée pour les besoins de ventilation est basée sur une conception efficace du réseau de conduits d'air et doit tenir compte de tout échange avec l'extérieur, le cas échéant. Le débit des pompes de circulation des systèmes de chauffage et de

refroidissement doit être déterminé en fonction de la différence de températures admissible et de la hauteur de refoulement. Le bâtiment de référence présente une certaine masse et ne comporte aucun dispositif pare-soleil. Pour bien comprendre comment on crée et on définit un bâtiment de référence et comment on détermine les caractéristiques du matériel et des systèmes qui le composent, se reporter au document intitulé « Conformité des bâtiments par la méthode de performance : Méthode de calcul pour démontrer la conformité au Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments à l'aide de la performance du bâtiment dans son ensemble. » ([http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/index\\_f.html](http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/index_f.html)).

Le logiciel EE4 simule les consommations d'énergie prévues dans le cas du bâtiment proposé et dans le cas du bâtiment de référence. (Il peut également simuler la consommation d'énergie de bâtiments qui ne répondent pas aux exigences prescriptives du CMNÉB ou qui sont exploités selon des horaires et des paramètres non standard, par exemple en ce qui concerne l'apport calorifique des occupants et la demande d'énergie aux prises de courant. Ces simulations sont dites « de non-conformité ».) Dans un tel cas, le logiciel élimine toutes les règles et tous les horaires RNCan et CMNÉB et permet à l'utilisateur d'entrer les données sur le bâtiment visé à des fins de simulation de l'efficacité énergétique seulement, c'est-à-dire d'analyse ne concernant pas la conformité. L'utilisateur doit se rappeler toutefois que, même en mode de non-conformité, le logiciel applique une série de valeurs implicites qui ne peuvent être modifiées, par exemple la température de l'eau chaude à l'alimentation, les pertes de charge dans la tuyauterie, les gains de chaleur internes, les pertes associées au matériel de réserve, les coefficients de charge (pleine et partielle) des chaudières et des refroidisseurs, les températures de réchauffage de l'air de ventilation, le fonctionnement des circuits secondaires de chauffage et de refroidissement, la régulation du taux d'humidité et les courbes caractéristiques des ventilateurs.

Les analyses de conformité des bâtiments au CMNÉB et au service de validation doivent être effectuées de façon rigoureuse et uniforme. Toutefois, comme les bâtiments et leurs systèmes sont parfois des entités complexes, les résultats d'analyse d'un même bâtiment peuvent être différents, d'un logiciel à l'autre, en raison des valeurs implicites définies par chacun. Le présent manuel fournit des lignes directrices sur la modélisation de bâtiments neufs conformes au CMNÉB et aux exigences de RNCan, qui permettront de minimiser ces différences.

Le logiciel de simulation N'A PAS pour objet d'établir de façon précise la consommation d'énergie annuelle, mais plutôt de faire des évaluations justes et cohérentes des effets des écarts (peu importe en quoi) par rapport aux exigences prescriptives du CMNÉB. Par conséquent, plusieurs hypothèses simplifiées ont été faites en vue de rationaliser l'exercice de modélisation sans compromettre son intention. La simulation constitue un outil de validation uniforme et cohérent de la conformité des bâtiments au CMNÉB et à RNCan, et permet de comparer l'efficacité énergétique des bâtiments proposés avec celle d'un bâtiment de référence dont les caractéristiques et les méthodes de construction (tel que définie dans le CMNÉB/CS) sont typiques à l'industrie. Parce que ces caractéristiques et méthodes de construction peuvent varier d'un bâtiment à l'autre, les simulations basées sur des caractéristiques et des méthodes typiques ne permettent pas toujours de calculer la consommation réelle d'un bâtiment proposé.

Le logiciel EE4 ne permet pas de simuler toutes les sources de consommation d'énergie (appareils d'éclairage extérieurs, ascenseurs, humidificateurs à vapeur, déshumidificateurs, appareils de cuisson au gaz, appareils de chauffage à combustible solide, matériel de traitement spécial, systèmes et appareils frigorifiques) ; pour cette raison, la consommation d'énergie prévue pour un bâtiment se limite aux caractéristiques pouvant être modélisées par le logiciel et aux valeurs implicites définies pour ce dernier. Les analyses énergétiques effectuées avec les logiciels EE4 et DOE2 pour les fins du service de validation n'ont pas pour objet de déterminer la consommation réelle d'énergie d'un bâtiment proposé à partir des valeurs implicites du logiciel comme, notamment, la densité d'occupation, l'horaire d'exploitation des systèmes et des appareils et les températures intérieures, mais plutôt de comparer, au moyen des valeurs implicites définies dans le CMNÉB, la validation par RNCan et le logiciel EE4, la consommation du bâtiment proposé par rapport à celle du bâtiment de référence.

## 1.2 *Objet du présent manuel*

Le présent manuel énonce les procédures recommandées de modélisation de bâtiments et comporte trois grandes parties :

- Règles concernant la division des bâtiments en espaces, en blocs et en zones thermiques.
- Sources d'information concernant la performance des composants de l'enveloppe et des systèmes de bâtiment.
- Lignes directrices concernant la modélisation de systèmes de CVCA simples et complexes.

Le manuel contient également quelques exemples de modélisation destinés à démontrer la conformité d'un bâtiment au CMNÉB et à la validation de la conception des bâtiments neufs par RNCAN.

Le présent manuel doit être utilisé conjointement avec le CMNÉB, le système d'aide du logiciel EE4 et les manuels de formation de RNCAN. Ces documents contiennent des renseignements détaillés sur l'utilisation du logiciel et sur les règles de conformité. On peut se les procurer à partir des sites Web suivants :

- L'OEE de RNCAN : <http://oe.e.nrcan.gc.ca/commerciaux/batiments-neufs.cfm>
- EE4 de RNCAN : [http://www.sbc.nrcan.gc.ca/software\\_and\\_tools/ee4\\_f.asp](http://www.sbc.nrcan.gc.ca/software_and_tools/ee4_f.asp)
- CNRC : [http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/index\\_f.html](http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/index_f.html)

Le présent document définit des procédures de modélisation qui permettront d'évaluer la conformité des bâtiments aux règles et aux exigences du CMNÉB et de RNCAN ; l'utilisateur doit donc s'y reporter au moment de définir les données à entrer dans le logiciel EE4.

Le présent manuel doit servir de document de référence de base pour toutes les simulations EE4. Les règles qui y sont énoncées ont préséance sur celles définies dans les versions antérieures et dans les fichiers d'aide du logiciel EE4. Par contre, on trouvera sur le site Web EE4 (voir lien ci-dessus), d'autres méthodes de modélisation et solutions de remplacement qui n'ont pas été intégrées au présent manuel ou qui ont été élaborées après la publication de ce dernier.

Toutefois, dans certains cas, il se pourrait que le logiciel EE4 ne puisse permettre de modéliser des mesures particulières d'économie d'énergie.

Des modifications aux données produites par le logiciel EE4 sont parfois permises. Les données EE4 peuvent être complétées par des données techniques supplémentaires ou bien être modifiées au moyen de changements effectués dans les fichiers DOE. Les instructions visant la modification des données EE4, en fonction de règles particulières de RNCAN, peuvent être obtenues auprès de RNCAN. Si les modifications proposées ne correspondent à aucune règle de RNCAN, le promoteur doit aviser RNCAN avant de soumettre sa demande. Les données techniques utilisées pour modifier directement les données EE4 peuvent être calculées manuellement ou au moyen de logiciels d'analyse comme le RETScreen

### **Outil de vérification**

L'outil de vérification en ligne permet au simulateur d'estimer rapidement le rendement énergétique de la conception de bâtiment proposée conforme au CMNÉB et aux règles établies par RNCAN. En procédant à cette vérification préalable, le simulateur peut évaluer l'incidence d'une mesure unique, ou d'une combinaison de mesures, en vue de maximiser l'efficacité

énergétique de la conception proposée. On accède à l'outil de vérification par le biais du site Web ([http://screen.nrcan.gc.ca/index\\_f.html](http://screen.nrcan.gc.ca/index_f.html)).

### **1.3 Organisation du manuel**

Le manuel décrit les procédures à suivre pour favoriser une modélisation uniforme et cohérente des bâtiments. Pour tous ceux qui désirent réaliser des simulations « selon la bonne pratique en matière de la technologie, » ces procédures doivent être considérées comme obligatoires.

Les différents chapitres portent sur des aspects particuliers de la modélisation de bâtiments, lesquels sont décrits ci-après.

#### **Chapitre 1 : Introduction**

Renseignements généraux sur le CMNÉB et la validation de la conception des bâtiments neufs de RNCAN, avec indication des différences qui les caractérisent et tableaux permettant de comparer la façon dont les mesures d'efficacité énergétique sont traitées dans l'un et dans l'autre.

#### **Chapitre 2 : Principes de zonage des bâtiments**

Règles régissant la division d'un bâtiment en espaces, blocs ou zones thermiques.

#### **Chapitre 3 : Fonction et paramètres d'exploitation des bâtiments**

Présentation du logiciel EE4 et examen des procédures de modélisation relatives à la définition de la fonction et des paramètres d'exploitation d'un bâtiment, y compris les tarifs des utilités.

#### **Chapitre 4 : Matériel associé aux systèmes centralisés**

Procédures de modélisation de matériel considéré d'abord comme faisant partie d'un système centralisé, notamment les chaudières, les refroidisseurs, les chauffe-eau sanitaires, les tours de refroidissement, et de l'information relative aux pompes et les thermopompes sur boucle d'eau.

#### **Chapitre 5 : Matériel de CVCA**

Procédures de modélisation des matériels qui appartiennent aux éléments/sous-éléments « zone » et « système » de l'arbre du bâtiment, notamment les batteries (serpentins) de chauffage et de refroidissement, les ventilateurs, les récupérateurs de chaleur, les économiseurs d'énergie, les convecteurs-plinthes/plinthes chauffantes, les thermopompes air-air.

#### **Chapitre 6 : Modélisation de systèmes de CVCA**

Description générale d'une quinzaine de types de systèmes pouvant être modélisés au moyen du logiciel EE4, procédures de sélection du meilleur système comme modèle et exemples connexes.

#### **Chapitre 7 : Modélisation de l'enveloppe d'un bâtiment**

Procédures de modélisation de murs, de toitures, de planchers, de fenêtres et de portes, et renseignements sur des ouvrages spéciaux comme des murs-rideaux, des balcons ainsi que des intersections murs-planchers.

#### **Chapitre 8 : Modélisation du système électrique d'un bâtiment**

Procédures de modélisation du système d'éclairage et d'autres matériels et systèmes électriques

#### **Chapitre 9 : Lignes directrices concernant la soumission à RNCAN**

Renseignements concernant la soumission à RNCAN avant la validation de la conception des bâtiments neufs.

#### **Chapitre 10 : Dépannage**

Énumération de quelques erreurs courantes décelées au cours du processus de modélisation avec le logiciel EE4, et explication de la façon de les corriger.

## **1.4 Aperçu du CMNÉB et des exigences de RNCAN liées à la validation de la conception des bâtiments neufs**

### **1.4.1 Bâtiments admissibles**

Seuls les bâtiments dont le permis de construction a été émis le 1<sup>er</sup> avril 2006 ou après cette date sont admissibles pour la validation par RNCAN. Les types de bâtiments visés sont les suivants :

- bâtiments commerciaux et institutionnels neufs ayant une surface de plancher de plus de 10 m<sup>2</sup>;
- immeubles résidentiels à logements multiples (IRLM) et immeubles résidentiels à usage mixte neufs (1.4.2);
- bâtiments où des travaux de rénovation d'envergure sont effectués (1.4.3);
- ajouts à des bâtiments existants (1.4.4).

Les bâtiments qui ne sont pas dotés d'un système de ventilation mécanique peuvent aussi être admissibles à la validation par RNCAN selon leur fonction d'occupation; toutefois, le bâtiment de référence correspondant doit aussi être exempt de ventilation mécanique (communiquez avec RNCAN si vous êtes dans le doute). Consultez la section 5.5.9 pour obtenir les procédures de modélisation.

La validation de la conception des bâtiments neufs par RNCAN ne vise pas les bâtiments suivants:

- Bâtiments agricoles dont la fonction première n'est pas d'abriter des occupants (c'est-à-dire où il faut assurer la ventilation et le conditionnement d'air des locaux);
- Tout bâtiment visé par le *Code modèle national de l'énergie des maisons* .

Le terme « surface de plancher » tel que défini par le CMNÉB (1.1.3.2.[1]) désigne ce qui suit :

« La plus grande surface horizontale d'un bâtiment au-dessus du niveau moyen du sol, calculée entre les faces externes des murs extérieurs ou à partir de la face externe des murs extérieurs jusqu'à l'axe des murs coupe-feu. »

### **1.4.2 Immeubles résidentiels à logements multiples (IRLM) et immeubles résidentiels à usage mixte**

#### **Immeubles résidentiels à logements multiples :**

Afin qu'un IRLM soit admissible à la validation par RNCAN, il doit satisfaire aux exigences suivantes :

- hauteur supérieure à trois étages (c.-à-d., quatre étages ou plus, y compris les étages en dessous du niveau du sol qui sont entièrement occupés par des logements) ou surface de plancher de plus de 600 m<sup>2</sup>;
- entrée commune.

Les sous-sols (plein ou partiel) sont considérés comme un étage si 75 % de leur superficie totale est habitable (logements). La superficie totale inclut les espaces tels que les garages, les entrepôts et les buanderies, que ces espaces soient conditionnés ou non.

Une seule entrée commune à travers le garage n'est pas acceptée.

Pour obtenir de plus amples renseignements sur la modélisation des IRLM, consultez l'Annexe D.

### **Immeubles résidentiels à usage mixte :**

L'immeuble résidentiel à usage mixte comprend un mélange de logements résidentiels et d'espaces à usage commercial ou institutionnel. Des exigences particulières visent la soumission pour ce *type de bâtiment* :

- tous les espaces conditionnés, dans les parties résidentielles et commerciales, doivent être modélisés pour les besoins de la soumission à la validation à RNCAN;
- la validation par RNCAN des IRLM ne s'applique pas aux espaces résidentiels des immeubles résidentiels à usage mixte.

Les règles d'admissibilité visant les IRLM dans le cadre de la validation par RNCAN demeurent valides et inchangées pour les bâtiments de quatre étages et plus d'espace résidentiel, ou d'une superficie au sol de 600 m<sup>2</sup> ou plus, qu'ils comportent ou non un élément à usage mixte.

### **1.4.3 Rénovations**

Les projets de rénovation doivent respecter tous les critères suivants :

- Le propriétaire/promoteur doit avoir en main la documentation existante et complète de l'immeuble dans son état définitif (dessins et caractéristiques techniques). L'intégralité de cette information est jugée en fonction de la capacité de répondre aux questions touchant la construction de l'immeuble.
- Le propriétaire/promoteur doit projeter de modifier à la fois l'architecture et les systèmes de ventilation, de climatisation et d'éclairage. Tous ces systèmes doivent être modifiés.

### **1.4.4 Ajouts**

Les projets d'agrandissement de bâtiments existants sont admissibles au service de validation par RNCAN; toutefois, seuls les ajouts d'espaces chauffés sont pris en compte aux fins de la validation. Pour ce qui est de la conformité, l'ajout est traité comme un bâtiment distinct. Il suffit d'entrer la superficie des murs, des toits et des planchers qui séparent l'ajout de l'extérieur (c.-à-d., exclure les murs intérieurs).

Si les installations techniques (chauffage, refroidissement, ventilation, chauffage d'eau sanitaire) du bâtiment existant sont prolongées dans l'ajout, seuls les nouveaux éléments mécaniques et électriques propres à l'ajout doivent répondre aux exigences obligatoires du CMNÉB. Si une nouvelle chaudière ou un nouveau refroidisseur est ajouté dans le bâtiment existant pour assurer le chauffage ou le refroidissement de l'ajout, alors ces appareils doivent être pris en compte dans le modèle. Il faut également présenter les plans et devis de ces nouveaux appareils pour demander des crédits dans le logiciel EE4. Si le système de traitement de l'air est prolongé dans l'ajout, on doit modéliser le système en place comme étant celui de l'ajout. Les capacités de chauffage ou de refroidissement de ces appareils doivent être adaptées selon les charges nominales de chauffage/refroidissement déterminées par la calculatrice de dimensionnement du logiciel EE4. La puissance du ventilateur prise en compte doit être calculée comme la proportion de la puissance totale dirigée vers l'ajout. Le rendement de chauffage et le COP de refroidissement doivent correspondre aux valeurs adoptées pour les appareils du bâtiment existant qui alimentent l'ajout en air. Le débit d'air d'alimentation doit correspondre aux valeurs qui figurent dans les plans et devis et aux besoins en air extérieur des espaces compris dans l'ajout. Tous les calculs doivent être fournis.

### 1.4.5 Bâtiments industriels

Les bâtiments industriels ne sont pas admissibles à la validation par RNCAN.

## 1.5 Mesures d'efficacité énergétique

La présente section contient une liste des mesures d'efficacité énergétique les plus courantes qui peuvent être mises en application et modélisées au moyen du logiciel EE4 en vue d'obtenir des crédits qui permettront d'atteindre la consommation cible d'énergie établie par RNCAN. Il est à noter que certains de ces paramètres peuvent se transformer en pénalités si les valeurs implicites du bâtiment de référence permettent d'arriver à de meilleurs résultats (décrits dans le CMNÉB et dans le Supplément sur la conformité). Si l'on utilise le présent manuel en ligne, il suffit de cliquer sur un élément de la liste pour avoir des renseignements supplémentaires concernant cette mesure particulière (cette fonction amènera le lecteur à d'autres sections, articles ou paragraphes du manuel). L'information est divisée en trois blocs : les caractéristiques de construction et d'exploitation du bâtiment, l'enveloppe du bâtiment et les systèmes de CVCA.

### Caractéristiques de construction et d'exploitation du bâtiment

**Domotique** : Aucun crédit accordé puisque l'extinction des appareils d'éclairage et l'arrêt des ventilateurs en cas de non nécessité sont prévus dans le cas du bâtiment de référence modélisé pour presque tous les types de bâtiments proposés.

**Ralenti nocturne** : Aucun crédit accordé puisque et le bâtiment de référence et le bâtiment proposé doivent être assujettis au même horaire des températures. La plupart des horaires implicites du CMNÉB prévoient déjà un ralenti nocturne.

**Régulation automatique de l'éclairage** : Crédit accordé pour des commandes avec capteurs permettant de réduire la puissance d'éclairage lorsque les locaux sont inoccupés ou pour une régulation automatique de la puissance d'éclairage (aucun crédit pour des gradateurs locaux).

**Régulation de la ventilation en fonction de la demande** : Crédit accordé pour les installations conçues pour réduire l'admission d'air extérieur au moyen d'un dispositif sensible à la demande de ventilation dans le bâtiment (p. ex. détecteurs de CO<sub>2</sub>). Un détecteur doit être placé dans chaque zone thermique. À cet égard, des limites ont été établies pour certains types de bâtiment (écoles, bureaux, entrepôts, établissements de réunion. On trouvera les détails sur la façon d'appliquer cette régulation de la ventilation en fonction de la demande à la section 5.5.10. et 5.5.11.

### Enveloppe du bâtiment

**Résistance thermique (valeur RSI) - Murs/toit** : Crédit possible si la valeur RSI du bâtiment proposé est supérieure à celle du bâtiment de référence ou pénalité si elle y est inférieure. La valeur RSI murs/toit du bâtiment de référence est basée sur celle indiquée à l'annexe A du CMNÉB.

**Résistance thermique – Ouvrages situés sous le niveau du sol et dalles sur sol** : La résistance thermique, dans le cas de ces éléments de l'enveloppe, doit être conforme aux exigences obligatoires du CMNÉB concernant l'isolation thermique; aucun crédit accordé si ces exigences sont dépassées.

**Coefficient U – Fenêtrage** : Crédit possible si le coefficient U du fenêtrage du bâtiment proposé est supérieur à celui du fenêtrage du bâtiment de référence, et pénalité s'il y est inférieur. Le coefficient U du fenêtrage du bâtiment de référence est basé sur celui indiqué à l'annexe A du CMNÉB.

**Rapport fenêtrage-mur** : Si le rapport fenêtrage-mur (RFM) du bâtiment proposé est inférieur à 40 %, il est considéré comme étant identique à celui du bâtiment de référence. S'il est supérieur à 40 %, la superficie du fenêtrage pour le bâtiment de référence est fixée à 40 % et la superficie résultante en sus est isolée à la valeur RSI indiquée dans le CMNÉB.

**Coefficient de gain solaire** : Le logiciel peut choisir ou non de donner le même coefficient de gain solaire (CGS) aux bâtiments proposés et de référence ou de fixer celui du bâtiment de référence à 0,65. Un crédit peut être accordé si la glace de la construction proposée a un CGS moins de 0,65 et la boîte de contrôle de comparaison est vérifiée.

**Rapport lanterneaux-toit** : Si le rapport lanterneaux-toit (RLT) du bâtiment proposé est inférieur à 2 %, il est considéré comme étant identique à celui du bâtiment de référence. S'il est supérieur à 2 % et si le RFM est supérieur à 40 %, celui du bâtiment de référence est fixé à 2 % et la superficie résultante en sus du toit est isolée à la valeur RSI indiquée dans le CMNÉB pour le type de toit en question.

**Coefficient U des portes** : Aucun crédit accordé pour un coefficient U des portes supérieur à celui des portes du bâtiment de référence. Les dimensions et la performance des portes du bâtiment de référence sont identiques à celles du bâtiment proposé.

**Étanchéité à l'air (fuites/infiltrations)** : Aucun crédit accordé pour une meilleure étanchéité à l'air des murs et des fenêtres. À des fins de modélisation, le taux d'infiltration d'air dans le cas du bâtiment de référence et du bâtiment proposé est fixé à 0,25 L/s par mètre carré de surface brute de la partie hors-sol de l'enveloppe.

**Surplombs et projections latérales** : Crédit ou pénalité pour les surplombs et les projections latérales. Le bâtiment de référence ne comporte pas de tels éléments. Les personnes responsables de la modélisation devraient prendre note que le fait de regrouper toutes les fenêtres dans une seule aire sur un segment de mur, fausse la géométrie enregistrée d'une fenêtre donnée et réduit considérablement l'efficacité des projections latérales et des surplombs représentés.

**Absorptivité et rugosité murs-toit** : Aucun crédit accordé pour ces paramètres. Ils sont identiques dans le cas du bâtiment de référence et du bâtiment proposé.

## Systèmes de CVCA

**Type de système de CVCA** : Crédit ou pénalité possible pour certains types de systèmes de CVCA. Les systèmes de CVCA sont habituellement du type monozone et à débit d'air constant dans le cas du bâtiment de référence si ceux du bâtiment proposé sont du type monozone, et à débit d'air variable, si ceux du bâtiment proposé sont du type multizone ou des appareils terminaux de zone (ventilo-convecteurs, thermopompes réparties). Il existe certaines exceptions selon la classification des espaces. Par exemple, les logements sont desservis par un appareil de conditionnement d'air terminal monobloc. Se reporter au Supplément sur la conformité au CMNÉB pour plus de détails. Les paramètres ci-après sont les caractéristiques des ventilateurs prévues dans le cas du bâtiment de référence par rapport auxquelles le réseau de ventilation (ventilateurs et conduits d'air) du bâtiment proposé pourrait obtenir des crédits ou faire l'objet de pénalités.

Type de système	Mode de refroidissement	Ventilateur de soufflage		Ventilateur de reprise	
		Pression statique	Rendement	Pression statique	Rendement
Monozone	Détente directe	325 Pa	40 %	-	-
	Hydronique	500 Pa	50 %	150 Pa	25 %
Multizone	Détente directe	750 Pa	45 %	150 Pa	25 %
	Hydronique	1000 Pa	55 %	250 Pa	30 %
Appareils terminaux de zone	Tout type	125 Pa	25 %	-	-

**Régulation des ventilateurs d'alimentation :** dans les systèmes VAV et à deux conduits, des crédits sont accordés selon le type de ventilateur d'alimentation.

**Rendement du matériel :** Crédit accordé pour des systèmes de CVCA dont le rendement énergétique est supérieur à celui stipulé dans le CMNÉB. Cela s'applique aux chaudières, aux refroidisseurs, aux ventilateurs, aux pompes, aux thermopompes et aux brûleurs (aérothermes, générateurs de chaleur montés en toiture, générateurs de chaleur, chauffe-eau sanitaire).

Modélisation de l'équipement de combustion à haut rendement (appareils de chauffage) – Le logiciel EE4 permet la modélisation de l'équipement de combustion à haut rendement s'il est présent dans votre édifice (c.-à-d. appareil de chauffage). Un nouveau champ intitulé « Combustion à haut rendement » a été ajouté dans la boîte de dialogue du système central, sous l'onglet Général. Cette fonction ne s'active que si le type de combustible que vous sélectionnez est le propane, le mazout ou le gaz naturel. Si ce nouveau champ « Combustion à haut rendement » est sélectionné avec un type de combustible valide pour la région administrative sélectionnée, le logiciel renvoie à une série différente de courbes de charge partielle pour modéliser l'équipement dans le mode de charge partielle, ce qui donne généralement lieu à des économies d'énergie par rapport aux courbes de charge partielle traditionnelles qui sont utilisées.

**Refroidisseurs :** Le rendement et le type des refroidisseurs sont calculés en fonction des puissances frigorifiques prévues pour les systèmes du bâtiment de référence. Des crédits peuvent être accordés ou des pénalités imposées selon les paramètres de calcul du système proposé et la charge frigorifique connexe, comparativement à ce qui suit.

Puissance frigorifique requise	Type de refroidisseur – Bâtiment de référence	COP du refroidisseur – Bâtiment de référence
Moins de 700 kW	À compresseur alternatif	3,8
700 – 2100 kW	À compresseur centrifuge	5,2
Plus de 2100 kW	À deux compresseurs centrifuges	5,2

**Chaudières, chauffe-eau et brûleurs :** Dans le cas du bâtiment de référence, l'efficacité thermique des chaudières, des chauffe-eau et des brûleurs est de 80 %, par conséquent, un crédit est accordé à la précision d'une efficacité thermique plus élevée.

**Caractéristiques des pompes :** Le tableau ci-après présente les caractéristiques des pompes prévues dans le cas du bâtiment de référence, par rapport auxquelles les systèmes du bâtiment proposé pourraient obtenir des crédits ou faire l'objet de pénalités.

Fonction de la pompe	Type de pompe	Rendement de la pompe
Chaudière	À vitesse constante	Calculé en fonction de la capacité
Tour de refroidissement	À vitesse constante	70 %
Refroidisseur	À vitesse constante	Calculé en fonction de la capacité

**Dimensionnement du matériel :** Pénalité imposée si les chaudières et les refroidisseurs du bâtiment proposé sont surdimensionnés de 30 %, selon les calculs de charge du logiciel EE4. Les appareils et systèmes de chauffage ne peuvent pas être sous dimensionnés.

Un surdimensionnement global de 20 % est admis pour les ventilateurs desservant les espaces chauffés pour tenir compte des échanges d'air entre le réseau de ventilation et les groupes d'appoint d'air. Le surdimensionnement dépend de la norme de ventilation adoptée. Le bâtiment de référence sera limité à un facteur de surdimensionnement de 20 %, voir la section 5.5 pour plus de détails.

**Brûleurs à condensation (haute efficacité) :** Crédit accordé pour le recours à la technologie de la condensation dans le cas des chaudières et des générateurs de chaleur.

**Récupération de chaleur – Air de ventilation :** Crédit accordé pour des systèmes de récupération de la chaleur sensible, notamment des échangeurs à plaques, des roues thermiques, des caloducs et des boucles de récupération eau glycolée/eau chaude.

**Systèmes économiseurs d'énergie :** Pénalité possible si le système de traitement de l'air du bâtiment proposé ne permet pas le refroidissement par échange avec l'extérieur. Le bâtiment de référence comporte toujours un économiseur à enthalpie.

**Régulation de la température d'eau de retour de la chaudière en fonction de la température extérieure :** Crédit accordé pour une régulation de la température de l'eau d'alimentation de la chaudière en fonction de la température extérieure et/ou crédit accordé pour avoir abaissé la température de l'eau de retour d'une chaudière. À cet égard, il faut augmenter le rendement de la chaudière lorsque la température de l'eau de retour est inférieure à 160 °F (70 °C). Le simulateur augmente le rendement de la chaudière conformément à l'équation présentée à la section 4.2.6.

**Régulation de la température de l'air d'alimentation (de soufflage) en fonction de la demande :** Dans le cas des systèmes VAV, crédit accordé pour une régulation de la température de l'air d'alimentation en fonction de la demande dans chacune des zones (régulation de zone).

**Brûleurs modulateurs/multi-étagés :** Crédit accordé pour la chauffe multi-étagée des chaudières. À cet égard, la puissance totale de chauffe doit être répartie entre des petites chaudières virtuelles de même capacité fonctionnant en séquence pour assumer jusqu'à 90 % de la charge. L'efficacité thermique implicite (spécifiée par le fabricant) demeure inchangée. Le nombre de chaudières est déterminé par le nombre des séquences d'allumage, jusqu'à concurrence de 10 chaudières virtuelles par chaudière. Les brûleurs modulateurs sont modélisés selon la température de retour de l'eau. La version 1.7 du logiciel EE4 ne supporte pas les brûleurs à condensation modulateurs. Voir la section 4.2.4 pour plus de détails.

**Groupes multi-étagés montés en toiture :** Crédit accordé pour une amélioration de l'efficacité énergétique des groupes multi-étagés montés en toiture. Le crédit est accordé pour un gain limité à 1,5 % du rendement thermique dans une région à moins de 5000 degrés-jours de chauffage et à 2 % dans le cas des localités à plus de 5000 degrés-jours de chauffage.

**Refroidisseurs modulateurs/multi-étagés :** Crédit accordé pour des refroidisseurs modulateurs (aucun crédit pour des appareils de traitement de l'air à refroidissement multi-étagé). À cet égard,

la puissance totale de refroidissement doit être répartie entre au plus dix (10) petits refroidisseurs virtuels fonctionnant en séquence pour assumer jusqu'à 90 % de la charge. Le COP ou l'EER sont entrés suivant les données précisées par le fabricant.

**Thermopompes géothermiques** : Crédit accordé pour l'utilisation d'une thermopompe géothermique jumelée ou non à une chaudière d'appoint. Le bâtiment de référence comprend généralement une chaudière électrique avec un équivalent du COP de 1,0, par conséquent, les crédits sont accordés en fonction des améliorations du COP relatives à la technologie du compresseur. En outre, lorsque les thermopompes géothermiques fournissent la puissance frigorifique, le bâtiment de référence installe un refroidisseur à compresseur centrifuge avec tour de refroidissement, par conséquent, des crédits sont possibles pour la conception proposée en raison de l'élimination de la tour de refroidissement et des pompes qui s'y rattachent et par l'utilisation d'une thermopompe affichant un COP supérieur.

**Variateurs de vitesse** : Crédit accordé pour les variateurs de vitesse prévus pour les pompes, les ventilateurs de soufflage (systèmes VAV seulement) et les ventilateurs de tours de refroidissement, les pompes et ventilateurs des systèmes du bâtiment de référence étant du type à vitesse constante. Aucun crédit accordé pour des pompes ou des ventilateurs à plusieurs vitesses, lesquels doivent être considérés comme des appareils à une vitesse à rendement moyen.

**Taux de renouvellement d'air** : Aucun crédit accordé pour une réduction du taux de renouvellement d'air, ce paramètre est identique dans le cas du bâtiment de référence et dans celui du bâtiment proposé sauf quelques exceptions. Se reporter à la section 5.5.

**Systèmes de ventilation/régulation des concentrations de CO/NO<sub>x</sub> – Garages** : Aucun crédit accordé par la validation pour la régulation des concentrations de CO/NO<sub>x</sub> dans les garages chauffés ou non chauffés (alimentation et extraction asservies), puisque cette pratique est considérée comme courante.

**Humidification** : Aucun crédit accordé pour l'utilisation de roues thermiques ou de roues dessiccatives aux fins de réduction des besoins en humidification.

### Systèmes d'éclairage/électriques

**Densité de puissance d'éclairage** : Crédit accordé pour une densité de puissance d'éclairage totale raccordée inférieure à celle indiquée dans le CMNÉB.

**Éclairage extérieur** : L'éclairage extérieur n'est pas pris en compte pour la validation par RNCan; il n'est pas modélisé dans le logiciel EE4 et ne peut faire l'objet de crédits.

**Transport vertical** : Les ascenseurs, les monte-charge et les escaliers mécaniques ne sont pas pris en compte pour la validation et ne peuvent faire l'objet de crédits.

**Appareils** : Crédit accordé pour les appareils énergétiques installés dans des IRLM (se reporter à l'annexe D).

### Divers

**Systèmes de cogénération (production combinée de chaleur et d'électricité)** : En règle générale, aucun crédit n'est accordé pour les systèmes de cogénération (qui utilisent la chaleur récupérée des générateurs électriques pour combler les besoins en chauffage et en refroidissement). Si le bâtiment est chauffé au moyen d'un système de cogénération centralisé (un hôpital ou une université, par exemple), le système de chauffage centralisé doit être modélisé comme un système de chauffage à distance, avec l'option « chauffage acheté ». Toutefois,

RNCAN peut accorder un crédit pour certains systèmes. Pour plus de renseignements sur les crédits accordés pour les systèmes de cogénération, voir les sections 4.5 et 4.8.3.

**Récupération de la chaleur produite par les procédés de traitement :** Aucun crédit accordé en vertu de la validation par RNCAN pour la récupération de la chaleur générée par des procédés industriels, de fabrication, de service ou de production d'énergie électrique aux fins de chauffage direct de l'air de ventilation, de l'eau sanitaire ou encore aux fins de chauffage hydronique sur boucle d'eau; elle ne doit pas être modélisée. Cependant, la récupération de la chaleur extraite de hottes de laboratoire est admissible. L'annexe E donne plus de renseignements à ce sujet.

**Remplacement des hydrocarbures :** Aucun crédit accordé pour le remplacement d'un combustible fossile par un autre type de combustible fossile ou par l'électricité, même si cette mesure permet une réduction potentielle des émissions de gaz à effet de serre. Le logiciel déterminera la source principale de chauffage selon le type de zones thermiques définies dans le cas du bâtiment proposé, et selon les règles de sélection de la source principale de chauffage. Un crédit n'est accordé que lorsqu'un combustible fossile est remplacé par une source d'énergie renouvelable, par exemple, un système photovoltaïque, une technologie de la thermie solaire (air et hydronique), ou un système éolien.

**Robinettes et douches à faible débit :** Crédit accordé pour la robinetterie d'appareils sanitaires qui permet un débit d'eau inférieur aux débits maximaux indiqués dans le CMNÉB.

**Récupération de la chaleur contenue dans l'eau chaude sanitaire évacuée :** Crédit accordé pour les systèmes de récupération de la chaleur contenue dans l'eau chaude sanitaire évacuée à l'égout. Voir l'annexe F pour les calculs des économies associés à la récupération de chaleur de l'eau d'évacuation.

**Énergie renouvelable :** Crédit accordé pour les systèmes faisant appel à une énergie renouvelable, y compris les systèmes photovoltaïques, les systèmes de chauffage solaire (air, eau chaude sanitaire), les systèmes aérogénérateurs. Les calculs concernant ces technologies doivent être effectués avec un autre logiciel que le logiciel EE4, le RETScreen par exemple. Les thermopompes géothermiques peuvent être modélisées directement dans le logiciel EE4 comme un système de CVCA.

Certaines technologies énergétiques non visées par le CMNÉB ne sont pas modélisées dans le logiciel EE4. Ces technologies peuvent toutefois être reconnues par RNCAN. Elles doivent alors être traitées au moyen du logiciel DOE 2.1 ou d'un autre logiciel approprié qui permettra de calculer les économies d'énergie pouvant être réalisées. Les personnes responsables de la modélisation de bâtiments devraient revoir les chapitres 5 et 6 du présent manuel et communiquer avec RNCAN pour savoir comment traiter les technologies non reconnues si elles croient qu'elles pourraient faire l'objet de crédits.

## 2. PRINCIPES DE ZONAGE DES BÂTIMENTS

Une des premières étapes du procédé de modélisation consiste à établir une stratégie de subdivision du bâtiment en « zones ». Pour ce faire, on procède à un examen approfondi des plans et des devis de celui-ci. Cette section contient la marche à suivre pour l'élaborer une stratégie de division des bâtiments en zones.

### 2.1 Division des bâtiments en zones

Les bâtiments sont constitués de zones thermiques. Une zone thermique, désignée généralement par le mot « zone », comprend des parties d'un bâtiment qui sont desservies par le même système de CVCA et dont les composantes ont des charges de chauffage, des charges de refroidissement et des horaires d'exploitation semblables. Par exemple, un petit bâtiment industriel typique (industrie légère) comprend un minimum de deux zones : une zone située à l'avant (réception) desservie par une installation hors-toit et une zone située à l'arrière (entrepôt) chauffée par des aérothermes (générateur de chaleur suspendu). De leur côté, les zones sont divisées en un ou plusieurs *espaces*. Un espace est constitué d'un ou de plusieurs locaux dont les apports et les pertes thermiques sont semblables et dont la *fonction* est la même. Ainsi, la zone de bureaux de l'exemple précédent peut comporter trois espaces : la pièce abritant la photocopieuse, les locaux à bureaux et les corridors. Ces trois espaces sont desservis par le même système de CVCA et leur horaire d'exploitation est le même. Par contre, la méthode d'éclairage, la densité d'occupation et les taux de ventilation peuvent différer d'un espace à l'autre.

Un des aspects les plus difficiles dans la modélisation des bâtiments est la division du bâtiment en zones et en espaces. Plusieurs solutions sont possibles et chaque logiciel de simulation applique sa propre stratégie de zonage. Il existe tout de même en ensemble de règles que l'on peut suivre pour réduire les écarts entre les logiciels et ainsi fournir une simulation davantage représentative de la réalité.

Une zone se compose des aires du bâtiment qui répondent aux trois critères suivants :

- Elles sont desservies par le même système de CVCA.
- Elles ont des horaires d'exploitation et des fonctions semblables.
- Elles présentent des charges de chauffage et de refroidissement semblables.

Les sections qui suivent traitent chacun de ces critères.

#### 2.1.1 Même système de CVCA

La première étape dans la délimitation des zones consiste à regrouper les secteurs du bâtiment qui sont desservis par le même système de CVCA. Dans le logiciel EE4, le mot « système » fait habituellement référence à l'installation centralisée de traitement de l'air qui dessert un secteur du bâtiment. Les bâtiments peuvent compter un ou plusieurs systèmes, selon les dimensions du bâtiment et le type de système.

À titre d'exemple, un commerce de détail situé dans un centre commercial peut être desservi par deux appareils hors-toit. Dans ce cas, chaque appareil hors-toit est considéré comme un « système ». La première étape dans la délimitation des zones de ce bâtiment serait de le diviser en deux secteurs généraux correspondant aux zones de desserte respectives des deux appareils montés en toiture.

Par ailleurs, un immeuble d'appartements de grande hauteur peut comporter un groupe d'appoint d'air centralisé, qui assure la ventilation des corridors, ainsi que des thermopompes-climatiseurs individuels qui assurent la climatisation des différents appartements. Dans ce cas, il n'y a qu'un système. Pour subdiviser l'immeuble davantage, il faut se baser sur le second critère de délimitation des zones, c.-à-d. la similitude des charges et/ou des fonctions.

Les limites de la zone devraient correspondre à l'aire desservie par chaque système de CVCA, sinon le surdimensionnement de ces systèmes ne sera pas calculé correctement. En effet, la détermination du degré de surdimensionnement du système de CVCA est un aspect important de la modélisation de bâtiments. Cela dit, il n'est pas impossible pour une zone d'être chauffée par un système et d'être refroidie par un autre. S'il existe des variations à l'intérieur d'une zone, on peut la subdiviser en espaces (se référer à la section « Division des zones en espaces ») et pour les exceptions, à la section « Regroupement de zones semblables »). Fait à remarquer, les limites d'une zone valide ne correspondent pas nécessairement à une séparation matérielle (p. ex. des cloisons de bureaux); il peut simplement s'agir du lieu d'un gradient thermique prononcé. Par exemple, un bureau à aires ouvertes peut être chauffé en périphérie du bâtiment, alors que les bureaux situés à l'intérieur peuvent ne pas être chauffés du tout. La zone périmétrique et la zone intérieure constituent alors deux zones distinctes même s'il s'agit d'un bureau à aires ouvertes.

Les systèmes multizones (systèmes multizone, à deux conduits et à volume d'air variable) desservent habituellement plusieurs zones et devraient être modélisés comme tels. Une solution possible pour le zonage de ces systèmes serait le regroupement dans une même zone de tous les secteurs contrôlés par le même thermostat. Par contre, il risque d'en résulter un très grand nombre de zones, ce qui complique considérablement la modélisation d'un bâtiment. Pour éviter cela, on peut, dans plusieurs cas, regrouper plusieurs zones en une sans diminuer la précision de la modélisation. Par exemple, les pièces qui ont une fonction semblable mais qui sont pourvues de thermostats individuels pour ajuster la température selon que la pièce est occupée ou non peuvent être regroupées dans une même zone. Dans le cas d'un système multizone qui dessert un ensemble de salles de réunion, il faut que le système de CVCA puisse s'adapter aux heures d'occupation très variées de ces salles. D'un point de vue de modélisation, toutes les pièces sont identiques et peuvent être regroupées en une seule zone. Les chambres d'hôtel et de motel en sont un autre exemple. Chaque chambre possède son propre thermostat pour ajuster la température selon que la chambre est occupée ou non, mais il y a autant de possibilités qu'une chambre soit occupée ou qu'elle soit vide. Dans ce cas, toutes les chambres peuvent être considérées comme faisant partie d'une zone (à condition qu'elles aient les mêmes charges de chauffage et de refroidissement dans des conditions normales d'exploitation – voir la section suivante pour plus de détails). Les autres règles concernant le regroupement des zones sont abordées plus loin.

### **2.1.2 Horaires d'exploitation et fonctions semblables**

L'étape suivante consiste à examiner la fonction de chacune de ces zones. Les parties d'un bâtiment dont les heures d'exploitation diffèrent grandement devraient former des zones distinctes. Par exemple, un secteur d'un bureau pourrait être utilisé pendant les heures normales d'ouverture tandis qu'un autre secteur du même bureau pourrait être un département de soutien téléphonique 24 heures. En général, ces secteurs seraient desservis par des systèmes de CVCA différents, et appartiendraient ainsi à différentes zones, selon le premier critère de zonage. Par contre, des secteurs qui comportent des espaces à fonctions différentes (p. ex. bureaux, corridors et toilettes) peuvent être regroupés dans une même zone s'ils partagent le même horaire d'exploitation.

Pour obtenir plus d'informations et de critères ayant trait à la délimitation des zones selon les horaires d'exploitation et la fonction, et sur la subdivision des zones en espaces, se reporter à la section 2.2.

### **2.1.3 Charges de chauffage et de refroidissement semblables**

La troisième étape consiste à regrouper des pièces ou des ensembles de pièces qui présentent des charges de chauffage et de refroidissement semblables. Selon ce critère, les pièces bordées par des murs extérieurs devraient former des zones distinctes selon la direction dans laquelle les murs sont orientés (en raison de gains solaires différents). Ainsi, les aires intérieures sont modélisées séparément des aires périmétriques. De la même façon, les salles d'ordinateurs, où l'apport thermique interne est élevé, sont modélisées différemment des bureaux ordinaires. En grande partie, le raisonnement est le même que celui appliqué pour la division du bâtiment en secteurs desservis par un seul système de CVCA et par un même thermostat. On peut présumer que le concepteur du bâtiment a pris en compte les écarts entre les charges de chauffage et de refroidissement lorsqu'il a conçu les systèmes de CVCA.

Toutefois, il n'en est pas toujours ainsi. Dans la section précédente, nous avons dit que les chambres d'hôtel/motel semblables peuvent être regroupées en une seule zone. Mais comme les chambres orientées vers le nord présenteront des charges très différentes des chambres orientées vers le sud, ces deux groupes de chambres devraient être modélisés comme étant des zones autonomes.

La modélisation devrait traiter séparément les aires périmétriques et les aires intérieures. Dans certains bâtiments, en particulier dans les immeubles à bureaux à aires ouvertes, il est difficile de déterminer à quel endroit se situe la frontière entre les aires périmétriques et les aires intérieures. La ligne de séparation entre ces aires devrait être établie en tenant compte des critères suivants (dans l'ordre) :

- Position des murs pleine hauteur qui séparent les aires périmétriques des aires intérieures.
- Aires desservies par les systèmes de CVCA périmétriques. On utilise souvent des systèmes de CVCA différents pour les aires périmétriques et les aires intérieures et c'est la surface climatisée par le système de CVCA périmétrique qui délimite la zone périmétrique.
- La ligne de séparation doit être située à cinq mètres des murs extérieurs. Prendre note que RNCAN définit la zone de contrôle de l'éclairage aux fins de l'éclairage de jour comme un espace d'une profondeur à partir du mur périmétrique n'excédant pas une fois et demie la hauteur du linteau de fenêtre. Il pourrait être utile de considérer que la zone thermique périmétrique soit la même que la zone d'éclairage de jour.

### **2.1.4 Regroupement des zones semblables**

La mise en application des trois critères de zonage énumérés dans les pages précédentes peut résulter en un très grand nombre de zones. Le résultat peut être précis, mais l'exercice demande beaucoup de temps pour l'entrée des données dans le logiciel. Les critères suivants peuvent être appliqués pour regrouper des zones semblables.

1. Les pièces semblables pourvues d'un thermostat individuel peuvent être regroupées en une zone si elles présentent des charges de chauffage et de refroidissement semblables.
2. Les aires semblables sur différents étages peuvent être regroupées en une même zone. En effet, de nombreux immeubles à bureaux et à appartements ont le même plan d'étage à tous les niveaux. Par contre, le dernier étage et le rez-de-chaussée sont modélisés séparément en raison du plus grand transfert thermique à travers le toit et le plancher au niveau du sol. Dans la Figure 2-1, le deuxième et le troisième étage peuvent être regroupés en une zone.

3. Les aires qui présentent des charges de chauffage et de refroidissement semblables peuvent être regroupées en une zone. Par exemple, tous les bureaux d'un bâtiment orientés vers l'ouest pourraient être regroupés en une zone à condition qu'ils partagent la même fonction et les mêmes caractéristiques d'enveloppe. Il n'est pas nécessaire que les aires soient adjacentes ou contiguës pour faire partie d'une zone. Dans la Figure 2-2, les fenêtres des bureaux aux extrémités du bâtiment sont beaucoup plus grandes que celles des autres bureaux. Les bureaux dont le rapport fenêtrage-mur est semblable pourraient être regroupés en une zone. Si ces secteurs étaient climatisés par des systèmes de CVCA différents, il faudrait en additionner les charges de chauffage et de refroidissement pour calculer correctement le surdimensionnement de l'installation de CVCA.
4. Aires de services : les toilettes, les corridors, les locaux des installations mécaniques/électriques, les escaliers et les vestiaires ne peuvent être considérés comme des zones autonomes; ces espaces doivent être inclus dans les secteurs qui partagent des horaires d'exploitation semblables. Par exemple, les corridors et les toilettes seront probablement utilisés durant les mêmes heures que les bureaux qu'ils desservent et devraient ainsi être inclus dans la zone de bureaux.

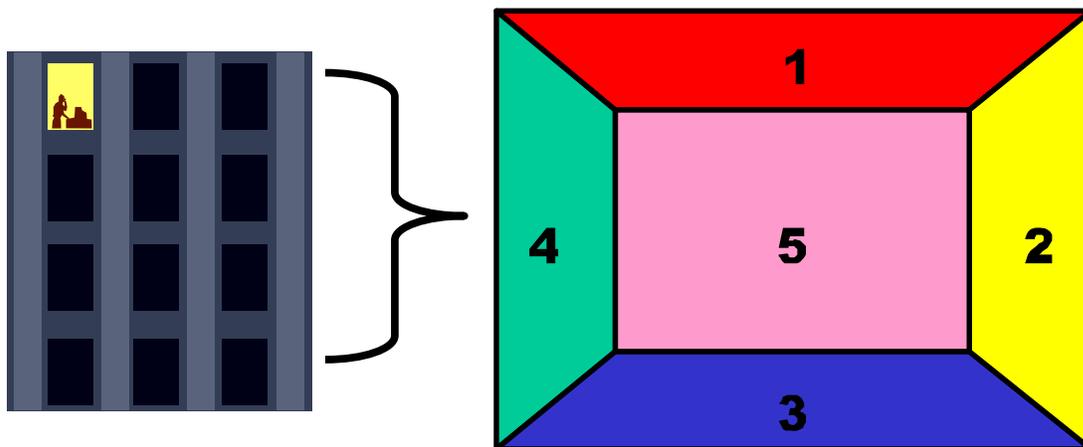


Figure 2-1 - Zonage typique d'un immeuble à bureaux ou aux IRLMs

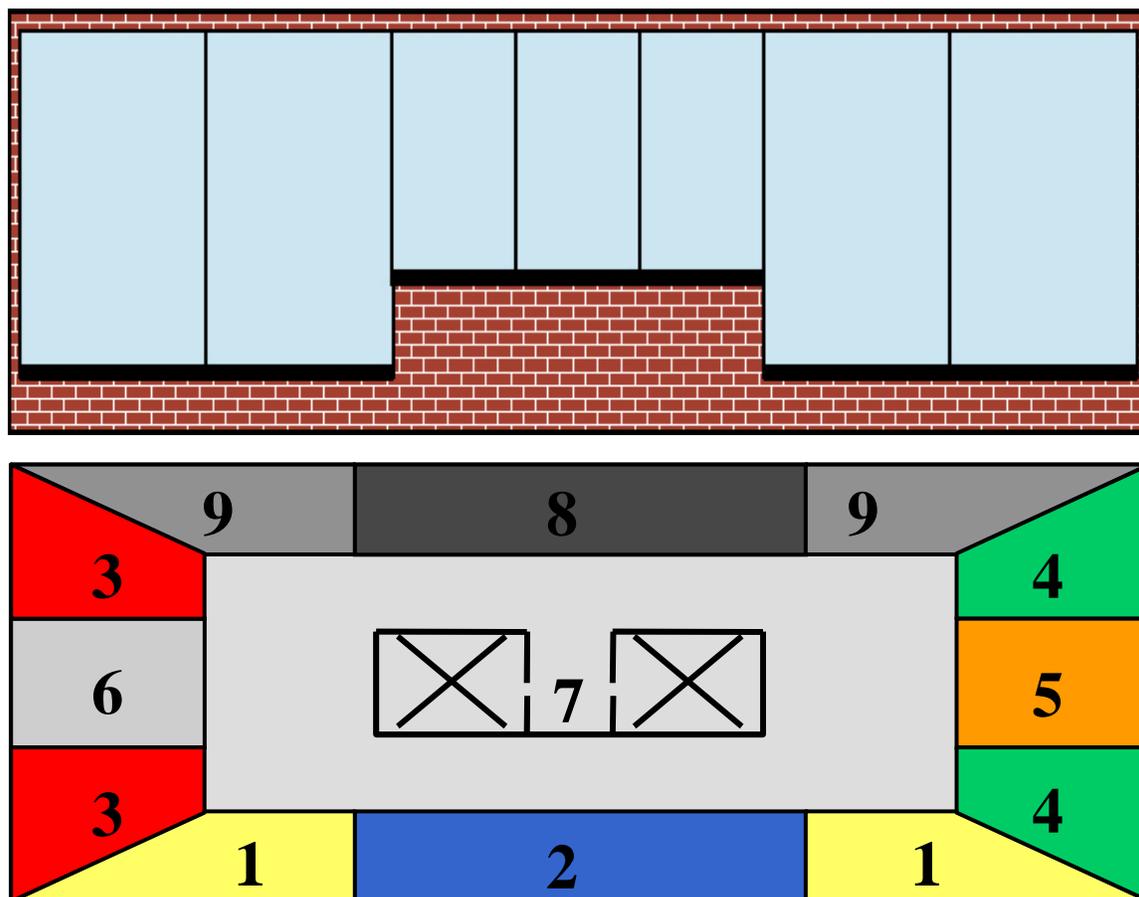


Figure 2-2 - Regroupement des zones selon les charges de chauffage et de refroidissement

## 2.2 Division des zones en espaces

Pour zoner un bâtiment correctement, il est important de comprendre la façon dont le logiciel EE4 modélise les espaces. Le logiciel EE4 additionne les charges horaires de chauffage et de refroidissement de tous les espaces d'une zone pour obtenir la charge nette d'une zone. Si un espace nécessite d'être refroidi et un autre espace d'être chauffé, les charges de ces espaces s'annulent l'une l'autre et le logiciel indique, par erreur, que l'ensemble ne nécessite aucune climatisation ou très peu. C'est pour cela que les espaces d'une même zone doivent présenter des charges de chauffage et de refroidissement semblables.

La délimitation d'espaces est une façon simple de préciser les variations présentes dans une zone. Par exemple, une zone dans un immeuble de bureaux peut être constituée d'aires pour le dessin, d'une pièce abritant une photocopieuse et de bureaux. Chacun de ces espaces a une fonction différente, ce qui signifie qu'ils ont des conditions d'éclairage, de ventilation et d'usage propre à chacun d'entre eux. Ces aires peuvent être modélisées comme étant des espaces individuels si elles sont desservies par le même système CVCA et si elles sont toutes chauffées ou refroidies selon le même horaire. Dans le logiciel EE4, les corridors, les locaux des appareils mécaniques, les toilettes, les cages d'escalier et les vestiaires n'ont pas un horaire d'exploitation valide, c'est-à-dire que l'horaire indiqué dans le tableau 4.3.2.B du CMNÉB/SC est marqué d'un

astérisque (\*). Ces aires doivent être combinées à un espace adjacent dont l'horaire d'exploitation est valide.

Il est important de noter que, d'après le tableau 4.3.2.B du CMNÉB/SC également reproduit à l'annexe B du présent document, tous les espaces d'une même zone doivent avoir les mêmes horaires d'exploitation fixés par défaut. Par exemple, une zone pourrait être subdivisée en un espace « Exposition/Auditorium » et en un espace « Vestibule » parce que ces deux espaces ont l'horaire par défaut « C ». Toutefois, une zone ne peut pas comprendre un vestibule et un « Bureau catégorie 1 » parce que le bureau a un horaire d'exploitation par défaut « A ». L'utilisateur du logiciel de simulation devrait sélectionner un type d'horaire qui s'applique à tous les espaces d'une zone, sinon, il devrait créer un horaire représentatif des espaces considérés. Si les horaires d'exploitation sont très différents, les deux espaces devraient être définis comme deux zones différentes. Les espaces dont l'horaire est marqué d'un astérisque (comme mentionné dans le paragraphe précédent) peuvent être regroupés avec n'importe quel type d'espace. Souvent, les zones comptent un ou deux espaces, mais jamais plus de quatre.

Lorsqu'on sélectionne la *fonction de l'espace*, l'horaire d'exploitation des espaces est plus déterminant que les noms donnés dans la liste des fonctions d'espace. Cela est important dans les bâtiments comportant de petites pièces dont les horaires d'exploitation diffèrent de ceux des espaces plus grands. Les petites pièces sont souvent des locaux de conciergerie, des locaux d'entretien ménager ou de petites pièces d'entreposage (par ex., entreposage de papier, d'équipement de sport, de matières recyclables, etc.). Plutôt que de définir ces petits espaces comme une zone distincte, il faut soit les combiner avec les pièces adjacentes, soit sélectionner une fonction d'espace sans horaire d'exploitation valide (par ex., des corridors ou des locaux des appareils mécaniques). Un exemple typique d'une école est donné ci-dessous.

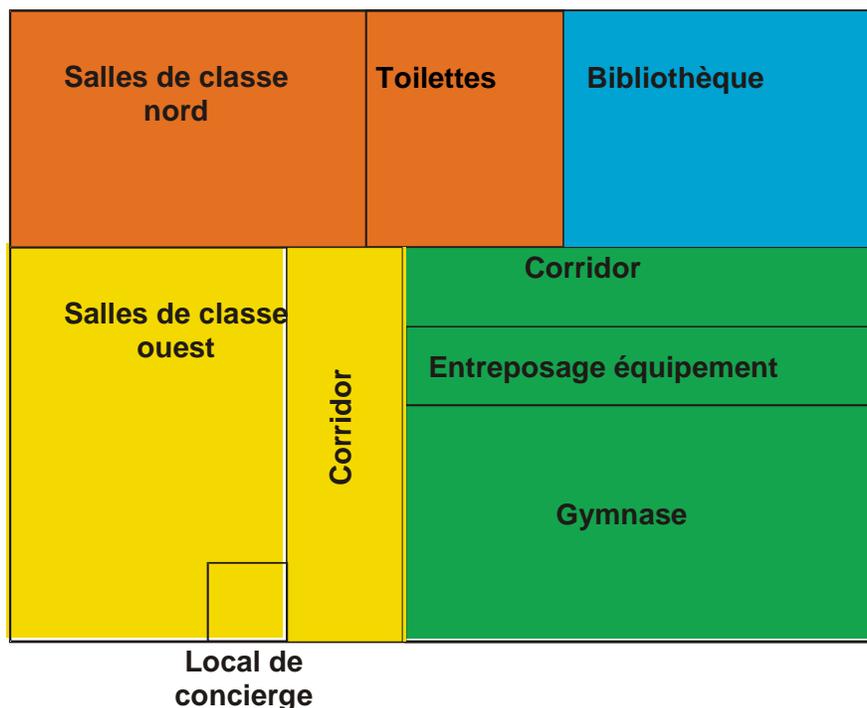


Figure 2-3 - Délimitation d'espaces

**Zone des salles de classe situées à l'ouest :**

Salles de classe situées à l'ouest : *Fonction de l'espace* = Enseignement – Salle de classe  
Local de concierge : regroupé avec le corridor  
Corridor : *Fonction de l'espace* = Service - Corridors

**Zone des salles de classe situées au Nord :**

Salles de classe situées au Nord : *Fonction de l'espace* = Enseignement – Salle de classe

**Toilettes :**

*Fonction de l'espace* = Service - Toilettes

**Zone de bibliothèque :**

Bibliothèque : *Fonction de l'espace* = Bibliothèque – Lecture

**Zone de gymnase :**

Gymnase : *Fonction de l'espace* = Lieu de réunion – Aire de sports récréatifs

**Pièce d'entreposage d'équipement : regroupée avec le corridor**

Corridor : *Fonction de l'espace* = Service = Corridors

Si le bâtiment est divisé en zones en optant pour le mode « *Type de bâtiment* » plutôt que pour le mode « *Fonctionnement de l'espace* » (se reporter à la section 3.2), un espace par zone est toujours suffisant.

## **2.3 Délimitation des zones non climatisées/ partiellement climatisées**

On n'a pas à tenir compte des parties du bâtiment qui comprennent des espaces non climatisés, car ces derniers ont peu ou pas d'impact sur la consommation d'énergie du bâtiment. Les espaces non climatisés n'ont pas de dispositif de régulation thermostatique pour maintenir la température voulue et n'ont pas de système de chauffage ou de climatisation désigné. Ces espaces peuvent être des toits avec comble ventilés, des vides sanitaires entièrement ventilés, des locaux d'ascenseur hors-toit, des garages non chauffés, des vestibules non chauffés, des locaux d'appareils mécaniques et des constructions hors-toit, tous situés à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment isolé. La valeur RSI des composants de l'enveloppe séparée de l'extérieur par un espace non climatisé peut être augmentée de  $0,16 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$  (alinéa 3.3.1.4-1 du CMNÉB). Les locaux des appareils mécaniques, les locaux électriques et les cages d'ascenseur qui sont chauffés OU qui sont à l'intérieur de l'enveloppe du bâtiment isolé devraient être inclus dans la modélisation du bâtiment. La marche à suivre pour modéliser les espaces non climatisés se trouve dans la section 7.8.

Les petits vestibules chauffés, ceux dont l'installation de chauffage a une puissance de chauffage de 5 kW ou moins, peuvent être inclus dans la zone qu'ils desservent. Les grands vestibules chauffés par un système de CVCA indépendant devraient être modélisés comme étant une zone distincte.

### **Zones fictives**

Comme les vestibules peuvent être assimilés à un vide technique et comme ils n'ont pas d'horaire d'exploitation valide (l'horaire dans le tableau 4.3.2.B du CMNÉB/SC est marqué d'un astérisque), ils doivent contenir un espace ayant un horaire d'exploitation valide pour être considérés comme une zone. Pour ce faire, le logiciel de simulation doit créer un petit espace de  $0,5 \text{ m}^2$  ayant un horaire valide qui représente la zone avec un seul appareil d'éclairage, et ensuite, définir le vestibule comme étant un vide technique. C'est ce qu'on appelle une zone fictive et c'est ce qui permet de modéliser le vide technique comme étant une zone distincte.

L'horaire et les températures du vestibule sont les mêmes que ceux de l'espace de 0,5 m<sup>2</sup>, à moins qu'un horaire propre au vestibule ne soit créé. Cette méthode n'est acceptable que s'il y a une réelle nécessité de l'appliquer, c'est-à-dire dans le cas où un corridor, par exemple, aurait sa propre source de chauffage ou son propre système de traitement de l'air ou dans le cas où les zones divisées avec la méthode de fonction des espaces contiendraient déjà quatre espaces distincts. Une autre façon d'entrer un vestibule avec son propre système dans le logiciel EE4 est de le modéliser en optant pour le mode « *Type de bâtiment* » plutôt que le mode « *Fonction de l'espace* ».

## Garages de stationnement et vides sanitaires

Les stationnements intérieurs chauffés ou peu chauffés, devraient être considérés comme des zones distinctes de façon à prendre en compte la consommation d'énergie pour l'éclairage et le chauffage. Les vides sanitaires qui sont chauffés ou qui sont utilisés comme plénum d'alimentation en air ou comme plénum d'extraction d'air devraient aussi être modélisés comme étant une zone individuelle. La marche à suivre pour modéliser les zones non climatisées ou partiellement climatisées, se trouve dans la section 7.8.

L'air d'extraction n'est pas considéré comme une source de chauffage pour un garage ou un vide sanitaire (sauf pour les immeubles résidentiels à logements multiples – se reporter à l'annexe D). Pour les autres types d'immeubles, considérer le garage ou le vide sanitaire comme non chauffé et modéliser ces aires comme étant un plancher exposé dont la valeur RSI est augmentée de 0,16 m<sup>2</sup> – °C/W (alinéa 3.3.1.4-1 du CMNÉB).

Si un garage ou un vide sanitaire possède sa propre source de chauffage, il doit être modélisé comme étant une zone distincte.

## 2.4 Exemple de zonage

La Figure 2-4 ci-dessous représente une stratégie de zonage pour un commerce de détail de type grande surface.

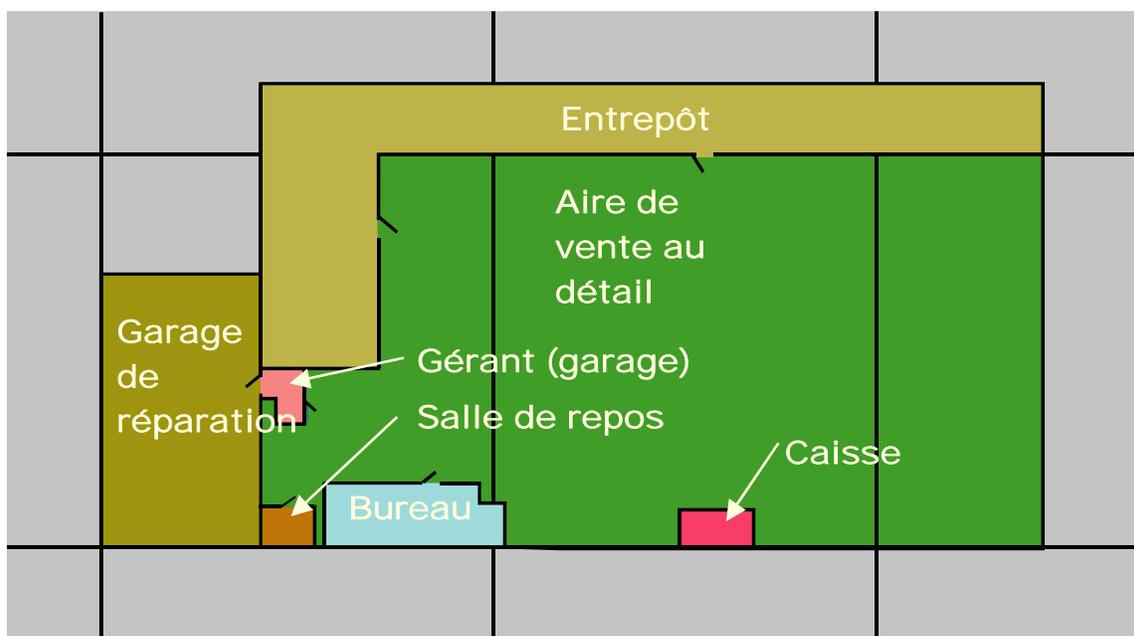


Figure 2-4 - Stratégie de zonage pour un commerce de détail à grande surface

L'aire de vente au détail occupe la plus grande partie du commerce. Il y a aussi deux petits bureaux et un garage adjacent. L'aire de vente au détail et l'entrepôt sont desservies par six appareils hors-toit, chaque bureau est desservi par un système de CVCA indépendant à conduits et le garage est desservi par plusieurs ventilateurs d'extraction et des groupes de traitement d'air d'appoint. Le bâtiment comporte très peu de fenêtres.

L'aire de vente au détail a été modélisée comme étant une grande zone distincte parce que cette aire présente un horaire, un éclairage et des caractéristiques d'occupation stables. De plus, le faible fenêtrage du bâtiment indique que les charges des aires périmétriques ne seraient pas très différentes des charges des aires intérieures.

Même si les aires d'entreposage et de vente au détail sont desservies par les mêmes appareils hors-toit, l'aire d'entreposage est modélisée comme étant une zone indépendante puisque les densités d'occupation et d'éclairage y sont beaucoup moins élevées que dans l'aire de détail.

La climatisation des aires de bureau et de la salle de repos est assurée par des systèmes de CVCA à conduits moins puissants et par des plinthes périmétriques. De plus, ces aires ne sont occupées que jusqu'à 17 h 00 tandis que le magasin demeure ouvert jusqu'à 21 h 00. C'est pourquoi les aires de bureau devraient être modélisées comme étant des zones indépendantes.

Finalement, le garage présente des caractéristiques d'utilisation très différentes de celles du reste du bâtiment. Les taux d'injection d'air extérieur dans les aires de service comme les garages sont très élevés et, en général, ces aires ne sont pas climatisées. En conséquence, le garage devrait être modélisé comme étant une zone autonome.

### 3. FONCTION ET CARACTÉRISTIQUES D'EXPLOITATION DU BÂTIMENT

La présente section contient un aperçu du logiciel de conformité EE4 et décrit la façon de calculer ou d'obtenir des paramètres d'entrée relatifs à la fonction et aux caractéristiques d'exploitation d'un bâtiment. Cette section aborde, entre autres, le mode de traitement par « *type de bâtiment* » par opposition au mode par « *fonction de l'espace* », les tarifs des utilités, la source principale de chauffage et divers paramètres d'exploitation d'un bâtiment (horaires, températures intérieures, charges de procédé et charges de chauffage de l'eau sanitaire). Les chapitres suivants traitent de l'équipement centralisé, des systèmes de CVCA, de l'enveloppe du bâtiment et de l'éclairage.

#### 3.1 Aperçu du logiciel EE4

Dans le logiciel EE4, l'arbre du bâtiment se présente sous forme d'interface graphique dans laquelle les données sont organisées selon un ordre hiérarchique (se reporter à la Figure 3-1 - Hiérarchie de l'arbre du bâtiment dans le logiciel EE4). Les divers éléments du bâtiment y sont représentés par des icônes. Pour qu'un élément du bâtiment puisse être défini, il faut que l'élément qui le précède dans la hiérarchie de l'arbre ait été défini au préalable. Les éléments de l'arbre du bâtiment et leurs paramètres d'entrée essentiels sont présentés ci-dessous selon l'ordre d'entrée dans le logiciel EE4.

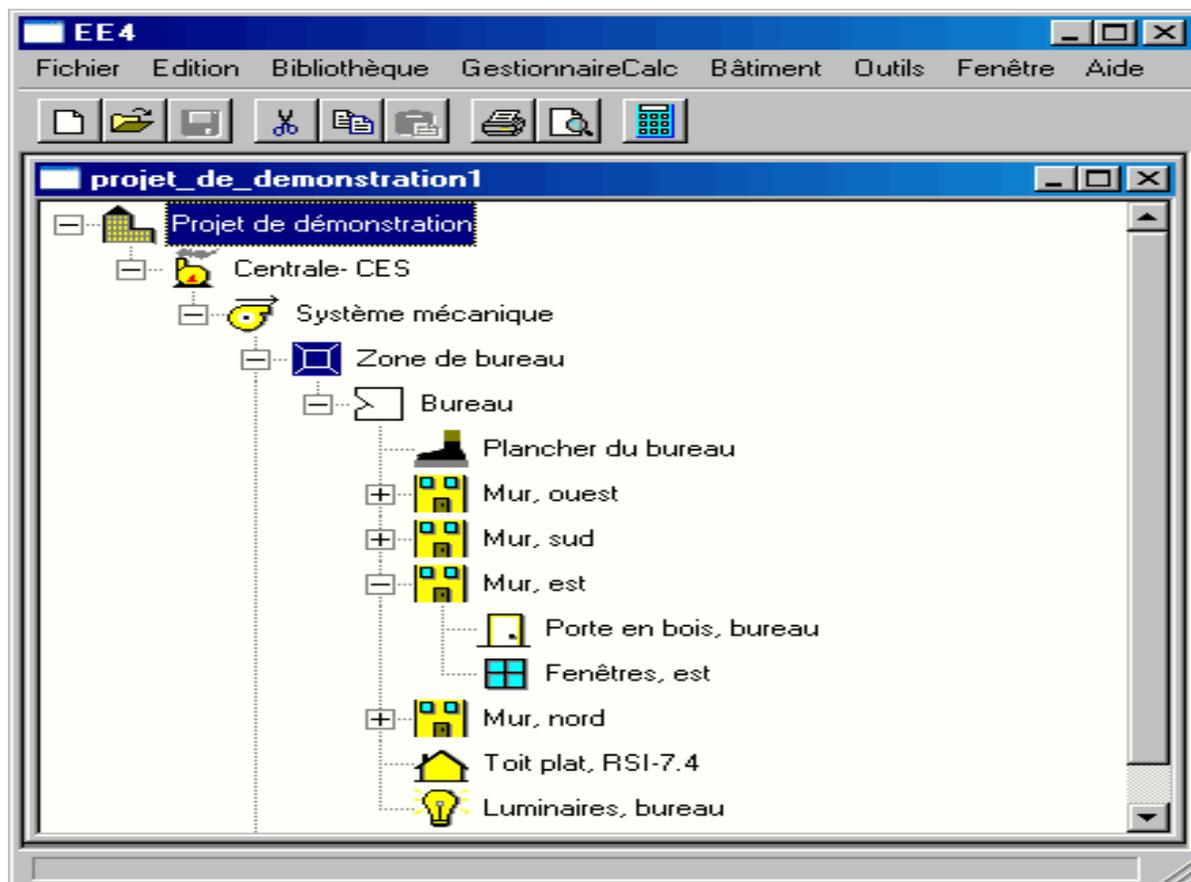


Figure 3-1 - Hiérarchie de l'arbre du bâtiment dans le logiciel EE4

**Bâtiment :**

- Titre du projet, nom du concepteur et informations générales
- Lieu du projet
- Informations sur les tarifs des utilités
- Sélection du mode « *type de bâtiment* » ou du mode « *fonction de l'espace* »

**Centrales :**

- Description de l'équipement centralisé : chaudières, chauffe-eau sanitaires, refroidisseurs et tours de refroidissement
- Caractéristiques du circuit – système central/thermopompe géothermique
- Dates de commutation chauffage/refroidissement (systèmes à deux tuyaux)

**Système :**

- Sélection d'une ou de plusieurs installations de CVCA parmi 15 types de systèmes de CVCA
- Caractéristiques du ventilateur d'alimentation, du ventilateur de reprise, du ventilateur récupérateur de chaleur, de l'économiseur et de l'humidificateur centraux
- Caractéristiques des unités de traitement de l'air d'appoint (systèmes zonaux seulement)

**Zone :**

- Caractéristiques du chauffage, du refroidissement et du débit d'air de la zone
- Identification de la source principale de chauffage
- Caractéristiques générales de l'éclairage
- Entrée des horaires d'éclairage, d'occupation et de systèmes de CVCA

**Espace :**

- Superficie de plancher, densité d'occupation et débits d'air extérieur
- Charges de procédé et des prises de courant
- Charges de chauffage de l'eau sanitaire
- Caractéristiques du ventilateur d'extraction

**Composants de l'enveloppe :**

- Superficie et types de construction des murs, planchers, toits, ouvrages souterrains et cloisons
- Caractéristiques des appareils d'éclairage

**Fenêtres, portes et lanterneaux :**

- Entrés comme sous-éléments des murs et des toits

Une fois tous les éléments du bâtiment entrés, la simulation peut avoir lieu. Le logiciel EE4 crée deux fichiers d'entrée à partir des données saisies dans l'arbre du bâtiment et des règles de RNCan et du CMNÉB : un pour le bâtiment proposé et un pour le bâtiment de référence du CMNÉB. Ensuite, chaque fichier d'entrée est analysé par le logiciel d'analyse énergétique des bâtiments DOE-2.1. Les résultats des calculs effectués par le logiciel DOE-2.1 sont transférés dans le logiciel EE4 pour que les résultats de simulation soient affichés.

Une troisième simulation, appelée exécution de non-conformité, peut aussi être effectuée. Le mode de non-conformité permet à l'utilisateur de modifier certaines données habituellement fixes ou réservées pour les calculs de conformité au Code. Il est possible d'utiliser le logiciel EE4 avec des horaires et des densités d'occupation définis par l'utilisateur. L'exécution de non-conformité est purement optionnelle et ne doit être utilisée qu'à titre informatif.

### 3.2 « Type de bâtiment » ou « fonction de l'espace » ?

Le choix du mode *type de bâtiment* ou du mode *fonction de l'espace* est une étape clé dans la modélisation des bâtiments. En effet, c'est ce qui détermine bon nombre des données de la simulation, comme la densité d'occupation, les besoins en air extérieur (air de ventilation), les charges des prises de courant, les charges d'éclairage du bâtiment de référence et les horaires d'exploitation pour les occupants, les ventilateurs, les luminaires et les charges des prises de courant. Si on sélectionne le mode *type de bâtiment*, ces données sont définies au départ pour chaque bâtiment (ou pour chaque partie du bâtiment). Les bâtiments à fonctions multiples (p. ex. un bâtiment à bureaux comportant une aire de vente au détail ou une cafétéria) peuvent être modélisés selon le mode *type de bâtiment* à condition que chaque zone ou groupe de zones, fasse clairement partie d'un des neuf types de bâtiments admissibles selon le CMNÉB :

- Bureau
- Restaurant
- Magasin de détail
- Mail/hall/atrium
- École (y compris les collèges et les universités)
- Entreprises de services (y compris tous les bâtiments institutionnels)
- Entrepôt (y compris ceux de l'industrie légère)
- Hôtel/motel
- IRLM

Modéliser le bâtiment avec le mode *fonction de l'espace* permet de définir, pour chaque espace d'une zone, l'éclairage, les charges des prises de courant, les taux de renouvellement d'air, les pommes de douche à faible débit ainsi que les horaires d'exploitation. Par exemple, le *type de bâtiment* « bureaux » peut comporter des toilettes, des corridors, des bureaux, des salles de repos et l'une ou l'autre de plus d'une centaine de fonctions. L'approche *fonction de l'espace* permet de spécifier les différentes caractéristiques d'exploitation pour chacun de ces espaces, tandis qu'avec l'approche *type de bâtiment* un seul ensemble de paramètres d'exploitation peut être défini pour toute l'aire du bâtiment.

Dans presque tous les cas, le mode *fonction de l'espace* est à privilégier en raison de la flexibilité qu'il permet dans la description des diverses fonctions du bâtiment. Il existe deux exceptions à cette règle :

1. Les immeubles-enveloppes commerciaux où les locataires sont inconnus.
2. Les bâtiments à usage unique appartenant sans équivoque à un des neuf types de bâtiments acceptés par le CMNÉB (par exemple, les restaurants-minute).

En cas de doute, opter pour le mode *fonction de l'espace*.

L'avantage principal du mode *type de bâtiment* est qu'il facilite la description du bâtiment dans le logiciel EE4. À condition que le bâtiment fasse partie des neuf types de bâtiments mentionnés plus haut, ce mode devrait donner des résultats semblables à ceux du mode *fonction de l'espace* (voir l'exemple ci-dessous). L'approche *type de bâtiment* permet aussi de modéliser les aires de service (corridors, vestibules, toilettes et locaux des appareils mécaniques) comme étant des zones distinctes grâce à la définition du *type de bâtiment*. Si la sélection du mode *type de bâtiment* amène une très grande proportion de fonction des espaces non représentative (par exemple : un espace de bureau avec un très grand atrium), il faut plutôt choisir le mode *fonction de l'espace*.

Toutes les fonctions des espaces ne sont pas représentées dans le logiciel EE4, même si la liste de ces fonctions est longue. Si la *fonction de l'espace* n'est pas explicite, il faut choisir la *fonction*

de l'espace la plus semblable en se basant sur la densité d'occupation et sur les exigences minimales d'air extérieur et ensuite changer les horaires pour qu'ils correspondent à la *fonction de l'espace* considéré. Par exemple, si la *fonction de l'espace* est un lave-auto, dont les caractéristiques sont les suivantes : ouvert 24 heures par jour, consommation en eau de procédé élevée, peu d'occupants et éclairage minimal, le choix de la fonction « Atelier non industriel » imposera un taux de renouvellement de l'air sensiblement plus élevé (2,5 L/sec/m<sup>2</sup> d'air extérieur) que ce qui a été prévu dans les plans. La fonction « Entrepôt », quant à elle, appelle un taux d'air extérieur minimal qui correspond davantage aux besoins nominaux d'un lave-auto (de 0,25 L/sec/m<sup>2</sup> à 0,4 L/sec/m<sup>2</sup>). De plus, le logiciel de simulation permet de modifier les données relatives aux charges de procédé, aux heures d'exploitation, aux températures et aux charges électriques dans l'horaire de zone pour que ces données correspondent aux conditions nominales du lave-auto. Ces horaires seront aussi utilisés pour le bâtiment de référence.

Si l'utilisateur croit que le mode *fonction de l'espace* est celui qui représente le mieux sa conception, il est extrêmement important qu'il documente la démarche suivie pour arriver à ce choix. Si l'utilisateur est indécis quant au mode de modélisation à choisir, il doit contacter RNCAN pour obtenir une décision écrite.

### **3.3 « Économies d'énergie » ou « économies de coûts » ?**

Pour être admissible à la validation par RNCAN, il faut que le bâtiment proposé démontre qu'il satisfait à toutes les exigences obligatoires du CMNÉB, la consommation d'énergie du bâtiment proposé doit être au moins 25 % en dessous celle du bâtiment de référence CMNÉB. En raison des différences entre les coûts de l'énergie, il est possible (mais peu probable) qu'un bâtiment atteigne l'objectif des économies d'énergie de 25 % tout en ne réalisant aucune économie de coûts.

Pour satisfaire aux exigences service de validation par RNCAN et pour maximiser les économies d'énergie, le bâtiment proposé devrait économiser de l'énergie en tous points. Dans la plupart des régions du Canada, les combustibles fossiles (gaz naturel et mazout) sont moins chers que l'électricité. Comme le principal poste de coût énergétique est, habituellement, le chauffage d'ambiance, il est nécessaire d'améliorer l'isolation, de prévoir des ventilateurs-récupérateurs de chaleur et d'améliorer le rendement du système de chauffage pour que le bâtiment proposé soit 25 % plus énergétique que le bâtiment de référence. Par ailleurs, comme la consommation d'électricité pour l'éclairage et les moteurs est celle qui occasionne les plus importants coûts d'exploitation des bâtiments, il faudra que l'éclairage et les moteurs soient énergétiques pour maximiser les économies d'énergie.

### **3.4 Tarifs des utilités**

Dans le logiciel EE4, les structures tarifaires des utilités sont entrées dans l'élément Bâtiment, sous l'onglet « coût de l'énergie ». La plupart des structures tarifaires en vigueur au Canada peuvent être entrées. La structure tarifaire du gaz naturel devrait inclure les coûts de production du gaz, de transport en amont et de livraison au client. Ces coûts sont souvent inscrits comme des éléments séparés sur la facture des utilités, mais ils doivent être additionnés avant d'être entrés dans le logiciel. La structure tarifaire de l'électricité devrait comprendre les frais de consommation et les frais de puissance. Tous les tarifs doivent exclure la taxe provinciale et la TPS. La méthode de calcul du tarif et des coûts supplémentaires, s'il y a lieu, doit être expliquée dans la soumission.

Beaucoup d'entreprises d'utilités ont une structure tarifaire dans laquelle le prix de l'énergie varie en fonction de la consommation mensuelle. Le logiciel EE4 traite ces structures tarifaires comme des systèmes à niveaux multiples. Pour chaque bloc ou « tranche » tarifaire, on entre le coût de l'énergie et le volume maximal consommé à ce coût. Par exemple, si le fournisseur de gaz naturel a un certain tarif pour les premiers 100 m<sup>3</sup>, un autre tarif pour les 1000 m<sup>3</sup> suivants et un

autre tarif pour tout ce qui dépasse 1100 m<sup>3</sup>, il faut entrer « 100 » et « 1000 » pour la première et la deuxième « tranche » tarifaire dans le logiciel.

En ce qui concerne les factures d'électricité, on entre la structure tarifaire de la consommation d'énergie (exprimée en kWh) et de la demande mensuelle de pointe (exprimée en kW). Les fournisseurs d'électricité ont recours à deux façons de définir les blocs tarifaires, soit un bloc fixe de kWh et de kW ou un bloc de kWh qui varie selon les kW consommés dans le mois de pointe. Cette dernière structure tarifaire est entrée sous l'onglet « Tarif énergie/puissance (kWh/kW) ».

Il y a quatre sections où des frais mensuels fixes peuvent être entrés :

1. Redevance d'abonnement – Entrer un montant mensuel fixe pour le service, le cas échéant. Il s'agit d'un montant de base facturé à chaque mois, sans égard à la quantité d'énergie consommée.
2. Frais mensuels minimaux – Entrer les frais mensuels minimums que le client doit payer même s'il n'a rien consommé durant la période de facturation.
3. Frais de puissance – Entrer les frais mensuels de puissance maximale. (Utiliser l'unité de mesure en vigueur dans votre localité.)
4. Frais de puissance minimale – Entrer les frais mensuels de puissance minimale. (Utiliser l'unité de mesure en vigueur dans votre localité.)

Les deux derniers frais de puissance ne doivent pas être confondus avec les frais de puissance entrés dans la structure tarifaire et ne devraient être utilisés que s'il y a des frais mensuels fixes, contrairement à des frais qui varient selon la puissance de pointe.

Tous les blocs tarifaires doivent commencer le 1<sup>er</sup> janvier (premier bloc de la saison) et se terminer le 31 décembre (dernier bloc).

Si le tarif du gaz naturel varie selon les saisons (les tarifs d'été s'appliquent du 1<sup>er</sup> mai au 30 septembre et les tarifs d'hiver, du 1<sup>er</sup> octobre au 30 avril), il faut entrer les périodes suivantes plutôt que les périodes d'été et d'hiver : la première période (hiver) s'étend du 1<sup>er</sup> janvier au 30 avril, la deuxième période, du 1<sup>er</sup> mai au 30 septembre et la troisième période, du 1<sup>er</sup> octobre au 31 décembre.

Lors de l'entrée des blocs tarifaires, fixer la dernière heure à 24, sinon la tarification selon la période d'utilisation entrera en vigueur.

### **3.4.1 Tarifs selon la période d'utilisation : entrée des données**

Pour entrer des tarifs selon la période d'utilisation, calculer les données à saisir selon l'exemple suivant:

**Notez :**

- Seulement trois plages horaires sont permises pour chaque saison, selon la définition des périodes.
- La dernière plage doit se terminer à 24 heures.
- Il peut y avoir des blocs tarifaires à l'intérieur d'une plage.

**Exemple pour l'électricité :**

Saison	Période d'utilisation	Tarif
Hiver (1 <sup>er</sup> décembre – 31 mars)	7 h à 10 h	0,12 \$/kWh
	10 h à 17 h	0,08 \$/kWh
	17 h à 20 h 30	0,12 \$/kWh
	20 h 30 à 7 h	0,04 \$/kWh
	Fins de semaine/vacances	0,06 \$/kWh
Printemps (1 <sup>er</sup> avril – 15 juin)	7 h à 20 h 30	0,08 \$/kWh
	20 h 30 à 7 h	0,04 \$/kWh
Été (16 juin – 15 septembre)	7 h à 20 h 30	0,16 \$/kWh
	20 h 30 à 7 h	0,06 \$/kWh
	Fins de semaine/vacances	0,08 \$/kWh
Automne (16 septembre – 30 novembre)	7 h à 20 h 30	0,08 \$/kWh
	20 h 30 à 7 h	0,04 \$/kWh

Dans cet exemple, il y a quatre saisons, dont une avec quatre plages horaires et trois avec deux plages horaires. L'exemple est simplifié pour éviter d'avoir un bloc tarifaire pour chaque tarif selon la période d'utilisation.

Le logiciel EE4 accepte trois saisons avec trois plages horaires chacune, ce qui signifie qu'il faut établir une moyenne pour entrer les données dans le logiciel :

La première saison doit débuter en janvier, ce qui signifie que la saison d'hiver est en fait composée de deux saisons d'hiver dans le logiciel; la période du 1<sup>er</sup> janvier au 31 mars et celle du 1<sup>er</sup> décembre au 31 décembre, si la saison d'hiver est cruciale. L'utilisateur devra décider de la façon de regrouper les mois, selon les coûts qui sont les plus importants (ceux du chauffage ou du refroidissement). Si le bâtiment est chauffé au gaz naturel et refroidi à l'électricité, la saison d'hiver serait alors regroupée avec les saisons de printemps et d'automne de la façon suivante :

- Saison 1 : 1<sup>er</sup> janvier au 15 juin
- Saison 2 : 16 juin au 15 septembre
- Saison 3 : 16 septembre au 31 décembre

S'il y a du chauffage électrique et que le bâtiment a une charge de chauffage élevée, les saisons d'hiver ne devraient pas être modifiées et les saisons de printemps, d'été et d'automne devraient être regroupées de la façon suivante :

- Saison 1 : 1<sup>er</sup> janvier au 31 mars
- Saison 2 : 1<sup>er</sup> avril au 30 novembre

Saison 3 : 1<sup>er</sup> décembre au 31 décembre

Les tarifs de fins de semaine et de vacances ne peuvent pas être entrés séparément dans le logiciel EE4 (disponible en DOE2). Par conséquent, il faut établir la moyenne de ces tarifs sur une semaine pour obtenir un tarif hebdomadaire corrigé. Pour des raisons de simplicité, les tarifs de vacances seront ignorés et un tarif hebdomadaire moyen sera établi.

Dans l'exemple suivant, les tarifs d'été seront séparés du reste de l'année, les trois saisons sont donc :

Saison 1 : 1<sup>er</sup> janvier au 15 juin  
 Saison 2 : 16 juin au 15 septembre  
 Saison 3 : 16 septembre au 31 décembre

Pour la saison 1, il faudra faire la moyenne des différentes plages horaires et choisir trois plages représentatives, en considérant que la plage 1 commence à 1 heure et que la plage 3 se termine à 24 heures :

Plage 1 : 1 h à 7 h  
 Plage 2 : 7 h à 21 h (20h30 arrondi à 21h)  
 Plage 3 : 21h à 24 h (minuit) (20h30 arrondi à 21h)

De 1 h à 7 h et de 21 h à 24 h, le taux est le même pour la semaine, c'est-à-dire 0,04 \$/kWh. Il faut donc établir une moyenne pour inclure les fins de semaine et pour obtenir un tarif journalier moyen.

Si on pose que le 1<sup>er</sup> janvier commence un lundi, en calculant les jours de la semaine et de la fin de semaine inclus dans la période du 1<sup>er</sup> janvier au 15 juin (saison 1) et en multipliant ce nombre de jours par le tarif journalier, on obtient :

Janvier : Jours de semaine :	23	* 0.04 \$/kWh	= 0,92
Janvier : Jours de fin de semaine :	8	* 0.06 \$/kWh	= 0,48
Février : Jours de semaine :	21	* 0.04 \$/kWh	= 0,84
Février : Jours de fin de semaine :	8	* 0.06 \$/kWh	= 0,48
Mars : Jours de semaine :	21	* 0.04 \$/kWh	= 0,84
Mars : Jours de fin de semaine :	10	* 0.06 \$/kWh	= 0,6

Tarif moyen pour la plage horaire de :	1 h à 7 h =	(0.92+0.48+0.84+0.48+0.84+0.6) / (23 +8+21+8+21+10) = 0.0457 \$/kWh
---	----------------	--

Il s'agit du tarif des plages 1 et 3 (même tarif de 21 h à minuit) pour la saison d'hiver.

Pour la plage 2 (7 h à 20 h 30), les tarifs selon la période d'utilisation changent à chaque saison, il faut donc établir une moyenne de la façon suivante :

- Calculer le tarif journalier moyen (de 7 h à 20 h 30) pour l'hiver :

$$\text{Moyenne} = (3 \text{ heures} * 0,12 + 7 \text{ heures} * 0,08 + 4 \text{ heures} * 0,12) / (3 \text{ heures} + 7 \text{ heures} + 4 \text{ heures}) = 0,10 \text{ \$/kWh}$$

- Le tarif journalier moyen pour la saison d'hiver (plage 2 ) est de 0,10 \$/kWh pour les jours de semaine.
- Le tarif de fin de semaine pour la saison d'hiver reste le même pour toute la fin de semaine (0,06 \$/kWh); il n'est donc pas nécessaire d'établir une moyenne.
  - Si on pose que le 1er janvier est un lundi, en calculant le nombre de jours de semaine et de fins de semaine inclus dans la période du 1er janvier au 15 juin (saison 1) et en multipliant ce nombre de jours par le tarif journalier, on obtient :

Janvier : Jours de semaine :	23	* 0,1 \$/kWh	= 2,3
Janvier : Jours de fin de semaine :	8	* 0,06 \$/kWh	= 0,48
Février : Jours de semaine :	21	* 0,1 \$/kWh	= 2,1
Février : Jours de fin de semaine :	8	* 0,06 \$/kWh	= 0,48
Mars : Jours de semaine :	21	* 0,1 \$/kWh	= 2,1
Mars : Jours de fin de semaine :	10	* 0,06 \$/kWh	= 0,6

Tarif moyen pour la plage horaire de :	7 h à 21 h =	$(2,3 + 0,48 + 2,1 + 0,48 + 2,1 + 0,6) / (23 + 8 + 21 + 8 + 21 + 10) = 0,08637 \text{ \$/kWh}$
--	--------------	--

Par conséquent, la saison 1 (1er janvier au 15 juin) sera constituée des plages horaires et des tarifs suivants :

Plage 1 : se termine à 7 h    tarif : 0,0457 \$/kWh  
 Plage 2 : se termine à 21 h    tarif : 0,08637 \$/kWh  
 Plage 3 : se termine à 24 h    tarif : 0,0457 \$/kWh

La saison 3 comprendra les mêmes plages horaires, mais comme le nombre de jours de semaine et de fin de semaine varie, les tarifs moyens différeront même si les tarifs sont les mêmes.

Saison 2 : Calculs pour la période du 16 juin au 15 septembre :

Les tarifs:	Jours de semaine:	7 h à 20 h 30	0,16 \$/kWh
		20 h 30 à 7 h:	0,06 \$/kWh
	Fins de semaine :	Toute la journée	0,08 \$/kWh

Il y aura trois plages horaires :

Plage 1 : 1h à 7 h  
 Plage 2 : 7h à 21 h  
 Plage 3 : 21h à 24 h  
 (20h30 a été arrondi à 21h = périodes modifiées dans le logiciel EE4)

Il est nécessaire d'établir une moyenne étant donné que les tarifs de semaine et de fins de semaine diffèrent et que le logiciel EE4 n'accepte qu'un seul tarif pour chaque jour de la saison.

## 1. Plage 1 : Tarif moyen de 1 h à 7 h

Il faut calculer le nombre de jours de semaine et de fin de semaine inclus dans la période en posant que le 1<sup>er</sup> janvier est un lundi :

16 au 30 juin	Jours de semaine	10	* 0,06 \$/kWh	= 0,6
16 au 30 juin	Jours de fin de semaine	5	* 0,08 \$/kWh	= 0,4
juillet	Jours de semaine	23	* 0,06 \$/kWh	= 1,38
juillet	Jours de fin de semaine	8	* 0,08 \$/kWh	= 0,64
août	Jours de semaine	22	* 0,06 \$/kWh	= 1,32
août	Jours de fin de semaine	9	* 0,08 \$/kWh	= 0,72
1 <sup>er</sup> au 15 septembre	Jours de semaine	10	* 0,06 \$/kWh	= 0,6
1 <sup>er</sup> au 15 septembre	Jours de fin de semaine	5	* 0,08 \$/kWh	= 0,4

Tarif moyen :

$$(0,6 + 0,4 + 1,38 + 0,64 + 1,32 + 0,72 + 0,6 + 0,4) / (10 + 5 + 23 + 8 + 22 + 9 + 10 + 5) = 0,0659 \text{ \$/kWh (tarif pour la plage horaire de 1 h à 7 h)}$$

## 2. Plage 2 : Tarif moyen de 7 h à 21 h

Il faut calculer le nombre de jours de semaine et de fin de semaine inclus dans la période en posant que le 1<sup>er</sup> janvier est un lundi :

16 au 30 juin	Jours de semaine	10	* 0,16 \$/kWh	= 1,6
16 au 30 juin	Jours de fin de semaine :	5	* 0,08 \$/kWh	= 0,4
juillet	Jours de semaine	23	* 0,16 \$/kWh	= 3,68
juillet	Jours de fin de semaine	8	* 0,08 \$/kWh	= 0,64
août	Jours de semaine	22	* 0,16 \$/kWh	= 3,52
août	Jours de fin de semaine :	9	* 0,08 \$/kWh	= 0,72
1 <sup>er</sup> au 15 septembre	Jours de semaine	10	* 0,16 \$/kWh	= 1,6
1 <sup>er</sup> au 15 septembre	Jours de fin de semaine	5	* 0,08 \$/kWh	= 0,4

Tarif moyen :

$$(1,6 + 0,4 + 3,68 + 0,64 + 3,52 + 0,72 + 1,6 + 0,4) / (10 + 5 + 23 + 8 + 22 + 9 + 10 + 5) = 0,1365 \text{ \$/kWh (tarif de 7 h à 21 h)}$$

## 3. Plage 3 : tarif moyen de 21 h à minuit

Il faut calculer le nombre de jours de semaine et de fin de semaine inclus dans la période en présumant que le 1<sup>er</sup> janvier est un lundi :

16 au 30 juin	Jours de semaine	10	* 0,06 \$/kWh	= 0,6
16 au 30 juin	Jours de fin de semaine :	5	* 0,08 \$/kWh	= 0,4
juillet	Jours de semaine	23	* 0,06 \$/kWh	= 1,38
juillet	Jours de fin de semaine	8	* 0,08 \$/kWh	= 0,64
août	Jours de semaine	22	* 0,06 \$/kWh	= 1,32
août	Jours de fin de semaine :	9	* 0,08 \$/kWh	= 0,72
1 <sup>er</sup> au 15 septembre	Jours de semaine	10	* 0,06 \$/kWh	= 0,6
1 <sup>er</sup> au 15 septembre	Jours de fin de semaine	5	* 0,08 \$/kWh	= 0,4

Tarif moyen :

$$(0,6 + 0,4 + 1,38 + 0,64 + 1,32 + 0,72 + 0,6 + 0,4) / (10 + 5 + 23 + 8 + 22 + 9 + 10 + 5) = 0,0659 \text{ \$/kWh (tarif de 21 h à 24 h)}$$

Saison 3 : calculs pour la période du 16 septembre au 31 décembre

Les tarifs sont :

16 septembre au 30 novembre	Jours de semaine et Jours de fin de semaine	7h à 20h30	* 0,08 \$/kWh
16 septembre au 30 novembre	Jours de semaine et Jours de fin de semaine	20h30 à 7h	* 0,04 \$/kWh
1 <sup>er</sup> au 31 décembre	Jours de semaine	7h à 20h30	* 0,1 \$/kWh
1 <sup>er</sup> au 31 décembre	Jours de semaine	20h30 à 7h	* 0,04 \$/kWh
1 <sup>er</sup> au 31 décembre	Jours de fin de semaine	7h à 20h30	* 0,06 \$/kWh
1 <sup>er</sup> au 31 décembre	Jours de fin de semaine	20h30 à 7h	* 0,06 \$/kWh

Il y aura 3 plages :

- 1 h à 7 h
- 7 h à 21 h
- 21 h à 24 h

Il est nécessaire d'établir une moyenne étant donné que les tarifs de semaine et de fin de semaine diffèrent et parce que le logiciel n'accepte qu'un seul tarif pour chaque jour de la saison.

1. Plage 1 : tarif moyen de 1 h à 7 h

Il faut calculer le nombre de jours de semaine et de fin de semaine inclus dans la période en posant que le 1<sup>er</sup> janvier est un lundi :

16 au 30 septembre	16 jours	* 0,08 \$/kWh	= 0,64
octobre	31 jours	* 0,04 \$/kWh	= 1,24

novembre	30 Jours	* 0,1 \$/kWh	= 1,2
décembre - jours de semaine	22 Jours	* 0,04 \$/kWh	= 0,88
décembre - jours de fin de semaine	9 Jours	* 0,06 \$/kWh	= 0,54

Tarif moyen :  $(0,64 + 1,24 + 1,2 + 0,88 + 0,54) / (16 + 31 + 30 + 22 + 9) = 0,0412$  \$/kWh (tarif de 1 h à 7 h)

## 2. Plage 2 : tarif moyen de 7 h à 21 h

Il faut calculer le nombre jours de semaine et de fin de semaine inclus dans la période en posant que le 1<sup>er</sup> janvier est un lundi :

16 au 30 septembre	16 jours	* 0,08 \$/kWh	= 1,28
octobre	31 jours	* 0,08 \$/kWh	= 2,48
novembre	30 Jours	* 0,08 \$/kWh	= 2,4
décembre - jours de semaine	22 Jours	* 0,01 \$/kWh	= 2,2
décembre - jours de fin de semaine	9 Jours	* 0,06 \$/kWh	= 0,54

Tarif moyen :  $(1,28 + 2,48 + 2,4 + 2,2 + 0,54) / (16 + 31 + 30 + 22 + 9) = 0,0824$  \$/kWh (tarif de 7 h à 21 h)

## 3. Plage 3 : tarif moyen de 21 h à minuit

Il faut calculer le nombre de jours de semaine et de fin de semaine inclus dans la période en posant que le 1<sup>er</sup> janvier est un lundi :

16 au 30 septembre	16 jours	* 0,04 \$/kWh	= 0,64
octobre	31 jours	* 0,04 \$/kWh	= 1,24
novembre	30 Jours	* 0,4 \$/kWh	= 1,2
décembre - jours de semaine	22 Jours	* 0,04 \$/kWh	= 0,88
décembre - jours de fin de semaine	9 Jours	* 0,06 \$/kWh	= 0,54

Tarif moyen :

$$(0,64 + 1,24 + 1,2 + 0,88 + 0,54) / (16 + 31 + 30 + 22 + 9) = 0,0412 \text{ $/kWh}$$

(tarif de 21 h à minuit)

### Données relatives aux tarifs selon la période d'utilisation pour le logiciel EE4 :

Saison : 1	Dernier mois : 06	Dernier jour : 15	
Plage :	Dernière heure	Blocs tarifaires :	Tarif :
1	7	1	0,0457 \$/kWh
2	21	1	0,0864 \$/kWh
3	24	1	0,0457 \$/kWh

Saison : 2		Dernier mois : 09		Dernier jour : 15	
Plage :	Dernière heure	Blocs tarifaires :	Tarif :		
1	7	1	0,0659 \$/kWh		
2	21	1	0,1365 \$/kWh		
3	24	1	0,0659 \$/kWh		

Saison : 3		Dernier mois : 12		Dernier jour : 31	
Plage :	Dernière heure	Blocs tarifaires :	Tarif :		
1	7	1	0,0412 \$/kWh		
2	21	1	0,0824 \$/kWh		
3	24	1	0,0412 \$/kWh		

### 3.4.2 Tarification des sources d'énergie renouvelables

Si le bâtiment utilise des sources d'énergie renouvelables pour le chauffage (comme du bois) ou de l'énergie de chauffage « achetée » (comme de l'eau chaude ou de la vapeur), il faut entrer les tarifs des utilités correspondant aux coûts de production de l'eau chaude ou de la vapeur. Dans le cas de sources d'énergie renouvelables, il faut entrer les tarifs des utilités qui auraient été utilisées en l'absence de sources d'énergie renouvelables (il est nécessaire de générer une facture de combustible pour le bâtiment de référence).

**Exemple :** un chalet en région éloignée qui n'est pas raccordé au réseau, qui est chauffé au bois et dont l'électricité est fournie par une combinaison de microcentrale hydroélectrique et un groupe électrogène diesel.

#### Solution :

Déterminer quel autre combustible serait utilisé pour chauffer dans cette région éloignée étant donné que le bois n'est pas un combustible admis par le CMNÉB. Combustibles livrés par camion possibles : propane ou mazout.

Modéliser le bâtiment en indiquant que la source principale de chauffage est du propane ou du mazout, entrer dans le champ « combustible » énergie de chauffage « achetée », puis entrer les tarifs du propane ou du mazout.

Dans cet exemple, l'électricité est produite par un groupe électrogène diesel ou par une microcentrale hydroélectrique. Entrer le coût du diesel converti en un coût moyen de consommation d'électricité selon la tarification de l'électricité (\$/ekWh). Ne rien inscrire à la rubrique tarification de puissance. Si le diesel coûte 50 cents/litre, il en coûtera 0,05 \$/ekWh (le diesel donne 154862 BTU/gal CAN, ou 35,92 MJ/Litre).

Ce chiffre représentera le tarif de l'électricité pour le bâtiment de référence. L'utilisateur se servira d'un autre logiciel d'analyse (par exemple, le RETScreen) pour déterminer quelle est la contribution de la microcentrale hydroélectrique et du groupe électrogène diesel dans le coût de l'électricité du bâtiment proposé. Quant au coût du bois pour le bâtiment proposé, il serait représenté par le coût du propane ou du mazout, ce dernier étant converti en équivalent énergétique du chauffage au bois (MJ par corde/pied cube ou autre unité de mesure utilisée pour le bois acheté).

Ainsi, la tarification de l'énergie renouvelable (bois et microcentrale hydroélectrique) serait enlevée de la simulation du bâtiment pour déterminer la tarification qui aurait été appliquée si de l'énergie « achetée », comme du combustible fossile, avait été utilisée (dans ce cas, du diesel).

RNCan n'alloue pas de crédit pour l'énergie verte achetée, et les tarifs des utilités doivent être les mêmes pour le bâtiment de référence et pour le bâtiment proposé.

### **3.4.3 Tarification des utilités/activités internes**

Dans certains cas, les tarifs des utilités peuvent inclure d'autres frais administratifs et opérationnels qui doivent être enlevés de la tarification. Par exemple, sur un campus universitaire, un équipement centralisé peut fournir des services énergétiques aux bâtiments. Le tarif de ces services peut inclure les frais de gestion de cet équipement, les frais administratifs internes et possiblement d'autres frais. Ces frais non reliés à l'énergie doivent être enlevés des tarifs des utilités. Si le calcul est difficile à faire, utiliser le tarif de l'entreprise d'utilité locale comme si les bâtiments n'étaient pas raccordés au réseau du campus.

### **3.4.4 Tarification déréglementée**

RNCan requiert un prix de référence pour déterminer l'estimation des économies. Dans un régime de tarification déréglementée, le contrat avec le fournisseur d'énergie doit être joint à la demande d'incitatif. Sinon, les tarifs d'électricité et de gaz doivent être basés sur le contrat à long terme, que l'on peut imprimer à partir du site Web du fournisseur. Il faut chercher à savoir de quelle façon le tarif du fournisseur d'énergie est déterminé. À titre d'exemple, l'Ontario dispose du site Web de l'IMO (Independent Electricity Market Operator) à l'adresse suivante : <http://theimo.com>. Ce site recense le prix moyen de l'électricité depuis le 1er mai 2002 (date où le marché a été déréglementé). À ces coûts, il faut ajouter les frais de détaillant pour la consommation et la puissance (on peut les obtenir auprès de l'utilité locale), les frais de transport, les frais d'amortissement de dette, les frais de distribution et les taxes de vente provinciales. Ces frais sont tous affichés sur le site Web de l'utilité considérée.

## **3.5 Identification de la source principale de chauffage**

Un facteur clé dans la modélisation de bâtiments est l'identification de la source principale de chauffage, soit le combustible principal utilisé pour le chauffage d'une zone. La source principale de chauffage définit les niveaux d'isolation de l'enveloppe du bâtiment de référence (comme indiqué dans l'annexe A du CMNÉB). Plus le combustible coûte cher, plus les exigences d'isolation sont élevées (coût du combustible de chauffage applicable au moment où le CMNÉB a été élaboré, en 1997). La source principale de chauffage est définie dans l'élément Zone, ce qui signifie qu'il peut y avoir une source principale de chauffage et un niveau d'isolation prescriptif différent pour chaque zone.

Dans beaucoup de bâtiments, il peut y avoir plus d'une source de chauffage par zone. Pour identifier la source principale de chauffage de ces bâtiments, il y a trois importantes règles à suivre.

En premier lieu, il faut prendre en considération toutes les sources de chauffage qui fournissent 10 % ou plus de la puissance de chauffage de la zone. Sont inclus (i) les radiateurs, les convecteurs et les ventilo-convecteurs des chaudières principales, (ii) le chauffage fourni par une installation centralisée de traitement de l'air d'appoint (y compris le préchauffage de l'air extérieur et les chauffe-conduit) et (iii) les appareils de chauffage de zone (y compris tous les appareils de chauffage de vestibule) qui ont une puissance de chauffage supérieure à 5 kW.

En second lieu, il faut identifier le combustible utilisé par chaque source de chauffage. Dans le cas d'une zone chauffée par une chaudière ou installation centrale, la source de chauffage sera le combustible utilisé par cette dernière. Si le bâtiment est chauffé par une installation de chauffage centralisé urbain, la source de chauffage sera le combustible utilisé par cette installation de chauffage centralisé. Une attention spéciale doit être accordée aux thermopompes air-air. Même si les thermopompes sont définies comme étant une source de chauffage, beaucoup de thermopompes nécessitent des appareils de chauffage d'appoint pour répondre à la demande de pointe. Le combustible d'appoint et les thermopompes doivent être pris en compte tous les deux dans l'identification de la source principale de chauffage.

Enfin, il faut sélectionner la source de chauffage qui compte au moins pour 10 % de la puissance de chauffage de la zone et qui a le facteur de pondération de la source d'énergie (FPSE) le plus élevé parmi toutes les sources de chauffage de la zone. Les FPSE varient selon les régions et ils sont donnés dans le Tableau 3-1 (tiré de l'annexe D du CMNÉB). Le FPSE correspond, en gros, au ratio du coût de la source de chauffage par rapport à celui du chauffage par résistances électriques.

#### Question commune

**Quelle est la principale source de chauffage d'une thermopompe sur boucle d'eau : la thermopompe ou la source d'énergie de la boucle de la chaudière ?**

La source principale de chauffage d'une zone est la source d'énergie qui fournit plus de 10 % de la puissance de chauffage installée pour chauffer la zone (air de ventilation et chauffage d'espace) et dont le facteur de pondération de la source d'énergie (FPSE) correspond à la valeur la plus élevée du tableau D-1 de l'annexe D du CMNÉB.

Si la puissance de chauffage d'une thermopompe sur boucle d'eau desservant une zone fournit plus de 10 % de la puissance de chauffage de la zone, et a le FPSE le plus élevé de toutes les sources d'énergie qui fournissent une puissance de chauffage de plus de 10 % à la zone, on qualifie la "thermopompe" de source principale de chauffage pour la zone. Toutefois, si cette thermopompe sur boucle d'eau est alimentée par une chaudière centrale qui utilise une source d'énergie avec un FPSE plus élevé que celui de la thermopompe, la source principale de chauffage de la zone devient la source d'énergie utilisée par la chaudière centrale.

**Tableau 3-1 - Facteurs de pondération de la source d'énergie (tiré de l'annexe D du CMNÉB)**

Province ou territoire	Région	Source d'énergie					
		Électricité	Propane	Mazout	Gaz naturel	Thermo-pompes	Autres
Terre-Neuve	A	1	0,70	0,22	—	0,33	1
	B	1	0,70	0,17	—	0,33	1
	C	1	0,70	0,57	—	0,33	1
	D	1	0,70	0,79	—	0,33	1
Î.-P.-É.	A	1	0,49	0,30	—	0,33	1
Nouvelle-Écosse	A	1	0,45	0,23	0,45	0,33	1
Nouveau-Brunswick	A	1	0,87	0,34	0,34	0,33	1
Québec	A	1	0,54	0,54	0,53	0,33	1
	B	1	0,54	0,54	0,53	0,33	1
	C	1	0,54	0,54	—	0,33	1
Ontario	A	1	0,28	0,28	0,20	0,33	1
	B	1	0,28	0,28	0,20	0,33	1
Manitoba	A	1	0,48	0,48	0,31	0,33	1
	B	1	0,48	0,48	0,31	0,33	1
Saskatchewan	A	1	1	1	0,16	0,33	1
Alberta	A	1	0,53	0,53	0,15	0,33	1
	B	1	0,53	0,53	0,15	0,33	1
	C	1	0,53	0,53	0,15	0,33	1
Colombie-Britannique	A	1	0,43	0,43	0,36	0,33	1
	B	1	0,48	0,48	BCG 0,35	0,33	1
					PNG 0,37		
	C	1	0,45	0,45	0,40	0,33	1
	D	1	0,48	0,48	0,35	0,33	1
E	1	0,58	0,58	0,41	0,33	1	
Yukon	A	1	0,26	0,29	—	0,33	1
	B	1	0,17	0,17	—	0,33	1
	C	1	—	0,18	—	0,33	1
Territoires du Nord-Ouest	A	1	0,19	0,19	—	0,33	1
	B	1	0,27	0,24	—	0,33	1
	C	1	0,17	0,17	0,05	0,33	1
	D	1	0,11	0,11	—	0,33	1
Nunavut	E	1	0,10	0,10	—	0,33	1
	F	1	0,10	0,10	—	0,33	1
	G	1	0,09	0,09	—	0,33	1
	H	1	0,10	0,10	—	0,33	1

Choisir « Autres » comme source principale de chauffage présuppose toujours une source de chauffage électrique. Si la source de chauffage est de la vapeur, entrer le combustible utilisé pour produire la vapeur comme source principale de chauffage. Si la source principale de chauffage est de la biomasse, de l'énergie renouvelable ou du diesel, entrer le type de combustible qu'elle remplace.

La disponibilité du gaz naturel pour la région A du Nouveau-Brunswick et la région A de la Nouvelle-Écosse a été ajoutée au logiciel EE4. Elle offre la possibilité de sélectionner le gaz naturel comme combustible dans ces régions du CMNÉB. Il convient de noter que bien que certaines villes de ces régions n'aient pas encore accès au gaz naturel, on a demandé l'ajout de ce combustible dans les options disponibles pour toutes les villes qui font partie de la région administrative. Si ce combustible n'est pas disponible pour la ville dans laquelle vous comptez bâtir le bâtiment modélisé, ne la choisissez pas comme option. Si un combustible non disponible est sélectionné pour la ville où se trouve le bâtiment que vous modélisez, vous serez invité à réviser votre fichier aux fins d'examen à une resoumission.

Les régions E à H des Territoires du Nord-Ouest ont été rebaptisées régions E à H du Nunavut.

### **3.6 Horaires du bâtiment et caractéristiques d'exploitation de l'équipement**

Quand on opte pour le mode *type de bâtiment* ou *fonction de l'espace* pour chaque zone ou espace, des valeurs d'exploitation par défaut sont assignées au bâtiment. Les mêmes valeurs par défaut sont assignées et au bâtiment proposé et au bâtiment de référence. Les paramètres d'exploitation comprennent la densité d'occupation, les charges de procédé, les charges des prises de courant, les taux de ventilation, les températures de consigne pour le chauffage et le refroidissement et les horaires d'occupation, et horaires de fonctionnement de l'éclairage, des prises de courant, des installations de procédé et des systèmes de CVCA. Les horaires par défaut se trouvent dans l'aide en ligne du logiciel EE4 du CMNÉB/SC. Ceux des ventilateurs sont résumés dans le Tableau 3-2 - Horaires de fonctionnement des ventilateurs. Le fonctionnement des ventilateurs signale que l'immeuble est occupé, que les systèmes de chauffage/refroidissement fonctionnent et que les régulateurs de température (thermostats) sont sollicités.

En général, des changements dans ces paramètres d'exploitation auront très peu d'impact sur les économies d'énergie du bâtiment proposé. Par exemple, augmenter la température de consigne du thermostat augmentera la consommation d'énergie calorifique. Toutefois, le pourcentage d'augmentation sera à peu près le même pour le bâtiment proposé et le bâtiment de référence. Ainsi, le pourcentage d'économies réalisées par les deux bâtiments ou l'écart entre les deux sera probablement le même.

Par contre, il existe deux exceptions importantes à cette règle. Premièrement, si une zone présente des gains internes de chaleur extrêmement élevés en raison des charges de procédé, des charges de prises de courant ou de l'occupation, il pourrait y avoir une modification significative dans les charges de chauffage et de refroidissement du bâtiment. Si la charge de chauffage est réduite de façon importante, l'efficacité d'isolation supplémentaire sera très faible. Deuxièmement, certains bâtiments peuvent avoir des horaires d'exploitation beaucoup plus longs que les horaires par défaut qui sont donnés. Par exemple, des établissements de vente au détail ou des bureaux ouverts 24 h/24 h. En pareil cas, les horaires d'exploitation allongés vont grandement augmenter les économies d'énergie reliées à la récupération de la chaleur de l'air rejeté à l'extérieur.

Pour toutes ces raisons, il est souvent recommandé d'utiliser les valeurs par défaut à moins qu'il y ait une différence marquée entre les paramètres d'exploitation du bâtiment proposé et les paramètres par défaut; on présume alors que les principes liés aux zones énoncés à la section 2

ont été suivis et que tous les espaces d'une même zone utilisent le même horaire d'exploitation par défaut. Une différence marquée est considérée comme étant une différence de plus de 25 % dans n'importe quel paramètre d'exploitation du bâtiment (p. ex., 25 % plus ou moins d'heures d'exploitation par semaine).

Si la température de consigne prévue du thermostat diffère des valeurs par défaut (21 °C pour le chauffage et 23 °C pour le refroidissement) de plus de 3 °C, il convient de modifier les valeurs par défaut. Les températures doivent être entrées à deux endroits : dans les horaires de température de chauffage et de refroidissement (élément Zone, onglet Horaires) et dans l'élément Pièce (utilisé pour le dimensionnement seulement).

**Tableau 3-2 - Horaires de fonctionnement des ventilateurs**

Horaire	Fonctions typiques	Heures de fonctionnement/semaine	Lun – Ven Temps de fonctionnement	Samedi Temps de fonctionnement	Dimanche Temps de fonctionnement
A	Bureau	75	6 h à 21 h	Aucun	Aucun
B	Restaurant	122	8 h à 2 h	8 h à 2 h	9 h à 23 h
C	Commerce de vente au détail	94	7 h à 21 h	7 h à 21h	9 h à 19 h
D	École	80	7 h à 23 h	Aucun	Aucun
E	Entrepôt	69	7 h à 19 h	8 h à 17 h	Aucun
F	Hôtel/motel	168	Toujours en marche	Toujours en marche	Toujours en marche
G	Résidentiel	168	Toujours en marche	Toujours en marche	Toujours en marche
H	Établissement de soins de santé	168	Toujours en marche	Toujours en marche	Toujours en marche
I	Théâtre/église	77	14 h à 1 h	10 h à 1 h	7 h à 14 h

Nota : le logiciel EE4 utilise le même horaire pour les ventilateurs d'alimentation, de reprise et d'extraction.

### 3.6.1 Modification d'horaires dans le logiciel EE4

Dans le logiciel EE4, on peut modifier les horaires d'exploitation du bâtiment dans l'élément Zone, sous l'onglet Horaires. Huit horaires peuvent être modifiés : éclairage, occupation, charges des prises de courant, charges de procédé, chauffage de l'eau sanitaire, ventilateurs, chauffage et refroidissement. Lorsque des horaires sont modifiés, un horaire annuel est d'abord défini. L'horaire annuel se compose de divers horaires hebdomadaires, tous définis par la date finale de leur période d'application. Par exemple, si un horaire donné est en vigueur du 1<sup>er</sup> mai au 30 septembre, on doit entrer trois horaires différents : un horaire se terminant le 30 avril (pour la période du 1<sup>er</sup> janvier au 30 avril), un deuxième horaire se terminant le 30 septembre et un dernier horaire se terminant le 31 décembre. Les horaires doivent être entrés dans l'ordre chronologique.

Dès qu'une date finale est spécifiée, l'horaire hebdomadaire peut être créé. Un horaire peut être élaboré pour chaque journée de la semaine. Pour les horaires fractionnaires, entrer le pourcentage approprié (de 0 à 100) pour chaque heure. Pour les horaires de température

(chauffage et refroidissement), entrer la température de consigne réelle (Celsius ou Fahrenheit, selon l'unité de mesure dans laquelle l'utilisateur travaille).

### **3.6.2 Charges de procédé**

Les charges de procédé très élevées ont un impact considérable sur les charges de chauffage et de refroidissement et devraient donc être modélisées dans le logiciel EE4. Ces charges de procédé peuvent provenir des serveurs informatiques centralisés, des équipements commerciaux de cuisine, des appareils frigorifiques et des procédés industriels. Toutefois, lorsqu'on évalue le bâtiment pour déterminer s'il réalise l'objectif d'économie d'énergie de 25 %, il faut exclure l'énergie consommé par ces charges de procédé non régulées du bâtiment de référence et du bâtiment proposé. Cela doit être fait en effectuant des calculs à la main de la façon suivante :

Étudier l'horaire de charge de procédé pour déterminer le nombre annuel d'heures auxquelles la charge de procédé est présente. Si la charge de procédé est fractionnaire à certaines heures, trouver un nombre équivalent d'heures annuelles.

Multiplier la charge (en kW) par le nombre annuel d'heures pour déterminer la consommation annuelle d'énergie (en kWh).

Convertir les kWh en MJ (ou en BTU) et les soustraire de la consommation totale d'énergie calculée par le logiciel de conformité pour le bâtiment proposé et le bâtiment de référence modélisés.

Calculer le coût annuel de l'électricité des procédés en utilisant le coût moyen (le rapport DOE2 ES-D fournira le tarif virtuel de l'électricité). Soustraire ensuite cette valeur du bâtiment proposé et de référence. La puissance électrique n'est pas facilement déterminable avec cette méthode et sera exclue de la comparaison.

On peut également obtenir la consommation annuelle d'énergie associée aux charges de procédé à partir de la simulation détaillée de la performance énergétique du bâtiment produite par le logiciel DOE2. La ligne « Équipement divers » regroupe la consommation correspondant aux charges de procédé ainsi que celles des prises de courant. Les charges de procédé peuvent être enlevées, mais les charges des prises de courant doivent être prises en compte dans le calcul du pourcentage d'économies. Deux simulations parallèles sur le logiciel EE4, avec et sans l'énergie de procédé, permettent d'arriver au même résultat que celui fourni dans le rapport de simulation de la performance énergétique.

Les coûts énergétiques des charges de procédé seront calculés d'après les coûts énergétiques « virtuels » du bâtiment. Ces coûts « virtuels » se trouvent dans le rapport ES-D généré par les fichiers.SIM pour le bâtiment proposé et le bâtiment de référence (de la modélisation avec les charges de procédé).

Tout équipement de chauffage ou frigorifique industriel nécessaire pour alimenter les charges de procédé peuvent aussi être exclus du calcul du pourcentage d'économies d'énergie (par ex., l'énergie utilisée pour pomper de l'eau froide servant à refroidir l'équipement).

Le logiciel EE4 ne permet pas de modéliser les charges de procédé alimentées au gaz naturel (humidificateur à injection de vapeur, buanderie d'établissement de santé, chauffe-eau de piscine) comme une charge de procédé consommant du gaz naturel. Ces charges devront être modélisées comme étant des charges de procédé consommant de l'électricité et devront être enlevées de la simulation du bâtiment proposé et du bâtiment de référence. Les coûts d'électricité annuels seront plus élevés à cause de la charge de procédé électrique prévue. Toutefois, cette augmentation est la même pour le bâtiment proposé et pour le bâtiment de référence. Comme RNCan s'intéresse uniquement aux économies d'énergie du bâtiment proposé par rapport au bâtiment de référence, il n'est pas nécessaire d'ajuster les coûts aux fins de

validation; cependant, les rapports ES-D du fichier .SIM peut être utilisé afin d'ajuster les coûts d'énergie au besoin.

Pour simplifier la simulation, on peut ignorer les charges de procédé régulées et l'équipement connexe si leur consommation d'énergie est isolée de celle du reste du bâtiment, par exemple une salle d'ordinateur. L'air extérieur d'appoint pour les hottes de cuisine, et l'énergie nécessaire pour traiter cet air, peuvent aussi être exclus de la simulation.

### 3.6.3 Charges de chauffage de l'eau sanitaire

L'eau sanitaire se définit comme l'eau chaude utilisée pour la cuisine, les bains et le lavage de la vaisselle et des vêtements. Dans un restaurant, la charge de chauffage de l'eau sanitaire inclut les besoins en eau chaude du lave-vaisselle. Dans la majorité des cas, l'eau chaude consommée puis rejetée à l'égout est comprise dans la charge de chauffage de l'eau sanitaire. Il y a des exceptions, comme l'eau chaude de procédés spécifiques, l'eau chaude des lave-auto ou des piscines, par exemple.

La charge de chauffage de l'eau sanitaire par défaut est déterminée en fonction du *type de bâtiment* ou de la *fonction de l'espace*. L'annexe B de ce manuel contient les charges par défaut (en kW par occupant) utilisées dans l'analyse.

Même si le CMNÉB n'alloue pas de crédit de performance pour des mesures de réduction de la consommation d'eau chaude, pour la validation par RNCAN, il est possible de tirer parti d'économies liées à l'utilisation de pommes de douche et de robinets à faible débit.

Les crédits de performance pour les pommes de douche et les robinets à faible débit ne s'appliquent que si le bâtiment est modélisé en mode *fonction de l'espace*. La marche à suivre pour obtenir un crédit de performance pour les pommes de douche et les robinets à faible débit est la suivante :

- Sélectionner l'onglet CES dans l'élément Pièce. Veuillez noter que la salle de bain ne portera pas la charge de l'eau; l'occupation de la salle associée servira à calculer la charge de l'eau sanitaire.
- Entrer la charge de chauffage de l'eau sanitaire prévue en Watts par personne (il faut d'abord obtenir la permission de RNCAN pour modifier la valeur par défaut) ou entrer la valeur par défaut du CMNÉB pour la consommation d'eau chaude.
- Entrer les pourcentages de la consommation d'eau en période de pointe attribuable aux pommes de douche et aux robinets de l'espace considéré, conformément aux débits du CMNÉB et aux relevés réels des appareils de robinetterie (voir l'exemple ci-dessous).
- Entrer le débit maximal des pommes de douche et des robinets en L/s. Les débits maximaux permis par le CMNÉB pour les pommes de douche et les robinets sont de 9,5 et de 8,3 L/min respectivement. (Avertissement : les appareils de robinetterie sont souvent classés en L/min. Il faut s'assurer de diviser ces valeurs par 60 avant de les entrer dans le logiciel EE4). (Voir l'exemple ci-dessous.)

## Exemple d'appareils de robinetterie à faible débit

Catégorie	Nom de l'appareil	Relevé	Débit permis par le CMNÉB (L/min)		Débit proposé (L/min)	
			Par appareil	Total	Par appareil	Total
Robinet de lavabo	L-1	45	8,3	373,5	1,9	85,5
	L-2	56	8,3	464,8	2,2	123,2
	Total	101	-	838,3	-	208,7
Pomme de douche	SH-1	45	9,5	427,5	5,7	256,5
	SH-2	25	9,5	237,5	6,5	162,5
	Total	70	-	665,0	-	419
Autre	Slop-1	18	8,3	149,4	8,3	149,4
	J-1	5	8,3	41,5	8,3	41,5
	Total	23	-	190,9	-	190,9

**Débit total pour le bâtiment de réf. (L/min) =** 1694,2 (838,8 + 665,0 + 190,9)  
**% Pommes de douche** 39,3 % (665,0/1694,2)  
**% Lavabo** 49,5 % (838,3/1694,2)

**Entrées pour le bâtiment propose :**

	<u>L/min</u>	
<b>Pommes de douche</b>	5,99	(419L/70 appareils)
<b>Lavabo</b>	2,07	(208,7L/101 appareils)

	<u>L/sec</u>	
<b>Pommes de douche</b>	0,10	(5,99/60)
<b>Lavabo</b>	0,03	(2,07/60)

Dans l'onglet CES (Chauffage de l'eau sanitaire) dans l'élément Pièce du logiciel EE4, entrer les pourcentages des appareils par rapport aux débits CMNÉB calculés et le débit des pommes de douche et des robinets; dans l'exemple ci-dessus, chaque espace (pièce) du fichier de modélisation du logiciel EE4 afficherait les pourcentages des pommes de douche et des robinets et des débits de 39 % (pommes de douche), 50 % (robinets), 0,10 L/s (pommes de douche) et 0,03 L/s (robinets), respectivement.

Des économies potentielles d'énergie peuvent aussi être réalisées par une installation de récupération de la chaleur des eaux usées. Comme ces installations récupèrent une partie de la chaleur qui serait habituellement perdue dans les égouts, la charge de chauffage de l'eau sanitaire s'en trouve réduite. Les installations de récupération de la chaleur des eaux usées sont ensuite modélisés comme étant des pommes de douche ou des robinets à faible débit tel que décrits ci-dessus. Vous trouverez la procédure de modélisation pour la récupération de chaleur de l'eau usée à l'annexe F.

### 3.7 **Sélection d'un fichier climatologique**

Le CMNÉB divise le Canada en 34 régions climatiques. Ces régions sont utilisées pour établir les exigences thermiques pour le bâtiment de référence du CMNÉB qui établit les niveaux minimaux de performance utilisés pour la comparaison avec le bâtiment proposé.

La performance thermique de l'enveloppe du bâtiment, y compris les fenêtres, est fondée en gros sur les jours-degrés de chauffage, la principale source de chauffage et un calcul du cycle de vie en fonction des chiffres de consommation d'énergie et des coûts correspondants aux environs de 1995 comme il est expliqué à l'Appendice F du CMNÉB. Les régions climatiques du CMNÉB constituent un raccourci pour l'évaluation des conditions climatiques et économiques sur lesquelles se fondent les chiffres du code.

La sélection d'un fichier climatologique est un exercice relativement simple : dans la liste des villes disponibles, choisir celle la plus près de l'emplacement du site le plus représentatif de l'emplacement réel du bâtiment dans la même région administrative du CMNÉB.

Toutefois, dans certains cas, un fichier climatologique différent devra être sélectionné pour tenir compte des différences climatiques entre l'emplacement le plus représentatif et l'emplacement du bâtiment proposé. Cela peut être rendu nécessaire par une différence d'altitude (régions montagneuses) et par l'écart qui existe entre un emplacement côtier et un emplacement intérieur. Les fichiers climatologiques du CMNÉB pourraient ne pas bien coller aux conditions climatiques réelles ou ne donnent pas une bonne idée des sources de chauffage (combustibles) disponibles dans une localité. L'écart est particulièrement prononcé dans les régions administratives caractérisées par une grande diversité géographique, comme la région A de la Colombie-Britannique qui comporte des régions montagneuses en haute altitude près de Vancouver et les deltas de la vallée du Bas-Fraser. D'autres cas concernent les régions où certaines sources de chauffage ne sont disponibles à l'époque de la publication du CMNÉB le sont devenues depuis pour les nouvelles constructions (voir la section 3.5 pour les types de sources disponibles et le FPSE s'y rattachant dans le logiciel EE4). En pareil cas, il peut être utile de faire la simulation à l'aide d'un fichier climatologique d'une autre région qui colle mieux à la réalité.

Un utilisateur peut très bien modifier l'emplacement géographique d'un projet (changeant à la fois le fichier climatologique et la performance thermique de l'enveloppe du bâtiment), si cette substitution permet une représentation nettement meilleure des conditions d'exploitation du bâtiment projeté. Les changements de cette nature doivent être portés à l'attention du Comité technique de validation de RNCAN pour qu'il l'avalise avant la présentation du dossier. L'utilisateur doit expliquer le changement envisagé dans ses notes accompagnant la demande de subvention PEBC. L'examineur du dossier doit donner son accord pour que la simulation soit faite dans ces conditions.

La décision d'accepter ou non le changement sera fondée sur un arbitrage concernant les fichiers climatologiques, les combustibles disponibles et les valeurs de performance thermique du bâtiment de référence. Dans certains cas, le changement d'emplacement appellera également un changement de la principale source de chauffage modélisée.

À titre d'exemple, dans un cas de projet de condominium à Whistler, C.-B., la région administrative était la région A de la Colombie-Britannique et la station météorologique la plus proche, celle de Vancouver. En raison des écarts touchant l'altitude et les températures nominales, le fichier climatologique retenu a été celui de Castlegar, une autre localité de montagne, située dans la région E de la C.-B. Avec ce changement, les murs du bâtiment de référence devenaient beaucoup plus efficaces en termes d'isolation thermique (passant d'un coefficient U de 0,810 à un coefficient U de 0,450) lorsque la source principale de chauffage était le propane, le mazout et une thermopompe, les autres caractéristiques du bâtiment de référence demeurant inchangées par rapport à celui de la région administrative d'origine. L'augmentation

des valeurs RSI de référence (à RSI 2,22 ou R 12,6) pour les murs était jugée raisonnable compte tenu des conditions climatiques réelles.

Dans un second cas, un projet d'entrepôt à Terre-Neuve, le combustible proposé comme principale source de chauffage était le gaz naturel. Comme la région de Terre-Neuve aux fins du CMNÉB n'offrait pas le gaz naturel parmi les combustibles de chauffage possibles, il a fallu en choisir un autre pour la modélisation, soit le propane ou le mazout. À première vue, le propane semble être le choix optimal considérant sa teneur énergétique et sa forme. Cependant, les valeurs d'isolation thermique de l'enveloppe d'un bâtiment de référence chauffé au propane étaient plus contraignantes que pour un bâtiment chauffé au gaz naturel dans les secteurs ayant accès à cette source d'énergie, plus en raison de la disponibilité du marché régissant la livraison du combustible qu'en raison de sa valeur énergétique. Dans la plupart des régions administratives où une différence existe entre les principales sources de chauffage, le gaz naturel est le combustible qui autorise les valeurs d'isolation thermique les moins contraignantes. Par conséquent, le mazout a été retenu comme principale source d'énergie de chauffage pour les fins de la modélisation.

## 4. ÉQUIPEMENT CENTRALISÉ

La présente section décrit l'équipement centralisé, c'est-à-dire l'équipement qui dessert généralement tout le bâtiment. Cet équipement, principalement défini dans Centrale du logiciel EE4, comporte des chauffe-eau sanitaires, des chaudières, des refroidisseurs, des tours de refroidissement et des thermopompes centrales sur boucle d'eau. Certains bâtiments commerciaux sont desservis par des systèmes simples, comme des appareils à blocs hors-toit, qui ne nécessitent pas de chaudières, de refroidisseurs ou de tours de refroidissement. En pareilles situations, certains éléments d'équipement centralisé peuvent rester indéfinis; toutefois, au moins un équipement doit être défini dans le logiciel EE4 pour toutes les simulations réalisées pour un bâtiment.

### 4.1 Chauffe-eau sanitaires

La charge de chauffage de l'eau (ou la demande) d'un bâtiment dépend de la *fonction de l'espace* ou du *type de bâtiment* sélectionné (se reporter à la section 3.6). Dans le logiciel EE4, l'onglet « Eau sanitaire » sous Centrale sert à décrire le type de chauffage utilisé pour répondre à cette charge. Idéalement, le chauffage de l'eau de procédé (buanderies, lave-autos) ne devrait pas être compris dans la modélisation du chauffage de l'eau sanitaire.

Il existe plusieurs modes de chauffage principaux pour l'eau sanitaire avec le EE4. L'onglet « Eau sanitaire » dans l'élément « Centrale » permet les modes suivants, qui sont décrits dans les sous-sections suivantes:

- Réservoir(s) calorifugé(s)
- Chaudière(s) dédiée(s)
- Chauffage de l'eau sanitaire sans réservoir (citerne)
- Serpentin à l'intérieur d'une chaudière pour le chauffage de l'espace
- Serpentin à l'intérieur d'une thermopompe géothermique ou alimenté par une thermopompe géothermique dédiée
- Thermopompe à source d'air

Le logiciel ne permet pas de modéliser les pertes thermiques des réservoirs d'eau ni celles de la tuyauterie d'alimentation et de recirculation. Ainsi, on ne donne ni crédit ni pénalité pour l'amélioration du calorifugeage du réservoir ou de la tuyauterie (en posant que les exigences prescriptives du CMNÉB relatives à l'épaisseur du calorifugeage du réservoir et de la tuyauterie ont été respectées).

Dans certains cas, les besoins d'eau chaude sanitaire sont comblés par des petits chauffe-eau électriques à accumulation ou par des chauffe-eau instantanés qui ne servent qu'à répondre à une petite charge d'une aire donnée du bâtiment. Ces chauffe-eau doivent être intégrés au système central de chauffage d'eau.

Le logiciel suppose une température annuelle de l'eau à l'entrée de 12,8 °C et une température annuelle de l'eau à la sortie de 60 °C. Si la capacité du système de chauffage de l'eau sanitaire pour le bâtiment proposé saisie dans le EE4 n'est pas en mesure de répondre en tout temps à la demande, la partie non rencontrée est transférée à la centrale ou à une chaudière auxiliaire qui est créée pour satisfaire à la demande.

Quand le type de chauffage de l'eau sanitaire est « Réservoir(s) », « Chaudière(s) dédiée(s) », ou « Sans réservoir » il est possible de cocher « Récupération de chaleur du refroidisseur » si le bâtiment proposé est doté d'un système de récupération de chaleur sur un refroidisseur dont la chaleur récupérée est partiellement ou entièrement disponible pour le chauffage de l'eau

sanitaire. La récupération de chaleur sur un refroidisseur peut être modélisée pour les refroidisseurs à mouvement alternatif ou pour les refroidisseurs centrifuges. Se reporter à la section 4.3.4 pour plus de renseignement sur la récupération de chaleur des refroidisseurs.

Si la case « Exclue de l'analyse » de l'onglet « Eau sanitaire » est cochée, la consommation d'énergie associée au chauffage de l'eau sanitaire est exclue de la simulation. Notez que dans les versions de EE4 précédentes le logiciel créait un chauffe-eau électrique dimensionné par défaut pour répondre à la charge de chauffage de l'eau sanitaire dans le bâtiment proposé tout comme dans le bâtiment de référence.

### **4.1.1 Chauffage de l'eau sanitaire**

Le chauffage de l'eau sanitaire avec réservoirs, semblables aux chauffe-eau résidentiels classiques, se fait par élément électrique intégré ou brûleur à combustible fossile (propane, gaz naturel ou mazout); l'eau chaude est stockée dans des réservoirs calorifugés. Le rendement énergétique de ces appareils de chauffage est habituellement exprimé par le coefficient énergétique, ce dernier représentant le rendement de combustion et les pertes thermiques du réservoir. Ne pas entrer ce coefficient dans le logiciel EE4, mais plutôt le rendement de combustion ou le rendement thermique. Il arrive que l'on doive calculer ce rendement en divisant la production d'eau chaude du chauffe-eau par la consommation de combustible.

Ce type de chauffage de l'eau sanitaire est modélisé en choisissant le type « Réservoir(s) » sous l'onglet « Eau sanitaire » de l'élément « Centrale ». Il faut saisir le nombre de réservoirs, le volume moyen de chaque réservoir, la puissance moyenne de chaque réservoir, et le rendement moyen pondéré en fonction de la puissance; il faut également cocher la case appropriée si la récupération de chaleur du refroidisseur est appliquée pour chauffer l'eau sanitaire.

Si plusieurs réservoirs existent, alimentés de la même source d'énergie mais ayant des capacités et rendement différents, les volumes (L) et puissances de tous les réservoirs doivent être additionnés et divisés par le nombre de réservoirs pour calculer le volume et puissance moyen de chaque réservoir. Le rendement thermique moyen pondéré en fonction de la puissance de tous les réservoirs est calculé tel que décrit dans la section 4.1.7.

### **4.1.2 Chaudière(s) dédiée(s)**

Avec ce type de chauffage d'eau sanitaire il existe une (ou des) chaudière dédiée pour le chauffage d'eau sanitaire uniquement. Ce type de chauffage de l'eau sanitaire est modélisé en choisissant le type « Chaudière(s) dédiée(s) » sous l'onglet « Eau sanitaire » de l'élément « Centrale ». Il faut également saisir le nombre de chaudières, le volume moyen de chaque chaudière, la puissance moyenne de chaque réservoir, et le rendement thermique. Si plusieurs chaudières existent, le rendement thermique moyen pondéré en fonction de la puissance de toutes les chaudières est calculé tel que décrit dans la section 4.1.7. Les chaudières dédiées sont modélisées en utilisant une courbe de performance de chaudière à non-condensation.

### **4.1.3 Chauffage sans réservoir (citerne)**

Le chauffage de l'eau sanitaire sans réservoir chauffe ce dernier au fur et à mesure qu'il existe une demande; aucun volume d'eau sanitaire n'est stocké dans des réservoirs ou à l'intérieur d'une chaudière. Ce type de système élimine les pertes thermiques associées aux réservoirs; cependant, le EE4 ne modélise pas ces pertes thermiques, donc il y a aucun avantage en modélisant ce type de système par rapport aux autres systèmes dans le EE4. Le chauffage de l'eau sanitaire sans réservoir se fait en choisissant « Sans réservoir » dans l'onglet « Eau sanitaire » de l'élément « Centrale ». On doit saisir le nombre de systèmes, la puissance moyenne de chaque système, et le rendement moyen. Si plusieurs systèmes sans réservoir

existent, le rendement thermique moyen pondéré en fonction de la puissance de tous les systèmes est calculé tel que décrit dans la section 4.1.7. Les systèmes sans réservoir sont modélisés en utilisant une courbe de performance de système à non-condensation.

#### **4.1.4 *Serpentin à l'intérieur d'une chaudière pour l'espace ou alimenté de l'énergie achetée***

Avec un tel système l'eau chaude sanitaire est fournie par un échangeur de chaleur alimenté par une chaudière ou système d'énergie achetée qui fournit à la fois la chaleur à l'espace. Une chaudière ou un système d'énergie achetée doit être défini pour choisir ce type dans l'onglet « Eau sanitaire » de l'élément « Centrale ». La puissance est la seule entrée à saisir; toutefois, cette donnée n'est pas utilisée car le logiciel crée un système de la capacité requise pour répondre à la demande et extrait celle-ci de la puissance de la centrale. Il est supposé que l'échangeur de chaleur est en mesure de répondre à la demande entière en eau chaude sanitaire.

#### **4.1.5 *Serpentin à l'intérieur d'une thermopompe géothermique ou alimenté par une thermopompe géothermique dédiée***

Avec un système de thermopompe géothermique ou de thermopompe sur boucle d'eau alimentée par boucle géothermique il est possible de modéliser le chauffage de l'eau sanitaire par échangeur de chaleur sur le système central ou par thermopompe géothermique dédiée avec un système de thermopompe sur boucle d'eau. Il est supposé que l'échangeur de chaleur est en mesure de répondre à la demande entière en eau chaude sanitaire.

La puissance et coefficient de rendement sont les seules entrées requises. Ces données ne sont pas utilisées avec les systèmes centraux de thermopompe géothermique puisque le coefficient de rendement de la centrale est utilisé est la puissance appliquée au chauffage de l'eau sanitaire est calculée par le logiciel. Si une thermopompe géothermique dédiée est définie avec un système de thermopompe sur boucle d'eau seulement le coefficient de rendement est utilisé.

#### **4.1.6 *Chauffage de l'eau sanitaire par thermopompe à air***

Le chauffage de l'eau sanitaire par une ou plusieurs thermopompe à air et dont l'eau chaude est stockée dans un ou plusieurs réservoirs est modélisée en choisissant « Thermopompe à source d'air » dans l'onglet « Eau sanitaire » de l'élément « Centrale ». La performance de la thermopompe à air suit la même courbe de performance que les unités au niveau du système.

#### **4.1.7 *Systèmes à plusieurs chaudières***

Le logiciel n'accepte qu'un système de chauffage de l'eau sanitaire par centrale, ce qui signifie qu'il faut regrouper les chauffe-eau en fonction de leur usage ou de leur fonctionnement.

##### **Chauffe-eau à plusieurs sources d'énergie**

Si le chauffage de l'eau est assuré par différentes sources de chauffage (électricité et gaz naturel), sélectionner la source ayant la puissance de chauffage la plus élevée (et non la plus grosse capacité en volume) ou sélectionner le circuit considéré comme étant le circuit principal d'eau chaude, et poser que toute la charge est comblée par cette source ou ce circuit.

**Exemple :**

Chaudière	Capacité (L)	Consommation (kW)	Source de chauffage	Rendement (%)
1	225	10	Electricité	100
2	200	17,5	Gaz naturel	80
3	100	12,5	Propane	82

**Solution :**

Données entrées dans le logiciel EE4 :

- Source de chauffage = gaz
- Type : = « Chaudière(s) »
- Nombre de chaudières : = 3
- Capacité =  $(225 + 200 + 100) / 3$  (chacune) = 175 litres
- Consommation : =  $(10 + 17,5 + 12,5) / 3$  (chacune) = 40 kW
- Rendement =  $(10 \cdot 1,0 + 17,5 \cdot 0,8 + 12,5 \cdot 0,82) / 40 = 0,856$  (85,6 %)

**Plusieurs chauffe-eau à distribution unique**

Si un bâtiment compte un certain nombre de chauffe-eau non réglés pour fonctionner en séquence, on appelle ces chauffe-eau des chauffe-eau à distribution unique.

Dans ce cas, simplement faire la somme des capacités et des consommations et entrer une puissance et un rendement pondérés. Cela créera un chauffe-eau unique qui suivra la courbe de performance à charge pleine et charge partielle de la chaudière ainsi que son horaire d'exploitation. Cette solution est raisonnable puisqu'on suppose que la performance de tous les chauffe-eau (par leur horaire d'exploitation) se situe tout en haut de la courbe de performance à charge pleine et charge partielle durant les périodes de pointe et tout en bas de la courbe durant les périodes d'attente. Les chauffe-eau à distribution unique fonctionneront ainsi individuellement ou en groupe. Il est toujours permis de modifier l'horaire de consommation d'eau chaude étant donné que EE4 fera une moyenne pour la simulation.

**Exemple :** Un immeuble à logements multiples comptant 340 chauffe-eau

Chaudières (nombre par type)	Capacité (L) (chacun)	Consommation (kW chacun)	Source de chauffage	Rendement (%)
100	100	7,5	Électricité	100
100	100	12	Gaz naturel	82
100	250	20	Gaz naturel	83,5
40	0 (sans réservoir)	10	Gaz naturel	88

**Solution :**

Données entrées dans le logiciel EE4 :

- Type : = « Chaudière(s) »
- Nombre de chaudières : = 1

- Capacité =  $(100 \times 100) + (100 \times 100) + (100 \times 250) + (40 \times 0) = 45\,000$  litres
- Consommation =  $(100 \times 7,5) + (100 \times 12) + (100 \times 20) + (40 \times 10) = 4350$  kW
- Rendement =  $[(100 \times 7,5 \times 1,0) + (100 \times 12 \times 0,82) + (100 \times 20 \times 0,835) + (40 \times 10 \times 0,88)] / 4350 = 0,86$  (86 %)

### Chauffe-eau multiples en batterie séquentielle

Dans certains cas, les chauffe-eau fonctionnent en séquence de façon semblable aux chaudières principales/de relève. Il est permis de regrouper des chauffe-eau en batterie séquentielle en un seul chauffe-eau, mais le résultat sera un chauffe-eau plus gros que nécessaire pour répondre à la demande hors-pointe. Dans ce cas, le chauffe-eau fonctionnera au bas de la courbe de performance à charge pleine et charge partielle pour un chauffe-eau à combustion. Cela fera en sorte que la performance du chauffe-eau sera sous-estimée. De même, si on n'entre que la puissance de la chaudière principale, la performance du chauffe-eau sera surestimée. Ainsi il faut établir la moyenne des puissances pour estimer une performance annuelle plus réaliste.

Un coefficient de marche séquentielle sera appliqué à la puissance de chauffage totale des chauffe-eau. Ce coefficient est basé sur la période pendant laquelle chaque chauffe-eau sera en service. Voici la marche à suivre pour déterminer le coefficient de marche séquentielle :

On suppose que les chauffe-eau fonctionnent selon les séquences suivantes :

- Le chauffe-eau n° 1 fonctionne 100 % du temps.
- Le dernier chauffe-eau fonctionne 20 % du temps.

Tous les chauffe-eau entre le premier et le dernier fonctionneront pendant des séquences augmentées par incréments égaux entre 20 % et 100 % du temps.

$$\text{Coefficient de marche séquentielle} = (\text{somme des \% ci-dessus}) / (\# \text{ de chaudières} \times 100)$$

Ce coefficient de marche séquentielle sera ensuite multiplié par la puissance de chauffage totale pour déterminer une puissance de chauffage reflétant le fonctionnement des chauffe-eau du bâtiment. Si l'utilisateur entre des chauffe-eau en batterie séquentielle, il faut qu'il fournisse de la documentation et une méthode de calcul pour qu'ils soient acceptés.

### Exemple :

Cinq chauffe-eau d'une capacité de 135 litres chacun et d'une puissance de 5 kW chacun

Valeurs non rajustées :

Capacité =  $5 \times 135 = 675$  litres (entrées dans le logiciel EE4)

Puissance entrée =  $5 \times 5 = 25$  kW

On suppose que les chauffe-eau fonctionnent selon les séquences suivantes :

- Le chauffe-eau no 1 fonctionne à 100 % du temps
- Le chauffe-eau no 2 fonctionne à 80 % du temps
- Le chauffe-eau no 3 fonctionne à 60 % du temps
- Le chauffe-eau no 4 fonctionne à 40 % du temps
- Le chauffe-eau no 5 fonctionne à 20 % du temps

$$\text{Fonctionnement moyen de tous les chauffe-eau} = (100 + 80 + 60 + 40 + 20) / (5 \times 100) = 0,6$$

Ce résultat serait appliqué à la puissance de chauffage totale =  $25 \times 0,6 = 15$  kW comme étant la puissance de chauffage moyenne entrée dans le logiciel EE4.

### 4.1.8 Chaudières saisonnières

Si le bâtiment proposé comporte des chaudières saisonnières, dans le cas, par exemple, d'une école ayant une chaudière au gaz naturel réservée pour l'année scolaire et une petite chaudière électrique à accumulation pour les mois d'été (pour répondre aux besoins en eau chaude des préposés à l'entretien), il faut entrer la chaudière au gaz naturel utilisée pendant l'année scolaire comme étant la chaudière représentative pour l'année entière. Si on veut modéliser une chaudière saisonnière, on peut entrer 0 pour la consommation d'eau dans l'horaire de consommation d'eau chaude.

### 4.1.9 Chauffage de l'eau sanitaire par de l'énergie renouvelable

Si de l'énergie renouvelable est utilisée pour le chauffage de l'eau, entrer les données correspondant au combustible qui aurait été utilisé en l'absence d'énergie renouvelable. Un chauffe-eau fictif doit être défini selon les informations suivantes :

Type	= « Réservoir(s) »
Puissance	= puissance moyenne du système d'énergie renouvelable (par réservoir), y compris le chauffage d'appoint
Consommation	= consommation moyenne (par réservoir) du système d'énergie renouvelable, y compris le chauffage d'appoint
Rendement	= rendement du chauffage d'appoint, ou 100 % s'il n'y a aucun chauffage d'appoint ou que l'électricité aurait été la source de chauffage (au lieu de l'énergie renouvelable autorisé par RNCan), ou 80 % s'il n'y a aucun chauffage d'appoint et qu'un combustible fossile aurait été la source de chauffage (au lieu de l'énergie renouvelable).

Les sources d'énergie renouvelables ne sont pas traitées par le logiciel EE4, mais par le logiciel RETScreen ou par n'importe quel autre logiciel d'analyse d'énergie renouvelable. Pour déterminer la vraie consommation d'énergie du bâtiment, l'énergie renouvelable utilisée est enlevée manuellement du résultat final donné par le logiciel. Les économies sur le coût de l'énergie sont enlevées manuellement en multipliant les économies réalisées grâce à l'énergie renouvelable multipliées par le coût moyen unitaire de l'énergie indiqué dans le rapport ES-D dans le fichier .SIM du bâtiment proposé.

## 4.2 Chaudières

Les caractéristiques des chaudières sont entrées dans l'élément « Centrale », sous l'onglet « Chauffage central ». On définit la chaudière en entrant la source d'énergie qui l'alimente, la puissance, type de chaudière (atmosphérique, modulante, ou à condensation) et le rendement (type de rendement : taux d'utilisation annuel de combustible (AFUE) ou rendement thermique, choisir celui qui se trouve dans la documentation du fabricant). EE4 ne modélise pas une chaudière qui est à la fois modulante et à condensation; en tel cas il est généralement préférable de modéliser une chaudière à condensation.

### 4.2.1 Ajustements selon l'altitude

Le logiciel DOE2.1 permet d'ajuster le rendement ou la puissance de chauffage des chaudières au gaz/propane selon l'altitude par rapport au niveau de la mer. Toutefois, cet ajustement n'est pas possible dans le logiciel EE4, et il faut simplement entrer le rendement au niveau de la mer et la puissance de chauffe des chaudières au gaz/propane.

## 4.2.2 Système à plusieurs chaudières

Il arrive souvent que plusieurs chaudières centralisées soient installées pour obtenir un meilleur rendement à charge partielle ou assurer une capacité de chauffage d'appoint en cas de panne ou mise hors service pour entretien. Il ne faut pas tenir compte des chaudières qui sont utilisées strictement pour le chauffage d'appoint, qui ne sont normalement pas en service et qui doivent être mises en route manuellement. Dans tous les autres cas (chaudières principales/de relève, chaudières principale/de pointe), entrer toutes les chaudières. Le logiciel EE4 suppose que toutes ces chaudières ont la même puissance et les mêmes caractéristiques de performance. (Il est impossible de définir plusieurs chaudières de différentes dimensions ou de différents rendements si elles sont reliées à la même boucle de chauffage.)

Seules des centrales de chauffage distinctes, qui desservent des sections individuelles du bâtiment, peuvent contenir différentes chaudières. Le logiciel permet de définir un maximum de dix centrales de chauffage.

Dans Centrale, sous l'onglet « Chauffage central », on entre le nombre de chaudières dans le champ prévu à cet effet et on entre la puissance de fonctionnement séquentiel dans le champ approprié. Cette puissance correspond à l'augmentation de la charge nécessaire pour mettre en service la chaudière suivante. Si la puissance de fonctionnement séquentiel est inconnue, on présume qu'elle est égale à 90 % de la puissance de la première chaudière.

## 4.2.3 Plusieurs chaudières à rendement différent

Pour l'instant, le logiciel EE4 ne permet pas de modéliser plusieurs chaudières dont le rendement est différent. Si les chaudières sont mises en marche de façon à assurer des heures de fonctionnement uniformes, déterminer le rendement moyen pondéré en fonction de la puissance.

**Exemple:** Deux chaudières :

Chaudière 1 : puissance = 450 kW, rendement = 88 %

Chaudière 2 : puissance = 150 kW, rendement = 72 %

**Solution :**

Les chaudières 1 et 2 sont combinées de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \text{Puissance} &= (450 + 150) / 2 \text{ chaudières} &&= 300 \text{ kW chacune} \\ \text{Rendement} &= (450 * 0,88 + 150 * 0,72) / (450 + 150) &&= 0,84 (84 \%) \end{aligned}$$

Nombre de chaudières entrées dans Centrale = 2; puissance de chaque chaudière = 300 kW; rendement de chaque chaudière = 0,84; puissance de fonctionnement séquentiel de chaque chaudière = 270 kW

Pour les chaudières principales/de relève et les chaudières de pointe, il faut adopter la marche à suivre suivante :

À noter : Cette marche à suivre nécessite deux simulations dans le logiciel EE4. La première sert à déterminer le rendement moyen des chaudières. La deuxième sert à vérifier la conformité à la validation par RNCAN.

1. Compléter les étapes 1a) à d) pour créer un tableau tel qu'il est illustré ci-dessous.

Étape 1a) Placer les chaudières dans l'ordre de séquence d'allumage, et inscrire le rendement thermique et la puissance de chacune. L'exemple ci-dessous utilise trois chaudières :

C-1 est une chaudière à condensation de 500 MBH au rendement thermique nominal de 95 %; C-2 et C-3 sont des chaudières sans condensation de 800 MBH au rendement thermique nominal de 80 % (C-1 est la chaudière principale, C-2 démarre en deuxième et C-3 en troisième).

- Étape 1b) Déterminer la puissance cumulée de la centrale à chaque étape de la séquence d'allumage. Dans l'exemple ci-dessous, seule C-1 démarre durant la séquence 1, la puissance cumulée de la centrale est donc de 500 MBH. Durant la séquence 2, C-1 et C-2 sont mises en marche, la puissance cumulée est donc de 1300 MBH. À la séquence 3, les trois chaudières fonctionnent, la puissance est donc de 2100 MBH.
- Étape 1c) Déterminer le pourcentage de la puissance totale de la centrale disponible à chaque étape de la séquence d'allumage. Dans l'exemple ci-dessous, la puissance totale de la centrale est de 2100 MBH. Ainsi, la séquence 1 peut fournir 24 % de la puissance (500/2100), la séquence 2 peut fournir 62 % de la puissance et la séquence 3 peut fournir 100 % de la puissance (2100/2100).
- Étape 1d) Déterminer le rendement thermique de la centrale à chaque étape de la séquence d'allumage. Pour ce faire, il faut calculer la puissance et le rendement thermique moyens pondérés de toutes les chaudières qui fonctionnent durant une séquence. Dans l'exemple ci-dessous, seule C-1 fonctionne durant la séquence 1, le rendement thermique de la centrale à cette étape est donc de 95,0 %. Durant la séquence 2, C-1 et C-2 fonctionnent, le rendement thermique de la centrale est donc de  $(95 \times 500 + 80 \times 800) / (500 + 800) = 85,8 \%$ .

Séquence	Étape 1a)			Étape 1b)	Étape 1c)	Étape 1d)
	Désignation de la chaudière	Rendement thermique de la chaudière	Puissance de la chaudière en MBH	Puissance cumulée de la centrale en MBH	Pourcentage de la puissance totale de la centrale	Rendement thermique de la centrale
1	C-1	95 %	500	500	24 %	95,0 %
2	C-2	80 %	800	1,300	62 %	85,8 %
3	C-3	80 %	800	2,100	100 %	83,6 %

- Dans le logiciel EE4, fixer le rendement thermique de la chaudière à 80 %, et s'assurer que la puissance totale de la chaudière est égale à la puissance totale de la centrale calculée ci-dessus. (Dans l'exemple ci-dessus, cette puissance serait de 2100 MBH).
- Régler les options du logiciel EE4 de façon que les rapports Plant PV-A et PS-C soient créés et que les fichiers de sortie DOE-2 ne soient pas effacés quand la simulation est lancée.
- Lancer la simulation pour le bâtiment proposé.
- Ouvrir le fichier DOE-2 « .sim » du bâtiment proposé et repérer le rapport PV-A. Vérifier que la puissance totale des chaudières installées correspond à la puissance totale de la centrale dans le tableau ci-dessus. Sinon, retourner à l'étape 2 et corriger la puissance de la chaudière entrée dans le logiciel EE4.
- Compléter les étapes 6a) à 6e) pour créer un tableau tel qu'il est illustré ci-dessous.
  - Dans le fichier DOE-2 « .sim », repérer le rapport PS-C. Utiliser la ligne de données la plus BASSE de la chaudière pour créer un tableau des heures en charge partielle tel qu'il est illustré ci-dessous.

- b) Pour chaque intervalle de charge partielle, entrer le rendement de la centrale du tableau ci-dessous basé sur les calculs du tableau ci-dessus. (Utiliser la colonne « Pourcentage de la puissance totale de la centrale » du tableau ci-dessus pour déterminer le rendement correspondant à l'intervalle de charge partielle. Si le « Pourcentage de la puissance totale de la centrale » correspond à un intervalle de charge partielle, passer à la séquence suivante).
- c) Dans le tableau qui suit, multiplier la colonne « Heures » par la colonne « Rendement ».

Étape 6a)		Étape 6b)		Étape 6c)
Intervalle de charge partielle	Heures	Rendement de la centrale par intervalle de charge partielle	× Heures x Rendement	
0 – 10	3000	95,0	285000	
10 – 20	1500	95,0	142500	
20 – 30	800	85,8	68640	
30 – 40	300	85,8	25740	
40 – 50	50	85,8	4290	
50 – 60	10	85,8	858	
60 – 70	0	83,6	0	
70 – 80	0	83,6	0	
80 – 90	0	83,6	0	
90 – 100	0	83,6	0	
100 – 110+	0	83,6	0	
Total	5650	-	527028	

- d) Additionner la colonne « Heures » et la colonne « Heures x Rendement ».
- e) Diviser la somme de la colonne « Heures x Rendement » par la somme de la colonne « Heures » pour déterminer un rendement thermique moyen pour la centrale. (Pour l'exemple ci-dessus, le résultat est 93,3 %).
7. Dans EE4, entrer le rendement de la chaudière déterminé à l'étape 6e).
8. Lancer les simulations du bâtiment proposé et du bâtiment de référence pour vérifier la conformité à la validation par RNCAN.

#### 4.2.4 Chaudières multi-étagées ou modulantes

Les chaudières multi-étagées ou modulantes, fournissent un rendement à charge partielle supérieur et sont créditées dans le logiciel. Pour modéliser une chaudière multi-étagée, il suffit de diviser la capacité en un nombre de petites chaudières virtuelles égal au nombre d'étages de combustion de la chaudière multi-étagée, et procéder comme dans le cas d'un système à plusieurs chaudières tel que décrit à la section 4.2.2. À titre d'exemple, une chaudière à deux étages, d'une puissance de chauffe de 100 kW et d'un rendement de 84 % devrait être modélisée comme étant deux chaudières de 50 kW de puissance, chacune ayant un rendement de 84 %. La puissance de fonctionnement séquentiel serait de 45 kW (90 % de 50 kW), ou celle définie dans les plans mécaniques.

Les chaudières modulantes à non-condensation peuvent être modélisées en EE4 directement en choisissant « Modulante » comme type de chaudière de la liste déroulante dans la définition de la chaudière. Les chaudières qui sont à la fois modulante et à condensation ne peuvent être modélisées; en tel cas il est généralement préférable de modéliser une chaudière à condensation.

Les chaudières modulantes peuvent être modélisées en utilisant la régulation de la température de la chaudière en fonction de la température extérieure (voir la section 4.2.6).

#### **4.2.5 Chaudières à condensation**

Les chaudières dont le rendement thermique nominal est supérieur à 88 % sont considérées comme étant des chaudières à condensation ou à « haut rendement ». Toutefois, ce haut rendement ne peut être atteint que si la température d'eau de retour est suffisamment basse pour permettre la condensation des gaz de combustion (habituellement moins de 130 °F). Dans certains systèmes de chauffage, ces basses températures ne sont présentes qu'en périodes de charge partielle (automne-printemps) ou lorsque la chaudière est utilisée pour le chauffage de l'eau sanitaire. Les systèmes de chauffage qui fonctionnent à des températures basses, comme les systèmes de chauffage à rayonnement par le sol ou les chaudières qui maintiennent la température des boucles d'eau de thermopompe, présentent le plus haut rendement thermique, et ce, en tout temps.

Pour modéliser une chaudière à condensation, cocher la case « chaudière avec condensation ».

#### **4.2.6 Régulation de la température d'eau de retour de la chaudière en fonction de la température extérieure**

Abaisser la température de l'eau de retour d'une chaudière augmente le rendement de la chaudière étant donné que plus de chaleur peut être récupérée des gaz de combustion. Le rendement de la chaudière est basé sur la température moyenne de l'eau de retour pendant la saison de chauffage. Pour régler la température de l'eau de la chaudière par rapport à la température extérieure, utiliser le point milieu des réglages inférieurs et supérieurs (par exemple, pour une boucle d'eau de retour dont la température varie entre 70 °C et 60 °C selon la température de l'air extérieur, le point milieu est 65 °C).

Si la température moyenne de l'eau d'entrée de la chaudière est inférieure à 70 C, il faut utiliser l'équation suivante pour calculer le rendement de la chaudière :

$$\text{Rendement modélisé} = (70 - \text{temp. moyenne de l'eau d'entrée de la chaudière}) * 0,1 + \text{Rendement nominal}$$

Si la température moyenne de l'eau d'entrée de la chaudière est supérieure à 70 C, il faut utiliser la température réelle de l'eau d'entrée au lieu de 70 C dans l'équation ci-dessus.

Par exemple, si les spécifications de la chaudière indiquent que le rendement est de 80 % et que l'installation fonctionne à une température d'eau de retour de 60 °C, le rendement modélisé de la chaudière sera donc de  $0,81 = (70 - 60) * 0,1 + 80 = 81 \%$ .

Avec l'équation ci-dessus, le rendement ne peut pas dépasser 88 % sauf pour une chaudière à condensation. Dans ce cas, se reporter à la section sur les chaudières à condensation.

Pour une installation de chauffage, il y a des crédits alloués pour les chaudières multi-étagées et pour la régulation de la température d'eau de retour en fonction de la température extérieure, étant donné que cette régulation améliore le rendement de la chaudière en récupérant plus de

chaleur des gaz de combustion et que les chaudières multi-étagées réduisent simplement le fonctionnement en courts cycles, améliorant de ce fait la performance en charge partielle.

#### **4.2.7 Récupération de la chaleur des gaz de combustion**

La récupération de la chaleur des gaz de combustion peut permettre d'obtenir des crédits de performance, selon l'utilisation prévue de la chaleur récupérée : chauffage d'appoint de l'eau sanitaire, chauffage de la boucle d'eau.

##### **Chauffage de l'eau sanitaire par la chaleur récupérée des gaz de combustion**

Si cette chaleur est utilisée pour préchauffer l'eau sanitaire, il faut déterminer la quantité de chaleur récupérable des gaz de combustion et ensuite compléter deux simulations dans le logiciel EE4 :

Première simulation : sans récupération de la chaleur des gaz de combustion

Deuxième simulation : Volume = 0 litre (CES sans réservoir) ; consommation = énergie récupérée; rendement = 1,0. Le type de combustible doit être le même que celui de la première simulation.

Soustraire ces résultats du bâtiment proposé de ceux de la première simulation pour obtenir la récupération de chaleur annuelle à partir des gaz de combustion (l'énergie en MJ et les économies de coûts en dollars); le crédit doit être enlevé manuellement de la simulation dans EE4 sans la récupération de chaleur (première simulation).

Utiliser le fichier de référence sur la consommation et les coûts d'énergie de la première simulation (sans la récupération de chaleur des gaz de combustion) comme base pour la vérification de conformité à la validation par RNCAN.

##### **Chauffage de la boucle d'eau par la chaleur récupérée des gaz de combustion**

Ce crédit est modélisé comme une augmentation de la baisse nominale de température, et il est fondé sur l'équation suivante :

(température des gaz de combustion \* débit) / (température de l'eau chaude \* débit d'eau total)

##### **Exemple :**

La température des gaz de combustion est de 93,3 °C avec un débit d'eau circulant dans un serpentin-récupérateur de 10 L/min; la boucle d'eau de la chaudière maintient une température de l'eau de 60 °C et un débit de 200 L/mn. L'augmentation de la baisse nominale de la température serait de :

$$(93,3 * 10) / (60 * 200) = 0,07775.$$

Ainsi, la baisse de température serait augmentée de 7,8 %.

### **4.3 Refroidisseurs**

Il convient de définir les caractéristiques des refroidisseurs centralisés dans l'élément Centrale, sous l'onglet « Refroidisseurs ». Si le bâtiment ne comporte que des systèmes autonomes à détente directe du réfrigérant, ne pas définir le refroidisseur.

### 4.3.1 Refroidisseurs électriques

Dans le logiciel EE4, on peut définir trois types de refroidisseurs : refroidisseur à mouvement à piston, refroidisseur centrifuge et refroidisseur par absorption. Pour les refroidisseurs à vis, ou à volutes, opter pour un refroidisseur à mouvement alternatif et entrer les caractéristiques de performance du refroidisseur à vis. Le COP et la puissance du refroidisseur devraient être ceux aux conditions normalisées d'essai ARI de 550/590 comme montrés ci-dessous.

**Tableau 4-1 - Conditions nominales des refroidisseurs**

	Refroidissement par eau	Refroidissement par évaporation	Refroidissement par air
Température de l'eau d'entrée du condenseur	29,4 °C (85 °F)	-	-
Température de l'air d'entrée	-	23,9 °C (75 °F) Bulbe humide	35 °C (95 °F) Bulbe sec
Température de l'eau de sortie de l'évaporateur	6,7 °C (44 °F)		

Tous les refroidisseurs électriques doivent être refroidis (le condenseur doit être refroidi) soit par un ventilateur (refroidissement par air), soit par une tour de refroidissement (refroidissement par eau). Le type de refroidissement est sélectionné dans l'onglet « Refroidisseurs » de l'élément Centrale. Si on sélectionne le refroidissement par eau, il faut définir une tour de refroidissement. La récupération de la chaleur du refroidisseur peut maintenant être modélisée, se reporter à la section 4.3.4 pour plus de détails.

Si le bâtiment proposé comprend du refroidissement saisonnier (c'est-à-dire que les refroidisseurs ne sont en service que pendant les mois d'été et que le bâtiment fait appel au refroidissement par économiseur durant les autres mois de la saison de refroidissement), la seule façon d'inclure ce type de refroidissement dans le logiciel est de modifier les horaires de refroidissement des zones sous l'élément Centrale, onglet « Refroidisseurs ».

*Nota* : L'IPLV (valeur intégrée à charge partielle) dans le logiciel EE4 doit être entrée en kW/kW et non en kW/ton.

### 4.3.2 Refroidisseurs au gaz/à absorption

Les refroidisseurs à absorption typiques dont la source chaude est du gaz ou de la vapeur présentent des COP de moins de 1,0, ce qui est bien en dessous des exigences du CMNÉB (3,8 pour les refroidisseurs électriques). Lorsque l'on démontre la conformité de ces refroidisseurs au CMNÉB, la consommation d'énergie de refroidissement est multipliée par le FPSÉ du combustible qui alimente le refroidisseur. En général, le faible FPSÉ des combustibles compense les différences de COP, et les refroidisseurs à absorption peuvent donc servir de mesure d'efficacité énergétique. Dans la validation par RNCAN, les FPSÉ ne sont pas considérés et il y a une marche à suivre particulière pour l'évaluation des refroidisseurs alimentés au gaz. Pour ce faire, il faut exécuter deux simulations. En premier lieu, sélectionner un refroidisseur à absorption alimenté au gaz, mais entrer le COP du refroidisseur électrique du bâtiment de référence (et non le COP du refroidisseur alimenté au gaz). On effectue cette simulation pour vérifier si les économies d'énergie du bâtiment proposé se chiffrent à 25 %. En deuxième lieu, si les économies d'énergie se chiffrent à 25 %, on entre le COP réel du refroidisseur alimenté au gaz

(habituellement moins de 1,0) pour déterminer le rendement réel de l'énergie et les économies de coûts annuelles.

En ce qui concerne les refroidisseurs à absorption et à combustion directe de gaz, il n'est pas nécessaire de définir un condenseur dans le logiciel EE4. Pour les refroidisseurs à combustion directe de gaz, il faut préciser le combustible utilisé (souvent, du gaz naturel ou du propane).

### **4.3.3 Refroidisseurs modulants**

Pour ce qui est des refroidisseurs modulants, il faut procéder de la même manière que pour les chaudières modulantes. Il faut prendre la puissance totale du refroidisseur et la diviser par le nombre d'étages de modulation pour obtenir la puissance moyenne de chaque étage de modulation. Créer un refroidisseur ayant cette puissance et le COP global. Entrer le nombre d'étages de modulation comme étant le nombre de refroidisseurs et entrer la puissance de fonctionnement séquentiel.

#### **Exemple :**

Un refroidisseur alternatif d'une puissance totale de 800 kW, à quatre étages de modulation et à COP de 4,0.

Solution : Il faut entrer un refroidisseur d'une puissance de 200 kW (800 kW/4 étages) ayant un COP de 4,0.

Entrer 4 pour le nombre de refroidisseurs (nombre d'étages = nombre de refroidisseurs virtuels) et 180 kW pour la puissance de fonctionnement séquentiel (90 % de la puissance de chaque refroidisseur virtuel – la puissance à laquelle intervient le prochain étage).

### **4.3.4 Récupération de chaleur du refroidisseur**

La récupération de chaleur du refroidisseur peut être modélisée si le refroidisseur défini dans l'onglet « Refroidissement centrale » de l'élément « Centrale » est soit à mouvement alternatif soit centrifuge. La chaleur récupérée peut être appliquée soit au chauffage de l'espace, soit l'eau sanitaire, soit les deux. La récupération de chaleur du refroidisseur est modélisée en saisissant une valeur positive non nulle dans le champ « Capacité disponible » dans la définition du refroidisseur; cette valeur correspond au pourcentage de la capacité du refroidisseur installé qui peut être récupéré. Ce pourcentage de peut être appliqué au chauffage de l'espace en cochant la case « Chaleur rejetée à l'espace »; si cette case est cochée sans qu'il ait une valeur positive non nulle dans le champ « Capacité disponible », une erreur est générée.

Nota : si la case « Récupération de chaleur » dans l'onglet « Eau sanitaire » de l'élément « Centrale » est cochée, la chaleur récupérée est d'abord utilisée vers le chauffage de l'eau sanitaire et ensuite le chauffage de l'espace, si la case « Chaleur rejetée à l'espace » est également cochée. Dans le cas qu'il existe plusieurs refroidisseurs, EE4 pose que la demande en refroidissement est d'abord rencontrée par le refroidisseur avec récupération de chaleur.

## **4.4 Tours de refroidissement**

Si un refroidisseur refroidi à l'eau est défini sous l'onglet « Refroidissement central », ou si le bâtiment utilise une tour de refroidissement pour évacuer la chaleur d'une thermopompe centralisée sur boucle d'eau, il faut définir une tour de refroidissement. Dans le logiciel, il n'y a pas de distinction entre les tours de refroidissement ouvertes et les refroidisseurs en circuit fermé.

Entrer les caractéristiques de la tour de refroidissement sous l'onglet « Tour d'eau » du champ « Cellule », dans Centrale. « Cellule » fait référence à une section unique de la tour de refroidissement qui comprend un ventilateur et des conduits d'arrivée et de sortie d'eau. Une tour de refroidissement peut être formée de une ou de plusieurs cellules. Dans le logiciel EE4, une seule tour de refroidissement peut être définie, mais il peut y avoir jusqu'à 25 cellules différentes, définies de façon semblable au système à plusieurs chaudières ou refroidisseurs (par contre, il n'est pas nécessaire de définir une puissance de fonctionnement séquentiel). Le logiciel EE4 exige que les cellules aient les mêmes caractéristiques de débit d'air, les mêmes températures nominales de l'eau à l'entrée et les mêmes températures de consigne de l'eau à la sortie. Si ce n'est pas le cas, établir une moyenne pondérée de la même façon que pour les systèmes à plusieurs chaudières (section 4.2).

## **4.5 Chauffage et refroidissement collectif**

Les bâtiments dans les aires urbaines à densité élevée d'occupation des sols, les bâtiments sur les campus universitaires ou les bâtiments hospitaliers sont souvent chauffés et/ou refroidis par un système de chauffage/refroidissement collectif. Dans de tels cas, la source première d'énergie de chauffage et de refroidissement provient d'une grande centrale qui dessert plusieurs bâtiments, en plus du bâtiment modélisé. Les centrales de cogénération sont une forme de chauffage collectif, où l'eau chaude/la vapeur sont des sous-produits de la production d'électricité. Aux fins de la validation par RNCAN, le chauffage/refroidissement collectif et les systèmes de cogénération seront modélisés en tant que chauffage ou refroidissement acheté.

Le chauffage/refroidissement acheté doit aussi être sélectionné pour toute forme de chauffage ou de refroidissement qui est fournie par une tierce partie qui facture pour ce service, comme une entreprise d'utilité. Par exemple, un bâtiment où le refroidissement est assuré par l'eau d'un lac profond serait considéré comme étant un refroidissement acheté étant donné que le client achète de l'eau refroidie. Toutefois, un client qui installe son propre système de refroidissement utilisant l'eau d'un étang/lac, comme une thermopompe sur boucle d'eau, serait considéré étant du refroidissement à haut rendement.

De même, pour le chauffage, si un client achète de la vapeur résiduelle d'une centrale hydroélectrique, industrielle ou de cogénération, on considère qu'il s'agit de chauffage acheté à moins que la centrale hydroélectrique, industrielle ou de cogénération n'appartienne au client. Si le client possède sa propre centrale de cogénération et qu'elle est installée sur place (à l'intérieur de l'enveloppe du bâtiment), le chauffage ne serait plus considéré comme acheté mais comme provenant d'une chaudière (se reporter à la section 4.8.3 sur les centrales de cogénération).

Dans l'exemple des campus universitaires et des hôpitaux, le client et le fournisseur de la source de chauffage/refroidissement peuvent être la même entité. Dans ce cas, l'utilisateur a la possibilité d'entrer du chauffage/ refroidissement acheté ou d'entrer les spécifications de la centrale (se reporter aux sections 4.5.1 et 4.5.3).

### **4.5.1 Chauffage collectif/acheté**

Si le chauffage acheté est sélectionné, le logiciel EE4 entrera par défaut une chaudière dont le rendement est de 80 % et qui est alimentée par la source de chauffage achetée sélectionnée.

Si la source de chauffage est de la vapeur, il faut sélectionner la source d'énergie utilisée pour produire la vapeur. Si la vapeur est un sous-produit d'une centrale nucléaire, il faut entrer l'électricité comme la source de chauffage achetée. Si la vapeur est un sous-produit d'un procédé industriel, il faut entrer la source d'énergie utilisée pour le procédé. Enfin, si la source d'énergie utilisée pour le procédé n'est pas disponible dans le logiciel EE4, comme du charbon, entrer la source d'énergie correspondant au facteur de pondération de la source d'énergie le plus bas pour la région.

Le logiciel EE4 dimensionne la chaudière au rendement de 80 % en ajoutant la puissance calorifique entrée pour chaque zone et la puissance calorifique des installations de traitement de l'air d'appoint utilisant du chauffage à l'eau chaude. Ainsi, si les puissances calorifiques des zones et de l'installation de traitement de l'air d'appoint sont surdimensionnées, la performance saisonnière résultante de la chaudière initiale au rendement de 80 % diminuera en fonction de la courbe de performance en charge pleine et en charge partielle (peu importe les régulations). La chaudière initiale de référence au rendement de 80 % se dimensionnera en fonction des pertes thermiques nominales du bâtiment et suivra aussi la courbe en charge pleine/charge partielle pour une chaudière au rendement de 80 % afin de déterminer la performance saisonnière.

Dans une situation où le chauffage est acheté, une chaudière peut être définie directement si les conditions suivantes sont réunies :

1. Une ou plusieurs nouvelles chaudières sont installées dans le système de chauffage collectif pour desservir uniquement le bâtiment proposé.
- ou
2. Le rendement global de la chaudière du système de chauffage collectif est évalué selon une méthode (ou une norme) approuvée par RNCan et par une agence d'évaluation approuvée.

Dans ce cas, créer une chaudière avec la source d'énergie du système de chauffage collectif. Entrer le rendement de la chaudière, les puissances calorifiques de la zone et de l'installation de traitement de l'air d'appoint (le cas échéant) ainsi que la puissance de la chaudière.

#### **4.5.2 Chauffage fourni à la fois par une chaudière et par un système de chauffage central**

Il existe une troisième situation où le chauffage acheté ne peut pas être sélectionné : des installations combinées chaudière/système de chauffage collectif desservant les mêmes zones et installations de traitement de l'air d'appoint.

Si des installations combinées chaudière/système de chauffage collectif existent, on établit une moyenne pondérée pour créer une chaudière représentative dans le logiciel EE4. Il faut suivre les étapes de l'exemple suivant :

**Exemple :** Une chaudière à rendement élevé (88 %, puissance de 200 kW) fournit le chauffage de base. Le chauffage de pointe est assuré par une boucle du système de chauffage collectif (puissance illimitée, rendement inconnu, on entre donc 80 %).

**Solution :**

1. Entrer la chaudière au rendement de 88 % et d'une puissance de 200 kW dans le logiciel en posant que l'installation de chauffage collectif n'existe pas et enregistrer le fichier.
2. Lancer le calcul de dimensionnement dans le logiciel EE4 pour déterminer le chauffage total qui devra être assuré par les installations combinées chaudière/système de chauffage collectif. Totaliser les charges de chauffage nécessaires. S'il y a des zones du bâtiment qui ne seront pas chauffées par la chaudière ni par le système de chauffage collectif, comme un vestibule chauffé par une plinthe électrique, exclure ces zones du calcul. Aux fins du présent exemple, poser que le calcul de dimensionnement a déterminé que la puissance calorifique totale requise est de 285 kW. Il s'agit de la

- puissance des installations combinées chaudière/installation requises de chauffage collectif.
3. La différence entre la puissance installée (200 kW) et la puissance requise (la puissance calculée à l'étape 2 ci-dessus) est égale à la puissance du système de chauffage collectif, soit 85 kW dans le présent exemple.
  4. Calculer une puissance et un rendement pondérés à l'aide de l'équation suivante :  
$$\text{Rend.} = [ \text{puiss. de la chaudière} * \text{rend. de la chaudière} + \text{puiss. de l'installation} * \text{rend. de l'installation} ] / \text{puiss. Totale} = [ 200 * 0,88 + 85 * 0,80 ] / 285 = 0,8561403$$
  5. Dans le logiciel EE4, définir une chaudière représentative ayant une puissance de 285 kW et un rendement thermique de 85,6 %.

Cette méthode ne permet pas de faire des corrections en fonction de l'usage (de base/de pointe).

Si les installations combinées chaudière/système de chauffage collectif utilisent deux sources de chauffage différentes et qu'elles fournissent au moins 10 % de la puissance calorifique du bâtiment, définir la chaudière représentative en utilisant la source de chauffage ayant le plus haut facteur de pondération. Comme il n'est possible de définir qu'une seule chaudière par zone dans le logiciel EE4, la chaudière représentative ne reflétera pas la réalité du bâtiment (consommation d'énergie et coûts de la source de chauffage). Si la chaudière ou le système de chauffage collectif assure moins de 10 % du chauffage, sélectionner la principale source de chauffage pour représenter les installations combinées chaudière/système de chauffage collectif. Dans les deux cas, calculer une puissance et un rendement pondérés à l'aide de l'équation donnée ci-dessus.

### 4.5.3 Refroidissement collectif/acheté

Si le refroidissement est acheté d'une installation de refroidissement centrale (y compris celles utilisant l'eau d'un lac profond), on le considère acheté. Cocher la case « Refroidissement acheté » sous l'onglet « Refroidissement central » de l'élément Centrale. Le logiciel EE4 présuppose que le refroidissement acheté a le même COP que celui du bâtiment de référence.

Le logiciel EE4 additionnera les puissances frigorifiques des zones et de l'installation de traitement de l'air d'appoint entrées (sauf pour le refroidissement à détente directe) pour dimensionner le refroidisseur du bâtiment proposé et utilisera les puissances frigorifiques nominales pour le bâtiment de référence.

Si l'installation de refroidissement, faite de thermopompes puisant l'eau d'un lac ou de systèmes à échange direct, est à l'intérieur du bâtiment, définir un refroidisseur refroidi par air ayant un COP de 10 et entrer la puissance.

Si le bâtiment proposé est raccordé à un système de refroidissement collectif en plus d'avoir sa propre installation de refroidissement à l'intérieur du bâtiment, créer un refroidisseur représentatif dont la charge est pondérée.

#### Exemple :

Le refroidissement de base est fourni par le système de refroidissement collectif, le refroidissement de pointe est fourni par un refroidisseur à volutes d'un COP de 4,2 et d'une puissance de 200 kW.

**Solution :**

1. Entrer le bâtiment en sélectionnant « refroidissement acheté » et lancer le logiciel EE4.
2. Déterminer la charge de refroidissement en MBtu (1 Btu = 0,000293 kW) à partir de la simulation détaillée de la performance énergétique du bâtiment produite par le logiciel DOE2.
3. Si la charge de refroidissement est :  
inférieure à 700 kW : COP du refroidissement acheté = 3,8 (refroidisseur alternatif)  
supérieure à 700 kW : COP du refroidissement acheté = 5,2 (refroidisseur centrifuge)
4. Poser pour cet exemple, que la charge de refroidissement tirée de la simulation détaillée de la performance énergétique du bâtiment produite par le logiciel DOE2 est égale à 1 750 000 Btu/h (512,87 kW).
5. Puissance pondérée du refroidisseur = 513 kW
6.  $COP = [200 * 4,2 + (513 - 200) * 3,8] / 513 = 3,96$
7. Type de refroidisseur = type de refroidisseur qui fournit la plus grande charge de refroidissement = centrifuge (313 kW) (entré sous l'onglet « Refroidissement central »).

#### 4.5.4 Tarifs des utilités

Dans le cas où le chauffage/refroidissement est acheté, les tarifs réels des utilités ne sont pas toujours disponibles ni directement applicables. À titre d'exemple, il se peut que le chauffage/refroidissement collectif soit facturé en  $\$/m^3$  d'eau froide ou en  $\$/GJ$  de vapeur. Ce type de tarif se convertit difficilement en unités de facturation des utilités pour l'entrée dans le logiciel parce qu'il faut tenir compte des COP et des rendements de chauffage moyens saisonniers. Dans de telles situations, entrer le tarif payé par l'entreprise de chauffage/refroidissement collectif aux fournisseurs d'énergie, s'il est connu. Sinon, on peut entrer les tarifs locaux de l'entreprise qui aurait desservi le bâtiment en l'absence d'un système de chauffage/refroidissement collectif.

#### 4.6 Thermopompes

On peut modéliser trois types tout à fait différents de thermopompes dans le logiciel EE4 : les thermopompes géothermiques, sur boucle d'eau (chaudière/tour de refroidissement, y compris celles exploitant l'eau d'un puits ou d'un lac) et air-air. Ces systèmes sont brièvement décrits ci-dessous. Se reporter aux chapitres 5 et 6 pour obtenir plus d'informations sur les thermopompes et sur la modélisation des thermopompes.

Les thermopompes air-air conditionnent l'air de ventilation et sont modélisés comme étant des systèmes plutôt que comme des centrales de chauffage/refroidissement. Les thermopompes géothermiques et celles sur boucle d'eau (chaudière/tour de refroidissement) reçoivent de l'eau chaude ou de l'eau froide d'une source centrale (chaudière, refroidisseur, tour de refroidissement, boucle géothermique, boucle d'eau (puits ou lac). La source centrale est définie sous l'onglet «Boucle thermopompe hydronique » ou « réparties » ou sous l'onglet « Combinaison thermopompe géothermique centrale » de l'intitulé Centrale du logiciel, tandis que le

conditionnement d'air de zones spécifiques est défini dans les éléments Système et Zone, selon la puissance et le débit d'air des thermopompes air-air.

Les thermopompes, combinaison thermopompe géothermique centrale, et les systèmes de thermopompes hydroniques ou réparties (alimentés par boucle d'eau ou chaudière/tour de refroidissement) sont les seuls thermopompes d'installations de chauffage disponibles pour modéliser le chauffage/refroidissement central de l'eau par thermopompe.

#### 4.6.1 Thermopompes géothermiques

Une installation géothermique est composée d'une thermopompe centrale ou de plusieurs réparties dans les zones, qui évacuent la chaleur vers le sol ou en retirent la chaleur, au moyen d'une boucle géothermique ou d'une boucle d'eau (puits ou lac). Les deux types de boucles peuvent être définies comme utilisant l'eau souterraine directement (boucle ouverte) ou comme étant formées d'échangeurs de chaleur enterrés (boucle fermée).

L'installation géothermique centrale chauffe une boucle d'eau qui distribue par la suite cette chaleur aux ventiloconvecteurs/panneaux radiants et aux autres éléments de chauffage dans les zones; ces derniers sont définis à l'onglet « Combinaison thermopompe géothermique centrale » de l'intitulé Centrale (voir la section 4.6.4 pour plus de détails).

Un système « Boucle thermopompe hydronique » est doté de petites thermopompes réparties dans les zones qui absorbent, ou rejettent, la chaleur dans une boucle hydronique partagée, et elles sont décrites dans la présente section. Pour modéliser une installation géothermique avec distribution par boucle d'eau, il faut sélectionner « Boucle souterraine » sous l'onglet « Système de thermopompes hydroniques ou réparties », dans Centrale. Il faut aussi entrer les températures du sol et de l'eau mensuelles dans les champs appropriés du logiciel.

La référence recommandée en matière de températures mensuelles du sol est le document « Moyennes de la température du sol » publié par le Service de l'environnement atmosphérique (SEA) (Downsview, Ontario). Le Tableau 4-2 - Températures de boucle ouverte (profondeur de 1,5 mètres) fournit quelques valeurs représentatives de la documentation du SEA. Pour les modélisations effectuées dans la version 1.70 du logiciel EE4, il faut entrer une température du sol d'au moins -2 °C (28 °F) pour éviter que des heures sous-chauffées soient calculées.

**Tableau 4-2 - Températures de boucle ouverte (profondeur de 1,5 mètres) (°C)**

Ville	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept..	Oct.	Nov.	Déc.
Vancouver	8,2	7,5	7,7	8,7	10,4	12,4	14,1	15,1	15,3	14,3	12,2	9,9
Edmonton	1,0	0,3	0,0	0,3	2,9	6,7	9,9	12,4	11,5	8,6	5,7	2,9
Régina	1,3	0,2	-0,2	-0,1	0,9	4,9	8,9	11,0	11,2	9,1	6,4	3,3
Winnipeg	2,9	1,6	0,9	0,8	1,8	5,4	9,5	12,1	12,5	10,9	8,1	5,1
Toronto	6,6	5,4	4,5	4,9	8,1	11,8	14,6	16,5	16,3	14,3	11,9	9,2
Montréal	3,3	2,3	1,4	1,4	4,2	8,2	11,3	12,9	13,2	11,2	8,4	5,4
Fredericton	4,4	3,3	2,8	2,6	5,1	9,1	12,1	13,7	13,8	12,0	8,7	6,0
St John's	4,2	3,2	2,7	2,5	3,9	6,8	9,7	11,6	11,7	10,3	8,2	6,1
Fort Smith	0,6	0,2	0,0	-0,2	-0,1	3,5	8,7	10,9	10,4	7,2	4,0	1,9

Source : « Moyennes de la température du sol » publié par le Service de l'environnement atmosphérique

Les boucles fermées de thermopompes sont disposées en deux arrangements principaux : boucles horizontales (les tuyaux sont installés horizontalement, à environ un ou deux mètres de

profondeur) et boucles verticales (les tuyaux sont installés verticalement dans des galeries et s'étendent à une grande profondeur dans le sol). Pour les systèmes à boucle horizontale, il faut entrer les températures du sol correspondantes à la profondeur de la boucle dans le logiciel EE4. Même s'il convient d'entrer les températures d'eau d'entrée mensuelles nominales, le Tableau 4-3 présente les températures données moyennes pour plusieurs villes canadiennes, données basées sur celles du SEA présentées plus haut.

**Tableau 4-3 - Températures de l'eau d'entrée mensuelles pour les thermopompes à boucle fermée horizontale (°C)**

Ville	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Vancouver	5,0	3,8	6,0	10,0	14,0	18,0	21,0	22,0	22,7	20,0	14,0	10,0
Edmonton	3,1	0,2	2,4	6,4	10,4	14,4	17,4	18,4	20,8	18,1	12,1	8,1
Régina	2,9	0,1	2,3	6,3	10,3	14,3	17,3	18,3	20,6	17,9	11,9	7,9
Winnipeg	3,6	0,8	3,0	7,0	11,0	15,0	18,0	19,0	21,3	18,6	12,6	8,6
Toronto	5,5	2,7	4,9	8,9	12,9	16,9	19,9	20,9	23,2	20,5	14,5	10,5
Montréal	3,9	1,2	3,4	7,4	11,4	15,4	18,4	19,4	21,6	18,9	12,9	8,9
Fredericton	4,2	1,7	3,9	7,9	11,9	15,9	18,9	19,9	21,9	19,2	13,2	9,2
St John's	3,2	1,6	3,8	7,8	11,8	15,8	18,8	19,8	20,9	18,2	12,2	8,2
Fort Smith	2,5	0,1	2,3	6,3	10,3	14,3	17,3	18,3	20,2	17,5	11,5	7,5

Source : « Moyennes de la température du sol » publié par le Service de l'environnement atmosphérique

Pour les systèmes à boucle verticale, les fluctuations de température annuelles sont généralement moins marquées; pour chaque mois de l'année, entrer la valeur du Tableau 4-4. Toutefois, il faut toujours utiliser les températures de l'eau d'entrée mensuelles nominales réelles au lieu des données du tableau suivant.

**Tableau 4-4 - Températures de l'eau d'entrée mensuelles pour les thermopompes à boucle fermée verticale (°C)**

Ville	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Vancouver	8,2	7,6	8,7	10,7	12,7	14,7	16,2	16,7	17,0	15,7	12,7	10,7
Edmonton	4,2	2,7	3,8	5,8	7,8	9,8	11,3	11,8	13,0	11,7	8,7	6,7
Regina	3,8	2,4	3,5	5,5	7,5	9,5	11,0	11,5	12,7	11,3	8,3	6,3
Winnipeg	4,4	3,0	4,1	6,1	8,1	10,1	11,6	12,1	13,3	11,9	8,9	6,9
Toronto	7,9	6,5	7,6	9,6	11,6	13,6	15,1	15,6	16,8	15,4	12,4	10,4
Montréal	5,4	4,1	5,2	7,2	9,2	11,2	12,7	13,2	14,3	12,9	9,9	7,9
Fredericton	6,0	4,8	5,9	7,9	9,9	11,9	13,4	13,9	14,9	13,5	10,5	8,5
St John's	5,0	4,2	5,3	7,3	9,3	11,3	12,8	13,3	13,8	12,5	9,5	7,5
Fort Smith	3,2	2,0	3,1	5,1	7,1	9,1	10,6	11,1	12,1	10,7	7,7	5,7

Source : « Moyennes de la température du sol » publié par le Service de l'environnement atmosphérique

En plus des températures du sol, on doit entrer le débit et la pression de refoulement de la pompe. Le débit à entrer est le débit net qui circule dans l'échangeur de chaleur enterré ou dans la boucle ouverte. Se reporter à la section 4.7 pour les calculs de la pression de refoulement de la pompe et du rendement.

L'installation géothermique avec thermopompes réparties, comme son nom l'indique, comporte des thermopompes réparties dans le bâtiment et une installation de traitement de l'air d'appoint centrale pour la ventilation seulement. Les thermopompes sont du type eau-air. Pour modéliser ce type de système, il faut sélectionner une thermopompe hydronique comme type de système.

Le modèle du logiciel EE4 ne permet pas au groupe de traitement de l'air d'appoint (élément Système) d'être raccordé à la boucle de la thermopompe. Si la source de chauffage sélectionnée pour le groupe de traitement de l'air d'appoint est une thermopompe, le logiciel va créer une thermopompe air-air utilisant l'air extérieur plutôt qu'une thermopompe eau-air qui représente la thermopompe géothermique. La performance de la thermopompe air-air diminuera avec les baisses de température.

Si la thermopompe géothermique est raccordée à un système complexe de traitement de l'air (par ex., un système VAV, à deux conduits), contacter RNCAN pour du soutien technique. Il faut entrer d'autres informations dans les éléments Système et Zone pour réaliser une modélisation complète d'un système à thermopompe géothermique; se reporter aux chapitres 5 et 6 pour en savoir plus.

#### **4.6.2 Thermopompes sur boucle d'eau (chaudière/tour de refroidissement)**

Ce système de thermopompe est aussi appelé « thermopompe sur boucle d'eau » ou « thermopompe répartie ». Dans ces systèmes, une boucle d'eau basse température est aménagée dans le bâtiment. Des thermopompes installées dans différentes zones du bâtiment évacuent de la chaleur vers la boucle centrale ou en reçoivent, selon les besoins. Lorsque la température de la boucle centrale descend au-dessous d'une température spécifique (parce que la plupart des zones en extraient de la chaleur), une chaudière se met en route pour fournir de la chaleur à la boucle. Lorsque la température de la boucle centrale devient trop élevée (parce que la plupart des zones y évacuent de la chaleur), l'eau est détournée vers une tour de refroidissement centralisée (ou un refroidisseur en circuit fermé) pour abaisser la température de la boucle.

Dans le cas de ce système, l'utilisateur doit sélectionner « Boucle d'eau (chaudière/tour de refroidissement) », sous l'onglet « Boucle thermopompe hydronique » dans l'intitulé Centrale. Les données sur la chaudière et la tour de refroidissement doivent aussi être entrées comme décrit dans les sections 4.2 et 4.3. Les données sur la pompe doivent être entrées à trois différents endroits : onglet « Boucle thermopompe hydronique », onglet « Chaudière » et onglet « Tour d'eau ». La pression de refoulement entrée sous l'onglet « Boucle thermopompe hydronique » correspond à celle des pompes qui fonctionnent en continu pour faire circuler l'eau dans la boucle intérieure. Les pompes de la chaudière sont celles qui ne fonctionnent habituellement que lorsque celle-ci est en marche. De même, les données de la pompe de la tour de refroidissement sont celles de la (des) pompe(s) de la tour de refroidissement, qui ne fonctionne, elle, que lorsque de la chaleur doit être évacuée. Se reporter à la section 4.7 pour obtenir davantage d'informations sur la façon d'entrer les données sur les pompes.

Remarque : Quand on définit une thermopompe hydronique pour représenter la thermopompe géothermique, si l'installation de traitement de l'air comporte des serpentins de chauffage/refroidissement alimentés par la boucle de la thermopompe géothermique et que la thermopompe est sélectionnée comme la source de chauffage de l'installation de traitement de l'air, le logiciel crée une thermopompe air-air utilisant l'air extérieur plutôt qu'une thermopompe eau-air pour représenter la thermopompe géothermique. La performance de la thermopompe air-air diminuera avec les baisses de température. Il faut entrer d'autres informations dans les éléments Système et Zone pour réaliser une modélisation complète d'un système à thermopompe sur boucle d'eau. Se reporter aux chapitres 5 et 6 pour en savoir plus.

### 4.6.3 *Thermopompes air-air*

Il existe des similitudes entre les thermopompes sur boucle d'eau et les thermopompes géothermiques, mais les thermopompes air-air sont tout à fait différentes et sont traitées séparément dans le logiciel EE4. Ces dernières, qui extraient la chaleur de l'air extérieur, sont considérées comme faisant partie du Système et non de la Centrale, ce qui signifie qu'on n'entre pas de données spécifiques à la thermopompe dans l'élément Centrale. Se reporter à la section 5.2 pour obtenir de l'information détaillée sur les thermopompes air-air.

### 4.6.4 *Installations combinées thermopompe géothermique/chaudière*

Dans ce système, les thermopompes assurent à la fois le chauffage et le refroidissement en acheminant de l'eau chaude et/ou de l'eau froide à des équipements décentralisés (serpentins hydroniques, ventiloconvecteurs, etc.) par le biais d'une boucle hydronique. Les thermopompes centrales eau-eau prennent de l'énergie venant de l'échangeur géothermique lorsqu'elles sont en mode de chauffage et rejettent de l'énergie dans le même échangeur lorsqu'elles sont en mode de refroidissement. Un ajout de chaleur peut être requis afin de combler la demande de chauffage du bâtiment lorsque nécessaire. Cet ajout de chaleur peut être assuré par une chaudière d'appoint. Une configuration de ce type combinant thermopompe géothermique et chaudière ne permet pas l'ajout d'un refroidisseur/tour de refroidissement supplémentaire. Toute l'eau froide pour la boucle de la thermopompe hydronique provient de la thermopompe géothermique. Cependant, le simulateur peut encore modéliser un refroidissement supplémentaire par l'installation de traitement de l'air par le biais d'un serpentin à détente directe ou d'une thermopompe air-air.

La méthode élaborée dans le logiciel EE4 pour modéliser ce type d'installation combinant une thermopompe géothermique et une chaudière d'appoint permet également de définir divers systèmes de traitement de l'air. Par conséquent, l'installation combinant une thermopompe géothermique et une chaudière peut être simulée avec des systèmes de traitement de l'air VAV, à volume d'air constant, à ventilo-convecteur, à deux conduits, à monobloc et à éléments séparés en plus des groupes d'appoint d'air.

Les puissances de chauffage et de refroidissement de la thermopompe, les caractéristiques nominales de rendement de la thermopompe (COP de chauffage et COP de refroidissement), ainsi que les caractéristiques des pompes sont définies dans l'onglet Élément Centrale/Combinaison thermopompe géothermique centrale.

Selon l'ARI, les conditions de catégorisation d'une pompe à chaleur géothermique eau-eau qui se trouve en mode de chauffage sont les suivantes : la température de l'eau à l'entrée est de 0 °C (provenant de l'échangeur géothermique), tandis que la température de l'eau à la sortie (eau de chauffage) est de 40°C. Les conditions de catégorisation d'une pompe à chaleur géothermique eau-eau qui se trouve en mode de refroidissement sont les suivantes : la température de l'eau à l'entrée est de 25 °C (provenant de l'échangeur géothermique), tandis que la température de l'eau à la sortie (eau refroidie) est de 12°C.

Si une chaudière d'appoint est nécessaire pour combler la charge de chauffage, les caractéristiques de cette chaudière (ex. : efficacité, puissance, multiplicateur, etc.) doivent être indiquées dans le volet Élément Centrale/chauffage central.

Si la capacité de chauffage ou de refroidissement d'un système CVCA est assurée par une chaudière ou un refroidisseur indépendant du système géothermique, les caractéristiques de leur rendement (c.-à-d., rendement thermique et COP) doivent être entrées dans le volet Bibliothèque des systèmes/ onglet général ou onglet refroidissement du système CVCA en question. Pour ce faire, dans le cas d'une chaudière, le type de chauffage sélectionné est gaz naturel et le taux de

rendement doit correspondre à celui de la chaudière. Dans le cas d'un refroidisseur, le type de refroidissement doit être modélisé à détente direct et le taux de rendement doit correspondre à celui du refroidisseur.

Caractéristiques facultatives : ventilateur de reprise, économiseur d'air extérieur, récupération de chaleur, serpentins réchauffeur/plinthes, ventilateurs d'extraction dans certaines ou dans toutes les zones.

Dans le volet Élément Centrale/ Combinaison thermopompe géothermique centrale

- puissances (kW) de chauffage et de refroidissement de la thermopompe centrale – s'il y a plusieurs thermopompes centrales, entrer la puissance moyenne de chaque thermopompe;
- caractéristiques de rendement de l'unité (COP) – s'il y a plusieurs thermopompes centrales, entrer le COP de la puissance pondérée de chaque thermopompe;
- configuration de la chaudière d'appoint (fonctionnement en parallèle ou en alternance, voir la définition ci-après);
- caractéristiques des pompes de circulation primaire (pompe de distribution de l'eau chaude et de l'eau froide du bâtiment) et secondaire (thermopompe géothermique centrale reliée à une nappe d'eau souterraine, à un lac ou à un puits);
- nombre de thermopompes centrales de l'installation (séquencé en fonction de la puissance).

Fonctionnement d'une chaudière avec combinaison thermopompe géothermique centrale. Le logiciel EE4 permet de définir deux types de fonctionnement pour une chaudière avec combinaison thermopompe géothermique centrale, soit en parallèle et en alternance. Dans les deux cas, EE4 suppose que la thermopompe géothermique centrale est la première à répondre à la charge horaire de chauffage. Si, au contraire, la chaudière répond d'abord à la charge de chauffage dans la conception à modéliser, alors il ne faut pas sélectionner l'installation combinée thermopompe géothermique/chaudière; il faut simplement modéliser la chaudière comme étant la source de chauffage avec une efficacité pondérée (voir la section 4.2.3).

Si la thermopompe géothermique combinée est conçue pour répondre en premier à la charge horaire de chauffage et que la chaudière fonctionne en simultané avec la thermopompe afin de répondre à toute charge horaire supplémentaire excédant la puissance de la thermopompe, alors sélectionner le fonctionnement en « Parallèle ». Dans ce cas, la chaudière constitue vraiment un équipement d'appoint et elle fonctionne en parallèle avec la thermopompe pour combler la charge horaire de chauffage.

Si la thermopompe combinée est conçue pour répondre en premier à la charge horaire de chauffage mais qu'elle s'arrête et que la chaudière prend la relève pour assurer la pleine charge horaire de chauffage lorsque la charge horaire excède la capacité de la thermopompe, sélectionner le fonctionnement en « Alternance » pour la chaudière. Dans ce cas, la chaudière et la thermopompe centrale fonctionnent en alternance pour combler la charge horaire de chauffage.

Dans les deux situations de fonctionnement, s'il existe plus d'une thermopompe géothermique centrale et qu'elles se mettent en marche de façon séquentielle pour répondre à la charge horaire de chauffage et si la somme des thermopompes géothermiques n'arrive plus à suffire à la charge horaire, alors la chaudière se mettra en marche et fonctionnera en parallèle avec la thermopompe combinée ou prendra la relève (fonctionnement en alternance) pour combler la charge horaire de chauffage.

Cette méthode ne comprend pas le fonctionnement de la chaudière reposant sur les prix de l'énergie ou activé dans le cadre d'une stratégie d'automatisation limitant la demande en électricité.

**Dans le volet Centrale/chauffage central, définir :**

- puissances de chauffage de la chaudière d'appoint (si requis).

**Dans le volet Bibliothèque des systèmes, définir :**

- type de système CVCA (choix de 15 types de systèmes);
- source de chauffage (combustible fossile, électricité, eau chaude provenant d'une thermopompe combinée sur boucle/air-air);
- puissances de chauffage et de refroidissement;
- caractéristiques de rendement de l'unité;
- puissance du ventilateur de l'unité;
- efficacité de la récupération de chaleur;
- puissance du ventilateur de soufflage et régulation du ventilateur;
- rapport d'air extérieur, caractéristiques de l'économiseur (s'il y a lieu) et efficacité de la récupération de chaleur (s'il y a lieu);
- caractéristiques du ventilateur de reprise (pression statique et efficacité);
- source de réchauffage de zone;
- préchauffeurs.

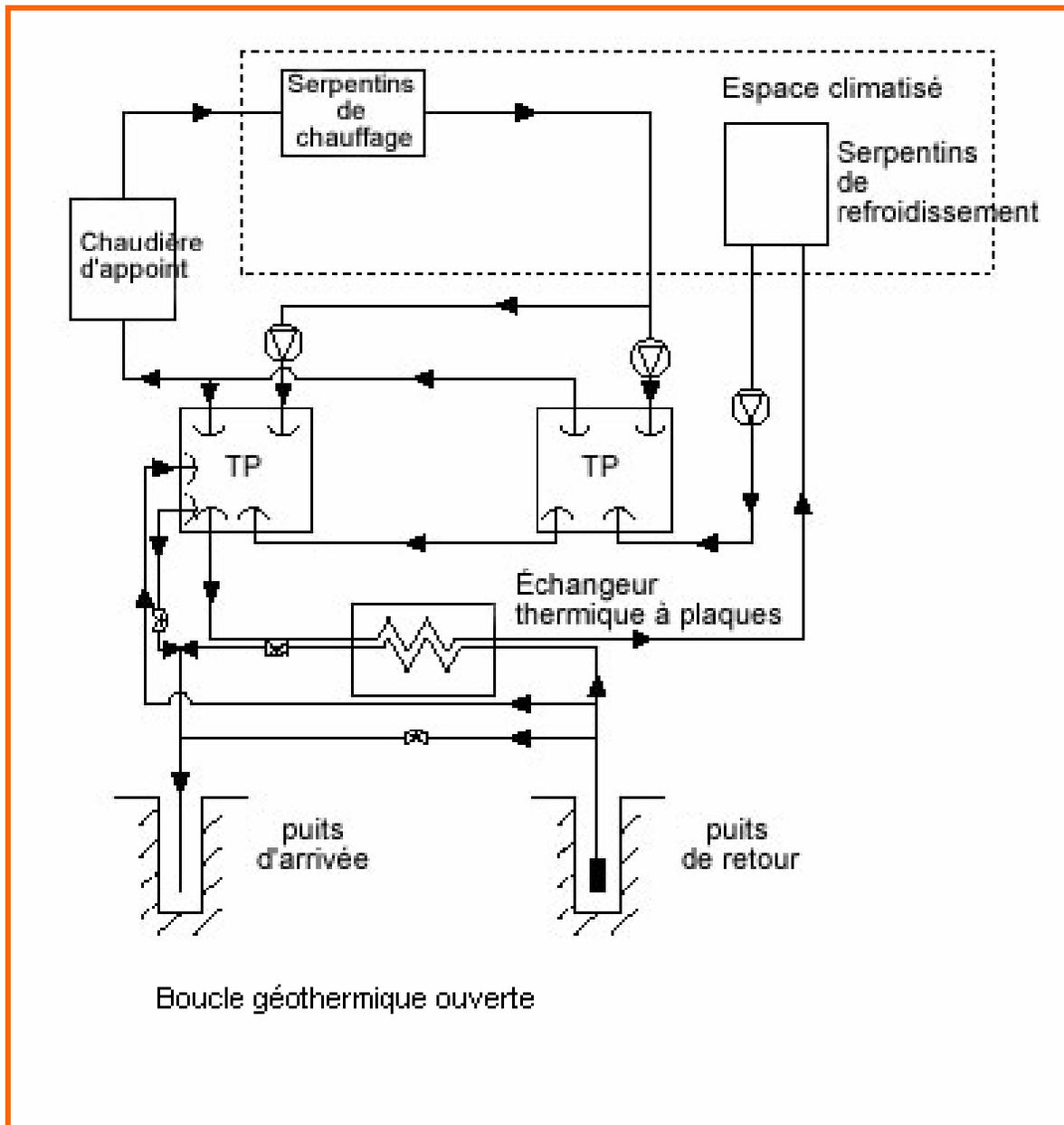
**Dans le volet Élément de zone/Mécanique, définir :**

- puissances de chauffage de la zone (et de refroidissement, si requis);
- débit d'air;
- caractéristiques du ventilateur de fin de course si requis (débit d'air et puissance du ventilateur);
- source principale de chauffage de la zone (non limitée à la thermopompe, voir la section 3.5 pour la sélection de la source principale de chauffage).

**Dans le volet Élément de pièce/Ventilateur d'extraction, définir :**

- caractéristiques du ventilateur d'extraction (débit d'air et puissance du ventilateur).

Figure 4-1 - Exemple de Système à Thermopompe Centrale Géothermique



#### 4.6.5 Questions communes

**Comment puis-je modéliser un système combinaison thermopompe géothermique centrale et chaudière d'appoint qui est également relié à la boucle d'eau chaude sanitaire?**

Un tel type de système spécialisé n'est pas modélisé directement dans le logiciel EE4. L'installation d'un système combinaison thermopompe géothermique centrale /chaudière est modélisée en suivant la méthode susmentionnée si le chauffage des locaux est la fonction principale d'un système combinaison thermopompe géothermique centrale /chaudière.

Si l'installation combinée fournit l'eau chaude à la boucle du chauffe-eau sanitaire par le biais d'un dispositif de récupération de la chaleur sur l'eau de rejet de la boucle souterraine, cela constitue de l'eau chaude sanitaire gratuite (lorsqu'un tel système est disponible). Entrer un chauffe-eau électrique, avec un réservoir de la taille de 0 litre et une capacité d'entrée de 0 kW. Exécuter les deux cas, celui proposé et le bâtiment de référence. Entrer dans le rapport Proposé.sim du sous-répertoire DOE et chercher le rapport BEPU. Vous y trouverez la consommation annuelle d'énergie pour le chauffage de l'eau sanitaire en kWh. Enlever manuellement cette valeur de la consommation électrique du logiciel EE4 (multiplier par 3,6 pour obtenir des MJ) afin de déterminer la conformité à la validation par RNCAN. Entrer dans le rapport Proposé.sim et chercher le rapport ES-D. Multiplier le tarif réel d'électricité (\$/kWh) par la valeur en kWh inscrite dans le rapport BEPU et soustraire ce coût énergétique annuel pour le chauffage de l'eau des frais annuels EE4. Cette opération produira une conception proposée sans utilisation d'énergie et sans frais énergétiques pour l'eau chaude. Si le dispositif de récupération de la chaleur ne sert qu'à compenser une part de l'énergie de chauffage de l'eau sanitaire, par exemple le refroidissement du récupérateur de chaleur, alors ne soustraire qu'une partie de la consommation d'énergie pour l'eau chaude. Répartir la consommation d'énergie de l'eau chaude en fonction d'une valeur quotidienne et la réduire uniquement durant la saison de climatisation constitue une méthode d'approximation raisonnable. Le logiciel de simulation doit justifier ces calculs pour obtenir ce crédit.

Si l'installation combinée vise seulement à fournir de l'eau chaude pour la boucle d'eau chaude sanitaire, alors elle fonctionne comme deux chauffe-eau reliés par des canalisations. Modéliser le chauffe-eau comme un seul chauffe-eau avec le combustible correspondant à la capacité de l'installation combinée la plus élevée (ne pas oublier d'ajouter les multiples thermopompes géothermiques). Si la chaudière d'appoint est électrique, alors accepter simplement l'efficacité à 100 % comme étant la meilleure que le logiciel EE4 puisse offrir. Si la chaudière d'appoint est alimentée aux combustibles fossiles et qu'elle affiche la capacité la plus élevée de l'installation, alors modéliser un chauffe-eau fonctionnant aux combustibles fossiles avec une efficacité pondérée.

Exemple : thermopompe géothermique = 100 kW, COP = 4,00, chaudière = 150 kW, efficacité = 75 %

Efficacité pondérée du chauffe-eau sanitaire =  $(100 * 4 + 150 * 0,75) / 250 = 205 \%$  (entrer 0,99)

Ne pas oublier de réduire la capacité de la thermopompe géothermique et de la chaudière d'appoint des exigences en matière de chauffage de l'eau sanitaire.

**Lorsque je modélise un système combinaison thermopompe géothermique centrale /chaudière, je ne peux plus modifier la température de l'eau souterraine, mais je peux la modifier si je modélise uniquement une thermopompe géothermique. Pourquoi?**

Dans un système un système combinaison thermopompe géothermique centrale et une chaudière, la thermopompe géothermique est convertie en un équivalent de refroidisseur à compresseur centrifuge avec chaudière électrique et séquencée avec l'autre chaudière entrée. Le logiciel DOE2 ne permet qu'une seule température de l'eau à l'entrée pour la chaudière et le refroidisseur, par conséquent, les températures mensuelles de l'eau souterraine sont exécutées par le biais d'une fonction visant à définir un COP rajusté pour l'équivalent de chaudière et refroidisseur. Dans le scénario définissant uniquement une thermopompe géothermique, le DOE2 permet des températures de l'eau d'entrée mensuelles et horaires pour modéliser une seule thermopompe centrale. Le DOE2 n'offre pas la possibilité de modéliser une thermopompe géothermique et une chaudière fonctionnant simultanément sur une même boucle.

**Comment puis-je modéliser une installation combinée? Puis-je entrer désormais divers systèmes de traitement de l'air au lieu d'un groupe d'appoint d'air uniquement?**

Oui, puisque l'installation combinée produit un équivalent refroidisseur et chaudière à partir de la thermopompe géothermique entrée, tous les systèmes disponibles pour le refroidisseur et la chaudière sont désormais disponibles pour l'installation combinée. La thermopompe hydronique est le seul système de traitement de l'air qui n'est pas disponible dans de tels scénarios. Cette situation sera corrigée dans la prochaine version du logiciel. Cependant, pour modéliser un scénario avec thermopompe hydronique, il faut entrer uniquement une thermopompe géothermique. Si votre système combiné comprend un groupe d'appoint d'air, vous avez le choix d'entrer un système VAC avec un débit d'air correspondant à la taille du groupe d'appoint d'air ou d'entrer un système ventilo-convecteur.

L'un des avantages d'une installation d'un système combinaison thermopompe géothermique centrale /chaudière réside dans l'utilisation de divers systèmes de traitement de l'air. Si vous n'avez qu'un seul système de traitement de l'air, par exemple un système VAC qui ne pouvait être modélisé dans les versions précédentes du logiciel EE4, vous pouvez maintenant le définir dans l'installation d'un système combinaison thermopompe géothermique/chaudière. Cependant, vous pourriez utiliser cette fonction même si vous n'avez pas un système combiné mais plutôt une thermopompe géothermique VAV. Il suffit simplement de sélectionner : « système combinaison thermopompe géothermique centrale » sous l'onglet chauffage central, puis de ne pas définir de chaudière et de sélectionner l'option « Aucun » pour le fonctionnement de la chaudière. Cette méthode permet de définir une thermopompe géothermique avec un vaste choix de systèmes de traitement de l'air.

**Pourquoi le chauffage n'a-t-il pas changé pour Gaz naturel dans le bâtiment de référence lorsque j'ai installé une grosse chaudière d'appoint à gaz dans mon système combiné?**

Normalement, le logiciel EE4 vérifie les caractéristiques de rendement de l'équipement installé pour établir le combustible de référence, cependant, dans un système combiné, cette méthode pourrait ne pas être valable. La raison est simple : la thermopompe géothermique électrique a été réglée pour fonctionner en premier pour répondre à la charge horaire de chauffage, puis la chaudière (électrique ou alimentée aux combustibles fossiles) se met en marche soit en fonctionnement en parallèle ou uniquement pour combler la charge horaire. Même si la chaudière alimentée aux combustibles fossiles est plus grosse que la thermopompe géothermique centrale, cette dernière peut être capable de répondre à la charge horaire pendant la majeure partie de l'année, consommant ainsi plus d'énergie que la chaudière d'appoint.

La séquence de calcul a été modifiée dans EE4 pour déterminer ce cas. Depuis la version 1.6 du

logiciel EE4, le cas proposé est exécuté complètement puis les résultats sont évalués afin de déterminer laquelle parmi la thermopompe géothermique ou la chaudière affiche une plus grande consommation annuelle d'énergie. La plus grande consommation annuelle d'énergie détermine le combustible de la chaudière du bâtiment de référence.

## 4.7 Pompes

Les pompes représentent souvent une partie importante de la consommation énergétique d'un bâtiment. On entre les pompes à cinq endroits différents dans Centrale, sous les onglets « Chauffage central », « Refroidissement central », « Tour d'eau », « combinaison thermopompe géothermique centrale ».

La pression de refoulement de la pompe et le rendement de la pompe ne doivent être entrés que dans les champs où un élément de la centrale est défini. Par exemple, si le bâtiment comporte une chaudière desservant des radiateurs-plinthes mais qu'il n'y a pas de refroidisseur (le conditionnement de l'air est assuré par l'expansion directe d'un réfrigérant), il ne faut définir les pompes que sous l'onglet « Chauffage central ». Toutefois, si le bâtiment est desservi par une chaudière, un refroidisseur à eau et une tour de refroidissement, il faut entrer l'information correspondante à ces équipements sous les onglets « Chauffage central », « Refroidissement central » et « Tour d'eau ».

Le logiciel EE4 n'accepte pas les pompes principales et secondaires sur boucle d'eau, mais seulement un circuit de chauffage, un circuit de refroidissement et un circuit de tour de refroidissement. S'il y a des pompes secondaires sur boucle d'eau, elles doivent être combinées à la pompe principale sur boucle d'eau pour former un seul circuit, seulement si les pompes secondaires fonctionnent en continu comme pompes de distribution et non comme pompes régulatrices de débit de zone. Si les pompes secondaires sur boucle d'eau sont utilisées uniquement en tant que moyen de régulation de débit, n'entrer que les pompes de distribution de la chaudière et du refroidisseur qui sont les pompes centralisées. Procéder de la même façon que pour l'entrée de la pression de refoulement effective (voir à la section 4.7.2).

Les ventilo-convecteurs à deux tuyaux et les éjecto-convecteurs à deux tuyaux peuvent utiliser les mêmes pompes pour le chauffage et le refroidissement de l'eau. Pour ces systèmes, les données relatives aux pompes ne doivent être saisies que sous l'onglet « Refroidissement central » (et l'onglet « Tour d'eau », le cas échéant). Le logiciel suppose que les mêmes pompes sont utilisées pour assurer le chauffage et le refroidissement et applique l'information de la pompe de refroidissement aux modes de chauffage et de refroidissement.

Dans le logiciel, l'information à entrer sur les pompes ne comprend que celle touchant les pompes de distribution qui assurent la mise en circulation de l'eau chaude et de l'eau froide dans le circuit de l'installation. Les autres pompes, comme les pompes régulatrices de débit (pompe secondaire sur boucle d'eau), les pompes de traitement de l'eau et les pompes collectrices de condensats et de retour de condensats ne doivent pas être entrées dans le logiciel EE4.

### 4.7.1 Rendement des pompes et moteurs

Le rendement d'un moteur est le rapport de la puissance mécanique utile à la puissance électrique consommée. Ces données sont généralement fournies dans les fiches techniques des moteurs électriques. Si on ne connaît pas le rendement d'un moteur, on peut utiliser la valeur par défaut de 85 %.

Le rendement d'une pompe est le rapport de l'énergie fournie au fluide à la puissance mécanique à l'arbre d'entraînement. Ce rendement peut être déterminé d'après le point de fonctionnement de la pompe sur sa courbe caractéristique fournie par le fabricant. Si l'on n'a pas accès à la

courbe caractéristique de la pompe ou si l'on ne connaît pas son point de fonctionnement, utiliser la valeur par défaut de 65 % (et NON 77 % qui est la valeur par défaut dans le logiciel EE4).

#### 4.7.2 Calcul de la pression de refoulement d'une pompe

Le logiciel EE4 exige que l'on entre la pression de refoulement « effective » d'une pompe. Si l'installation est constituée d'une seule pompe, on devrait alors entrer la pression de refoulement (la pression de refoulement et les débits sont généralement inscrits dans les plans et/ou devis des installations mécaniques). Toutefois, la plupart des installations sont constituées de plusieurs pompes montées en série, quelques-unes montées en parallèle, de pompes de circulation de chaudière et de refroidisseur, de pompes à glycol, etc. En pareilles situations, appliquer la marche à suivre ci-dessous pour déterminer la pression de refoulement effective :

Trouver toutes les pompes de circulation de l'installation de chauffage, de l'installation de refroidissement, de la tour de refroidissement ou du système à thermopompe, selon le cas. Les pompes de circulation de chaudière (boucles principales et secondaires) et les pompes à glycol devraient être comprises dans l'installation de chauffage. Il ne faut pas inclure les pompes auxiliaires ou de relèvement (c.-à-d. les pompes qui ne sont en service que pour les urgences) ou toute pompe secondaire sur boucle d'eau qui ne fonctionne que pour régulariser le débit des installations de chauffage/refroidissement de zone.

Déterminer le débit et la pression de refoulement à partir des plans et devis.

Pour chaque pompe, multiplier la pression de refoulement par le débit.

Faire la somme de toutes ces valeurs et diviser cette somme par le débit net de l'installation. Le débit net de l'installation correspond au débit du circuit de distribution « principal ». Par exemple, dans une conception de chauffage primaire/secondaire, il s'agirait du débit de la tuyauterie de distribution ou secondaire (et non de la tuyauterie principale de chaudière). Cette valeur correspond à la pression de refoulement effective. Si cette valeur est plus élevée que 448 kPa (150 pi), entrer 448 kPa. Un moyen efficace de faire ce calcul est d'utiliser la feuille de calcul du Tableau 4-5.

**Tableau 4-5 - Exemple de calcul pour la pression de refoulement effective**

Numéro de pompe	Pression de refoulement (kPa)	Débit (L/s)	Pression de refoulement x débit
P-1 : Pompe de distribution 1	75	20	1500
P-2 : Pompe de distribution 2	75	20	1500
P-7 : Chaudière n° 1 - Pompe de circulation	40	8	320
P-8 : Chaudière n° 2 - Pompe de circulation	40	8	320
P-14 : Glycol - Pompe de préchauffage	20	10	200
Somme de pression de refoulement x débit			3840
Débit net de l'installation			40 L/s
Pression de refoulement effective			96 kPa

Dans l'exemple donné ci-dessus, les pompes P-1 et P-2 sont montées en parallèle, toutes deux fonctionnent en continu et sont les pompes principales de distribution qui desservent le bâtiment. Ainsi, le débit net de l'installation correspond à la somme des débits de ces deux pompes.

Dans le logiciel, on entrerait le rendement moyen de la pompe et du moteur pondéré en fonction du débit. Dans l'exemple précédent, si le moteur de la pompe 1 (20 L/s) avait un rendement de 85 % et la pompe elle-même de 70 %, et le moteur de la pompe 2 (aussi de 20 L/s) un rendement de 82 % et la pompe elle-même de 66 %, les valeurs entrées dans le logiciel seraient :

$$\begin{aligned}\text{Rendement du moteur} &= (20 * 0,85 + 20 * 0,82) / (20 + 20) = 0,835 \\ \text{Rendement de la pompe} &= (20 * 0,70 + 20 * 0,66) / (20 + 20) = 0,680\end{aligned}$$

### **4.7.3 Baisse nominale de la température**

La baisse nominale de la température se définit comme l'écart entre les températures aller et retour d'une même boucle du circuit de tuyauterie. Pour les installations de refroidissement d'eau, cela se nomme plutôt « hausse nominale de la température ». Une installation de chauffage typique peut distribuer de l'eau chaude à 71,1 °C (160 °F), et cette eau aura une température de 60 °C (140 °F) à son retour à la chaudière. Dans ce cas, la baisse nominale de la température est de 11,1 °C (20 °F). De la même façon, un refroidisseur peut distribuer de l'eau à 4,4 °C (40 °F) et cette eau, à son retour au refroidisseur, aura une température de 10 °C (50 °F). Dans cet exemple, la hausse nominale de température est de 5,6 °C (10 °F). Peu importe si la température de la boucle augmente (refroidissement de l'eau) ou baisse (chauffage de l'eau), la baisse (hausse) nominale de température correspond toujours à un nombre positif.

### **4.7.4 Types de pompe**

Le logiciel permet de modéliser les pompes à vitesse unique et variable. Si la boucle de distribution du circuit de chauffage ou de refroidissement comprend des pompes à deux vitesses, on doit entrer ces pompes comme étant des pompes à une vitesse. Si le circuit de distribution comporte une combinaison de pompes, entrer le type de pompe qui fournit la plus grande partie du débit.

### **4.7.5 Commandes de pompe**

Le logiciel EE4 accepte les pompes à vitesse unique et les pompes à vitesse variable. Toutes les pompes à plusieurs vitesses sont considérées comme des pompes à vitesse unique, à moins qu'elles ne soient spécifiquement des pompes à vitesse variable. Les régulateurs à vitesse minimale ne sont pas simulés, mais on entre la valeur par défaut de 50 % pour leur rendement s'il s'agit de pompes à vitesse unique et 75 % s'il s'agit de pompes à vitesse variable. De plus, le logiciel suppose que les pompes sont en marche continues toute l'année durant.

Par défaut, on considère que les pompes pompent l'eau chaude à 60 °C et l'eau froide à 7,3°C.

## **4.8 Installations centralisées particulières**

Les installations particulières décrites ci-dessous ne sont pas traitées par le logiciel EE4.

### **4.8.1 Refroidissement non-mécanique**

Certains concepteurs incorporent des installations de refroidissement naturel dans le bâtiment proposé et n'installent pas d'installation mécanique de refroidissement. Selon les règles de RNCAN et du CMNÉB, on pose que le bâtiment de référence a une installation de refroidissement seulement si le bâtiment proposé comprend une installation de refroidissement. S'il n'y a pas d'installation mécanique de refroidissement (refroidisseur, thermopompe, serpentin à expansion directe) dans le bâtiment proposé, il n'y en a pas dans le bâtiment de référence. Ainsi, aucun crédit de performance n'est alloué pour les économies d'énergie de refroidissement des bâtiments refroidis naturellement.

### **4.8.2 Heures de sous-refroidissement**

Des explications détaillées doivent être fournies lorsque les messages d'avertissement indiquent qu'une zone compte 1 000 heures de sous-refroidissement ou plus. Des précisions doivent notamment être apportées au sujet de la stratégie employée pour la zone pour ces zones de sous-refroidissement et de l'utilisation de tout système de refroidissement naturel.

### **4.8.3 Installations de production combinée de chaleur et d'électricité**

Parmi les installations de production combinée (IPC) de chaleur et d'électricité, il y a des centrales à piles à combustible, des systèmes de cogénération et des groupes électrogènes qui brûlent un combustible fossile ou un biocombustible pour produire à la fois de l'électricité et de la chaleur. Si une telle installation est située dans l'enveloppe du bâtiment proposé, elle peut être admissible à la validation par RNCAN. Si de l'électricité ou de la chaleur résiduelle est achetée ou livrée d'une telle installation située à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment proposé, on considère que cette électricité/chaleur est achetée et aucun crédit n'est accordé.

Si l'installation est située à l'intérieur de l'enveloppe du bâtiment proposé, effectuez la modélisation comme suit :

1. Définir une chaudière ayant le rendement thermique de l'installation de production combinée de chaleur et d'électricité (IPC) à partir de la fiche technique de cette dernière.
2. Définir la source d'énergie de l'IPC. Si la source est la biomasse ou le diesel, choisir la source qui a le facteur de pondération de source d'énergie le plus bas pour la région.
3. Lancer la modélisation et sauvegarder le résultat.
4. Entrer l'IPC dans le fichier de simulation RETScreen pour déterminer la production annuelle d'électricité.
5. Soustraire la production annuelle d'électricité calculée par RETScreen du résultat d'électricité pour le bâtiment proposé du logiciel EE4 et recalculer la consommation annuelle totale d'énergie en MJ.
6. Appliquer le tarif d'électricité moyen tiré du rapport DOE2 ES-D pour calculer les économies annuelles sur la facture d'électricité et soustraire ce montant du coût annuel d'électricité issu de la modélisation EE4 du bâtiment proposé.

### **4.8.4 Récupération de chaleur des condensats**

La récupération de chaleur des condensats n'est pas admissible, à moins que le bâtiment proposé ne comporte un échangeur de chaleur pour transférer la chaleur des condensats à l'air de ventilation ou à l'eau sanitaire. Installer des conduits de condensats dans un conduit ou un plénum d'alimentation ou de reprise, dans un espace partiellement climatisé (vide sanitaire, local des installations mécaniques, garage) peut, techniquement, aider à économiser de l'énergie, mais cette mesure n'est pas considérée comme une amélioration du bâtiment proposé et ne permet donc pas d'obtenir des crédits. Si le bâtiment proposé comprend un échangeur de chaleur pour transférer la chaleur des conduits de condensats à l'air de ventilation, à l'air de circulation ou à l'eau sanitaire, il faut documenter la démarche suivie, les options du bâtiment proposé, le potentiel de récupération et soumettre à RNCAN pour les bâtiments et les habitations pour qu'il examine si la récupération de la chaleur des condensats donne droit à des crédits.

### **4.8.5 Stockage thermique**

Le logiciel EE4 ne permet pas de modéliser le stockage thermique actif (c'est-à-dire les réservoirs d'eau chaude ou froide utilisés pour reporter et alléger les charges de chauffage et de refroidissement en pointe). Pour l'instant, la seule façon de prendre en compte, partiellement, de

tels réservoirs dans le logiciel est d'augmenter le poids du plancher à lourd (élément Zone, onglet « Général »).

Le logiciel de calcul DOE 2.1 du logiciel EE4 permet de modéliser le stockage thermique. Mais cette modélisation dans le logiciel DOE 2.1 est extrêmement complexe et ne devrait être effectuée que par des utilisateurs qui ont l'expérience de ce logiciel. On peut également avoir recours à des feuilles de calcul pour estimer les avantages du stockage thermique. Pour utiliser des feuilles de calcul ou le logiciel DOE 2.1 afin de modifier les résultats produits par le logiciel EE4, il faut obtenir l'approbation de RNCan.

## 5. MATÉRIEL DE CVCA

Le présent chapitre traite du matériel et des appareils de CVCA qui sont définis dans les éléments « Zone » et « Système » de l'arbre du bâtiment. On y trouvera des renseignements sur la procédure de modélisation de ventilateurs, de systèmes de récupération de chaleur, de thermopompes, d'humidificateurs, de serpentins de chauffage et de refroidissement, d'économiseurs d'énergie, de radiateurs-plinthes et de panneaux radiants de chauffage et de refroidissement. Le chapitre 5 doit être utilisé conjointement avec le chapitre 6, lequel traite, lui, de la procédure de modélisation de systèmes complets de chauffage, ventilation et conditionnement d'air.

### 5.1 Serpentins centralisés de chauffage/refroidissement

Les serpentins centralisés de chauffage/refroidissement sont des éléments habituellement intégrés à des groupes centralisés de traitement de l'air, généralement montés en toiture ou installés dans une construction hors-toit. Ces serpentins centralisés ne sont pas des éléments de zone (comme sont considérés les serpentins de réchauffage, les ventilo-convecteurs ou les plinthes chauffantes).

#### 5.1.1 Serpentins de chauffage

Les caractéristiques des serpentins de chauffage centralisés sont entrées dans l'élément « Système », sous l'onglet « Général », dans la boîte « Caractéristiques de chauffage ». Pour ce qui est de la source d'énergie de chauffage, les différentes options sont les suivantes : électricité, combustibles fossiles divers, eau chaude, thermopompe, aucune et autre.

Si la source d'énergie de chauffage sélectionnée est « électricité », il s'agit d'un serpentin de chauffage électrique intégré à un groupe de traitement de l'air centralisé ou monté en toiture. S'il s'agit plutôt d'un serpentin au gaz naturel, au propane ou au mazout, il faut alors choisir le combustible fossile approprié.

Si le groupe de traitement de l'air comprend un serpentin de chauffage à eau chaude alimenté par une chaudière OU si le serpentin primaire est chargé d'eau glycolée chauffée au moyen d'un échangeur eau chaude/eau glycolée, il faut choisir l'option « Eau chaude ». Le cas échéant, il importe de définir la chaudière dans l'élément « Centrale ».

Si le groupe centralisé comprend une thermopompe air-air, alors il faut sélectionner « thermopompe » comme source d'énergie de chauffage. Si le système de chauffage du bâtiment est une thermopompe sur boucle d'eau ou une thermopompe géothermique et que l'installation de traitement de l'air comporte un serpentin alimenté par ce système, sélectionnez « électricité », « aucune » ou « thermopompe » comme source de chauffage pour l'installation de traitement de l'air. Pour le chauffage de l'air de ventilation, le logiciel EE4 ne permet pas de modéliser une thermopompe géothermique/sur boucle d'eau, mais seulement une thermopompe air-air. La performance de la thermopompe air-air diminuera avec une baisse de la température de l'air extérieur. Si « électricité » est sélectionnée pour représenter la thermopompe géothermique/sur boucle d'eau, des serpentins électriques au COP de 1 seront simulés. Si « aucune » est sélectionnée, l'air de ventilation sera complètement chauffé par les thermopompes terminales des zones.

Si l'option « autre » est sélectionnée, le logiciel EE4 modélisera le serpentin comme étant un serpentin à résistances électriques. Il n'est donc pas recommandé d'utiliser cette option.

Parfois, le bâtiment n'est doté d'aucun groupe de traitement de l'air centralisé, ou encore le groupe de traitement de l'air centralisé n'assure aucune fonction de chauffage, ou encore le chauffage centralisé est assuré au moyen de thermopompes géothermiques ou sur boucle d'eau. Dans de tels cas, il faut sélectionner l'option « aucune » pour ce qui est de la source d'énergie de chauffage.

Selon le type de système choisi, on peut définir le type de « commande/régulation » et la « température de l'air d'alimentation ». Pour ce qui est du type de « commande/ régulation », les options sont les suivantes : température constante (l'air est distribué dans toutes les zones à la température spécifiée), en fonction de la demande de zone (la température de l'air d'alimentation est ajustée en fonction des besoins en chauffage de la zone présentant la plus forte demande frigorifique), ou en fonction de la température extérieure (la température de l'air d'alimentation est ajustée en fonction de la température extérieure). Les caractéristiques particulières de la régulation en fonction d'une variante (facteur par lequel la température de l'air d'alimentation est modulée en réponse à une variation des besoins en chauffage d'une zone ou de la température extérieure) sont fixées par le logiciel EE4. Si la température de l'installation de traitement de l'air est régulée en fonction de la température extérieure et que cette régulation n'est pas disponible, le rendement thermique du système de chauffage peut alors être augmenté de 1,5 %. Cela sera aussi permis pour les brûleurs modulants.

Pour plusieurs systèmes, il faut entrer la « température de l'air d'alimentation (de soufflage) ». Dans ce cas, il importe d'entrer la température nominale la plus chaude (en général 43 °C pour les systèmes aérauliques). Dans le cas des systèmes hydroniques à ventilo-convecteurs et à thermopompes (géothermiques ou sur boucle d'eau), la température de l'air d'alimentation en mode chauffage doit toujours être inférieure à la température de l'air d'alimentation en mode refroidissement. Une température implicite de 18 °C est appropriée. Dans le cas des systèmes à ventilo-convecteurs et à thermopompes, la presque totalité du conditionnement se fait dans la zone même, l'air de ventilation ne subit donc qu'un traitement préalable minimal (prérefroidissement à 21 °C et préchauffage à 15 °C). À l'inverse, plus le traitement central (avant distribution) de l'air de ventilation est important, moins grands sont les besoins de conditionnement dans les différentes zones. Entrer la puissance de chauffage du système de chauffage. S'il s'agit d'un système multi-étagé, entrer la puissance de chauffage totale.

Enfin, il faut également entrer le rendement, selon la source d'énergie de chauffage sélectionnée. Dans le cas du chauffage électrique et des serpentins à eau chaude, cette caractéristique ne s'applique pas et le champ est estompé. Dans le cas des serpentins chauffés avec un combustible fossile, entrez le rendement : un chiffre entre 0 et 1 (généralement entre 0,80 et 0,82) et le type de chauffage (atmosphérique, modulante [pleinement seulement], ou à condensation).. Si la source de chauffage est une thermopompe air-air, il faut entrer l'EER ou le COP. Dans le cas d'une thermopompe géothermique ou d'une thermopompe sur boucle d'eau, ces valeurs doivent être entrées ailleurs, à moins que l'on accepte qu'une thermopompe air-air soit modélisée, laquelle a un plus faible rendement qu'une thermopompe géothermique/sur boucle d'eau.

### **5.1.2 Serpentins de refroidissement**

Les caractéristiques des serpentins centralisés de refroidissement sont similaires à celles des serpentins centralisés de chauffage, présentées précédemment. Ces serpentins font partie de groupes de traitement de l'air centralisés ou montés en toiture. Selon le type de système sélectionné, la commande/régulation peut être une option. Les différents types de commande/régulation sont identiques à ceux définis pour les serpentins de chauffage.

Le rapport entre la puissance frigorifique sensible et la puissance frigorifique totale peut également être entré; cette donnée est habituellement fournie par les fabricants des serpentins ou des appareils de traitement de l'air. Sinon, il convient d'entrer une valeur de 75 %.

Comme température de l'air d'alimentation (de soufflage), il faut entrer la température nominale la plus froide. Dans le cas des systèmes à ventilo-convecteurs et des systèmes à thermopompes (géothermiques ou sur boucle d'eau), la température de l'air d'alimentation en mode refroidissement doit être supérieure à la température de l'air d'alimentation en mode chauffage. Une température implicite de 20 °C est approuvée.

Dans le cas de systèmes monobloc, il faut entrer le rendement. Dans le cas de systèmes constitués de blocs autonomes, cette caractéristique n'est pas requise (champ estompé), puisque l'eau réfrigérée utilisée dans le serpentin de refroidissement est fournie par un refroidisseur central.

Dans le cas des systèmes à ventilo-convecteurs et à thermopompes, il importe de préciser le « mode de refroidissement pour les systèmes d'appoint d'air ». Si le groupe centralisé assure le refroidissement par détente directe d'un frigorigène, il faut sélectionner « Détente directe (DX) ». Si l'appareil est plutôt desservi par un refroidisseur central, il faut sélectionner « thermopompe hydronique ». Si l'appareil est desservi par une thermopompe géothermique/sur boucle d'eau, il faut sélectionner « Détente directe (DX) » comme source de refroidissement et entrer le COP de la thermopompe géothermique/sur boucle d'eau.

Si l'on prévoit un refroidissement multi-étagé de l'air de ventilation, il faut entrer la puissance frigorifique totale ainsi que la température moyenne de l'air d'alimentation.

## **5.2 Thermopompes air-air**

Les thermopompes air-air sont des appareils de CVCA couramment utilisés dans les régions au climat modéré, qui assurent le chauffage et le refroidissement d'une ambiance par le truchement d'un cycle de compression de vapeur où la chaleur est soit tirée de l'air extérieur, soit rejetée à l'extérieur. Lorsqu'elles sont sélectionnées comme sources d'énergie de chauffage ou de refroidissement d'un système ou groupe de traitement de l'air, les thermopompes air-air servent alors uniquement à conditionner l'air de ventilation.

On peut définir une thermopompe air-air en sélectionnant « thermopompe » dans le champ « Source d'énergie de chauffage » de l'élément « Système », sous l'onglet « Général », conformément aux indications de la section 5.1. Il est possible de définir une thermopompe air-air pour chacun des 15 types de systèmes prévus dans le logiciel EE4. En mode refroidissement, une thermopompe air-air fonctionne exactement comme un appareil de conditionnement d'air à détente directe. Se reporter à la section 5.1.2 (serpentins de refroidissement) pour de plus amples renseignements sur la modélisation des caractéristiques de refroidissement.

Plus la température extérieure diminue, moins la thermopompe est efficace et plus la durée du cycle de dégivrage augmente. Généralement, à une température extérieure donnée, la chaleur fournie est négligeable et la thermopompe s'arrête. Lorsque la charge calorifique dépasse la puissance de chauffage de la thermopompe, un appareil de chauffage de relève entre en fonction pour fournir la chaleur nécessaire. Dans le logiciel EE4, le seul type d'appareil de chauffage de relève prévu est un appareil à résistances électriques, lequel doit assumer seul toute la charge calorifique lorsque la température extérieure est inférieure à 23 °F (-5 °C). La puissance de cet appareil de chauffage est précisée dans le champ « Appareil de chauffage de relève » de l'élément « Système », sous l'onglet « Général ». À noter que la puissance de l'appareil de relève est généralement supérieure à celle de la thermopompe parce que celui-ci entre en fonction en périodes de très fortes charges calorifiques. Pour le moment, le logiciel EE4 n'offre pas d'autres options que l'appareil à résistances électriques comme appareil de chauffage de relève.

En plus de la puissance de la thermopompe et de l'appareil de chauffage de relève, il faut également entrer, à la fin de l'onglet « Général », le rendement de la thermopompe, exprimée en

COP ou en EER (en général, pour les thermopompes, on utilise la valeur COP, qui doit toujours être le COP nominal ARI et non pas le COP effectif). Les caractéristiques nominales conformes aux normes ARI 210/240 doivent être retenues. En mode refroidissement, le COP et la puissance des thermopompes sont établies pour une température de 35 °C (95 °F), et en mode chauffage, pour une température de 8,3 °C (47 °F). Le logiciel EE4 modifie automatiquement le rendement en fonction de la température extérieure prévue en utilisant une courbe caractéristique sous charge partielle conforme au CNMÉB. Le COP entré ne doit pas tenir compte de l'énergie consommée par le ventilateur (monté en pression ou en aspiration).

## **5.3 Appareils de chauffage de zone**

Contrairement aux serpentins de chauffage et de refroidissement intégrés à des groupes ou à des systèmes centralisés, les radiateurs-plinthes, les panneaux radiants de chauffage et de refroidissement, de même que les ventilo-convecteurs et les thermopompes de zone sont modélisés dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Mécanique ».

### **5.3.1 Radiateurs-plinthes, serpentins de réchauffage, panneaux chauffants**

Qu'ils soient du type électrique ou à eau chaude, les plinthes chauffantes, les serpentins de réchauffage et les panneaux chauffants sont modélisés de façon similaire dans le logiciel EE4, qui ne fait aucune différence entre ces éléments parce qu'ils desservent tous une seule zone.

Pour modéliser ces appareils, il faut d'abord sélectionner « Eau chaude » ou « Électricité » dans l'élément « Système », sous l'onglet « Zone ». On ne peut entrer des panneaux de réchauffage à eau chaude et électriques dans une zone pour un même système. Si une zone est desservie à la fois par des appareils électriques et à eau chaude, le simulateur doit sélectionner le type prédominant et assume que tous les appareils sont du même type.

En présence d'appareils électriques et à eau chaude dans une zone, le simulateur doit tenir compte du fait que le bâtiment de référence établira les exigences liées à l'enveloppe aux niveaux définis pour une zone chauffée uniquement à l'électricité si la proportion de l'entrée du chauffage électrique est supérieure à 10 %. Dans l'élément « Système », sous l'onglet « Zone », il faut également entrer la puissance de la plinthe chauffante/du serpentins de réchauffage/du panneau chauffant. Il est à noter que le logiciel EE4 prévoit que ces appareils se mettent en marche d'abord en réponse à une demande de chaleur dans la zone, et qu'ils fonctionnent jusqu'à leur puissance maximale avant que la demande de chaleur soit acheminée au système centralisé. Par exemple, dans un immeuble à logements multiples, le générateur de chaleur centralisé au gaz naturel est combiné à des appareils de chauffage de zone à résistances électriques de 5 kW. Selon le logiciel EE4, lorsqu'il y a demande de chaleur dans la zone, l'appareil à résistances électriques se met d'abord en marche, et lorsque la charge calorifique horaire dépasse 5 kW, le générateur au gaz naturel entre alors en fonction pour combler les besoins en chaleur de la zone considérée. Si cette séquence de fonctionnement ne correspond pas aux caractéristiques de conception fonctionnelle du système proposé, et que l'air de ventilation est conditionné avant d'être soufflé dans la zone, l'appareil de zone assurant par la suite le chauffage d'appoint, alors il faut apporter des modifications de manière à diminuer la puissance de chauffage allouée pour la zone et à augmenter celle allouée pour l'air de ventilation (description de la source d'énergie de chauffage). Il importe de documenter la démarche adoptée et de se rappeler que les horaires de chauffage de zone et les horaires de fonctionnement des ventilateurs ne sont pas identiques. Si des modifications semblables sont apportées et que les ventilateurs ne fonctionnent pas (pendant le ralenti de nuit, par exemple), la chaleur ne sera pas distribuée dans la zone considérée et celle-ci pourrait être sous-chauffée.

Dans certains bâtiments, une zone peut être desservie par des panneaux combinés de chauffage et de refroidissement ou par des panneaux de refroidissement d'appoint. Ces appareils et systèmes doivent être modélisés comme des ventilo-convecteurs (décrits à la section 6.4).

### **5.3.2 Ventilo-convecteurs et thermopompes hydroniques**

Comme dans le cas des radiateurs-plinthes, la puissance de chauffage des ventilo-convecteurs et des thermopompes est définie dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Mécanique ». Toutefois, il n'est pas nécessaire, pour ces appareils, de sélectionner dans l'élément « Système », sous l'onglet « Zone », un serpentin de réchauffage électrique ou à eau chaude. Pour plus de renseignements sur la façon d'entrer l'information dans l'élément « Système » pour une thermopompe ou un ventilo-convecteur, se reporter à la section 6.3.

En plus de la puissance de chauffage, il faut également indiquer pour ces appareils les caractéristiques telles que la puissance frigorifique de zone, ainsi que le débit et la puissance (nominale indiquée sur la plaque signalétique) des ventilateurs. Se reporter à la section 5.4 pour de plus amples renseignements sur les ventilateurs. Si une thermopompe ou un ventilo-convecteur dessert plus d'une zone, distribuer la puissance de chauffage/frigorifique entre les différentes zones afin que le total soit le même que pour ces appareils. Ces puissances sont disponibles dans les plans et devis.

Dans le cas des thermopompes, il faut entrer le COP. Pour les thermopompes géothermiques et les thermopompes sur boucle d'eau, il convient d'utiliser les valeurs nominales définies dans les normes ARI 325/330 : en mode refroidissement, COP et puissance à une température de l'air de 26,7 °C (80 °F) au bulbe sec, et de 19,4 °C (70 °F) au bulbe humide, et température de l'eau à pleine charge de 21 °C (70 °F). En mode chauffage, COP et puissance à une température de l'air de 21 °C (70 °F) au bulbe sec, et de 15,6 °C (60 °F) au bulbe humide, et température de l'eau à pleine charge de 21 °C (70 °F). Le logiciel EE4 modifie automatiquement le rendement selon la température de calcul de l'eau dans la boucle ou à l'admission. Il est à noter qu'il est plutôt courant dans l'industrie d'exprimer le rendement de chauffage en COP et le rendement de refroidissement en EER; toutefois, dans le logiciel EE4, il faut adopter la valeur COP dans les deux cas. Il suffit de diviser la valeur EER par 3,41 pour la convertir en valeur COP. Si la thermopompe dessert plus d'une zone, le COP sera le même pour chacune des zones, à moins qu'un ajustement ait été effectué pour tenir compte du chauffage ambiant électrique qui est aussi fourni dans la zone. Les valeurs COP/EER ne doivent pas tenir compte de la puissance du ventilateur. Toutefois, le cas échéant, il faut entrer la valeur 0 dans le champ « puissance du ventilateur ».

On peut établir la cote des pompes géothermiques et des thermopompes à eau selon la nouvelle norme ARI/ISO 13256-1. La principale différence entre cette norme et les normes généralement reconnues ARI 320, 325, 330 est que la méthode ISO exclut la chaleur produite et la consommation d'électricité des ventilateurs et des pompes, de la puissance de chauffage/frigorifique et de la cote COP/EER correspondante. Si vous saisissez des thermopompes à l'aide de la norme ARI/ISO 13256-1, assurez-vous que la consommation d'énergie du ventilateur est entrée dans l'onglet « Mécanique » et que la puissance de pompage est entrée dans l'onglet « Thermopompe centrale ».

Des thermopompes de zone ne peuvent être simulées que si le système de traitement de l'air sélectionné est une thermopompe hydronique. Le logiciel EE4 n'accepte pas les thermopompes de zone pour les systèmes VAV, VAC ou autres systèmes de traitement de l'air.

De même, si le bâtiment comporte des thermopompes air-air de zone, comme des unités de fenêtre, elles ne peuvent pas être modélisées en tant qu'appareils de chauffage/refroidissement. Elles devront alors être modélisées en tant que systèmes de traitement de l'air individuels, soit

comme des systèmes monoblocs multizones (si regroupés) ou monozones, et il faudra apporter un ajustement au groupe de traitement de l'air desservant ces zones.

## **5.4 Débits d'air et ventilateurs**

### **5.4.1 Ventilateurs d'alimentation et d'extraction – Généralités**

Le logiciel EE4 présume que les débits d'air dans chaque zone et pour chaque appareil et système sont équilibrés, c'est-à-dire que le débit total d'air d'alimentation correspond à la somme du débit d'air repris et du débit d'air extrait de la zone. Se reporter à la Figure 5-1.

Débit d'air d'alimentation = Débit d'air repris + débit d'air extrait de la zone.

Également

Débit d'air d'alimentation = Débit d'air extérieur + débit d'air recirculé.

Les ventilateurs d'alimentation (de soufflage) sont habituellement intégrés aux groupes de traitement de l'air centralisés et sont généralement les ventilateurs les plus puissants (en termes d'énergie appelée) du bâtiment. Dans le logiciel EE4, les ventilateurs d'alimentation sont modélisés dans l'élément « Système », sous l'onglet « Ventilateur d'alimentation ».

Les ventilateurs de reprise sont également intégrés à un groupe de traitement centralisé, et servent à ramener l'air vicié à ce dernier aux fins de recirculation ou d'extraction à l'extérieur. Les caractéristiques des ventilateurs de reprise sont entrées dans l'élément « Système » sous l'onglet « Ventilateur de reprise ».

Il existe deux façons d'extraire l'air vicié d'un bâtiment : au moyen de ventilateurs d'extraction de zone (p. ex. les ventilateurs de salle de toilettes et les hottes de cuisinière) et au moyen d'un ventilateur d'extraction central. Par défaut, le logiciel EE4 présume que l'air qui n'est pas extrait au moyen d'un ventilateur d'extraction de zone, est évacué à l'extérieur au moyen d'un ventilateur central. En d'autres mots :

Débit d'air extrait (ventilateur central) = Débit d'air extérieur – débit d'air extrait de la zone.

Le débit total d'un ventilateur d'extraction ne peut pas être supérieur au débit total d'admission d'air extérieur pour l'ensemble du bâtiment. Se reporter à la section 5.5, Débits d'air extérieur, pour connaître la façon de déterminer le débit d'admission d'air extérieur.

Il ne peut y avoir récupération de chaleur que sur l'air extrait par un ventilateur central et non sur l'air extrait par un ventilateur de zone (se reporter à la partie portant sur la récupération de chaleur de ventilation à la section 5.7). Donc, les ventilateurs d'extraction de zone ne permettent pas de profiter des avantages de la récupération d'énergie.

Les ventilateurs d'extraction de zone sont des appareils qui évacuent l'air vicié directement à l'extérieur, comme les ventilateurs de salle de toilettes, les hottes d'extraction, les hottes de cuisinière ou les ventilateurs commandés par thermostat et installés dans les locaux mécaniques. En général, les ventilateurs d'extraction de zone sont relativement petits, ils sont montés dans les différentes zones du bâtiment et ils ne fonctionnent habituellement pas en continu. Il ne faut pas confondre les ventilateurs d'extraction de zone avec des ventilateurs d'extraction centraux. S'ils sont intégrés à un groupe de traitement centralisé (y compris les ventilateurs d'évacuation intégrés aux appareils en toiture), il ne faut pas les considérer comme des ventilateurs d'extraction de zone mais bien comme des ventilateurs de reprise ou, dans certains cas, comme des ventilateurs d'alimentation (de systèmes à ventilo-convecteurs ou à thermopompes).

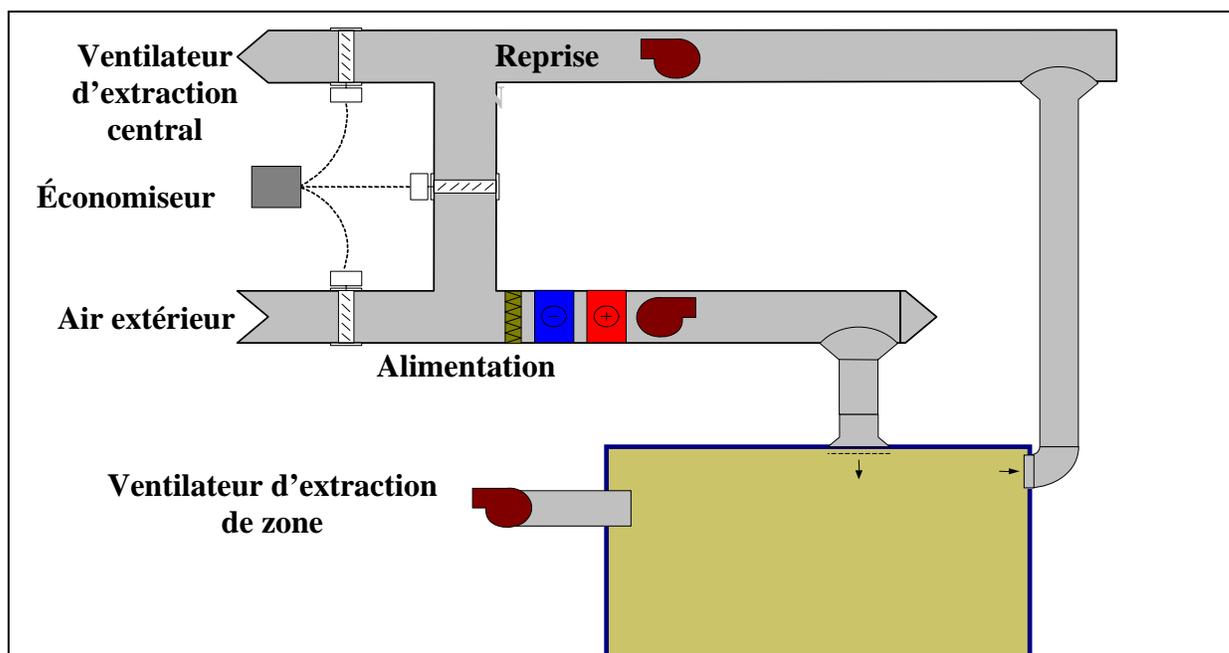


Figure 5-1 - Débits d'air - Système

Un autre type de ventilateur fréquemment utilisé, mais non montré à la Figure 5-1, est le ventilateur considéré comme « ventilateur d'alimentation de zone ». Dans le cas de systèmes à ventilo-convecteurs, à thermopompes ou à éjecto-convecteurs, les ventilateurs d'alimentation de zone sont utilisés pour faire recirculer l'air sur un serpentin aux fins de conditionnement de l'ambiance. Les systèmes à deux conduits comprennent une boîte de mélange avec ventilateur dans laquelle l'air chaud est mélangé à l'air froid. Le débit d'alimentation de zone est alors souvent supérieur au débit d'alimentation du système (parce que l'air est recirculé dans l'ambiance). Dans le logiciel EE4, les caractéristiques de ces ventilateurs sont entrées dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Mécanique ». Les ventilateurs d'alimentation de zone des systèmes à ventilo-convecteurs et à thermopompes ne font qu'assurer la recirculation de l'air de ventilation qui a déjà été conditionné par le groupe de traitement centralisé. Ils ne servent jamais à introduire de l'air neuf dans l'ambiance.

Plusieurs systèmes à volume d'air variable et à volume d'air constant comprennent des ventilateurs terminaux destinés à assurer le mélange de l'air et l'équilibrage des débits. Dans EE4, la puissance de ces ventilateurs doit être intégrée à celle des ventilateurs d'alimentation centraux. Les prochaines versions du logiciel EE4 comprendront peut-être une option qui permettra d'entrer les caractéristiques de ces ventilateurs dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Mécanique », ce qui n'est pas le cas actuellement. Il est à noter que les systèmes à ventilo-convecteurs et à thermopompes sont des systèmes qui fonctionnent avec de l'air extérieur à 100 %; le débit de recirculation pour ces derniers est donc toujours de 0; ainsi

$$\begin{aligned} \text{Débit d'admission d'air extérieur} &= \\ \text{Débit d'alimentation} &= \text{Débit d'extraction central} + \text{débit d'extraction de zone.} \end{aligned}$$

Dans le logiciel EE4, on ne peut modéliser de ventilateurs de reprise dans le cas de systèmes à ventilo-convecteurs et à thermopompes parce que le logiciel présume que l'air d'alimentation assure la mise en pression du bâtiment et que tout l'air non extrait par les ventilateurs d'extraction de zone migre à l'extérieur sans assistance mécanique. Prenons, par exemple, un système à ventilo-convecteurs dans un IRLM avec groupes d'appoint d'air centralisés assurant la

mise en pression des corridors. Une partie de l'air vicié est extrait par les hottes de cuisinière ou les ventilateurs de salle de toilettes (considérés dans le logiciel EE4 comme des ventilateurs d'extraction de zone), mais la plus grande partie est acheminée à l'extérieur notamment par les fenêtres, les portes extérieures et les puits d'ascenseurs et de monte-charge. Pour cette raison, l'option « ventilateur de reprise » dans l'élément « Système » n'est pas disponible.

Toutefois, de nos jours, plusieurs systèmes à ventilo-convecteurs et à thermopompes comprennent des ventilateurs de reprise et d'extraction centraux, ce qui favorise un meilleur équilibre des débits et permet la recirculation de l'air et la récupération d'une partie de la chaleur. Le cas échéant, il faut les ajouter dans l'élément « Système », sous l'onglet « Ventilateur d'alimentation ». Seules la puissance totale ou la pression statique combinée du ventilateur de reprise et du ventilateur d'alimentation peuvent être entrées dans le cas des ventilateurs d'alimentation centraux. On ne peut entrer le débit parce que le calcul du débit d'un ventilateur d'alimentation est basé sur la densité d'occupation et le taux de renouvellement d'air minimal prévu pour tous les espaces desservis par le groupe de traitement centralisé d'un système à ventilo-convecteurs ou à thermopompes de zone.

#### **5.4.2 Entrée de ventilateurs d'alimentation centraux dans le logiciel EE4**

Dans le cas des systèmes monozones, il faut entrer le débit d'alimentation dans l'élément « Système », sous l'onglet « Ventilateur d'alimentation ». Dans le cas des systèmes hydroniques (à thermopompes sur boucle d'eau, à ventilo-convecteurs à deux tuyaux ou à quatre tuyaux), le groupe de traitement de l'air est toujours un groupe d'appoint d'air fonctionnant avec 100 % d'air extérieur, dont le débit d'alimentation doit être supérieur ou égal aux besoins en air extérieur des espaces qu'il dessert. Dans le cas des systèmes multizones, il n'est pas nécessaire non plus d'entrer le débit d'air d'alimentation puisque ce dernier correspond à la somme des débits entrés dans les diverses zones.

La puissance des ventilateurs doit être entrée dans tous les types de systèmes. Il revient à l'utilisateur de définir la puissance directement ou d'entrer plutôt la pression statique le rendement. Il est normalement plus facile de définir la puissance directement puisqu'il suffit alors d'entrer la puissance consommée indiquée sur la plaque signalétique (puissance effective au frein convertie en Watts). Cette puissance peut être réduite seulement si le ventilateur central doit fonctionner selon un horaire autre que celui défini dans l'horaire des ventilateurs (voir le paragraphe sur le fonctionnement des ventilateurs ci-après, à la section 5.4.6). L'option « Puissance du ventilateur incluse dans les caractéristiques nominales », à la fin de l'onglet, peut également être sélectionnée si les puissances nominales de chauffage et de refroidissement entrées sous les onglets « Général » et « Refroidissement » tiennent compte de la chaleur perdue par le ventilateur. Par exemple, pour un groupe monobloc de toiture, la puissance nominale indiquée par le fabricant peut être 10 kW parce que l'appareil comprend un serpentin de chauffage de 9 kW et un ventilateur intégré de 1 kW, et réachemine dans la veine d'air soufflé dans l'ambiance toute la chaleur dégagée par le matériel électrique. On peut alors entrer une puissance de chauffage de 10 kW et cocher l'option « Puissance du ventilateur incluse dans les caractéristiques nominales ». Par contre, si on ne coche pas cette option, il faut entrer une puissance de chauffage de 9 kW seulement.

Si l'on décide de définir la puissance du ventilateur au moyen de la pression statique/rendement, il faut choisir entre un ventilateur monté en pression (en amont des filtres et des serpentins) ou monté en dépression (en aval des filtres et des serpentins). Dans les deux cas, il faut entrer la pression statique totale (et non pas la pression statique externe) calculée par le concepteur. Cette pression statique doit tenir compte de celle associée aux filtres et aux serpentins, de même qu'aux conduits d'air et aux éléments terminaux de zone. Il faut également entrer le rendement combiné du moteur et du ventilateur (déterminé à partir des courbes caractéristiques ou des tableaux pertinents) Par exemple, le rendement du ventilateur peut être déterminé à partir des

tableaux de puissance au frein et de l'équation ci-dessous. L'équation utilisée par le logiciel EE4 pour calculer la puissance du ventilateur en fonction de la pression statique est la suivante :

$$\text{Puissance} = \frac{\text{Débit} \times \text{P.S.}}{\text{rendement}}$$

Où :

La puissance est celle du ventilateur exprimée en watts (puissance Hp effective au frein)  
le débit est celui du ventilateur d'alimentation central exprimé en m<sup>3</sup>/s,  
P.S. est la pression statique totale exprimée en pascals, rendement est le rendement total combiné (exprimé en fraction; si le rendement est inconnu, utiliser le rendement de référence indiqué au tableau pour les systèmes CVCA à la section 1.5).

### 5.4.3 Ventilateurs de reprise centraux

Seules les caractéristiques de pression statique et de rendement peuvent être entrées dans le cas des ventilateurs de reprise. Le rendement doit toujours être le rendement total combiné moteur/ventilateur (déterminé à partir de la courbe caractéristique du ventilateur ou des tableaux). Si ces valeurs ne sont pas connues, il faut utiliser l'équation indiquée au paragraphe précédent pour obtenir des valeurs correspondant à la puissance nominale indiquée sur la plaque signalétique. Il est à noter que le débit d'air est fixe et qu'il correspond au débit d'air d'alimentation entré moins le débit d'air extrait par tout ventilateur d'extraction de zone. Ceci doit être pris en compte au moment de sélectionner les valeurs de rendement et de pression statique.

**Exemple** – La puissance nominale indiquée sur la plaque signalétique des ventilateurs de reprise est 10 kW; on ne connaît pas la pression statique ni le rendement. Le débit du ventilateur d'alimentation est de 6000 L/s et un ventilateur d'extraction de zone de 1000 L/s a été entré.

**Solution** – On calcule de débit d'air de reprise en soustrayant le débit d'air extrait par le ventilateur d'extraction de zone du débit d'air d'alimentation, par conséquent, il correspond à 6000 L/s – 1000 L/s = 5000 L/s.

Converti en m<sup>3</sup>/s, le débit d'air repris est de 5 m<sup>3</sup>/s. On évalue la pression statique à la moitié de celle de la pression de l'air d'alimentation (200 Pa par exemple). On utilise ensuite l'équation précédente pour calculer le rendement en fonction de la pression statique totale estimée.

Ainsi, le rendement = (débit x P.S.)/puissance = (5 x 200)/10 000 W = 0,1 (10 %).

Il faut donc entrer 0,1 à l'onglet « Ventilateur de reprise » de l'élément Système dans le logiciel EE4.

### 5.4.4 Ventilateurs d'alimentation de zone

Comme on l'a déjà mentionné dans la présente section, les ventilateurs d'alimentation de zone sont associés aux systèmes de zone à thermopompes et à ventilo-convecteurs ou aux systèmes à deux conduits. Pour les systèmes VAV, ajouter le ventilateur terminal de zone VAV dans le ventilateur d'alimentation.

On entre les caractéristiques de ces ventilateurs dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Mécanique ». Il importe d'entrer le débit et la puissance, et toujours la puissance totale du moteur indiquée sur la plaque signalétique. Il faut également s'assurer que le COP des thermopompes ne tient pas compte de la puissance du ventilateur.

### 5.4.5 Ventilateurs d'extraction de zone

Le débit et la puissance des ventilateurs d'extraction de zone sont définis dans l'élément « Espace », sous l'onglet « Ventilateur d'extraction ». Comme on l'a déjà mentionné, les ventilateurs d'extraction de zone sont de petits ventilateurs qui assurent l'évacuation de l'air directement à l'extérieur. Il est à noter que si l'on entre des ventilateurs d'extraction de zone, il faut réduire le débit des ventilateurs de reprise. Dans le cas des systèmes de récupération de chaleur, cette dernière ne peut provenir que de l'air repris, donc le fait de définir des ventilateurs d'extraction de zone résultera en une diminution du rendement de récupération. Se reporter à la section 5.7 portant sur la modélisation des systèmes de récupération de chaleur avec ventilateurs d'extraction de zone.

### 5.4.6 Horaires d'exploitation des ventilateurs

Dans chaque zone, tous les ventilateurs (d'alimentation, de reprise et d'extraction) fonctionnent selon le même horaire d'exploitation, lequel est défini dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Horaires d'exploitation » (se reporter à la section 3.6). Si les ventilateurs d'extraction sont assujettis à un horaire différent, il importe d'entrer une valeur de puissance pondérée pour compenser. Par exemple, si les ventilateurs de l'ensemble du système de CVCA fonctionnent 18 heures par jour, mais que les ventilateurs d'extraction de salle de toilettes fonctionnent en continu 24 heures par jour, alors la valeur de puissance pondérée entrée sous l'onglet « Ventilateur d'extraction » devrait être la suivante :

$$\text{Puissance des ventilateurs} = \text{Puissance nominale} \times 24/18$$

Si le fonctionnement des ventilateurs d'extraction est assujetti à un capteur (détecteur de présence ou contacteur de porte (salles de toilettes) ou à une minuterie, il faut déterminer une durée de fonctionnement totale quotidienne afin d'établir la puissance des ventilateurs d'extraction.

## 5.5 Débits d'air extérieur

Le CMNÉB précise que le débit d'air extérieur (air de ventilation) doit être le même pour le bâtiment de référence et pour le bâtiment proposé.

L'objectif de la validation par RNCAN est d'encourager l'efficacité énergétique des bâtiments. Les bâtiments dont le taux de renouvellement d'air dépasse de beaucoup les exigences du code du bâtiment ne peuvent être considérés énergétiques. Ainsi, RNCAN limite le débit d'air extérieur permis dans le bâtiment de référence. En général, le taux de renouvellement d'air du bâtiment de référence ne peut pas dépasser de plus de 20 % le taux exigé par le code pertinent. (Il est à noter que dans ce manuel, le terme « taux de renouvellement d'air » fait référence à la quantité d'air extérieur amenée dans le bâtiment, par opposition au terme « débit d'air d'alimentation » qui fait référence à la quantité d'air, extérieur et recirculé, fourni à l'espace).

Dans le logiciel EE4, les variables suivantes servent à déterminer les besoins en air extérieur des espaces et des zones :

1. Densité d'occupation : Valeur inscrite sur les plans ou valeur par défaut pour les espaces de soutien.
2. Apport minimal en air extérieur par occupant : valeur des normes et des plans, ou valeur par défaut pour les espaces. Les espaces de soutien incluent les toilettes et les corridors.

3. Ventilation additionnelle : toute ventilation d'appoint nécessaire dans l'espace et qui ne dépend pas des occupants (hottes d'extraction, hottes de cuisine et véhicules), inscrite dans les normes ou les plans et devis.
4. Transfert d'air : limité aux toilettes et aux cuisines; consiste à transférer l'air extérieur d'un autre espace dans la zone pour qu'une valeur 0 L/sec/occupant puisse être entrée pour les toilettes ou la cuisine (voir la section 5.6).

### **5.5.1 Taux de renouvellement d'air conforme au Code**

Pour la plupart des bâtiments, le taux de renouvellement d'air exigé est déterminé conformément à la norme ASHRAE 62-1999. Les valeurs par défaut en vigueur dans le logiciel EE4 (qui se trouvent dans le fichier d'aide EE4 en ligne et dans l'annexe B du présent document) sont basées sur les valeurs métriques données dans la norme ASHRAE 62-1999. Ces valeurs ou les valeurs impériales données dans la norme, peuvent être utilisées pour déterminer le taux de renouvellement d'air requis.

Dans certains cas, les codes du bâtiment locaux ou les codes élaborés pour des cas spécifiques (par ex., les hôpitaux), donneront des taux de renouvellement d'air différents de ceux donnés dans la norme ASHRAE 62-1999. Ces codes ont préséance et les valeurs données dans ces codes définissent les taux de renouvellement d'air exigés. La norme CSA Z317.2-F01 pour les hôpitaux et le Code national du bâtiment du Canada/Code du bâtiment de l'Ontario pour les garages de stationnement/remisage sont des exemples de codes ayant préséance.

Dans de nombreux cas, les taux de renouvellement d'air de ces codes doivent être ajustés à la baisse ou à la hausse pour tenir compte d'applications uniques dans un bâtiment. Il peut s'agir des situations suivantes :

Diversité : le taux de renouvellement d'air total peut être réduit pour tenir compte de la diversité d'occupations ou d'occupations intermittentes ou variables (voir l'alinéa 6.1.3.4 de la norme ASHRAE 62).

Débit élevé d'air extrait : dans certains cas, les exigences concernant le débit d'air extrait (dans les salles de bains, par exemple) peuvent être supérieures aux débits de la norme ASHRAE 62 pour un système de CVCA particulier. Dans ces situations, le taux de renouvellement d'air conforme au Code correspond au plus élevé des débits suivants : débit d'air extérieur requis ou débit d'air extrait requis.

Charges de procédé : beaucoup de bâtiments ont des charges de procédé qui exigent des débits d'air extrait et/ou d'air extérieur additionnels. Exemple : hottes d'extraction, hottes de cuisinière, sécheuses. Ces débits d'air seraient inclus dans le calcul pour déterminer le taux de renouvellement d'air requis pour le bâtiment.

Correction pour espaces multiples : l'alinéa 6.1.3.1 de la norme ASHRAE 62-1999 exige l'ajustement du taux de renouvellement d'air lorsque plusieurs espaces sont alimentés par un système commun (par ex., un système VAV). Cet ajustement ne peut dépasser 20 % et nécessite d'abord l'approbation écrite de RNCan.

### **5.5.2 Taux de renouvellement du bâtiment de référence**

Peu importe la norme ou le code qui est utilisé, une feuille de calcul illustrant le débit d'air extérieur exigé par les codes pertinents est exigée pour la soumission. Les taux de renouvellement d'air proposés ou réels ainsi que la densité d'occupation calculée proposée et le débit d'air neuf par personne inscrit dans le logiciel EE4 devraient aussi être inclus dans la feuille de calcul. Si le taux de renouvellement d'air total du bâtiment proposé ne dépasse pas le taux de renouvellement d'air total du code du bâtiment de plus de 20 %, aucune correction ni aucun ajustement n'est nécessaire et le taux de renouvellement d'air du bâtiment de référence sera égal à celui du bâtiment proposé.

Si le taux de renouvellement d'air total du bâtiment dépasse la limite de 20 % espace par espace, le taux du bâtiment de référence doit être ajusté. Le taux de renouvellement d'air du bâtiment de référence est fixé en fonction du taux du code tandis que le taux du bâtiment proposé doit correspondre aux débits d'air extérieur réels. Dans cette situation, il faut lancer 2 simulations dans le logiciel EE4 :

Dans la simulation n° 1, le débit d'air extérieur du bâtiment proposé correspond aux valeurs nominales. Dans ce cas, l'utilisateur ne retient que le résultat du bâtiment proposé dans le logiciel EE4.

Dans la simulation n° 2, le débit d'air extérieur du bâtiment de référence proposé correspond aux valeurs requises dans le code. Dans ce cas, l'utilisateur ne retient que le résultat du bâtiment de référence dans le logiciel EE4.

NRCan compare le rendement du cas proposé de la simulation n° 1 et du cas de référence de la simulation n° 2.

### **5.5.3 Taux de renouvellement d'air des bâtiments proposés**

En plus de la soumission, l'utilisateur doit fournir la documentation et les explications appropriées concernant les débits d'air extérieur entrés dans le logiciel afin que le réviseur puisse facilement comprendre les données de la simulation. Les valeurs de la simulation EE4 pour le bâtiment proposé doivent correspondre aux débits d'air extérieur nominaux précisés dans les plans et devis du système et le taux d'occupation doit correspondre aux données de l'espace. L'exception à cette règle est lorsque le débit d'air extérieur nominal ne diffère pas de plus de 5 % du débit d'air extérieur généré par EE4 lorsqu'on utilise les valeurs par défaut du CMNÉB pour le bâtiment en entier (occupation et débit d'air extérieur). Les valeurs par défaut pour l'occupation et l'air extérieur peuvent être utilisées seulement dans ce cas (la documentation prouvant que le débit d'air extérieur ne diffère pas de plus de 20 % du débit de la norme précisée sera quand même exigée en utilisant le débit d'air réel de la conception).

Pour faire correspondre le débit d'air extérieur modélisé au débit nominal, certains artifices de modélisation peuvent être nécessaires au niveau des espaces. Si la modélisation du débit d'air extérieur donne un débit d'air minimal inférieur à celui permis par le logiciel EE4, les densités d'occupation pourraient être ajustées pour pouvoir modéliser correctement le débit d'air extérieur de l'espace considéré.

Un autre problème possible est le cas de certains espaces (par ex., les cages d'escalier) qui ne reçoivent pas directement d'air extérieur. Pour modéliser cet espace, le débit d'air extérieur sera la valeur par défaut donnée par le logiciel EE4, et ce débit sera soustrait d'un espace adjacent (soustraire du débit d'air extérieur de l'espace adjacent le débit ajouté à l'espace en question pour satisfaire aux exigences minimales liées à l'air extérieur afin que le débit d'air extérieur du système reste le même).

## 5.5.4 Exemples

### Exemple 1 :

Les plans indiquent une cage d'escalier de 10 m<sup>2</sup> ne recevant pas d'air extérieur et un bureau adjacent pour 4 personnes de 100 m<sup>2</sup> et recevant 50 L/s d'air extérieur. (Voir section 5.6)

Calculs :

Cage d'escalier :	Fonction de l'espace = Escalier
Débit d'air extérieur =	0.25 L/s/m <sup>2</sup> * 10 m <sup>2</sup> = 2,5 L/s (valeurs par défaut)
Bureau :	Débit d'air extérieur = 50 – 2,5 = 47,5 L/s (débit minimum d'air extérieur du bureau ajusté pour l'air extérieur de la cage d'escalier)

Entrée des données :

Cage d'escalier :	Fonction de l'espace = Escalier Densité d'occupation = 0 (valeur par défaut) Débit d'air minimal = 0 (valeur par défaut)
Bureau :	Densité d'occupation = 100 m <sup>2</sup> / 4 personnes = 25 m <sup>2</sup> /occupant Débit d'air minimal = 47,5 L/s

### Exemple 2 :

École comportant un groupe de traitement de l'air desservant le gymnase et un autre groupe de traitement de l'air desservant l'auditorium, lequel fonctionne selon un horaire de gymnase (occupation intermittente et occupations de pointe pendant moins de 3 heures par jour).

#### Informations sur le bâtiment :

Gymnase :	500 m <sup>2</sup> , Occupation de pointe = 100 personnes (2,5 heures/jour), Occupation moyenne = 50 personnes, Débit d'air extérieur = 500 L/s
Auditorium :	250 m <sup>2</sup> , Hauteur du plafond = 5 m, Occupation de pointe = 200 personnes (utilisé 2,5 heures/jour), Débit d'air extérieur = 500 L/s

#### Besoins en air extérieur :

Gymnase :	Selon la norme ASHRAE 62-1999, le débit d'air extérieur doit être de 10 L/s/personne. L'article 6.1.3.4 de cette norme permet aussi que la densité d'occupation moyenne soit utilisée pour calculer les taux de renouvellement d'air pour autant que « la densité d'occupation moyenne utilisée corresponde à au moins la moitié du maximum ». Ainsi, le DAE = 10 L/s personne x 50 personnes = 500 L/s.
Auditorium :	Selon la norme ASHRAE 62-1999, le débit d'air extérieur doit être de 8 L/s/personne. L'article 6.1.3.4 de cette norme permet aussi que le débit d'air extérieur soit diminué SI le groupe de traitement de l'air est mis en service pendant un certain temps avant l'occupation de l'auditorium ou s'il fonctionne pendant un certain temps après la fermeture de cette salle (principe de la mise en service anticipée ou retardée). D'après les

graphiques de cette norme, on peut déterminer qu'avec un fonctionnement anticipé de deux heures et un débit d'air de  $6,3 \text{ m}^3/\text{personne}$  ( $=250 \times 5 / 200$ ), on peut utiliser un taux de renouvellement d'air de  $2 \text{ L/s/personne}$ . Ainsi, le groupe de traitement de l'air n'a qu'à fournir  $400 \text{ L/s}$  d'air extérieur.

DAE total du bâtiment =  $500 + 400 = 900 \text{ L/s}$ . Le débit d'air extérieur nominal est de  $1\,000 \text{ L/s}$  pour le bâtiment. Comme ce débit ne dépasse le débit requis par le code que par  $10\%$  ( $<20\%$ ), le débit d'air extérieur du bâtiment de référence correspondra donc à celui du bâtiment proposé.

Données entrées dans EE4 :

Gymnase : *Fonction de l'espace*

Superficie =  $500 \text{ m}^2$

### Exemple 3 :

Entrepôt de  $5000 \text{ m}^2$  située à Toronto, en Ontario. 4 lève-palettes fonctionnant au propane seront en fonction dans l'entrepôt qui est ouvert 24 heures par jour. Un groupe de traitement de l'air fournit  $2500 \text{ L/s}$  d'air extérieur en continu. Un deuxième groupe de traitement de l'air est raccordé aux régulateurs de CO et fournit  $20000 \text{ L/s}$  d'air extérieur lorsque la concentration de CO monte à plus de  $100 \text{ ppm}$ .

#### Besoins en air extérieur :

Les lève-palettes peuvent être considérés comme faisant partie d'un procédé et peuvent être exclus de la simulation. Toutefois, il faudra inclure les exigences de ventilation additionnelles.

Le Code du bâtiment de l'Ontario exige que le taux de renouvellement d'air des garages permette de respecter une des deux conditions suivantes :

Concentration de CO limitée à un maximum de  $100 \text{ ppm}$  (6.2.2.3 (1)a))

OU

Débit d'air extérieur de  $3,9 \text{ L/s/m}^2$  pendant les heures d'activité (6.2.2.3(1)b))

D'après l'alinéa b), le débit d'air extérieur nécessaire est de  $19500 \text{ L/s}$ .

Le groupe central de traitement de l'air fournit le débit d'air minimal ( $2500 \text{ L/s}$ ) en continu tandis que le deuxième groupe de traitement de l'air (groupe d'appoint) fournit  $19500 \text{ L/s}$  d'air extérieur additionnel lorsque les capteurs de CO commandent sa mise en marche. On a déterminé que ce deuxième groupe de traitement fonctionnerait 2 heures par jour.

#### Données entrées dans le logiciel EE4 :

Comme les horaires des ventilateurs indiquent que les ventilateurs doivent être en marche 24 heures/jour, le DAE fourni par le deuxième groupe de traitement de l'air sera diminué pour tenir compte du fait que le groupe ne fonctionne que deux heures par jour.

DAE =  $2500 + 20000 \times 2/24 = 4167 \text{ L/s}$

*Fonction de l'espace* = Aires d'entreposage, manutention

Densité d'occupation =  $20 \text{ m}^2/\text{personne}$  (Valeur par défaut du logiciel EE4)

Débit d'air extérieur minimal/occ. =  $4167 \text{ L/s} / (5000 \text{ m}^2 / 20 \text{ m}^2/\text{personne})$   
=  $16,7 \text{ L/s} / \text{occ.}$

### 5.5.5 Norme de remplacement

Il faut obtenir la permission de RNCan pour utiliser une autre norme pour calculer le débit d'air extérieur du bâtiment de référence. Pour obtenir cette permission, il faut fournir les documents suivants à RNCan :

- Copie de la norme qui sera appliquée.
- Description des espaces du bâtiment auxquels la norme sera appliquée.
- Description de la façon proposée pour entrer les exigences de cette norme dans la simulation EE4.
- Le numéro de la soumission à RNCan (numéro éco).

#### Signalons que RNCan ACCEPTE habituellement :

- les normes du bâtiment publiées qui sont émises par le ministère provincial de la Santé publique (pour les hôpitaux et les centres hospitaliers de longue durée);
- les normes du bâtiment publiées qui sont émises par le ministère provincial de l'Éducation (pour les écoles et les universités);
- les normes du bâtiment publiées qui sont émises par le ministère provincial responsable des codes (lequel peut être un ministère différent);
- les normes du bâtiment publiées qui sont émises par des tiers autorisés, compétents et responsables du domaine technique en question (réglementation pour les laboratoires nationaux de soins pour animaux, et autres).

#### En général, RNCan N'ACCEPTE PAS :

- les normes du bâtiment publiées qui sont émises par une personne ou une équipe qui n'est pas encadrée (p. ex., un ministère des Travaux publics peut décider qu'il est « souhaitable » d'appliquer une certaine règle pour une raison particulière. Cette norme n'est toutefois pas acceptée comme une norme de remplacement à moins qu'elle ne soit appuyée par un organisme de surveillance indépendant quelconque, par exemple, un conseil consultatif national en génie ou une commission ayant une responsabilité clairement définie, notamment la santé publique.)

Si les exigences de ventilation sont exprimées par un taux de renouvellement d'air (TRA) à l'heure pour des fonctions d'espace ou des parties précises du bâtiment, il faut suivre la démarche suivante pour générer des débits d'air minimaux et des densités d'occupation conformes au taux de renouvellement d'air requis :

Le débit d'air extérieur sera calculé ainsi :

$$\text{DAE} = (\text{TRA} \times 1000 \times V) / 3600$$

Où

DAE = débit d'air extérieur (L/sec)

V = volume chauffé de l'espace précis (m<sup>3</sup>)

L'utilisateur convertira ensuite le débit d'air extérieur en un débit d'air minimal (L/sec/occ.) en prenant le débit d'air calculé et en le divisant par le nombre d'occupants dans l'espace (selon les plans). Le nombre d'occupants de l'espace sera aussi utilisé pour déterminer la densité d'occupation à entrer.

### 5.5.6 Norme ASHRAE IAQ

Si la norme ASHRAE 62 « Indoor Air Quality Procedure » (par ex., pour le contrôle des CO<sub>2</sub>) est utilisée plutôt que le calcul du taux de renouvellement d'air, souvent, le plan du bâtiment n'indiquera pas les débits d'air minimaux. Pour modéliser le débit d'air extérieur minimal dans

une telle situation, il s'agit de modifier la densité d'occupation de chaque espace pour qu'elle corresponde à la densité nominale et de conserver les valeurs par défaut pour le débit d'air minimal. Pour obtenir des crédits pour des capteurs de CO<sub>2</sub>, se reporter à la section 5.5.10, « Ventilation en fonction de la demande ».

### 5.5.7 Exigences concernant l'air d'alimentation/air extrait

La difficulté à évaluer les taux de renouvellement d'air des bâtiments vient du fait qu'il y a de nombreuses normes et de nombreuses exigences quant aux débits d'air d'alimentation et d'air extrait et de nombreuses exigences quant au débit de ventilation et au fonctionnement en continu. Le débit de ventilation est le débit d'air que le ventilateur doit fournir, mais le ventilateur n'a pas à fonctionner en continu. Pour déterminer les taux de renouvellement d'air d'un bâtiment, suivre les étapes suivantes :

- Étape 1 :** Déterminer les besoins en air extérieur d'après la norme ASHRAE 62-1999 ou la norme de remplacement.
- Étape 2 :** Déterminer les débits d'extraction nécessaires. Si le ventilateur d'extraction fonctionne de façon intermittente, on tient compte des heures de fonctionnement prévues en appliquant un facteur de diversité au débit d'air d'appoint nécessaire. Pour les IRLM, le débit d'extraction sera de 20 L/s pour les salles de bains et de 12 L/s pour les cuisines et correspondra à 25 % de la puissance totale pour tous les autres ventilateurs d'extraction (sècheuses, etc.).

Le taux de renouvellement d'air correspond à la valeur trouvée à l'étape 1 ou 2, selon ce qui est le plus élevé. Les exemples 1 et 2 qui suivent illustrent comment utiliser ces calculs.

#### Exemple 1 :

Habitation à logements multiples avec groupe de traitement de l'air d'appoint fournissant de l'air extérieur pour mettre en pression les corridors. Ventilateurs servant à chauffer/refroidir les logements alimentés par l'air extérieur transféré du corridor.

#### Information sur le bâtiment :

Cinq (5) logements à une chambre faisant face au Nord, 5 logements à une chambre faisant face au sud. Corridor de 75 m<sup>2</sup> séparant les logements Nord et sud. Groupe de traitement de l'air d'appoint de 400 L/s fournissant de l'air extérieur au corridor

Logement à une chambre :

Salle de bain	= 5 m <sup>2</sup>
Cuisine	= 15 m <sup>2</sup>
Salon	= 80 m <sup>2</sup>
Chambre à coucher	= 60 m <sup>2</sup>
Hauteur des murs	= 2,4 m

#### Besoins en air extérieur :

Selon la norme ASHRAE 62-1999, la superficie habitable d'un logement doit avoir un taux de renouvellement d'air par heure (TRA) de 0,35, et d'au moins 7,5 L/s/personne. On suppose qu'un logement à une chambre compte 2 personnes. Les corridors recevront 0,25 L/s/m<sup>2</sup> d'air extérieur.

Débit d'air extérieur DAE/Logement :

Alimentation = 0,35 TRA x (5+15+80+60) x 2,4 x 1000/3600 = 37,3 L/s

Débit d'alimentation AA minimal :

$$7,5 \text{ L/s/personne} \times 2 \text{ personnes} = 15 \text{ L/s} < 37,3 \text{ L/s}$$

Débit d'évacuation AEXTR minimal :

$$20 \text{ L/s/salle de bains} + 12 \text{ L/s/cuisine} = 32 \text{ L/s} < 37,3 \text{ L/s}$$

Logements situés au nord : DAE =  $37,3 \text{ L/s} / \log. \times 5 \log. = 186,5 \text{ L/s}$

Logements situés au sud : DAE =  $37,3 \text{ L/s} / \log. \times 5 \log. = 186,5 \text{ L/s}$

Corridor : DAE =  $0,25 \times 75 = 18,8 \text{ L/s}$

DAE total = 391,8 L/s (Le DAE nominal diffère par 2 % du DAE du code (< 20 %); le DAE du bâtiment de référence correspondra donc à celui du bâtiment proposé).

#### Données entrées dans EE4 :

Logements situés au nord :

<i>Fonction de l'espace</i>	= IRLMs	
Superficie	= $5 \times (5+15+80+60)$	= 800 m <sup>2</sup>
Débit d'air extérieur	= $186,5 \times (400 / 391,8)$	= 190,4 L/s
Débit d'air extérieur minimal/occ.	= $190,4 / 10$	= 19 L/s/occ.

Le débit d'air extérieur minimal par défaut pour cette fonction d'espace est de 18 L/s/occ. (=  $0,3 \text{ L/s/m}^2 \times 60 \text{ m}^2/\text{personne}$ ). Cette valeur étant inférieure à la valeur calculée, cette dernière peut donc être entrée.

$$\text{Densité d'occupation} = 800 / 10 = 80 \text{ m}^2/\text{occ.}$$

Logements situés au sud : Fonction de l'espace = Résidence multifamiliale : Logements

Superficie	= $5 \times (5+15+80+60)$	= 800 m <sup>2</sup>
Débit d'air extérieur	= $186,5 \times (400 / 391,8)$	= 190,4 L/s
Débit d'air extérieur minimal/occ.	= $190,4 / 10$	= 19 L/s/ occ.
Densité d'occupation	= $800 / 10$	= 80 m <sup>2</sup> /occ.

Corridor : Fonction de l'espace = Service : Corridors

Superficie = 75 m <sup>2</sup>		
Débit d'air extérieur	= $18,8 \times (400 / 391,8)$	= 19,2 L/s
Densité d'occupation	= Défaut	= 100 m <sup>2</sup> / personne
Débit d'air extérieur minimal/occ.	= $19,2 / (75 / 100)$	= 25,6 L/s / occ.

#### Exemple 2 :

Même immeuble à logements multiples que pour l'exemple précédent, mais chaque logement comporte une sècheuse dont le débit d'air extrait est de 50 L/s, et le groupe de traitement de l'air d'appoint fournira 500 L/s d'air extérieur au corridor.

#### Besoins en air extérieur :

D'après les calculs donnés ci-dessus, l'utilisation de la norme ASHRAE 62 donne un taux de renouvellement d'air maximum de 37,3 L/s par logement. Toutefois, les exigences en air AEXTR pour ce logement deviennent les suivantes :

$$\text{AEXTR} = 20 \text{ L/s/salle de bains} + 12 \text{ L/s/cuisine} + 0,25 \times 50 \text{ L/s/sècheuse} = 44,5 \text{ L/s}$$

Comme le débit d'air extrait est maintenant supérieur au débit d'air d'alimentation calculé avec la méthode ASHRAE, c'est le débit d'air extrait qui détermine le débit d'air extérieur qui doit être fourni à chaque logement.

Logements situés au nord :	DAE = 44,5 L/s / log. x 5 log.	= 222,5 L/s
Logements situés au sud :	DAE = 44,5 L/s / log. x 5 log.	= 222,5 L/s
Corridor :	DAE = 0,25 * 75	= 18,8 L/s

DAE total = 463,8 L/s (Le DAE nominal diffère par 2 % du DAE du code (< 20 %); le DAE du bâtiment de référence correspondra donc à celui du bâtiment proposé).

#### Données entrées dans EE4 :

Logements situés au Nord : <i>Fonction de l'espace</i> = IRLMs		
Superficie	= 5x (5+15+80+60)	= 800 m <sup>2</sup>
Débit d'air extérieur	= 222,5 x (500 / 463,8)	= 239,9 L/s
Débit d'air extérieur minimal/occ.	= 239,9 / 10	= 24 L/s/occ.
Densité d'occupation	= 800 / 10	= 80 m <sup>2</sup> /occ.

Logements situés au sud : <i>Fonction de l'espace</i> = IRLMs		
Superficie	= 5x (5+15+80+60)	= 800 m <sup>2</sup>
Débit d'air extérieur	= 222,5 x (500 / 463,8)	= 239,9 L/s
Débit d'air extérieur minimal/occ.	= 239,9 / 10	= 24 L/s/occ.
Densité d'occupation	= 800 / 10	= 80 m <sup>2</sup> /occ.

Corridor : <i>Fonction de l'espace</i> = Service : Corridors		
Superficie	= 75 m <sup>2</sup>	
Débit d'air extérieur	= 18,8 x (500 / 463,8)	= 20,3 L/s
Densité d'occupation	= Défaut	= 100 m <sup>2</sup> /personne
Débit d'air extérieur minimal/occ.	= 20,3 / (75 / 100)	= 27,1 L/s/occ.

### 5.5.8 Systèmes de CVCA d'établissements hospitaliers

Les codes peuvent prescrire des exigences particulières pour les hôpitaux en matière de ventilation, de renouvellement d'air et de filtration. Comme le CNMÉB ne tient pas compte de telles caractéristiques selon le *type de bâtiment*, ces dernières influent sur la consommation d'électricité des ventilateurs, laquelle est beaucoup plus élevée que celle prévue dans le cas du bâtiment de référence. La procédure utilisée pour modifier les caractéristiques des ventilateurs est la suivante. Les modifications ci-dessous fournissent davantage de détails quant à l'application de cette procédure.

1. Déterminer d'abord les exigences des codes pertinents en matière de ventilation, de renouvellement et de filtration d'air et spécifier dans votre rapport de modélisation le code mandaté.
2. Déterminer les systèmes auxquels s'appliquent ces conditions particulières (une filtration poussée peut ne pas être nécessaire, par exemple, dans le cas de groupes de traitement de l'air desservant seulement le hall d'entrée ou la boutique de cadeaux d'un hôpital).
3. Préparer le fichier de simulation EE4 et l'exécuter en s'assurant que l'option « supprimer les fichiers DOE après la simulation » N'EST PAS cochée.
4. Modifier le fichier d'entrée DOE portant sur le bâtiment de référence (« bâtiment – référence.DOE ») et modifier le taux de renouvellement d'air total (débit d'air d'alimentation en pi<sup>3</sup>/min) et/ou la pression statique du ventilateur d'alimentation/de reprise (pour tenir compte des besoins supplémentaires en filtration, le cas échéant). Les nouvelles valeurs de référence doivent être de 1375 Pa (5,5 po) pour la pression statique

- du ventilateur d'alimentation ou de 375 Pa (1,5 po) pour la pression statique du ventilateur de reprise.
5. Pour modifier le fichier DOE, désactiver le passage à modifier (en plaçant le signe \$ au début de la ligne) et ajouter le nouveau texte immédiatement en dessous.
  6. Bien documenter les changements apportés et inclure les calculs concernant la perte de charge supplémentaire attribuable aux dispositifs montés en conduit (les filtres, par exemple) avec la demande présentée. Pour une grande réduction de pression, inclure les spécifications du fabricant pour la filtration.

### **MODIFICATION NO1 – Taux minimal de renouvellement d'air total par heure**

Il faut d'abord ajuster le taux de circulation d'air. La norme de la CSA stipule que le taux minimal de renouvellement d'air extérieur par heure (ra/h) ainsi que le ra/h total dépendent du type de pièce. Le taux de circulation d'air est requis pour conserver une différence de pression adéquate entre les divers locaux de l'hôpital et afin de réduire les risques d'infection en filtrant de grandes quantités d'air. Actuellement, le bâtiment de référence (CMNÉB) du logiciel EE4 a un système à débit d'air variable. Il permet de ralentir le débit d'air en fonction du débit d'air extérieur lors de faibles demandes et, par conséquent, de ne pas conserver le taux minimal de renouvellement d'air total précisé. Pour obtenir un bâtiment de référence correspondant davantage à l'hôpital, le fichier DOE2.1 du bâtiment de référence doit faire l'objet d'une modification fort simple. Elle ne requiert que la valeur d'un ou deux mots clés (PI<sup>3</sup>/MIN-ASSIGNÉ et RAPPORT-MIN-PI<sup>3</sup>/MIN) par zone à modifier. La valeur pour PI<sup>3</sup>/MIN-ASSIGNÉ ne doit être changée que si elle est inférieure au taux minimal requis de circulation d'air. Dans un tel cas, la valeur doit être égale au taux de circulation d'air spécifié dans la norme de la CSA et la valeur RAPPORT-MIN-PI<sup>3</sup>/MIN doit être égale à 1. Toutefois, si la valeur PI<sup>3</sup>/MIN-ASSIGNÉ est supérieure au taux minimal requis de circulation d'air dans la norme de la CSA, on ne modifie pas la valeur et le RAPPORT-MIN-PI<sup>3</sup>/MIN doit être ajusté. La nouvelle valeur RAPPORT-MIN-PI<sup>3</sup>/MIN doit être égale au taux minimal de circulation d'air divisé par la valeur PI<sup>3</sup>/MIN-ASSIGNÉ. Les exemples suivants illustrent ces changements :

#### **Exemple 1 :**

Chambre de patient de 1 593 pi<sup>2</sup>, avec plafond à 12 pieds de haut.

La norme de la CSA stipule qu'une chambre de patient doit afficher un taux minimal de six renouvellement d'air total par heure. Pour la chambre en question, cela se traduit par 1 912 pi<sup>3</sup>/min. Les données de référence pour cette zone doivent donc être changées comme suit :

Fichier DOE2.1 de référence produit :

PI<sup>3</sup>/MIN-ASSIGNÉ = 1443

RAPPORT-MIN-PI<sup>3</sup>/MIN = 0,44

Fichier DOE2.1 de référence modifié :

PI<sup>3</sup>/MIN-ASSIGNÉ = 1912

RAPPORT-MIN-PI<sup>3</sup>/MIN = 1,0

#### **Exemple 2 :**

Chambre de patient de 2 067 pi<sup>2</sup>, avec plafond à 12 pieds de haut.

Cette zone requiert un minimum de 2 481 pi<sup>3</sup>/min. Cependant, en raison des charges de chauffage/climatisation, le bâtiment de référence affiche une valeur maximale de 2 895 pi<sup>3</sup>/min et un RAPPORT-MIN-PI<sup>3</sup>/MIN de 0,41. Dans ce cas, la valeur PI<sup>3</sup>/MIN-ASSIGNÉ peut être laissée telle quelle et la valeur RAPPORT-MIN-PI<sup>3</sup>/MIN doit être changée pour 0,86 (0,86 x 2 895 pi<sup>3</sup>/min ≈ 2 481 pi<sup>3</sup>/min).

**MODIFICATION NO2 – Perte de charge accrue**

Pour un appareil de traitement de l'air pour un immeuble à bureaux, on exige qu'un filtre efficace à 25 %. Selon la norme CSA Z317.2-01, les hôpitaux doivent avoir au moins un système de filtration à deux étages. Le premier étage de filtration est semblable à celui d'un filtre de bureau. Cependant, le deuxième étage doit afficher un taux d'efficacité minimale de 90 % dans les zones de soins des patients. Ce filtre supplémentaire cause généralement une perte de charge de 1,5" à l'alimentation comparativement à un appareil de traitement de l'air typique. Un tel appareil pour hôpital doit également comprendre un plus grand équipement, notamment un silencieux et un humidificateur, qui ajoutent à la perte de charge accrue. Le silencieux est nécessaire afin d'atténuer le bruit du gros ventilateur, résultat de la perte de haute pression causée par le filtre supplémentaire. L'humidificateur est nécessaire pour conserver les niveaux d'humidité précisés dans la norme CSA. Actuellement, le bâtiment de référence présume une perte de pression statique de 4" du côté de l'alimentation. Il n'est pas possible d'atteindre cette valeur pour les hôpitaux en raison du filtre supplémentaire à haut rendement et de l'équipement, par conséquent, la pression statique doit être augmentée de 2,0" ce qui donne une pression statique de 6,0" du côté de l'alimentation pour le bâtiment de référence. Pour le modéliser, la valeur STATIQUE-ALIMENTATION dans le fichier DOE2.1 doit être changée de 4,0 à 6,0 pour chacun des systèmes lorsque la norme de remplacement pour l'hôpital s'applique. La pression statique de reprise du bâtiment de référence peut être modifiée de la même façon en cherchant STATIQUE-REPRISE dans le fichier de référence .DOE, et en augmentant la valeur par défaut de la pression statique de 1" à 1,5" pour les systèmes auxquels s'applique la norme de remplacement pour l'hôpital.

**5.5.9 Installations sans ventilation mécanique**

La ventilation des hangars d'aviation, des marchés de produits alimentaires et des entrepôts d'expédition se fait exclusivement au gré de l'ouverture des portes. Le chauffage y est habituellement assuré par des aérothermes, des plinthes électriques ou des appareils à infrarouge. Donc, il n'y a aucune ventilation mécanique comme telle. Dans certains cas, il y a des ventilateurs d'extraction qui induisent l'aspiration d'air extérieur dans le bâtiment.

Une des conditions de conformité à la validation par RNCAN est la ventilation mécanique des lieux conformément à la partie 5 du CMNÉB. Donc, ces bâtiments dérogent à la règle de ventilation mécanique prévue dans le CMNÉB (partie 5)

Pour les besoins de validation par RNCAN, l'utilisateur a le choix d'exclure de la modélisation ce *type de bâtiment* ou une partie de bâtiment sans ventilation mécanique. L'ajout de la ventilation mécanique dans ces cas est jugé inutile. Par conséquent, RNCAN admet ce *type de bâtiment* parmi les usages admissibles.

**Démarche proposée pour la modélisation**

Une solution de compromis est proposée pour permettre une comparaison équitable de ce *type de bâtiment* au bâtiment de référence.

Le compromis consiste à désactiver le ventilateur en créant un horaire de ventilation de type 24 heures de fonctionnement nul. De cette façon, il y aura quand même modélisation d'un groupe d'appoint d'air pour le bâtiment proposé et un système VAV monobloc pour le bâtiment de référence, mais comme les ventilateurs seront fermés dans les deux cas, la consommation d'énergie de ventilation calculée sera nulle et la totalité du chauffage sera assurée par les appareils de chauffage de zone (aérothermes dans le cas du bâtiment proposé et des convecteurs à eau chaude dans celui du bâtiment de référence).

S'il y a des ventilateurs d'extraction dans la zone considérée, ils seraient également fermés, ce qui constitue une démarche de modélisation erronée. Par conséquent, il y aurait lieu de

transformer la consommation d'énergie des ventilateurs d'extraction en énergie électrique sensible pour tenir compte des ventilateurs d'extraction. L'horaire de procédé devrait correspondre à l'horaire de ventilation dans la définition de cet espace. Le même processus serait appliqué dans les deux cas – bâtiment proposé et bâtiment de référence.

La définition de l'espace comporte déjà un procédé, alors il y a lieu d'ajouter la consommation d'énergie des ventilateurs d'extraction à la consommation d'énergie de procédé.

### **5.5.10 Ventilation en fonction de la demande**

Les stratégies de contrôle de la ventilation selon la demande (CVD) permettent de modifier le volume d'approvisionnement en air de ventilation selon les niveaux mesurés de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans les zones/espaces desservis par un système. Grâce à une stratégie de CVD, les valeurs de l'air de ventilation et de puissance du ventilateur sont ajustées en fonction des habitudes d'occupation. RNCAN a déterminé que cet élément doit être modélisé comme étant une réduction à zéro de l'air de ventilation et de la puissance du ventilateur pour l'équivalent de quatre heures par jour à pleine capacité. Les détecteurs de CO<sub>2</sub> doivent être installés dans toutes les zones et les espaces fermés desservis par un système; aucun crédit ne peut être alloué pour des systèmes de ventilation en fonction de la demande dans plusieurs zones qui sont dotés d'un seul détecteur de CO<sub>2</sub> installé dans le conduit de reprise. Au moins un détecteur de CO<sub>2</sub> par zone thermique est requis. Le crédit pour le CVD est disponible uniquement lorsqu'une stratégie raisonnable de contrôle de la ventilation a été mise en œuvre et a été fondée sur les niveaux de CO<sub>2</sub> dans les zones thermiques et les espaces fermés

#### **Qu'est-ce que le contrôle de la ventilation en fonction de la demande?**

Pour les besoins se rapportant aux crédits de la validation par RNCAN, le contrôle de la ventilation selon la demande désigne un détecteur de dioxyde de carbone autonome installé dans une zone thermique ou un espace fermé (voir la définition ci-après) afin de mesurer le taux de dioxyde de carbone dans ledit espace et de s'en servir comme indicateur de la qualité de l'air intérieur et du confort des occupants de cet espace particulier. Le détecteur commande l'ouverture d'un clapet d'air frais ou l'approvisionnement en air extérieur soit dans la zone ou l'espace fermé ou encore directement à l'unité centrale de ventilation.

À l'heure actuelle seuls les détecteurs de présence et de CO<sub>2</sub> sont admissibles à des crédits de la validation par RNCAN pour le contrôle de la ventilation selon la demande, sauf lorsque cela est précisé dans une autorisation écrite émanant des responsables de RNCAN.

La procédure pour modéliser les systèmes de CVD requiert deux simulations EE4 distinctes qui sont effectuées comme suit :

Complétez toutes les modélisations nécessaires à l'aide du logiciel EE4, en définissant tous les systèmes comme à l'habitude. Le CVD devrait être le dernier élément à effectuer dans le processus de modélisation. Assurez-vous que dans l'onglet « Ventilateur d'alimentation » de l'élément « Système », la fonction « Faire fonctionner les ventilateurs selon l'horaire » est choisie.

Effectuez la simulation comme à l'habitude et sauvegardez le fichier avec un nom comme. (« MonBâtiment-référence.bat ») Il s'agit là du fichier du bâtiment de RÉFÉRENCE soumis.

Dans l'onglet « Horaire » de l'élément « Zone », définissez un nouvel horaire d'exploitation hebdomadaire en fonction de l'ancien horaire. Pendant quatre heures par jour, changez le réglage du ventilateur de 100 % à 0 %. L'utilisateur peut décider la période de quatre heures de la journée qui décrit le mieux l'effet du contrôle de la ventilation selon la demande dans son bâtiment.

Sélectionnez le nouvel horaire pour toutes les zones desservies par la stratégie de CVD. Sauvegardez le fichier à l'aide de la fonction « SAUVEGARDER SOUS » et entrez le nouveau nom, comme « MonBâtiment-proposé-avecCVD.bat ».

Lancez le logiciel et comparez la consommation d'énergie du bâtiment proposé dans le nouveau fichier avec les résultats obtenus pour la consommation d'énergie du bâtiment de référence dans la première simulation EE4. Envoyez les deux fichiers dans la soumission à RNCAN et expliquez clairement, dans les commentaires du simulateur, de quelle façon la caractéristique de CVD a été mise en œuvre.

### **En quoi consiste une zone ou un espace fermé contrôlé au moyen d'un détecteur?**

La définition est étroitement liée à celle qui est utilisée dans le présent document (voir la section 2.2). Pour que la définition soit admissible, elle doit toutefois indiquer plus précisément à quel endroit se trouve le détecteur dans l'espace. Par souci de simplicité, il serait préférable d'installer un détecteur dans chaque espace (aire fermée avec une porte construite pour des personnes), mais cela pourrait ne pas être réaliste dans tous les cas.

Un détecteur situé dans chaque classe ou chaque chambre de patient constitue une définition explicite. Cependant, il est peu probable que les locaux de service adjacents à ces classes ou à ces chambres, comme les salles de rangement, les toilettes et les corridors, soient munis d'un détecteur de CO<sub>2</sub>, et cela est acceptable.

La définition d'espace à utiliser pour les crédits liés au contrôle de la ventilation, selon la demande, est un espace avec un horaire d'exploitation. Tous les espaces occupés, ayant un horaire d'exploitation, devraient être équipés d'un détecteur de CO<sub>2</sub>. RNCAN autorise néanmoins l'utilisation d'un seul détecteur de CO<sub>2</sub> pour un regroupement de plusieurs petits espaces. Cela s'applique notamment à plusieurs bureaux partageant un seul dispositif de distribution de l'air frais. Un dispositif de distribution de l'air frais est une grille, un évent ou un diffuseur raccordé à un conduit qui fournit une quantité d'air frais aux espaces.

Par exemple, les locaux administratifs d'une école peuvent se composer de plusieurs bureaux individuels et autonomes ainsi que d'une aire de travail centrale sans cloisons. L'air frais est acheminé dans l'aire de travail centrale puis diffusé naturellement dans les bureaux adjacents. Il est acceptable de n'installer qu'un détecteur de CO<sub>2</sub> dans ce groupement d'espaces équipé d'un seul dispositif de distribution de l'air frais. Toutefois, si les espaces sont munis de deux dispositifs de distribution de l'air frais, il est nécessaire d'installer deux détecteurs de CO<sub>2</sub> afin de bénéficier d'un crédit complet.

### **Un détecteur de CO<sub>2</sub> installé dans un plenum d'air de reprise permet-il de bénéficier d'un crédit?**

Si le plenum d'air de reprise dessert un seul espace et qu'il n'est pas utilisé pour d'autres espaces visés par le système de traitement de l'air, cela équivaut à un détecteur de CO<sub>2</sub> installé dans l'espace lui-même. Par exemple, si un gymnase utilise une alimentation centrale en air frais et un seul conduit de reprise, le fait d'installer un détecteur de CO<sub>2</sub> dans le conduit de reprise équivaut à l'installation d'un détecteur de CO<sub>2</sub> dans l'espace, c'est-à-dire le gymnase.

Si le plenum dessert plusieurs espaces, par exemple des salles de classe individuelles ou des bureaux et une salle de conférence, l'installation d'un détecteur de CO<sub>2</sub> dans le plenum d'air de reprise ne sera pas considérée comme admissible à un crédit pour le CVD. Il serait alors nécessaire d'installer un détecteur de CO<sub>2</sub> dans chaque espace pour recevoir le crédit.

### **Est-il possible qu'un seul espace devant être divisé en plusieurs zones pour les besoins de la modélisation de consommation d'énergie nécessite plus d'un détecteur de CO<sub>2</sub>?**

Dans certains cas, il s'avère nécessaire de diviser en plusieurs zones un espace desservi par un seul système de traitement de l'air. C'est ce qui se produit habituellement avec les espaces d'entreposage. Le périmètre de l'espace d'entreposage est chauffé grâce à un système périphérique pour compenser les pertes de chaleur par les murs alors que la zone intérieure de ce même espace nécessite une capacité de chauffage réduite en raison de charges moindres. Le fait de regrouper ces zones pour n'en former qu'une seule pourrait entraîner durant la simulation un certain nombre d'heures de chauffage non satisfaites. Par conséquent, il peut être nécessaire de diviser un espace en plusieurs espaces et zones afin de bien tenir compte des exigences relatives au chauffage. Si on installe une seule sonde de CO<sub>2</sub> dans cet espace, celle-ci peut servir pour tous les espaces et zones desservis par un même système de traitement de l'air. Ceci implique que la division des espaces et des zones en espaces et en zones multiples est réalisée pour les besoins de la simulation uniquement.

#### **Comment entrer les niveaux minimaux d'air extérieur aux endroits où les détecteurs déterminent les niveaux minimaux?**

Le groupe de traitement de l'air devra être conçu pour un certain type d'occupation et aura donc une capacité de l'air de soufflage. Le simulateur devra allouer ce débit d'air dans les espaces desservis par le système et présenter les calculs aux fins de la validation.

### ***5.5.11 Ventilation à la demande réglée par détecteurs de présence***

Les détecteurs de présence servent normalement à commander les circuits d'éclairage, mais RNCan autorisera un emploi limité de ces détecteurs pour la commande des systèmes de ventilation en fonction des économies réalisées dans les salles de classe. Sont énumérées ci-dessous les conditions d'emploi de détecteurs de présence pour la commande des systèmes de ventilation :

1. leur emploi est limité aux écoles et autres établissements d'enseignement;
2. leur emploi dans une salle d'entraînement dans un immeuble à bureau pour réguler la ventilation est interdit pour le moment;
3. les détecteurs ne pourront entraîner une réduction du temps de fonctionnement des ventilateurs supérieure à 2 heures par rapport à l'horaire par défaut prévu dans le CMNÉB;
4. un détecteur de présence doit être placé dans tous les locaux desservis par le système de distribution d'air de ventilation (c.-à-d. que si 4 salles de classe sont desservies par un groupe de traitement de l'air mais que seulement 3 sont équipées d'un détecteur de présence, l'installation au complet est disqualifiée pour ce qui concerne le crédit pour ventilation à la demande);
5. la documentation fournie doit montrer clairement les séquences de commande entre le détecteur et le ventilateur d'alimentation du groupe de traitement de l'air/registre d'air neuf.

Voici la façon de modéliser ce type d'installation, qui est la même pour le CVD avec détecteur de CO<sub>2</sub> dans le logiciel EE4 (2 simulations EE4 requises).

#### **Bâtiment de référence :**

1. Utiliser l'horaire par défaut du CMNÉB pour les zones où sont installés les détecteurs de présence.

2. Faire toutes les entrées requises, sauvegarder et retenir seulement le bâtiment de référence.

#### **Bâtiment proposé :**

1. Modifier l'horaire hebdomadaire de ventilation à « Fermé » (0 %) lorsque le réglage est normalement « En marche » (100 %) pendant 2 heures tous les jours et sauvegarder ce nouvel horaire hebdomadaire sous un nouveau nom ;
2. Recommencer pour chaque horaire admissible à la commande de ventilation par détecteur de présence ;
3. Sauvegarder le fichier sous un nom inédit et retenir seulement le bâtiment proposé ;
4. Présenter les deux simulations EE4 à l'appui de la demande de validation à RNCan.

## **5.6 Transfert d'air**

La case à cocher « Transfert d'air », située dans la boîte de dialogue « Pièce », sous l'onglet « Occupant », permet de déterminer les pièces qui reçoivent leur air de ventilation à partir d'autres espaces situés dans la même zone.

Lorsqu'un utilisateur coche la case « Transfert d'air », le logiciel EE4 fixe à zéro (0) le débit d'air extérieur minimal. L'utilisateur doit modifier l'onglet « Occupant » de la pièce d'où provient l'air qui doit être transféré, en augmentant l'apport d'air extérieur dans cette pièce afin que toute la zone reçoive la quantité adéquate d'air de ventilation. L'air extérieur précisé pour la pièce d'où provient l'air, répondra aux besoins en air extérieur tant de cette pièce que de la pièce vers laquelle se fait le transfert d'air (les cuisines ou les toilettes seulement).

Prenons, par exemple, une zone qui comporte deux pièces, l'une étant une cuisine (superficie = 10 m<sup>2</sup>) et l'autre, une pièce de détail de type A (superficie = 100 m<sup>2</sup>). Le concepteur souhaite empêcher les odeurs de cuisine de pénétrer dans l'espace de détail en expulsant l'air de la cuisine et en puisant l'air de ventilation de la cuisine dans l'espace de détail. Dans le présent cas, l'onglet « Occupant » de la cuisine indique « Transfert d'air ».

Supposons que le besoin en air extérieur (AE) pour la pièce de détail est identique aux valeurs implicites prévues par le CMNÉB (soit une densité d'occupation de 30 m<sup>2</sup>/occ. et un besoin minimal en air extérieur de 1 L/s/m<sup>2</sup>). Ainsi, l'air extérieur total nécessaire pour la pièce de détail est de 100 m<sup>2</sup> x 1 L/s/m<sup>2</sup> = 100 L/s. Supposons que l'air extérieur nécessaire pour la cuisine correspond également aux valeurs implicites du CMNÉB, soit 1,5 L/s/m<sup>2</sup> x 10 m<sup>2</sup> = 15 L/s. Puisque la pièce de détail fournit maintenant l'AE qu'il lui faut ainsi que celui de la cuisine, les besoins totaux en AE qui doivent être précisés pour la pièce de détail sont de 100 + 15 = 115 L/s. La densité d'occupation pour les deux pièces est laissée comme valeur implicite.

## **5.7 Récupération de chaleur de l'air vicié**

Les récupérateurs de chaleur assurent le transfert dans l'air de ventilation admis de la chaleur sensible contenue dans l'air extrait. Ce transfert de chaleur permet de réduire les besoins en chauffage de l'air de ventilation en hiver, et les besoins en refroidissement de celui-ci en été. Les ventilateurs récupérateurs d'énergie assurent le transfert de la chaleur et de la vapeur d'eau de la veine d'air extrait à la veine d'air admis. Ce transfert de vapeur d'eau permet de réduire les besoins en humidification en hiver de même que les besoins de froid latent en été en réduisant l'humidité de l'air admis.

Seule la récupération de chaleur sensible peut faire l'objet de crédits et être modélisée directement dans le logiciel EE4. Le rendement est entré dans l'élément « Système », sous l'onglet « Air extérieur ». La plupart des fabricants d'appareils de récupération de chaleur peuvent fournir les valeurs de rendement déterminées pour leurs produits, lesquelles devraient idéalement être conformes à la norme ARI 1060. Le rendement des ventilateurs de récupération est fonction de leur débit d'air et la valeur indiquée dans le logiciel EE4 doit correspondre aux débits prescrits d'air soufflé (air d'alimentation) et d'air extrait. Si l'on connaît les valeurs de rendement de chauffage et de refroidissement, il faut en faire la moyenne et entrer cette dernière dans le logiciel EE4; cependant, si le VRC ne fonctionne pas au cours de la saison de refroidissement, seul le rendement de chauffage doit être utilisé.

On doit calculer le rendement selon la méthode décrite dans le manuel de l'ASHRAE portant sur les systèmes et les appareils de CVCA (HVAC Systems and Equipment).

$$\varepsilon = \frac{W_s (X_2 - X_1)}{W_{\min} (X_3 - X_1)}$$

Où,

- $\varepsilon$  = rendement à entrer dans le logiciel EE4 (valeur entre 0 et 1),
- $W_s$  = débit d'air d'alimentation,
- $W_{\min}$  = débits minimaux d'air d'alimentation et d'air extrait,
- $X_1$  = température au bulbe sec de l'air d'alimentation en amont du récupérateur de chaleur, aux conditions nominales ;
- $X_2$  = température au bulbe sec de l'air d'alimentation en aval du récupérateur de chaleur, aux conditions de calcul,
- $X_3$  = température au bulbe sec de l'air extrait entrant dans le récupérateur de chaleur.

En général, toutes ces valeurs sont indiquées sur les fiches techniques fournies par les fabricants ou encore sur les dessins ou les devis de mécanique. Si le débit dans l'appareil est équilibré,  $W_s = W_{\min}$  et l'équation est réduite à de simples températures.

Si l'on n'a pas encore choisi un produit particulier ou encore si les données techniques du produit choisi ne sont pas disponibles, une valeur implicite de 0,50, et de 0,45 dans le cas des échangeurs à eau chaude ou à eau glycolée, peut être utilisée.

Aucun crédit n'est accordé pour une réduction de la charge calorifique ou frigorifique latente associée à la récupération de la chaleur.

À la traversée d'un récupérateur de chaleur, l'air subit une perte de charge qui doit être compensée par les ventilateurs d'alimentation et de reprise. Si tous les ventilateurs centraux d'alimentation et de reprise sont pris en compte comme il est indiqué dans la section 5.4, cette puissance additionnelle est alors automatiquement prise en compte. Toutefois, certains groupes de récupération de chaleur sont dotés de petits ventilateurs intégrés, désignés « ventilateurs récupérateurs de chaleur ». Il importe, dans ce cas, d'ajouter la puissance (ou la pression statique – sauf pour les appareils d'appoint, voir la section 5.7.2) de ces ventilateurs à celle du ventilateur d'alimentation central. Dans le cas d'un ventilateur-récupérateur de chaleur, ajoutez aussi la puissance du moteur au système central.

Si la puissance est entrée directement, il suffit d'ajouter la puissance nominale en watts du ventilateur récupérateur à la puissance du ventilateur d'alimentation.

Par contre, si l'on entre plutôt la pression statique/le rendement dans le logiciel EE4, il faut alors convertir la puissance du ventilateur récupérateur en pression statique à l'aide de l'équation suivante, et l'ajouter à la pression statique du ventilateur d'alimentation.

$$PS = \frac{W \times RM}{F} \times 1000$$

Où,

PS = pression statique en pascals,

W = puissance totale des ventilateurs récupérateurs (alimentation et extraction) en watts,

RM = rendement des moteurs des ventilateurs récupérateurs (valeur implicite de 0,66),

D = débit d'air du ventilateur récupérateur (alimentation) en L/s.

*Nota* : La récupération de chaleur ne peut être modélisée que si le système comprend un ventilateur de reprise (exigence du DOE2).

### **5.7.1 Récupérateurs de chaleur intégrés à des ventilateurs d'extraction**

Si des récupérateurs de chaleur sont intégrés à des ventilateurs d'extraction de zone, il ne faut pas entrer ces derniers comme des ventilateurs d'extraction. Il faut plutôt modifier la pression statique et le rendement des ventilateurs de reprise pour qu'elles tiennent compte de la consommation d'énergie des ventilateurs d'extraction, et augmenter le rendement de récupération (pondéré en fonction du débit) pour qu'il tienne compte de la chaleur récupérée par ces ventilateurs. Par exemple, si une zone est desservie par un ventilateur de récupération central présentant un rendement de 60 % pour un débit de 900 pi<sup>3</sup>/min, et par un récupérateur de chaleur d'un rendement de 75 % pour un débit de 100 pi<sup>3</sup>/min intégré à un ventilateur d'extraction monté dans un local mécanique, le rendement de récupération sera de 62 % (60 % x 90 % + 75 % x 10 % du débit).

Si, dans l'exemple précédent, il n'y a pas de ventilateur de reprise, il faut en créer un de la façon suivante, en utilisant l'équation de la section 5.7 ci-dessus :

$$PS = [(600 * 0,60) / (900 + 100) * 0,472] * 1000 = 839 \text{ pascals.}$$

On présume dans l'exemple ci-dessus, que la puissance totale des récupérateurs de chaleur est de 600 watts et que les deux appareils ont un rendement de 66 % (Voir la section 5.7 pour la valeur par défaut du rendement du moteur du VRC. Le facteur de 0,472, dans l'équation ci-dessus, permet de convertir de pi<sup>3</sup>/min en L/s).

Par contre, s'il y a un ventilateur de reprise d'une puissance de 1,5 kW et d'un débit 1200 pi<sup>3</sup>/min et, en plus, des récupérateurs de chaleur, alors il faudra modifier la pression statique comme suit:

$$PS = [(1500 + 600) * 0,66 / (1200 + 900 = 100) * 0,472] * 1000 = 1335 \text{ pascals.}$$

### **5.7.2 Récupérateurs de chaleur intégrés à des ventilateurs d'extraction avec groupes d'appoint d'air**

Le logiciel EE4/DOE-2 (version 2.1E) simule la récupération de la chaleur par une méthode basée sur l'extraction centrale. Dans le cas de groupes d'appoint d'air (systèmes à ventilo-convecteurs, à panneaux radiants et à thermopompes), l'air extérieur est préchauffé puis soufflé dans les espaces. Aucun ventilateur de reprise n'est requis ni entré dans le logiciel EE4. Cependant, le bâtiment réel a besoin d'un ventilateur central de reprise qui est ajouté aux données sur le ventilateur de soufflage et entré dans le logiciel EE4.

La méthode employée pour modéliser la récupération de chaleur dans le logiciel EE4-DOE-2 (version 2.1E) consiste à réduire le débit d'air extérieur par un équivalent du rendement de récupération de chaleur. Le rendement de récupération de chaleur est calculé selon la méthode décrite précédemment dans les sous-sections 5.7.

À titre d'exemple, si le rendement de récupération entré pour le ventilateur d'extraction de zone est de 45 %, EE4 réduit la valeur du débit d'air extérieur de 45 %. On présume alors que le débit d'air extrait est égale à le débit d'air extérieur introduit au bâtiment. Si les débits sont déséquilibrés, se reporter à la section suivante, « Récupération de chaleur et débits d'air extrait et d'alimentation différents ».

De plus, pour ce qui est du ventilateur d'alimentation intégré au groupe d'appoint d'air, il FAUT entrer la pression statique et le rendement de ce dernier plutôt que sa puissance nominale. Si l'on entre la puissance nominale directement, le groupe d'appoint de l'alimentation du ventilateur diminuera proportionnellement à l'air extérieur pour simuler la récupération de chaleur (méthode DOE-2 de traitement de la puissance), ce qui est incorrect. Le fait d'entrer la pression statique et le rendement du groupe moteur-ventilateur ne modifiera en rien la puissance calculée du ventilateur et la quantité calculée d'énergie calorifique ajoutée à la veine d'air. Utiliser la méthode décrite précédemment pour convertir la puissance du ventilateur en pression statique équivalente.

### **5.7.3 Récupération de chaleur et débits d'air extrait et d'alimentation différents – avec groupes d'appoint d'air**

Pour les appareils d'appoint d'air alimentant des thermopompes réparties ou des ventiloconvecteurs, le rendement du VRC doit être corrigé s'il ne correspond pas au débit entre l'appoint et l'extraction du VRC. L'équation suivante sert à calculer le facteur de correction :

$$\text{Facteur de correction du groupe d'appoint d'air} = \frac{\text{Air extrait dans le récupérateur}}{\text{Air d'alimentation dans le récupérateur}}$$

Le rendement nominal du récupérateur de chaleur (au débit d'air d'évacuation) doit être multiplié par le facteur de correction pour obtenir le rendement à entrer.

Par exemple, les besoins en air extérieur d'une école sont de 2500 L/s et une récupération de chaleur existe sur un certain nombre de ventilateurs d'extraction de salle de toilettes ayant un débit total de 1000 L/s et par un ventilateur d'extraction central ayant un débit de 100 L/s. Le rendement doit alors être modifié comme suit :

$$\text{Facteur de correction} = (1000 + 100) / 2500 = 0,44$$

Si le rendement nominal annoncé par le fabricant est de 60 %, alors le rendement modifié sera de 26 % ( $0,60 * 0,44$ ).

Si le débit d'air extrait passant dans le récupérateur de chaleur est supérieur au débit d'air d'alimentation, aucune modification n'est nécessaire. Entrer le rendement du récupérateur de chaleur au débit d'air d'alimentation.

### **5.7.4 Récupération de chaleur et horaires d'exploitation différents pour les ventilateurs d'alimentation et d'extraction**

Une des considérations supplémentaires relatives au rendement de récupération de chaleur est la présomption que les horaires d'exploitation des ventilateurs d'alimentation, de reprise et d'extraction sont identiques. L'horaire d'exploitation défini dans un système s'applique à tous les

ventilateurs (alimentation, reprise et extraction) de façon identique. Si, par contre, les ventilateurs d'extraction fonctionnent selon des horaires différents des ventilateurs d'alimentation et de reprise, alors une correction supplémentaire doit être apportée afin de modéliser le rendement de récupération.

#### **Exemple :**

Les ventilateurs d'extraction fonctionnent 12 heures par jour et les ventilateurs d'alimentation et de reprise, 18 heures par jour.

$$\text{Facteur temps VRC} = 12 / 18 = 0,66.$$

Dans ce cas-ci, le rendement de 26 % serait de l'exemple précédent à 17 % ( $26 * 0,66$ ) en raison d'une récupération de chaleur non-existante pendant les heures dont les ventilateurs d'extraction ne fonctionnent pas.

### **5.7.5 Récupération de chaleur avec préchauffage de l'air par thermie solaire**

Pour un bâtiment proposé utilisant un système de chauffage de l'air par thermie solaire combiné à un VRC afin de préchauffer l'air extérieur admis, il faut tenir compte de l'effet de couplage de ces deux systèmes; on ne peut utiliser toute l'énergie thermique produite par le système de chauffage solaire pour réduire la charge de chauffage de l'air de ventilation du bâtiment.

L'énergie disponible captée par le système solaire est estimée généralement au moyen d'un outil comme RETScreen. Afin d'estimer l'énergie réellement utilisable fournie par le système de chauffage solaire, lorsqu'il est jumelé à un VRC, on doit estimer la charge de chauffage de l'air de ventilation pour chaque mois, soustraire de ce total l'énergie récupérée par le VRC puis calculer la production d'énergie utilisable issue du système solaire. La charge de chauffage de l'air de ventilation doit être calculée en utilisant la température maximale de l'air extérieur pour chaque mois.

#### **Exemple de calcul mensuel :**

Charge de chauffage de l'air de ventilation pour janvier :

$$\begin{aligned} &= \text{débit (pi}^3/\text{min)} \times 1,08 \times \text{différence de température de l'air de ventilation} / 3413 \times \text{h/mois} \\ &= 5000 \text{ pi}^3/\text{min} \times 1,08 \times (65 - 21,6) / 3413 \times (22 \text{ jours} \times 10 \text{ h/jour}) \text{ kWh/mois} \\ &= 21,287 \text{ kWh/mois} \end{aligned}$$

Où,

$$\begin{aligned} &5000 \text{ pi}^3/\text{min} \text{ est le taux de ventilation;} \\ &65 \text{ (la température souhaitée de l'air extérieur en } ^\circ\text{F);} \\ &21,6 \text{ (la température maximale moyenne durant la journée en } ^\circ\text{F);} \end{aligned}$$

On calcule l'énergie récupérée par le VRC comme suit :

$$\begin{aligned} &= \text{charge mensuelle de chauffage} \times \text{efficacité du VRC} \\ &= 21,287 \text{ kWh/mois} \times 0,72 \text{ (efficacité sensible)} \\ &= 15,326 \text{ kWh/mois} \end{aligned}$$

Production d'énergie solaire estimée selon RETScreen :

$$\begin{aligned} &= \text{isolation disponible/m}^2 \times \text{zone du système solaire} \times \% \text{ efficacité} \times \% \text{ disponibilité durant} \\ &\quad \text{les heures d'exploitation} \\ &= 3,28 \text{ kWh/m}^2/\text{jour} \times 22 \text{ jours/mois} \times 60 \text{ m}^2 \times 73 \% \text{ thermie solaire efficace} \times 65 \% \text{ de} \\ &\quad \text{disponibilité durant les heures d'exploitation} \end{aligned}$$

= 2895 kWh/mois

### Résultat :

Production maximale de thermie solaire utilisable :

= le moindre des deux (charge de chauffage – énergie du VRC) ou production selon RETScreen  
= (21,287 – 15,326) = 5,961 kWh/mois, ou  
= 2895 kWh/mois

Le moindre des deux est 2895 kWh/mois (ce qui constitue l'énergie utile issue de la thermie solaire pour janvier).

Le même calcul doit être effectué, de préférence à l'aide d'un tableur, pour chaque mois de l'année, en n'oubliant pas que la plupart des bâtiments ne pourront réclamer une énergie utile issue du système de thermie solaire pour les mois de mai à septembre.

Dès que l'énergie utile totale issue de l'énergie solaire a été calculée, elle peut être soustraite du combustible de chauffage utilisé pour chauffer l'air de ventilation.

Poursuivons avec l'exemple ci-dessus :

En présumant que les systèmes de VRC/thermie solaire alimente un appareil d'appoint d'air doté d'un serpentin de chauffage hydronique qui est alimenté par une installation géothermique, l'énergie économisée en utilisant le système solaire est le total utilisable de l'énergie calculée divisé par le COP de l'installation géothermique.

= 8650 kWh (total calculé de l'énergie solaire utilisable) / 3,0 (COP de l'installation géothermique)  
= 965 kWh (énergie solaire utilisable soustraite de la consommation d'énergie électrique du bâtiment proposé).

## 5.8 Humidificateurs

Les humidificateurs électriques ou à eau chaude peuvent être modélisés dans l'élément « Système », sous l'onglet « Humidité ». Toutefois, il est recommandé de ne modéliser des humidificateurs que dans le cas de bâtiments présentant d'importants besoins en humidification.

En modélisant les humidificateurs, les simulateurs doivent comprendre l'article (alinéa) 5.2.11.1 .(2) du CMNÉB : « Les humidostats exigés au paragraphe 1) doivent pouvoir être réglés de manière qu'il soit impossible de consommer de l'énergie pour porter le taux d'humidité relative à plus de 30 % ou le ramener à moins de 60 % à des fins de confort. »

La simulation des humidificateurs qui opèrent (fonctionnent) dans l'aire proscrite pourrait être inadmissible à un crédit. Il se peut qu'une preuve soit requise pour démontrer la nécessité d'humidification.

Les humidificateurs à vapeur doivent être modélisés comme des humidificateurs à eau chaude si la vapeur est fournie par une chaudière centrale ou une installation collective. Les humidificateurs à vapeur autonomes doivent être modélisés comme des humidificateurs électriques.

Si les humidificateurs à vapeur/eau chaude sont alimentés à partir d'une chaudière centrale dédiée à l'humidification, alors cette dernière doit être désignée comme faisant partie du système de chauffage centralisé. Malheureusement, le logiciel EE4 ne permet d'entrer qu'un seul type de chaudière par système de chauffage, celle-ci doit donc avoir une fonction combinée de chauffage et d'humidification.

À cet égard, il faut ajouter la puissance de la chaudière de chauffage à celle de la chaudière destinée à alimenter le ou les humidificateurs, et pondérer cette valeur au moyen du rapport entre la charge de chauffage et la charge d'humidification des espaces desservis. Ceci nécessite deux simulations distinctes.

#### **Simulation 1 : sans humidification**

Entrer la puissance et le rendement de chauffage. À partir du rapport DOE2 PS-A, indiquer la charge calorifique du système (MBTU).

#### **Simulation 2 : avec humidification**

Entrer la puissance des humidificateurs ainsi que la puissance totale de la chaudière (humidification/chauffage) de même que le rendement de chauffage. Sur le rapport DOE2 PS-A, enregistrer la charge calorifique du système (en MBTU), qui comprend maintenant toute la fonction humidification.

La différence entre les deux opérations constitue la charge d'humidification (MBTU).

#### **Exemple :**

Chaudière/chauffage : puissance de 500 kW, rendement de 88 % ; chaudière/humidification : puissance de 200 kW, rendement de 70 %.

Simulations EE4 :

charge calorifique chauffage seulement = 3200 MBTU ;  
charge calorifique humidification = 1450 MBTU.

Rendement global :

$$\begin{aligned} &= (\text{rendement humid.} * \text{charge calor. humid.} + \text{rendement chauff.} * \text{charge calor. chauff.}) / \\ &\quad (\text{charge calor. humid.} + \text{charge calor. chauff.}) \\ &= (0,70 * 1450 + 0,88 * 3200) / (1450 + 3200) = 0,824 \text{ (valeur entrée dans le logiciel EE4).} \end{aligned}$$

## **5.9 Économiseurs d'énergie**

Des économiseurs d'énergie montés côté air peuvent être modélisés dans le cas de la plupart des types de systèmes, dans l'élément « Système », sous l'onglet « Air extérieur ». Dans le logiciel EE4, les systèmes à ventilo-convecteurs et à thermopompes hydroniques fonctionnent avec 100 % d'air extérieur; ils ne peuvent donc pas comporter de dispositifs économiseurs. De façon similaire, si un système fonctionne avec 100 % d'air extérieur (débits d'alimentation du système ou de la zone correspondent au débit d'air extérieur), un économiseur n'a aucun effet sur la consommation d'énergie. Pour un système sans refroidissement, un économiseur d'énergie peut quand même être modélisé si le système utilise un registre d'air extérieur pour maintenir la température de l'air de retour ou de l'air mélangé à un certain niveau par échange avec l'extérieur.

Des économiseurs montés côté eau (côté tour) ne peuvent être modélisés directement dans le logiciel EE4. Le nombre d'heures de fonctionnement prévu de tels appareils doit être calculé à la main. Ce calcul peut ensuite être utilisé pour corriger le COP du refroidisseur.

## **5.10 Serpentins de préchauffage**

Des serpentins de préchauffage peuvent être modélisés dans le logiciel EE4 pour tous les systèmes de traitement de l'air. Le logiciel permet qu'ils soient électriques ou hydronique et il établit leur puissance automatiquement de manière qu'ils soient en mesure d'amener l'air admis à la valeur entrée comme température de l'air d'alimentation préchauffé. L'utilisateur ne peut entrer la puissance réelle du serpentins de préchauffage.

Si l'appareil est du type à eau chaude, il peut être entré comme étant un serpentin de préchauffage ou comme puissance supplémentaire de l'eau chaude (dimension du serpentin) dans le groupe de traitement de l'air.

## 6. MODÉLISATION DE SYSTÈMES DE CVCA

Sélectionner un système approprié de chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVCA) est un des aspects les plus importants et les plus exigeants du processus de modélisation de bâtiments. Le logiciel d'analyse EE4 permet la modélisation de quinze (15) types fondamentaux de systèmes de CVCA. Même s'il existe virtuellement sur le marché des douzaines de types différents de systèmes, la plupart peut être modélisée adéquatement au moyen de l'un ou de plusieurs des modèles prévus. Dans le cas de ceux qui ne pourraient l'être pour une raison quelconque, le logiciel EE4 permet d'en obtenir une représentation raisonnable moyennant quelques interventions particulières. Il permet parfois également de simuler un système en combinant les caractéristiques de deux ou de plusieurs des 15 modèles de base. Il est donc essentiel de bien connaître ces systèmes de référence pour être en mesure de choisir le plus approprié.

La présente section définit les 15 systèmes « traditionnels » prévus dans le logiciel EE4 et précise les instructions sur la façon de procéder pour modéliser des systèmes réels et courants, de même que des systèmes un peu moins traditionnels, à partir de ces derniers. On trouvera à l'annexe C une description détaillée des 15 différents systèmes, y compris des représentations schématiques pertinentes ainsi que les instructions concernant les données à entrer dans le logiciel.

### 6.1 Types de systèmes de base prévus dans le logiciel EE4

Le logiciel EE4 permet de modéliser jusqu'à 15 types différents de systèmes de CVCA. Ces quinze types peuvent être répartis en deux groupes : les systèmes de zone, également désignés systèmes distribués (à eau) et les systèmes centralisés. On trouvera une liste des différents types de systèmes au Tableau 6-1. Un même bâtiment est souvent doté de plus d'un type de système.

**Tableau 6-1 - Systèmes de CVCA pouvant être modélisés dans le logiciel EE4**

Systèmes de zone/distribués (à eau)	Systèmes/Groupes de traitement centralisés
Systèmes à thermopompes (sur boucle d'eau ou hydroniques)	Systèmes monozones à détente directe
Systèmes à ventilo-convecteurs à deux tuyaux	Systèmes multizones VAC (volume d'air constant) monobloc
Systèmes à ventilo-convecteurs à quatre tuyaux	Systèmes VAC (volume d'air constant), constitués de blocs autonomes, à un conduit
Systèmes à éjecto-convecteurs à deux tuyaux	Systèmes VAV (volume d'air variable) monobloc
Systèmes à éjecto-convecteurs à quatre tuyaux	Systèmes multizones monobloc
	Systèmes monozones constitués de blocs autonomes
	Systèmes VAV (volume d'air variable) constitués de blocs autonomes
	Systèmes multizones constitués de blocs autonomes
	Systèmes à deux conduits
	Systèmes à deux conduits/deux ventilateurs

Les renseignements concernant les systèmes de CVCA du bâtiment doivent être entrés dans les éléments « Centrale », « Système », « Zone » et « Espace » de l'arbre du bâtiment. Il existe des différences significatives dans la façon dont le logiciel EE4 traite les systèmes de zone et les systèmes centralisés. On trouvera au Tableau 6-2 les paramètres à entrer dans chaque élément.

Dans le cas des systèmes de zone (à eau), le chauffage et le refroidissement sont assurés principalement par un appareil de zone, c'est-à-dire monté dans la zone à desservir. Le groupe d'appoint d'air, qui sert uniquement à fournir l'air de ventilation tempéré (air extérieur) nécessaire, est décrit sous l'onglet « Général » de l'élément « Système ». Ainsi, le débit d'air à entrer dans l'élément « Système » est déterminé par les besoins minimaux en air extérieur des espaces desservis par le système. Les groupes d'appoint d'air ne servent qu'à préchauffer ou tempérer l'air extérieur admis; le conditionnement final de l'air des espaces est effectué dans les zones. Dans le logiciel EE4, la température de chauffage de la veine d'air doit toujours être inférieure à la température de refroidissement de cette dernière.

Les systèmes ou groupes de traitement centralisés assurent le chauffage, la ventilation et le refroidissement de l'air. Les serpentins de réchauffage et les plinthes chauffantes de zone sont considérés comme des systèmes secondaires qui assurent un chauffage ou un refroidissement d'appoint. Comme les systèmes centralisés assurent les fonctions de chauffage et de refroidissement et fournissent l'air de ventilation, les débits d'air, dans le cas de ces derniers, sont beaucoup plus élevés que ceux des systèmes de zone. Ces débits sont généralement spécifiés par l'utilisateur.

Avec le logiciel EE4, il faut entrer les systèmes multizones dans l'arbre du bâtiment avant d'entrer les systèmes monozones. Le nombre de systèmes pouvant être entrés est illimité.

Tableau 6-2 - Récapitulatif des données relatives aux systèmes de CVCA

<p><b>Centrale</b></p> <p>Pour tous les systèmes, définir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chauffe-eau sanitaire</li> <li>• Chaudière (si chauffage hydronique)</li> <li>• Refroidisseur (si refroidissement hydronique)</li> <li>• Tour de refroidissement (si condenseur refroidi à l'eau)</li> <li>• Thermopompe sur boucle d'eau (le cas échéant)</li> </ul>			
<p><b>Système</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Choisir un type de système parmi les 15 types définis</li> </ul>			
<p><b>Systèmes hydroniques (à eau)</b> (à thermopompes et à ventilo-convecteurs)</p>		<p><b>Systèmes aérauliques (à air)</b> (VAC et VAV)</p>	
<p>Définir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caractéristiques de chauffage/refroidissement du groupe d'appoint d'air</li> <li>• Caractéristiques du ventilateur d'alimentation du groupe d'appoint d'air</li> <li>• Caractéristiques du récupérateur de chaleur</li> </ul>		<p>Définir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caractéristiques de chauffage/refroidissement du groupe de traitement centralisé</li> <li>• Caractéristiques des ventilateurs d'alimentation et de reprise</li> <li>• Caractéristiques de l'économiseur d'énergie et du récupérateur de chaleur</li> <li>• Caractéristiques de préchauffage ou de réchauffage</li> </ul>	
<p><b>Zone</b></p>			
<p><b>Thermopompes</b></p>	<p><b>Ventilo-convecteurs</b> <b>Éjecto-convecteurs</b></p>	<p><b>VAV</b></p>	<p><b>VAC</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• COP et caractéristiques de chauffage et de refroidissement des thermopompes terminales</li> <li>• Puissance et débit des ventilateurs terminaux</li> <li>• Horaires d'exploitation des ventilateurs d'alimentation et d'extraction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissances calorifique et frigorifique des ventilo-convecteurs</li> <li>• Puissance et débit des ventilateurs terminaux</li> <li>• Horaires d'exploitation des ventilateurs d'alimentation et d'extraction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de réchauffage des éléments terminaux (le cas échéant)</li> <li>• Débits max. et min. de zone</li> <li>• Horaires d'exploitation des ventilateurs d'alimentation/de reprise et d'extraction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de réchauffage des éléments terminaux (le cas échéant)</li> <li>• Débit de zone</li> <li>• Horaires d'exploitation des ventilateurs d'alimentation/de reprise et d'extraction</li> </ul>
<p><b>Espace</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilateurs d'extraction de zone</li> <li>• Densité d'occupation et taux de renouvellement d'air minimal requis</li> <li>• Charges de chauffage de l'eau sanitaire et débits maximaux</li> </ul>			

## 6.2 Choix d'un système approprié

Avec 15 types différents de systèmes de base, il peut parfois sembler que deux types ou davantage pourraient être utilisés pour simuler le système proposé ou encore qu'aucun des types prévus ne convient. Ci-après est énoncée une procédure étape par étape destinée à permettre de sélectionner le type le plus approprié. Selon cette procédure, les 15 systèmes sont répartis en cinq groupes généraux.

### Systèmes à prédominance de refroidissement

**Étape 1.** Comment le froid est-il distribué dans l'espace, par voie aéraulique ou par voie hydronique?

Si l'espace est refroidi par l'air froid soufflé d'un groupe de traitement de l'air, il s'agit d'un système aéraulique (à air); il faut alors passer à l'étape 2.

Si l'espace est refroidi par l'eau réfrigérée ou tempérée, acheminée par un réseau de canalisations, il s'agit d'un système hydronique (à eau), notamment un système à ventilo-convecteurs, un système à éjecto-convecteurs ou un système à thermopompes sur boucle d'eau. Se reporter aux sections 6.3.1 et 6.3.2.

**Étape 2.** Le système dessert-il une seule zone ou plusieurs zones?

S'il s'agit d'un système multizone (p. ex. un système aéraulique desservant plusieurs zones), il faut passer à l'étape 3.

Si le système ne dessert qu'une seule zone, il s'agit soit d'un système monozone à détente directe, soit d'un système monozone constitué de blocs autonomes. Se reporter à la section 6.3.3.

**Étape 3.** Le volume d'air fourni par le groupe de traitement centralisé est-il constant ou variable?

Si le débit d'air est variable, il s'agit d'un système VAV (à volume d'air variable); il faut passer à l'étape 4.

Si le débit d'air est constant, il s'agit d'un système multizone VAC (à volume d'air constant). Se reporter à la section 6.3.4.

**Étape 4.** Comment l'air est-il refroidi au groupe de traitement centralisé, au moyen d'un serpentin d'eau réfrigérée ou par détente directe d'un frigorigène?

Si l'air est refroidi par détente directe d'un frigorigène, il s'agit d'un système VAV monobloc. Se reporter à la section 6.3.5.

Si l'air est refroidi par un serpentin d'eau réfrigérée intégré au groupe de traitement centralisé, il s'agit d'un système VAV constitué de blocs autonomes. Se reporter à la section 6.3.6.

### Systèmes à prédominance de chauffage

**Étape 1.** Comment la chaleur est-elle distribuée dans l'espace, par voie aéraulique, hydronique ou électrique?

Si l'espace est chauffé par l'air chaud soufflé d'un groupe de traitement de l'air, il s'agit d'un système aéraulique (à air); il faut alors passer à l'étape 2

Si l'espace est chauffé par l'eau chaude ou tempérée, acheminée par un réseau de canalisations ou simplement au moyen de plinthes chauffantes électriques, il faut alors modéliser le système comme un système à ventilo-convecteurs, à éjecto-convecteurs ou à thermopompes sur boucle d'eau. Se reporter aux sections 6.3.1 et 6.3.2.

**Étape 2.** Le système dessert-il une seule zone ou plusieurs zones?

S'il s'agit d'un système multizone (p. ex. un système aéraulique desservant plusieurs zones), il faut passer à l'étape 3.

Si le système ne dessert qu'une seule zone, il s'agit soit d'un système monozone à détente directe, soit d'un système monozone constitué de blocs autonomes. Se reporter à la section 6.3.3.

**Étape 3.** Le volume d'air fourni par le groupe de traitement centralisé est-il constant ou variable?

Si le débit d'air est variable, il s'agit d'un système VAV (à volume d'air variable); il faut passer à l'étape 4.

Si le débit d'air est constant, il s'agit d'un système multizone VAC (à volume d'air constant). Se reporter à la section 6.3.4.

**Étape 4.** Comment l'air est-il chauffé au groupe de traitement centralisé, au moyen d'un serpentin à eau chaude ou d'un générateur/appareil de chauffage électrique ou à combustible fossile?

Si l'air est chauffé au moyen d'un serpentin à eau chaude ou d'un générateur/appareil de chauffage électrique ou à combustible fossile, il s'agit d'un système VAV monobloc. Voir la section 6.3.5.

Si l'air est chauffé au moyen d'un serpentin à eau chaude intégré au groupe de traitement centralisé, il s'agit d'un système à VAV constitué de blocs autonomes. Se reporter à la section 6.3.6.

## **6.3 Types de systèmes**

La procédure décrite dans la section 6.2 est destinée à aider l'utilisateur à choisir un type général de système. La présente section définit les critères de sélection des différents types de systèmes prévus dans le logiciel EE4. On trouvera à l'annexe C une description détaillée de ces 15 systèmes, avec représentations schématiques pertinentes et instructions concernant les données à entrer dans le logiciel.

### **6.3.1 Thermopompe géothermique/sur boucle d'eau**

Si des thermopompes eau-air sont utilisées pour assurer le conditionnement de l'air de l'espace desservi, il faut sélectionner « Thermopompes hydroniques » dans le champ « Type de système », sous l'onglet « Général » de l'élément « Système », que les appareils soient des thermopompes géothermiques ou des thermopompes sur boucle d'eau. Cette distinction est faite dans l'élément « Centrale » (se reporter à la section 4.6). Le champ « Type de source de chauffage » décrit le type de chauffage utilisé par le groupe de traitement de l'air d'appoint pour tempérer l'air de ventilation de ce système. La source peut être n'importe quoi sauf de l'eau

chaude. Si de l'eau chaude est utilisée pour chauffer l'air de ventilation, un appareil de chauffage fictif à combustible fossile doit alors être créé. Cet appareil doit avoir la même source d'énergie (gaz, propane, électricité, mazout), le même rendement et la même puissance que la chaudière. Les données de la thermopompe (puissances, COP, etc.) sont entrées dans l'onglet « Zone », tel qu'il est décrit dans la section 5.3 – « Appareils de chauffage de zone » du présent manuel.

### **6.3.2 Systèmes à ventilo-convecteurs et à éjecto-convecteurs**

Si des thermopompes eau-air sont utilisées pour assurer le conditionnement de l'air de l'espace desservi, il faut sélectionner « Thermopompes hydroniques » dans le champ « Type de système », sous l'onglet « Général » de l'élément « Système », que les appareils soient des thermopompes géothermiques ou des thermopompes sur boucle d'eau. Cette distinction est faite dans l'élément « Centrale ».

Les ventilo-convecteurs sont des éléments de chauffage/refroidissement terminaux constitués d'un ventilateur et d'un serpentin de chauffage et/ou de refroidissement. Il faut sélectionner « Ventilo-convecteurs à deux tuyaux » si un seul réseau de tuyauterie assure l'acheminement de l'eau de chauffage ou de refroidissement aux espaces desservis. Avec un tel système, toute la boucle hydronique du bâtiment doit se trouver soit en mode chauffage ou en mode refroidissement. Par contre, il faut sélectionner « Ventilo-convecteurs à quatre tuyaux » si le système comprend deux réseaux de tuyauterie distincts eau chaude/eau froide pour assurer le chauffage et le refroidissement simultanés des espaces. Dans le cas de tous les systèmes à ventilo-convecteurs, une chaudière ou un refroidisseur centralisé doit être défini dans l'élément « Centrale ». Il faut sélectionner « Ventilo-convecteurs à quatre tuyaux » si le système proposé est un système de chauffage à panneaux radiants ou incorporé au plancher, ou encore si le chauffage est entièrement assuré par des plinthes chauffantes électriques jumelées à un groupe d'appoint d'air destiné à fournir l'air de ventilation (se reporter à la section 6.4).

Les éjecto-convecteurs diffèrent des ventilo-convecteurs du fait que l'élément terminal ne comporte pas de ventilateur; dans le cas de ces appareils, l'air primaire fourni par le groupe centralisé est introduit à haute vitesse dans l'élément terminal, dans lequel est induit par la suite une deuxième veine d'air en provenance de la pièce desservie. L'air mélangé est conditionné au moyen d'un serpentin de chauffage ou de refroidissement. Il faut sélectionner « Éjecto-convecteurs à deux tuyaux » si un seul réseau de tuyauterie assure l'acheminement de l'eau de chauffage ou de refroidissement aux espaces desservis. Avec un tel système, l'ensemble du bâtiment ne peut se trouver à la fois qu'en mode chauffage ou en mode refroidissement. Par contre, il faut sélectionner « Ventilo-convecteurs à quatre tuyaux » si le système comprend deux réseaux de tuyauterie distincts eau chaude/eau froide pour assurer le chauffage et le refroidissement simultanés des espaces.

### **6.3.3 Systèmes monozones**

Si l'on a déterminé que le système proposé est un système monozone (et non un système à thermopompes hydroniques, à ventilo-convecteurs ou à éjecto-convecteurs), il peut s'agir soit d'un « Système monozone à détente directe », soit d'un « Système monozone constitués de blocs autonomes ».

Il faut sélectionner « Système monozone à détente directe » si l'air est refroidi par détente directe d'un frigorigène. Ces systèmes sont très couramment utilisés dans les habitations résidentielles et dans les petits bâtiments commerciaux. Par exemple, les appareils monobloc montés sur la toiture de petits magasins ou restaurants, les systèmes à générateur-pulseur d'air chaud avec conditionnement d'air, qu'on trouve dans les habitations résidentielles ou encore les appareils monobloc de chauffage/ refroidissement/ventilation installés à travers le mur, qu'on trouve dans les hôtels, sont des systèmes monozones à détente directe.

Il faut sélectionner « Système monozone constitué de blocs autonomes » lorsque le serpentín de refroidissement intégré au groupe de traitement centralisé est alimenté par un refroidisseur. On trouve généralement ce type de système seulement dans les grands bâtiments.

### 6.3.4 Systèmes multizones VAC

Quatre systèmes différents appartiennent à cette famille :

**Systèmes multizones VAC monobloc** – Dans le cas de ces systèmes, l'air est refroidi par détente directe d'un frigorigène et, après traitement dans le groupe centralisé, est fourni en veine chaude ou froide aux zones desservies. Un exemple est un système à détente directe monté sur la toiture d'un bâtiment moyen, qui alimente en air chaud ou en air froid quatre (4) zones différentes. Le réchauffage d'appoint peut être assuré dans les zones mêmes par des plinthes chauffantes commandées par des thermostats montés dans l'ambiance. Sur réception d'un signal de rétroaction en provenance de ces thermostats concernant la température ambiante dans les zones desservies, le panneau central peut commander au système en toiture de fournir soit de l'air chaud, soit de l'air froid. Toutefois, dans le logiciel EE4, le mode de chauffage ou de refroidissement est déterminé par la demande de la première zone définie dans l'arbre du bâtiment (appelée « Zone de commande »), ce dont il faut se rappeler lorsqu'on établit l'ordre des différentes zones. Afin d'éviter des erreurs en ce qui concerne les charges calorifiques, il importe de prévoir quelle zone présentera la plus forte charge calorifique (une zone comportant un grand nombre de fenêtres donnant du côté Nord, par exemple), et de sélectionner cette zone comme première zone.

Les systèmes VATV (volume d'air et température variables) ainsi que les systèmes à dérivation en plafond doivent être modélisés comme des systèmes VAC parce que le débit d'air du ventilateur central ne varie pas.

**Systèmes VAC constitués de blocs autonomes, à un conduit** – Dans le cas de ces systèmes, l'air est refroidi par un serpentín à eau réfrigérée (cette eau réfrigérée étant fournie par un refroidisseur central) et, après traitement dans le groupe centralisé, est fourni en veine chaude ou froide aux zones desservies. Ces systèmes fonctionnent comme les systèmes multizones VAC monobloc, sauf que le refroidissement de l'air est assuré au moyen d'eau réfrigérée et non d'un frigorigène.

**Systèmes multizones monobloc** – Dans le cas de ces systèmes (désignés « Monobloc MZ » dans le logiciel EE4), l'air est refroidi par détente directe d'un frigorigène et, après traitement dans le groupe centralisé, est fourni en veines chaude et froide qui sont par la suite mélangées selon des proportions appropriées de manière à satisfaire aux besoins des zones desservies. L'air est donc refroidi et chauffé à l'année longue par le groupe centralisé. Deux conduits distincts, l'un d'air chaud, l'autre d'air froid, acheminent les veines d'air dans des boîtes de mélange de zone, où elles sont combinées de manière à répondre à la demande. Si ces systèmes assurent une régulation très précise de la température dans les zones desservies, ils ne sont toutefois pas très éconergétiques. .

**Systèmes multizones constitués de blocs autonomes** – Dans le cas de ces systèmes, l'air est refroidi par un serpentín à eau réfrigérée (cette eau réfrigérée étant fournie par un refroidisseur central) et, après traitement dans le groupe centralisé, est fourni en veines chaude et froide qui sont par la suite mélangées selon des proportions appropriées de manière à satisfaire aux besoins des zones desservies. Ces systèmes fonctionnent comme les systèmes multizones monobloc, sauf que le refroidissement de l'air est assuré au moyen d'eau réfrigérée et non d'un frigorigène.

### **6.3.5 Systèmes VAV monobloc**

Dans le cas des systèmes VAV monobloc, l'air est refroidi par détente directe d'un frigorigène, et le débit d'air peut varier en fonction de la charge calorifique/frigorifique des espaces desservis. En mode refroidissement, la température de l'air d'alimentation est établie par l'utilisateur, habituellement à une température d'environ 13 °C. Les appareils terminaux de zone sont dotés de registres qui assurent la régulation du débit d'air qui sera soufflé dans la zone, selon la quantité de refroidissement requise pour le conditionnement de l'espace (à noter que les débits d'air maximaux et minimaux sont établis par l'utilisateur). En mode chauffage, la température de l'air à l'admission dans les zones desservies est fixée à 13 °C et le débit d'air minimal établi est constant. Dans le cas des zones périphériques, IL FAUT définir des plinthes de chauffage d'appoint (à eau chaude ou électriques) si l'on veut éviter des erreurs de calcul.

Les systèmes VAV monobloc sont fréquemment utilisés dans les immeubles de bureaux de dimensions moyennes mais ne devraient pas être confondus avec les systèmes VATV et les systèmes à dérivation en plafond, lesquels sont des systèmes VAC puisque le débit d'air au ventilateur centralisé ne varie pas, et doivent, eux, être modélisés comme des systèmes multizones à volume d'air constant, monobloc ou constitués de blocs autonomes.

### **6.3.6 Systèmes VAV constitués de blocs autonomes**

Systèmes VAV constitués de blocs autonomes – Dans le cas de ces systèmes, l'air, après traitement dans le groupe centralisé, est fourni en veine chaude ou froide aux zones desservies, et le débit est modulé, dans les zones mêmes, dans des éléments VAV terminaux. Ces systèmes sont identiques aux systèmes VAV monobloc décrits précédemment, sauf que l'air est refroidi par de l'eau réfrigérée et non par un frigorigène.

### **6.3.7 Systèmes VAV à deux conduits**

Systèmes VAV à deux conduits – Dans le cas de ces systèmes, l'air, après traitement dans le groupe centralisé, est fourni en veines chaude et froide qui sont par la suite mélangées selon des proportions appropriées de manière à satisfaire aux besoins des zones desservies. Un seul ventilateur est utilisé pour les veines chaude et froide. Ces systèmes sont semblables aux systèmes multizones constitués de blocs autonomes, mais présentent une différence importante – le débit des veines d'air est modulé aux fins d'amélioration de l'efficacité énergétique. Tout mélange d'air ne se fait avant que le débit d'air soit réduit à la valeur minimale, définie par l'utilisateur, du débit de l'une des veines d'air.

### **6.3.8 Systèmes VAV à deux conduits/deux ventilateurs**

Systèmes VAV à deux conduits/deux ventilateurs - Dans le cas de ces systèmes, l'air, après traitement dans le groupe centralisé, est fourni en veines chaude et froide qui sont par la suite mélangées selon des proportions appropriées de manière à satisfaire aux besoins des zones desservies. Ces systèmes sont similaires aux systèmes à deux conduits, à la différence que chaque veine d'air comporte un ventilateur dédié. On présume également que l'air extérieur est acheminé du côté froid d'abord (même en hiver) et qu'il est chauffé par la suite. Par contre, si ces systèmes comportent des dispositifs de commande/régulation permettant d'acheminer l'air extérieur d'abord du côté froid, du côté chaud ou des deux côtés, ils doivent être modélisés comme des systèmes VAV constitués de blocs autonomes (voir la section 6.3.6). Selon les hypothèses posées par le logiciel, les systèmes à deux conduits/deux ventilateurs consomment

moins d'énergie en mode refroidissement mais beaucoup plus en mode chauffage que des systèmes VAV constitués de blocs autonomes comparables.

## **6.4 Systèmes de CVCA spéciaux**

Dans la plupart des cas, le fait de suivre la procédure décrite à la section 6.2 permet de bien sélectionner le type de système de CVCA d'un bâtiment proposé. Toutefois, il existe d'autres types de systèmes qui ne semblent s'apparenter à aucun modèle prévu dans le logiciel EE4. La présente section suggère quelques « solutions de rechange » qui permettent de modéliser de tels systèmes dans le logiciel EE4 avec une certaine précision.

### **6.4.1 Systèmes de chauffage/refroidissement radiants, à eau**

Les systèmes de chauffage et/ou refroidissement radiants présentent plusieurs avantages sur les appareils de CVCA à air traditionnels, le principal étant qu'aucun ventilateur n'est nécessaire pour assurer l'acheminement de la chaleur ou du froid. On peut modéliser ces systèmes dans le logiciel EE4 en les considérant comme des ventilo-convecteurs sans énergie associée à un ventilateur pour autant qu'ils respectent les critères suivants :

1. Le groupe de traitement de l'air qui distribue de l'air à l'espace fonctionne avec 100 % d'air extérieur (groupe de traitement de l'air d'appoint)
2. La température de l'air d'alimentation est constante

Si ces critères sont respectés, la procédure de modélisation est la suivante :

Sélectionner un système de CVCA à ventilo-convecteurs à deux ou à quatre tuyaux, dans l'élément « Système », sous l'onglet « Général ».

Définir le système de chauffage de l'air de ventilation dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Général ».

Préciser les puissances de chauffage et de refroidissement de zone dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Mécanique ».

Entrer zéro (0) pour la puissance nominale du ventilateur terminal dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Mécanique ».

Utiliser le calculateur de puissance EE4 (GestionnaireCalc => Puissance => Calculer) et entrer comme débit du ventilateur terminal, dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Mécanique », le débit d'air de zone obtenu à partir du tableau « Charges ».

Si le groupe distribuant l'air à l'espace est un système à air mélangé ou un ventilateur d'extraction ou de reprise (récupérateur de chaleur) avec chauffage radiant seulement (aérothermes à infrarouge et panneaux radiants), il faut sélectionner un système aéraulique (par ex. un système VAV ou VAC, selon les caractéristiques du groupe de traitement de l'air). Dans l'élément « Système », onglet « Zone » de ces systèmes, il faut choisir « Eau chaude » et il faut suivre les règles de la section 5.3.1, « Radiateurs-plinthes, serpentins de réchauffage, panneaux chauffants », sous « Appareils de chauffage de zone ». Le logiciel ne supporte pas le refroidissement radiant avec des systèmes de chauffage mixte; si le bâtiment proposé comprend le refroidissement radiant, il sera nécessaire de sélectionner un système aéraulique intégré en suivant la même approche décrite ci-dessus pour la modélisation des systèmes de chauffage radiants mixtes.

S'il n'y a pas de refroidissement radiant et que la température de l'air d'alimentation du groupe de traitement varie (régulation en fonction de la demande de zone ou de la température extérieure), on peut modéliser le groupe de traitement de l'air d'appoint en tant que système VAC à un conduit. Pour modéliser ce système comme un système qui fonctionne avec 100 % d'air extérieur, le débit d'air d'alimentation indiqué doit être égal au débit d'air extérieur. Pour modéliser le chauffage radiant, il faut sélectionner « Eau chaude » dans l'élément « Système », onglet « Zone ». La puissance calorifique sera entrée dans l'élément « Zone » et il faut suivre les règles de la section 5.3.1, « Radiateurs-plinthes, serpentins de réchauffage, panneaux chauffants », sous « Appareils de chauffage de zone ».

Peu importe le type de système sélectionné, si la tuyauterie du système de chauffage/refroidissement radiant est noyée dans un plancher en béton, établir le poids du plancher (dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Général ») à une valeur d'un incrément supérieur à celui de l'ouvrage réel afin de simuler l'effet de masse thermique. Le poids du plancher est considéré comme moyen dans le cas de la plupart des bâtiments commerciaux à ossature en béton, et faible dans le cas des constructions à ossature en bois.

### **6.4.2 Plinthes chauffantes électriques**

Le système sélectionné doit être basé sur les caractéristiques de puissance et de débit du système de refroidissement, mais si le refroidissement n'existe pas, alors il doit être modélisé le plus près possible du système de traitement de l'air de chauffage et qui permet le chauffage l'espace par le biais de plinthes. Généralement, un système multizone VAC avec des plinthes de réchauffe peut être indiqué pour modéliser un groupe d'appoint d'air.

L'emploi d'un système à ventilo-convecteur est recommandé uniquement s'il existe un type de climatisation autre qu'un groupe de traitement de l'air. Le système à ventilo-convecteur est traité comme un système de chauffage/refroidissement radiant (section 6.4.1) à deux petites différences près :

1. Le poids du plancher n'est pas modifié.
2. Comme la simulation du ventilo-convecteur dans le logiciel EE4 nécessite une chaudière, il faudra modéliser une chaudière fictive. Les caractéristiques de la chaudière et des thermopompes seront les suivantes :

La puissance de la chaudière électrique est égale à la puissance calorifique totale des plinthes.

Pompe à une vitesse; pression de refoulement de la pompe de 0 Pa; baisse nominale de température de 5,6 °C; rendement de la pompe de 100 %; rendement du moteur de 100 %;

La seule exception à cette règle est lorsque le groupe de traitement de l'air d'appoint comporte un serpentins de chauffage alimenté en eau chaude par une chaudière à gaz. Comme on ne peut pas modéliser à la fois une chaudière à gaz et une chaudière électrique, il faudra changer le type de système pour un système VAC en blocs autonomes à un conduit et plinthes chauffantes électriques. Pour modéliser ce système comme un système qui fonctionne avec 100 % d'air extérieur, le débit d'air d'alimentation indiqué doit être égal au débit d'air extérieur.

### **6.4.3 Aérothermes radiants (à gaz)**

Les aérothermes radiants à gaz sont souvent utilisés pour chauffer des entrepôts, les arénas et les petits ateliers de fabrication. Le logiciel EE4 présume que toute la combustion a lieu au

niveau de l'élément « Centrale » ou « Système » et non au niveau de l'élément « Zone ». La procédure de modélisation d'un tel système est décrite ci-après.

Elle peut varier selon que le bâtiment est desservi par un seul ou par plusieurs systèmes de CVCA. Elle peut aussi varier selon que la ventilation de ces systèmes est assurée par un ou plusieurs systèmes fonctionnant avec 100 % d'air extérieur ou avec de l'air mélangé.

### **Système unique fonctionnant avec 100 % d'air extérieur**

Sélectionner un système de CVCA à ventilo-convecteurs à deux ou à quatre tuyaux, dans l'élément « Système », sous l'onglet « Général ».

Préciser le combustible de chauffage, la puissance totale des aérothermes de zone, la température de l'air d'alimentation du bâtiment proposé, et le rendement. Entrer « 0 » dans l'élément « Système » pour la puissance du ventilateur d'alimentation (de soufflage) central. Pour la puissance du ventilateur d'alimentation central, entrer la puissance du ventilateur fonctionnant avec 100 % d'air extérieur.

Entrer « 0 » dans l'élément « Zone » pour la puissance de chauffage et de refroidissement et pour la puissance du ventilateur terminal. Utiliser comme débit du ventilateur terminal la valeur calculée au moyen du calculateur EE4, comme il a été décrit à la section 6.4.1 – Systèmes de chauffage/refroidissement radiants, à eau.

### **Systèmes multiples fonctionnant avec 100 % d'air extérieur**

Sélectionner un système de CVCA à ventilo-convecteurs à deux ou à quatre tuyaux, dans l'élément « Système », sous l'onglet « Général ».

Préciser le combustible de chauffage, une puissance calorifique de 1 kW, la température de l'air d'alimentation du bâtiment proposé et le rendement. Entrer « 0 » dans l'élément « Système » pour la puissance du ventilateur d'alimentation (de soufflage) central. Pour la puissance du ventilateur d'alimentation central, entrer la puissance du ventilateur fonctionnant avec 100 % d'air extérieur dans l'élément « Système ».

Entrer la puissance calorifique totale de zone dans l'élément « Zone ». Entrer « 0 » pour la puissance du ventilateur terminal et utiliser comme débit de celui-ci la valeur calculée au moyen du calculateur EE4, comme il a été décrit à la section 6.4.1 – Systèmes de chauffage/refroidissement radiants, à eau.

Modéliser une chaudière fictive dont la source de chauffage et le rendement sont pareils à ceux de l'aérotherme radiant. La puissance de la chaudière sera équivalente à la puissance totale des aérothermes radiants. Il faut aussi modéliser une pompe aux caractéristiques suivantes : une vitesse; pression de refoulement de la pompe de 0 Pa; baisse nominale de température de 5,6 °C; rendement de la pompe de 100 %; rendement du moteur de 100 %.

### **Système unique à mélange d'air**

Si un aérotherme radiant fournit de l'air mélangé à une seule zone, il faut sélectionner un système aéraulique (système monozone constitué de blocs autonomes ou système monozone à détente directe). Le type du système monozone dépend du type de refroidissement fourni. Les données du système définissent le système à mélange d'air. Ensuite, la puissance calorifique de l'aérotherme radiant peut être ajoutée à celle du système s'il a la même source de chauffage ou si « aucune » est sélectionné comme source de chauffage. Si la source de chauffage est différente, sélectionner « Eau chaude » dans l'élément « Système », onglet « Zone », et entrer la puissance calorifique totale de l'aérotherme radiant dans l'élément « Zone ».

Modéliser une chaudière fictive de la façon indiquée ci-dessus : Systèmes multiples fonctionnant avec 100 % d'air extérieur.

### **Systèmes multiples à mélange d'air**

Si un aérotherme radiant fournit de l'air mélangé à plusieurs zones, il faut sélectionner un système aéraulique multizones (par ex., système VAC en blocs autonomes à un conduit ou système VAV monobloc). Le type du système multizones dépend du type de refroidissement fourni et du volume d'air (VAC ou VAV). Les données du système définissent le système à mélange d'air. Pour modéliser les aérothermes radiants, il faut sélectionner « Eau chaude » dans l'élément « Système », onglet « Zone », et entrer la puissance calorifique totale des aérothermes radiants dans l'élément « Zone ».

Modéliser une chaudière fictive de la façon indiquée ci-dessus : Systèmes multiples fonctionnant avec 100 % d'air extérieur.

### **6.4.4 Aérothermes à infrarouge et panneaux radiants**

Les systèmes de chauffage à panneaux radiants sont identiques aux systèmes dits « planchers radiants », sauf que dans la plupart des cas, ils ne comportent pas de chaudière.

Toutefois, si le fait de suivre les règles de la section 6.4.1 - « Systèmes de chauffage/refroidissement radiants, à eau » nous amène à sélectionner un ventilateur-convecteur dans le logiciel EE4, une chaudière est nécessaire. Si le système proposé ne comporte pas de chaudière, il faut alors définir une chaudière fictive ayant les caractéristiques suivantes :

- une vitesse; une pression de refoulement de la pompe de 0 Pa; une baisse nominale de température de 5,6 °C; un rendement du moteur de 100 %;
- une puissance de la chaudière équivalant à la puissance totale des aérothermes à infrarouge;
- un combustible de la chaudière est celui utilisé pour les aérothermes à infrarouge;

Le rendement thermique de la chaudière équivalant à celui des aérothermes à infrarouge ou à 80 % (si ce dernier est inconnu).

Si des panneaux de refroidissement radiants sont utilisés, sélectionner « Refroidissement acheté » et entrer pour la pompe, les mêmes caractéristiques que celles entrées dans le cas de la chaudière.

Si l'on omet de définir une chaudière ou un refroidisseur, le logiciel les créera avec les puissances requises pour rencontrer les charges.

### **6.4.5 Systèmes combinés de chauffage de l'air ambiant et de l'eau sanitaire**

Les systèmes combinés de chauffage de l'air ambiant et de l'eau sanitaire ou systèmes « combo », sont souvent utilisés dans les maisons en rangée et les IRLMs. Ces systèmes ne peuvent être modélisés directement dans le logiciel EE4 puisque les fonctions chauffage ambiant et chauffage de l'eau doivent être traités séparément. Pour effectuer une simulation, on recommande de suivre la procédure ci-après.

1. Calculer la puissance totale de tous les systèmes combinés.

2. Entrer la portion de la puissance de l'ensemble des systèmes combinés servant au chauffage de l'eau sanitaire dans l'élément « Centrale », sous l'onglet « Eau chaude sanitaire ».
3. Entrer la portion de la puissance de l'ensemble des systèmes combinés servant au chauffage ambiant dans l'élément « Centrale », sous l'onglet « Chauffage ».
4. Sélectionner un système de CVCA à ventilo-convecteurs à deux ou à quatre tuyaux dans l'élément « Système », sous l'onglet « Général ».
5. Préciser les puissances calorifiques et frigorifiques de zone dans l'élément « Zone »; à cette fin, utiliser la puissance du serpentin installé dans chaque zone.
6. Entrer le rendement thermique du système combiné sous l'onglet « Eau sanitaire » et le définir également dans le cas de la chaudière; ces deux valeurs doivent être identiques.

#### **6.4.6 Systèmes de chauffage solaire de l'eau et de l'air de ventilation**

Toutes les économies d'énergie associées à l'installation de systèmes de chauffage solaire peuvent être prises en compte pour ce qui est de l'obtention de la valeur cible d'économie d'énergie de 25 % relative au le bâtiment de référence du CMNÉB aux fins de la validation par RNCan.

Au Canada, le chauffage solaire s'applique généralement à l'eau et à l'air de ventilation. Les chauffe-eau solaires assurent le préchauffage de l'eau sanitaire à des fins domestiques et industrielles. Les collecteurs solaires chauffent l'eau domestique, laquelle est par la suite stockée dans un réservoir de préchauffage.

Des chauffe-eau traditionnels (à chauffe au combustible fossile) assurent, eux, le chauffage d'appoint de l'eau pour qu'elle soit toujours distribuée à la température de consigne. Des collecteurs non vitrés sont utilisés si les besoins en chauffage de l'eau sont plutôt importants durant la saison chaude. Des collecteurs vitrés conviennent mieux pour un chauffage de l'eau à l'année longue. Les systèmes de chauffage solaire de l'air de ventilation consistent en un bardage métallique perforé fixé à la façade sud du bâtiment. L'air de ventilation est préchauffé lorsqu'il traverse cette plaque perforée. Un registre de dérivation permet d'empêcher le chauffage de l'air en été.

Ces deux types de systèmes de chauffage solaire sont acceptables aux fins de l'Initiative écoÉNERGIE pour le chauffage renouvelable de Ressources naturelles Canada. L'Initiative écoÉNERGIE pour le chauffage renouvelable prévoit un incitatif allant jusqu'à 25 % du coût d'achat et d'installation des systèmes admissibles; certains autres coûts peuvent être également couverts. L'Initiative écoÉNERGIE pour le chauffage renouvelable est conditionnelle à une simulation informatique détaillée, tel que précisé sur le site Web suivant : <http://ecoaction.gc.ca/chauffage>.

Les économies d'énergie déterminées par simulation informatique aux fins de l'Initiative écoÉNERGIE pour le chauffage renouvelable peuvent faire l'objet de crédits dans une validation par RNCan. La consommation d'énergie du bâtiment proposé correspond à la valeur déterminée par le logiciel EE4, qui ne tient compte d'aucun système solaire, moins les économies d'énergie déterminées au moyen de l'un des logiciels autorisés par l'Initiative écoÉNERGIE pour le chauffage renouvelable. Sur le plan financier, les économies réalisées doivent être calculées en fonction du prix de l'énergie « virtuel » du bâtiment. Le prix de l'énergie « virtuel » peut être calculé en divisant les coûts énergétiques totaux (réglementés ou déréglementés pour le

bâtiment par la consommation d'énergie totale ou en utilisant le « prix virtuel » donné dans le rapport ES-D généré dans le fichier .SIM pour le bâtiment proposé.

La seule exception à la règle susmentionnée vise les bâtiments dotés à la fois d'un système de chauffage solaire de l'air de ventilation et d'un récupérateur de chaleur monté dans cette même veine d'air, tel que décrit à la section 5.7.5. Dans un tel cas, il importe d'effectuer une analyse combinée pour les deux technologies afin d'éviter de surestimer les économies d'énergie.

### **6.4.7 Garages de stationnement**

Pour simplifier le modèle du logiciel EE4, les garages de stationnement non chauffés peuvent être exclus du modèle. Un garage est considéré non chauffé quand la température de consigne ne dépasse pas 4 °C (c.-à.d. que l'espace est chauffé à une température juste au-dessus du point de congélation). Autrement, les garages de stationnement doivent être inclus dans le modèle. La procédure de modélisation de ces garages est définie ci-dessous.

Modéliser tout le garage en une zone ou un espace unique avec la classification « Stockage inactif » pour les bâtiments définis par la fonction de l'espace ou la classification « Entrepôt » pour les bâtiments définis par le type de bâtiment.

Définir un horaire de chauffage avec une température de consigne de 4 °C. Cette température reflète le fait que les garages ne soient chauffés que pour empêcher le gel des tuyaux. Aucun crédit ne sera accordé si le garage est chauffé à une température supérieure.

Définir les horaires de fonctionnement. Sélectionner les mêmes horaires pour le garage et pour le reste du bâtiment, à l'exception de l'horaire de chauffage décrit ci-dessus.

Définir les besoins de ventilation selon le Code du bâtiment applicable dans votre province (par exemple, en Ontario, le débit d'air extérieur nécessaire dans un garage est de 3,9 L/s/m<sup>2</sup>). Lorsqu'un autre code ou une autre norme est utilisé, suivre les lignes directrices de la section 5.5, « Débits d'air extérieur ». Si la régulation des concentrations de CO/CO<sub>2</sub> est utilisée pour déterminer la ventilation nécessaire dans le garage, le débit d'air extérieur modélisé peut être réduit pour tenir compte du nombre d'heures durant lesquelles il n'y a pas de ventilation pendant les heures d'occupation. RNCan reconnaît une utilisation normalisée de six heures (deux heures le matin, deux heures l'après-midi et deux heures le soir) pour le contrôle de la ventilation au moyen des détecteurs de CO. Puisque les détecteurs de CO sont obligatoires, aucun crédit n'est accordé pour ces derniers; le bâtiment de référence aura donc le même débit d'air extérieur que le bâtiment proposé.

Déterminer la source de l'air de ventilation. Certains bâtiments utilisent l'air d'extraction du bâtiment comme air de ventilation pour le garage. Pour obtenir un crédit, calculer la chaleur disponible dans l'air d'extraction du bâtiment envoyée dans le garage de stationnement et soustraire cette chaleur de la chaleur nécessaire dans le garage de stationnement à chaque heure. Ce crédit n'est accordé que si la température ne dépasse pas 9 °C dans le cas des garages chauffés et 5 °C pour les garages non chauffés. Ce crédit peut être combiné avec le chauffage du garage de stationnement. Pour plus de renseignements sur la façon d'obtenir ce crédit, se reporter à la section 3 portant sur les crédits pour les IRLM (annexe D).

Modéliser toute autre source de chaleur additionnelle pour le garage. Si des aérothermes sont utilisés pour fournir du chauffage additionnel dans le garage, suivre les lignes directrices de la section 6.4, « Systèmes de CVCA spéciaux » se rapportant au type de système de chauffage approprié. S'assurer d'ajuster tous les horaires comme il est décrit ci-dessus.

## 6.5 Exemples de modélisation de systèmes

On trouvera dans la présente section une description de la procédure de modélisation, avec le logiciel EE4, des systèmes de CVCA dont sont équipés divers bâtiments courants.

### Exemple 1. Restaurant – Groupes de traitement en toiture

**Description** – Le restaurant, qui compte un seul étage, est desservi par trois groupes de traitement centralisés montés en toiture. Deux de ces appareils, aux caractéristiques identiques, à chauffage au gaz et à refroidissement électrique par serpentin à détente directe, desservent les différentes zones de la salle à manger (côté est et côté ouest). Le troisième, un appareil d'appoint d'air de même type, dessert la cuisine. Des radiateurs-plinthes sont installés partout dans le bâtiment. Un chauffe-eau électrique assure le chauffage de l'eau sanitaire.

**Solution** – Diviser d'abord le bâtiment en zones thermiques selon le type de système et la fonction des espaces. Si le restaurant est relativement petit, la meilleure façon de procéder est de diviser le bâtiment en trois zones, l'une correspondant au côté est et l'autre au côté ouest de la salle à manger, et une troisième correspondant à la cuisine. Chaque groupe en toiture peut alors être dédié à chacune des zones.

Comme le bâtiment ne comporte pas de chaudière, ni de thermopompe sur boucle d'eau, ni de refroidisseur centralisé, le seul appareil à définir dans l'élément « Centrale » est le système de chauffage de l'eau sanitaire. Dans ce même élément, sous l'onglet « Eau sanitaire » choisir « Électricité » comme source de chauffage, puis entrer la puissance consommée et le volume du réservoir de stockage. Il n'est pas nécessaire d'indiquer le rendement thermique dans le cas des systèmes électriques, puisqu'il est par défaut établi à 100 %.

Ce bâtiment est donc doté de trois groupes en toiture, chacun desservant une seule zone; il s'agit donc de systèmes monozones. Comme le refroidissement de l'air est assuré par détente directe d'un frigorigène (et non au moyen d'un serpentin d'eau réfrigérée), sélectionner « Système monozone à détente directe » dans l'élément « Système », sous l'onglet « Général ». Comme type de source de chauffage, sélectionner « Gaz naturel », puis entrer la puissance calorifique et le rendement thermique aux endroits appropriés. Entrer également le rendement et la puissance frigorifique pour le type de source de refroidissement.

Pour tenir compte des plinthes électriques, sélectionner « Électricité » sous l'onglet « Zone ». On n'entre pas la puissance de ces appareils dans l'élément « Système », mais dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Mécanique ».

Comme deux des groupes en toiture sont identiques, reprendre les mêmes caractéristiques pour le deuxième système. Définir cependant un nouveau système monozone à détente directe pour le troisième groupe, le groupe d'appoint d'air, qui diffère légèrement des deux autres.

### Exemple 2. Immeuble de bureaux – Thermopompes géothermiques

**Description** – Un immeuble de bureaux moyen, de trois étages, est desservi par un ensemble de 30 thermopompes sur boucle d'eau, installées à divers endroits dans le bâtiment, avec échangeur géothermique vertical. Trois groupes de traitement en toiture assurent le conditionnement (chauffage au gaz et refroidissement électrique à détente directe) de l'air de ventilation : l'un des groupes en toiture dessert le rez de chaussé, un autre dessert le deuxième étage et le dernier dessert l'étage supérieur. L'eau chaude sanitaire est fournie par un petit chauffe-eau électrique.

**Solution** – Définir les zones thermiques du bâtiment selon les zones d'influence de chaque thermopompe. Comme les trois groupes en toiture constituent trois systèmes, le bâtiment est donc desservi par trois systèmes, chacun desservant dix zones.

Entrer dans l'élément « Centrale » les données relatives au système de chauffage de l'eau sanitaire et à la température de la source géothermique. Dans ce même élément, sous l'onglet « Eau sanitaire », choisir « Électricité » comme source de chauffage, puis entrer la puissance consommée et le volume du réservoir de stockage. Il n'est pas nécessaire d'indiquer le rendement thermique dans le cas des systèmes électriques, puisqu'il est par défaut établi à 100 %. Sous l'onglet « Boucle thermopompe hydronique », sélectionner « Boucle d'eau/géothermique » comme source d'eau. Entrer les températures prévues de l'eau d'arrivée. Si ces températures sont inconnues, on peut entrer les températures du Tableau 4-4.

Dans l'élément « Système », sélectionner « Thermopompe hydronique » comme type de système. Sous « Type de source d'énergie de chauffage », sélectionner « Gaz naturel » parce que les groupes d'appoint d'air en toiture sont à chauffe au gaz. Entrer également sous cet onglet le rendement thermique et la puissance calorifique des groupes d'appoint d'air en toiture. Entrer également le rendement et la puissance frigorifique pour le type de source de refroidissement de ces groupes.

Sous l'onglet « Ventilateur d'alimentation », entrer toutes les données pertinentes qui s'appliquent au groupe d'appoint d'air en toiture (seulement).

Dans chacun des 30 éléments « Zone », définir sous l'onglet « Mécanique » les caractéristiques des thermopompes, de même que la puissance et le rendement pour les fonctions chauffage et refroidissement ainsi que la puissance et le débit du ventilateur. À noter que même si les 30 thermopompes sont identiques, il faut entrer les données pertinentes 30 fois, sous l'onglet « Mécanique » de chacun des éléments « Zone » (on peut créer une zone archétypale comportant les renseignements les plus communs puis la copier et la coller dans les systèmes appropriés; les autres renseignements requis doivent être ajoutés à chaque zone, par exemple, le nom, la superficie, le numéro de l'étage, etc.).

### **Exemple 3. IRLMs – Radiateurs-plinthes à eau chaude et ventilo-convecteurs terminaux à eau réfrigérée**

**Description** – Un IRLM est desservi par des radiateurs-plinthes à eau chaude pour le chauffage et par des ventilo-convecteurs terminaux à eau réfrigérée pour le refroidissement. Afin d'assurer le confort thermique de tous les occupants, la chaudière et le refroidisseur centralisés fonctionnent tous les deux au printemps et à l'automne où certains logements demandent de la chaleur et d'autres du froid. L'air de ventilation est fourni par un groupe de traitement de grande puissance situé dans un local mécanique hors-toit, qui assure également l'alimentation en air tempéré dans les corridors. Ce groupe de traitement comporte un serpentin de chauffage à eau chaude et un serpentin de refroidissement à eau réfrigérée. Le bâtiment est également doté de quatre chaudières au gaz naturel, d'une puissance de 300 kW chacune (1200 kW en tout) qui servent à l'alimentation en eau de chauffage et en eau chaude sanitaire. La charge calorifique de pointe pour le chauffage des espaces est de 700 kW et la charge calorifique de pointe pour le chauffage de l'eau sanitaire, de 500 kW.

**Solution** – Si l'on se reporte à la section 6.2, comme le refroidissement est assuré par des appareils terminaux à eau réfrigérée situés dans chacun des logements, le système utilisé est donc un système à éjecto-convecteurs, à thermopompes ou à ventilo-convecteurs. Comme il ne peut s'agir des deux premiers, le système doit être modélisé comme un système à ventilo-convecteurs. Comme le bâtiment doit parfois être chauffé et refroidi en même temps, des ventilo-convecteurs à quatre tuyaux constituent le meilleur choix. Il est à noter cependant que le chauffage N'EST PAS assuré par les ventilo-convecteurs, mais par des radiateurs-plinthes sans

ventilateur, qui transmettent la chaleur par convection naturelle et par rayonnement. Comme ce type de système précis n'est pas prévu dans l'EE4, la procédure de modélisation particulière à suivre est expliquée ci-après.

En théorie, chaque logement de l'immeuble constitue une zone en soi. Toutefois, comme la presque totalité du bâtiment n'a qu'un seul usage, les logements orientés du même côté peuvent être regroupés. Si le bâtiment comporte huit étages, il est préférable de regrouper tous les logements orientés sud, du deuxième au septième étage, et faire de même pour chacune des façades. De cette façon, le bâtiment peut être divisé en 12 zones environ. (Les niveaux supérieur et inférieur sont mis à part parce qu'ils présentent des caractéristiques de charge différentes.) Comme un seul groupe de traitement centralisé fournit l'air de ventilation à l'ensemble du bâtiment, on considère donc que ce dernier est doté d'un seul système qui dessert 12 zones.

Plusieurs paramètres doivent être définis dans l'élément « Centrale », notamment les chauffe-eau domestiques, les chaudières, le refroidisseur et la tour de refroidissement. Comme la charge de chauffage de l'eau sanitaire est évaluée à 500 kW; c'est la valeur qu'il faut entrer comme puissance du chauffe-eau sous l'onglet « Eau sanitaire ». Il faut également entrer le volume du réservoir de stockage et le rendement thermique.

Entrer les chaudières sous l'onglet « Chauffage ». Après avoir soustrait 500 kW de la puissance totale installée dans le cas de ces appareils (puissance dédiée à la production d'eau chaude sanitaire), entrer une puissance de 700 kW. La meilleure façon de procéder est d'entrer deux chaudières d'une puissance de 350 kW chacune. Ce modèle ne correspond peut-être pas à l'installation réelle mais il constitue une meilleure solution qu'un modèle à trois chaudières de 233 kW. L'utilisateur doit entrer la puissance (350 kW) et le rendement d'une chaudière et sélectionner le multiplicateur 2. Si l'entrée en fonction de la deuxième chaudière est établie à 90 % de la puissance de la première, entrer 315 kW comme puissance de fonctionnement séquentiel. Les données des pompes doivent également être définies sous cet onglet.

Entrer également les données concernant le refroidisseur, la tour de refroidissement (ou aéroréfrigérant) et les pompes connexes sous les onglets appropriés. À noter qu'on ne définit une tour de refroidissement que si le refroidisseur sélectionné est du type à « condenseur à eau »; s'il est du type à condenseur à air, un simple ventilateur de condenseur doit alors être défini.

Sélectionner « Ventilateurs à quatre tuyaux » dans l'élément « Système ». Comme type de source d'énergie de chauffage, sélectionner « Eau chaude » parce que le groupe d'appoint d'air centralisé comporte un serpentin de chauffage à eau chaude. Entrer également la puissance de ce serpentin sous ce même onglet. Dans le cas des systèmes à ventilateurs, l'air de ventilation est simplement préchauffé par le groupe centralisé, donc la température de l'air d'alimentation (de soufflage) sera relativement peu élevée, peut-être 18 °C.

Entrer sous l'onglet « Refroidissement » de l'élément « Système » les caractéristiques du serpentin de refroidissement à eau réfrigérée centralisé. Encore ici, comme l'air de ventilation est simplement préchauffé par le groupe centralisé, la température de l'air d'alimentation (de soufflage) sera d'à peu près 20 °C. Pour ce qui est du type de source d'énergie de refroidissement, sélectionner « hydronique », ce qui signifie que le serpentin de refroidissement du groupe de traitement centralisé est du type à eau réfrigérée et non à frigorigène.

Sous l'onglet « Ventilateur d'alimentation », n'entrer que les caractéristiques des ventilateurs centraux. Les ventilateurs des ventilateurs terminaux sont plutôt définis dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Mécanique ».

Les données sur les appareils terminaux sont entrées dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Mécanique ». C'est ici qu'il faut utiliser un moyen détourné. Comme on a sélectionné un système à ventilateurs, le logiciel EE4 prévoit que les fonctions chauffage et refroidissement sont toutes les deux assurées par les ventilateurs terminaux installés

dans chacun des logements. En réalité, ces deux fonctions sont assurées par des éléments distincts, les ventilo-convecteurs pour le refroidissement, et les radiateurs-plinthes (sans ventilateur) pour le chauffage. Pour des fins de modélisation, les caractéristiques de chauffage dans le cas d'un ventilo-convecteur par rapport à un radiateur-plinthe sont assez similaires, sauf que le ventilo-convecteur consomme de l'énergie électrique et nécessite un certain débit d'air pour acheminer la chaleur dans le local desservi (thermodynamique). Dans un cas semblable, la procédure à suivre est la suivante.

Dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Mécanique », entrer la puissance calorifique nominale du radiateur-plinthe sous « Puissance de chauffage de la zone ». Entrer la puissance frigorifique nominale indiquée sur la fiche technique du ventilo-convecteur sous « Puissance de refroidissement de la zone ». Entrer le débit du ventilateur de refroidissement sous « Débit d'air » dans la section « Ventilation terminal ». Entrer ensuite la puissance du ventilateur modifiée en fonction de la période de l'année au cours de laquelle le bâtiment doit normalement être en mode chauffage. Par exemple, si un logement est en moyenne en mode chauffage pendant 8 mois et en mode refroidissement pendant 4 mois annuellement, et que la puissance du ventilateur en mode refroidissement est de 1 kW, alors il faut la réduire des deux tiers (333 W ou 1kW x 4/12 mois de refroidissement) puisque la puissance est effectivement de 0 pendant 8 mois au cours d'une année.

À noter que si le chauffage est assuré par des plinthes chauffantes électriques plutôt que par des radiateurs à eau chaude, la procédure serait identique sauf qu'il faudrait sélectionner « Électricité » plutôt que « Eau chaude » dans l'élément « Système », sous l'onglet « Zone ».

#### **Exemple 4. Entrepôt – Groupes de traitement en toiture et aérothermes à infrarouge, au gaz**

**Description** – Un entrepôt est doté d'un groupe de traitement au gaz, monté en toiture, conçu uniquement pour fournir de l'air de ventilation tempéré; cet air étant par la suite acheminé dans des conduits jusqu'à divers points d'alimentation centralisés. Des aérothermes à infrarouge, au gaz, sont montés sur les murs extérieurs et aux baies des portes de quai de chargement relevables pour contrer les pertes par l'enveloppe. Un aérotherme au gaz avec ventilateur, installé à la porte d'entrée piétonne, souffle de l'air chaud dans l'espace. Cet appareil n'est pas alimenté en air neuf, seulement en air chauffé et repris de l'espace d'entrée.

**Solution** – Diviser le bâtiment de manière à définir une série de zones périphériques (une par façade) configurées en bandes de 1 m de profondeur, délimitées par les murs extérieurs et les portes de chargement et desservies par les différents aérothermes installés à ces endroits.

Définir une zone centrale desservie par le groupe en toiture, laquelle fournit la presque totalité de l'air de ventilation, et où les pertes par l'enveloppe se produisent au niveau de la dalle sur sol et de la toiture. Le groupe en toiture agit comme groupe d'appoint d'air pour l'ensemble des zones du bâtiment.

Modéliser l'aérotherme au gaz situé à l'entrée comme un appareil de zone d'entrée. Pour entrer les données selon le « type de bâtiment », définir l'entrée du bâtiment comme une zone distincte. Pour les entrer selon la fonction de l'espace, définir une zone d'entrée à deux espaces, à savoir un espace fictif de 0,5 m<sup>2</sup> à fonction d'entrepôt, et un espace à fonction d'escalier représentant l'espace d'entrée. Le bâtiment est doté d'un seul système défini comme un système à ventilo-convecteurs à quatre tuyaux, qui représente le groupe de traitement et d'appoint d'air en toiture qui fournit l'air de ventilation (zone centrale) et les aérothermes à infrarouge (zones périphériques).

Modéliser le groupe de traitement et d'appoint d'air en toiture comme un générateur de chaleur au gaz naturel. Entrer la puissance calorifique totale sous l'onglet approprié de l'élément « Système ».

Pour la zone centrale, entrer une puissance calorifique de 0 kW sous l'onglet « Mécanique » de l'élément « Zone ». Effectuer les calculs de dimensionnement (décrits à la section 6.4.1) et entrer les débits pour représenter les ventilo-convecteurs desservant la zone centrale.

Entrer la puissance calorifique des aérothermes de chacune des zones périphériques sous l'onglet « Mécanique » de l'élément « Zone ». Entrer le débit déterminé de la façon indiquée au paragraphe précédent.

Modéliser l'aérotherme d'entrée comme un élément mécanique de zone du système à ventilo-convecteurs. Entrer sa puissance sous l'élément « Zone » et entrer le débit déterminé de la façon décrite précédemment.

Dans l'élément « Centrale », entrer une chaudière fictive représentant la source d'énergie de chauffage du système ventilo-convecteurs. La puissance de cette chaudière équivalra à la somme des puissances des aérothermes à infrarouge, et son rendement thermique au rendement nominal des aérothermes (généralement au dessus de 80 %). Pour la pompe de circulation, entrer une puissance de refoulement effective de 0 kPa, une baisse nominale de température de 5,6 °C et un rendement de pompe et de moteur de 100 % (pour minimiser la consommation d'énergie de pompage). Ne pas entrer de refroidisseur.

## **7. MODÉLISATION DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT**

### **7.1 Niveau de détail exigé**

Les transferts de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment représentent souvent la plus grande perte d'énergie dans un bâtiment. Ainsi, une représentation précise de l'enveloppe du bâtiment est nécessaire pour pouvoir effectuer une estimation valable de la consommation d'énergie aussi bien dans le bâtiment proposé que dans le bâtiment de référence, et aussi pour évaluer de façon précise les crédits de performance et les pénalités de surdimensionnement. Toutefois, mesurer les murs, fenêtres et toits peut prendre énormément de temps. C'est pourquoi il est impératif de garder le modèle de l'enveloppe simple pour que la simulation soit effectuée à l'intérieur de délais raisonnables. Comme le bâtiment proposé et le bâtiment de référence auront les mêmes aires d'enveloppe, de faibles différences entre l'aire de l'enveloppe modélisée et l'aire de l'enveloppe réelle auront des conséquences négligeables sur la consommation d'énergie calculée du bâtiment. Voici quelques conseils pour effectuer une simulation précise, quoique rapide.

Il faut donner priorité au type de construction de l'enveloppe sur l'aire de l'enveloppe. Le logiciel EE4 compare toujours des aires d'enveloppe identiques, mais les crédits et les pénalités sont déterminés en fonction du rendement de l'enveloppe (c'est-à-dire les coefficients U et R). Le plus important est donc de calculer un coefficient R précis, de la façon décrite dans le présent chapitre.

Ne pas modéliser les petites saillies dans les murs. Beaucoup de murs comportent des singularités de forme qui n'ont pas à être modélisées aux fins de la validation. Par exemple, un mur peut être orienté vers le sud mais comprendre des projections latérales orientées vers l'ouest et l'est sur les fenêtres en saillie.

Calculer l'orientation des murs à 15° près. Le logiciel EE4 tient compte de l'orientation des murs pour le calcul des gains solaires. Sur une année complète, la consommation d'énergie accusera une différence négligeable entre un mur orienté à 279° et un mur orienté à 285°; on peut donc arrondir les calculs d'orientation à 15° près.

L'ossature du bâtiment est extrêmement importante. L'ossature, surtout quand elle encadre l'isolant, peut avoir un effet important sur le coefficient R des murs et des toits. Dans le logiciel EE4, il n'est pas exceptionnel qu'un coefficient RSI 3,52 (R20) d'un mur devienne un coefficient de RSI 2,47 (R14) ou pire, lorsque la modélisation est effectuée correctement et qu'elle tient compte de l'ossature. Consulter attentivement la section qui traite de l'ossature et le CMNÉB avant de modéliser des murs et des murs-rideaux.

Modéliser les cloisons intérieures seulement si un transfert thermique important entre ces dernières est prévu. Habituellement, toutes les sections d'un bâtiment sont maintenues à une température uniforme et dans ces circonstances, les cloisons intérieures n'ont pas à être modélisées. Ne les modéliser que lorsqu'il y a régulièrement d'importants écarts de température entre les aires du bâtiment. De plus, il ne faut pas utiliser des cloisons intérieures pour modéliser les transferts d'air entre différentes zones.

Dans les calculs de l'aire, inclure toutes les aires de l'espace chauffé. Cela comprend toutes les aires situées à l'intérieur de l'enveloppe du bâtiment (y compris cages d'ascenseurs, aires d'entreposage et escaliers). Si l'aire est située à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment (p. ex. dans le local d'installations mécaniques hors-toit ou dans l'entreposage extérieur), ne pas l'inclure comme étant un espace du bâtiment.

Il faut donner des noms concrets et descriptifs aux murs et ne pas tous les nommer « mur extérieur », ce qui aidera RNCan à effectuer un examen technique dans des délais raisonnables. Nommer tous les murs et inscrire clairement leurs désignations dans les plans soumis.

## **7.2 Murs, toits et planchers hors-sol**

### **7.2.1 Calcul de l'aire**

Les aires de mur, de toit et de plancher doivent être calculées d'après les dimensions intérieures du bâtiment (alinéas 2.2.2.3 à 2.2.2.5 du CMNÉB). Même si, théoriquement, les pertes thermiques doivent être basées sur le coefficient R au centre du mur ou de la couche isolante, il est difficile, étant donné la nature complexe de l'assemblage du bâtiment, de trouver le centre du mur ou de la couche isolante. La hauteur des murs doit être la pleine hauteur des murs comprise entre les planchers (c'est-à-dire qu'elle doit inclure les planchers intérieurs et les plénums de reprise). Se reporter aux remarques concernant le calcul des aires dans la section 7.1.

Dans le logiciel EE4, on doit entrer l'aire brute des murs, toits et planchers, qui comprend les aires des fenêtres, des portes et des lanterneaux. (Le logiciel soustrait les aires des fenêtres, des toits et des lanterneaux définis comme des composants extérieurs pour trouver l'aire nette des murs, toits et planchers [la partie opaque] ). Si l'enveloppe comporte des éléments en surplomb, comme un lanterneau de forme pyramidale, l'aire brute doit comprendre l'aire de toutes les surfaces en surplomb, et non seulement l'aire de l'ouverture brute (se reporter à la section 7.4).

### **7.2.2 Coefficients U des murs, toits et planchers**

Le CMNÉB se base sur les coefficients de transmission thermique globale (coefficients U) des composants de l'enveloppe. L'annexe C du CMNÉB donne la marche à suivre pour déterminer le coefficient U global d'un ensemble en tenant compte des ponts thermiques de l'ossature en acier ou en bois. La marche à suivre du CMNÉB est codée dans le logiciel EE4. Toutefois, l'utilisateur doit sélectionner le type d'ossature et le pourcentage de l'ensemble qui correspond à l'ossature. Le pourcentage d'ossature n'est PAS ajusté automatiquement lorsqu'on en change le type. Les pourcentages d'ossature à utiliser sont donnés dans le Tableau 7-1, qui se trouve aussi dans l'annexe C (tableau C-1) du CMNÉB. Ces pourcentages d'ossature tiennent compte des poteaux et des cadres supplémentaires nécessaires autour des fenêtres et des portes.

**Tableau 7-1 - Pourcentages d'ossature (tiré de l'annexe C du CMNÉB)**

Ensemble	Espacement des éléments, en mm	Ossature en bois		Ossature en tôle d'acier	
		Aire occupée par l'ossature, %	Aire occupée par les autres composants, %	Aire occupée par l'ossature, %	Aire occupée par les autres composants, %
Toits, plafonds, planchers	< 500	10	90	0,33	99,67
	≥ 500	7	93	0,23	99,77
Mur au-dessus du niveau moyen du sol et fourrures	< 500	19	81	0,63	99,37
	≥ 500	11	89	0,37	99,63
Mur sous le niveau moyen du sol et fourrures	< 500	17	83	0,57	99,43
	≥ 500	10	90	0,33	99,67
Mur en tôle d'acier	< 2 100	–	–	0,08	99,92
	≥ 2 100	–	–	0,06	99,94

Le logiciel comprend une bibliothèque de la plupart des matériaux de construction (tirés de l'annexe C du CMNÉB). La prudence est de mise lorsqu'on utilise les propriétés des matériaux fournies par les fabricants. En effet, certains matériaux isolants expansés ou extrudés présentent des résistances thermiques élevées quand ils viennent d'être fabriqués, mais le coefficient RSI baisse à mesure que l'agent d'expansion se diffuse pour être remplacé par de l'air. Les coefficients du CMNÉB, quant à eux, représentent des performances à long terme. Tout isolant dont la conductivité est inférieure à 0,024 W/mK (ou supérieure à R-6/po) devrait faire l'objet d'une vérification auprès du Centre canadien de matériaux de construction (CCMC).

Certains matériaux comportent une feuille réfléchissante pour minimiser le transfert de chaleur par rayonnement. Les fabricants annoncent parfois pour ces matériaux un coefficient RSI effectif censé représenter cet avantage. Ces matériaux ne sont efficaces que si la feuille réfléchissante donne sur une lame d'air. Il est préférable de modéliser ce type de matériau en fonction de sa seule conductivité thermique et ne pas tenir compte de la feuille réfléchissante, puis d'ajouter une lame d'air comportant une surface réfléchissante.

De même, les fabricants annoncent des coefficients RSI effectifs à l'égard de matériaux massifs. On doit modéliser ces matériaux en entrant séparément la conductivité et la capacité thermique de chaque couche. Le logiciel, dans ses calculs, prendra en considération l'avantage de la masse thermique. Cependant, si on entre directement le coefficient U, au lieu d'entrer chaque matériau qui constitue l'ensemble, la masse thermique n'est pas considérée.

Si un mur extérieur comporte une façade accrochée (revêtement métallique) et une lame d'air de plus de 100 mm entre la façade et le mur extérieur, on exclut la façade et la lame d'air des calculs du coefficient U du mur extérieur. Dans un pareil cas, les pertes de chaleur par convection excéderont la réduction de pertes par conduction à travers l'ensemble complet. Si la lame d'air entre le mur extérieur et le revêtement de façade fait moins de 100 mm, on inclut la lame d'air et le revêtement dans les calculs du coefficient U global de l'ensemble.

## 7.3 Ensembles en contact avec le sol

### 7.3.1 Murs au-dessous du niveau du sol et semi-enterrés

Les murs partiellement enterrés doivent être divisés en deux parties : partie au-dessus du niveau du sol et partie au-dessous du niveau du sol. La modélisation des murs au-dessus du sol est expliquée dans la section 7.2.2. On entre les murs au-dessous du sol dans l'élément « Mur en contact avec le sol ».

En ce qui concerne les murs semi-enterrés, on doit traiter toute la section remblayée comme étant un mur en contact avec le sol. La profondeur du mur est calculée comme étant la somme de la profondeur du mur au-dessous du sol et de la hauteur du remblai pour autant que ce dernier s'étende à 1,2 mètres à partir du mur. Pour la partie du remblai qui s'étend à moins de 1,2 mètres du mur, utiliser la moitié de la hauteur de cette portion de remblai (voir la Figure 7-1 - Profondeur d'un mur par rapport au niveau du sol quand des remblais sont utilisés.). Cette hauteur est aussi utilisée dans les calculs de l'aire du mur souterrain.

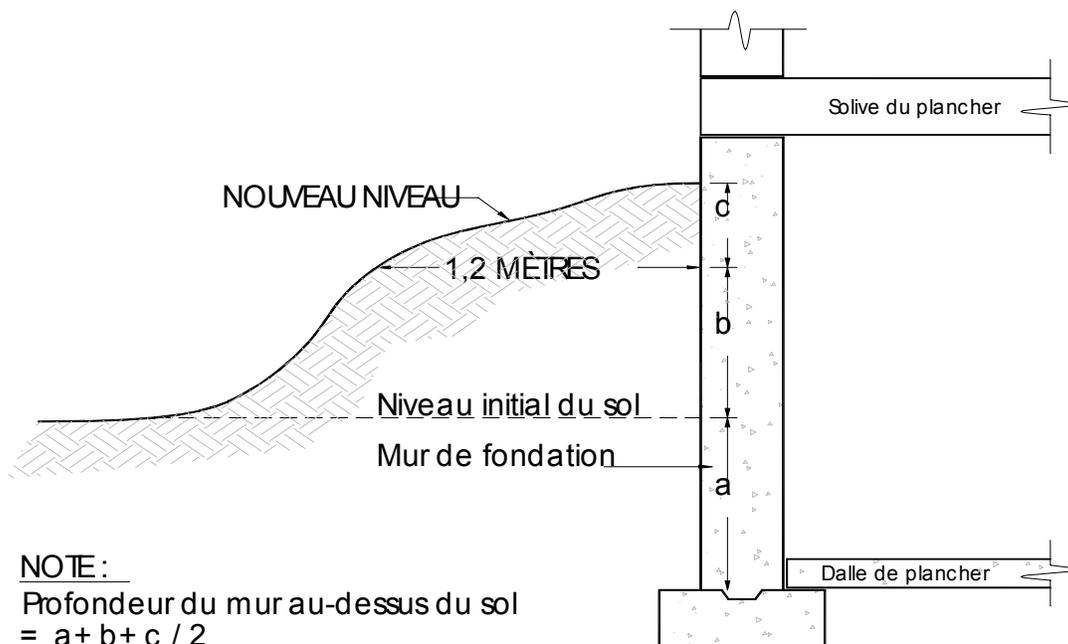


Figure 7-1 - Profondeur d'un mur par rapport au niveau du sol quand des remblais sont utilisés.

### **7.3.2 Toits au-dessous du niveau du sol et toitures de constructions semi-enterrées**

Les toits au-dessous du sol et semi-enterrés sont traités dans l'élément Mur souterrain, comme indiqué dans le tableau A-3.2.3.1 du CMNÉB. Cependant, s'il y a moins de 600 mm de terre au-dessus du toit, on traite ce dernier comme un toit hors-sol. Dans l'élément Mur souterrain, Aire correspond à l'aire du toit, Profondeur correspond à l'épaisseur de la couche de terre sur le toit et Périmètre correspond au périmètre du toit.

**Question commune :**

**Que dois-je faire si l'isolant qui entoure ma dalle ne correspond pas aux options offertes dans l'EE4?**

Si l'isolant de la dalle est plus long que l'isolant présenté dans les options, sélectionnez simplement l'option la plus près. Si l'isolant qui entoure la dalle s'étend vers l'extérieur selon un angle à partir de l'extérieur du mur de fondation, interprétez cet élément comme étant équivalent à l'isolant extérieur de la dalle dans la mesure où il s'étend de 0,6 mètre ou plus vers l'extérieur.

## **7.4 Fenêtres et lanterneaux**

### **7.4.1 Aire de fenêtre et de lanterneau**

On calcule les aires totales de fenêtres et de lanterneaux en tenant compte du vitrage et du cadrage (alinéa 2.2.2.8-1 du CMNÉB). Bon nombre de concepteurs font un mauvais usage du terme « aire de fenêtrage » en le confondant avec « aire de vitrage ». Dans le logiciel de conformité, l'aire de fenêtrage (et ses propriétés thermiques) doit représenter l'aire de fenêtrage totale (vitrage, cadre, châssis et meneaux compris).

Les lanterneaux sont entrés comme étant une fenêtre dans le toit et on présuppose que l'angle de son inclinaison est le même que celui du toit. Beaucoup de bâtiments commerciaux comportent des lanterneaux en forme pyramidale ou à dôme. La surface de ces lanterneaux est beaucoup plus grande que l'ouverture dans le toit et l'aire totale de toutes les surfaces en saillie doit être inscrite dans le logiciel, pas seulement l'aire d'ouverture brute. Pour les petits lanterneaux, l'aire totale du lanterneau peut être estimée à 1,5 fois l'aire de l'ouverture (alinéa 2.2.2.8-3 du CMNB). Pour les lanterneaux à dôme, on recommande de multiplier l'aire de l'ouverture par 1,3 pour déterminer l'aire totale du lanterneau. Même si cette approche est valable pour calculer les pertes de chaleur, elle surestime les gains de chaleur solaire par le lanterneau (se reporter à la section 7.4.3).

L'aire de fenêtrage doit comprendre l'aire totale (y compris les éléments de cadre) des fenêtres, des portes coulissantes, des portes tournantes en vitre et des parties vitrées de portes battantes. Tous ces composants doivent être définis dans l'arbre du bâtiment du logiciel.

Noter que le bâtiment de référence et le bâtiment proposé auront la même aire de fenêtrage, avec un rapport fenêtrage-mur maximal de 40 %. Même si le rapport fenêtrage-mur du bâtiment proposé est supérieur à 40 %, le rapport fenêtrage-mur du bâtiment de référence est limité à 40 %. Cela entraîne une pénalité parce que le bâtiment proposé aura une aire de fenêtrage

supérieure à celle du bâtiment de référence (ce qui signifie des besoins en chauffage et en refroidissement plus grands que le bâtiment de référence).

De même, l'aire de lanterneaux dans le bâtiment proposé et dans le bâtiment de référence est la même, avec un rapport lanterneaux-toit maximal de 2 %. Si le rapport lanterneaux-toit du bâtiment proposé est supérieur à 2 %, et que le rapport fenêtrage-mur est supérieur ou égal à 40 %, le rapport lanterneaux-toit du bâtiment de référence ne peut dépasser 2 %.

### **7.4.2 Coefficients U des fenêtres et des lanterneaux**

On doit calculer le coefficient U des fenêtres en fonction de la fenêtre entière (y compris le vitrage et le cadre). Il existe plusieurs sources qui donnent les coefficients U des fenêtres et lanterneaux. Les voici, dans l'ordre recommandé :

1. Fabricant : certains fabricants donnent le coefficient U de leurs produits. Les seuls coefficients acceptés sont ceux établis conformément à la norme CSA-A440.2 ou à la norme NFRC-100 (noter que les coefficients donnés par le NFRC sont habituellement exprimés en unités de mesure impériales; multiplier par 5,678 pour obtenir l'équivalent métrique). Certains fabricants donnent des coefficients relatifs au vitrage seulement; ne pas les utiliser.
2. FRAMEplus en ligne : FRAMEplus en ligne peut être utilisé pour déterminer le coefficient U des fenêtres. Le logiciel est disponible sur le site <http://www.frameplus.ca>. FRAMEplus génère des coefficients U pour le vitrage uniquement, le coefficient U total de la fenêtre d'après les dimensions nominales CSA et le coefficient U total de la fenêtre d'après les dimensions indiquées. Dans le modèle, il faut utiliser le coefficient U total de la fenêtre d'après les dimensions nominales CSA. La feuille de résultats de la simulation FramePlus doit être inclus dans la soumission.
3. Les coefficients par défaut dans la bibliothèque de fenêtrage du logiciel EE4 : ces coefficients sont équivalents à ceux donnés dans le manuel « Fundamentals Handbook » de l'ASHRAE, et on doit s'en servir quand les données exactes du fenêtrage ne sont pas disponibles.

### **7.4.3 Coefficients de gain solaire (CGS) des fenêtres et des lanterneaux**

Les CGS requis dans le logiciel concernent la fenêtre au complet (non pas seulement le vitrage). Parfois, les fabricants donnent le coefficient d'ombrage (CO). Le coefficient de gain solaire correspond à 0,87 fois le CO. Par contre, les CO ne sont souvent donnés que pour le vitrage. Il existe plusieurs sources qui donnent les CGS. Les voici, dans l'ordre recommandé de consultation :

1. Fabricants de fenêtres : certains fabricants donnent les CGS de leurs produits. Les seuls coefficients acceptés sont ceux établis conformément à la norme CSA-A440.2 ou à la norme NFRC-200. Certains fabricants ne donnent ces coefficients que pour le vitrage; ces coefficients doivent être ajustés (voir plus loin).
2. Fabricants de vitrages : les fabricants donnent souvent les CGS de leurs produits. Les coefficients du vitrage sont précis, mais ne tiennent pas compte des effets de l'ossature. Pour corriger ces coefficients, multiplier le CGS du vitrage par le ratio de l'aire du vitrage correspondant à l'aire de fenêtrage total. Si ce ratio est inconnu ou difficile à calculer, on pose des coefficients de 80 % et de 70 %, pour les fenêtres à vitrage fixe et à vitrage ouvrant respectivement.

3. FRAMEplus en ligne : FRAMEplus en ligne peut être utilisé pour déterminer les CGS. Le logiciel est disponible sur le site <http://www.frameplus.ca>. Il faut utiliser le CGS total de la fenêtre d'après les dimensions nominales CSA. L'output de la simulation FramePlus doit être inclus dans la soumission.
4. Manuel « Fundamentals Handbook » de l'ASHRAE : le chapitre 29, tableau 11 (édition 1997) fournit une liste relativement complète des CGS de fenêtres complètes (voir l'annexe A du présent manuel).
5. Logiciel EE4 : le logiciel contient une très courte liste de coefficients et il est déconseillé de les utiliser aux fins de la vérification de conformité à la validation par RNCAN et au CMNÉB.

Si l'aire de lanterneaux est augmentée pour prendre en considération la perte de chaleur supplémentaire causée par la forme en dôme ou en pyramide, il faut réduire le CGS pour compenser. Le CGS de lanterneau correspond au CGS divisé par 1,5 pour les lanterneaux de forme pyramidale, et au CGS divisé par 1,3 pour les lanterneaux à dôme.

#### Question commune :

##### **Est-ce que les auvents, les balcons et autres surplombs sont considérés comme des dispositifs d'ombrage ?**

Oui, pour le bâtiment proposé, les auvents, les balcons et autres surplombs sont considérés comme des dispositifs d'ombrage et sont inclus dans la géométrie en porte-à-faux d'une fenêtre. Cependant, ce n'est pas le cas pour le bâtiment de référence. Par conséquent, aucune géométrie en porte-à-faux ne serait incluse pour les fenêtres ou les portes vitrées dans le scénario de référence. L'ombrage procuré à des fenêtres par une passerelle couverte située au-dessus de ces fenêtres pour le bâtiment proposé n'est pas inclus de la définition du scénario de référence. .

Le quatrième élément de l'article 5.3.5.5 du supplément du CMNÉB (*Conformité des bâtiments par la méthode de performance*) stipule ce qui suit :

« La coquille de conformité doit indiquer que les fenêtres du bâtiment de référence ne reçoivent pas d'ombrage projeté par des installations extérieures, quelle que soit l'entrée indiquée à ce titre pour le bâtiment proposé selon le paragraphe 4.3.5.5(3). »

L'interprétation de cette phrase inclut les auvents, les balcons, les porte-à-faux, etc.

## 7.5 Portes

De nombreux types de portes sont utilisés dans les bâtiments commerciaux : portes battantes, coulissantes, tournantes et basculantes. Les portes vitrées coulissantes d'habitations (portes patio) doivent être traitées comme étant des fenêtres à vitrage ouvrant (se reporter à la section 7.4.1). Les portes dont l'aire de vitrage dépasse 50 % de l'aire totale de la porte doivent aussi être considérées comme des fenêtres à vitrage ouvrant, on ne doit donc pas les entrer comme étant des portes.

On doit déterminer les coefficients U des portes battantes en conformité avec la norme A453, le cas échéant. On peut trouver les coefficients U typiques des portes battantes, tournantes et basculantes dans le manuel « Fundamentals Handbook » de l'ASHRAE (édition 1997), chapitre 29, tableau 7. Les coefficients U des portes sont les mêmes pour le bâtiment de référence et pour

le bâtiment proposé, ce qui signifie que le coefficient U sélectionné n'aura pas beaucoup d'impact sur les résultats de la simulation.

## 7.6 Murs-rideaux

Les murs-rideaux sont fréquents dans les bâtiments commerciaux. Ils sont composés de deux sections : panneaux vitrés (partie vitrée) et panneaux d'allège (partie opaque). Dans le logiciel, on définit les murs-rideaux de la même façon que les murs ordinaires; la partie opaque correspond au mur, les parties vitrées correspondent aux fenêtres.

### 7.6.1 Panneau vitré

On peut déterminer le coefficient U et le CGS des panneaux vitrés comme décrit dans la section 7.4. Comme la plupart des fabricants ne donnent pas ces coefficients, on peut se fier au manuel « Fundamentals Handbook » de l'ASHRAE, chapitre 29, pour obtenir les valeurs les plus exactes disponibles (se reporter à l'annexe A).

FramePlus Online peut être utilisé afin de déterminer les caractéristiques de performance. Le logiciel peut être retrouvé à <http://www.frameplus.ca>. Le CGS et la valeur U totale pour la grandeur actuelle de la fenêtre devrait être utilisé. La feuille de résultat de la simulation FramePlus doit être incluse dans la soumission.

### 7.6.2 Panneau d'allège

Il existe deux types génériques de panneaux d'allège. Le premier est préfabriqué en béton (ou autre matériau) et est accroché à la structure du bâtiment. L'isolation est assurée par un isolant projeté à l'endos du panneau d'allège ou par la mise en place d'un mur isolé intérieur. Ces deux méthodes d'isolation présentent des ponts thermiques négligeables, et le coefficient R du mur peut être calculé selon la marche à suivre décrite dans l'annexe C du CMNÉB et dans le logiciel EE4.

Le deuxième type de panneau d'allège est composé de meneaux d'aluminium et d'un extérieur vitré (ce qui donne les immeubles-miroir). Un coffrage en acier est fixé aux meneaux et est rempli d'un matelas isolant. Les meneaux et le coffrage en acier causent des ponts thermiques considérables, ce qui réduit l'efficacité de l'isolation de plus de 50 %. La façon la plus précise d'évaluer le coefficient U des panneaux d'allège est d'utiliser un logiciel d'analyse des propriétés thermiques en deux dimensions (par exemple, le logiciel FRAME, disponible sur le site Web <http://www.frameplus.ca> ).

Frame Plus Online peut être utilisé afin de déterminer les propriétés de performance du panneau d'allège. La valeur U du panneau d'allège total pour la grandeur actuelle doit être utilisée dans la simulation EE4. La feuille de résultat de la simulation FramePlus doit être incluse dans la soumission.

Sinon, le coefficient U de l'ensemble peut être calculé dans le logiciel EE4, en apportant quelques modifications à la démarche habituelle :

1. Calculer l'aire du mur (panneau-allège) représentée par les meneaux (en général, les meneaux constituent de 5 % à 20 % de l'aire du mur). Dans le cas où il y aurait un seul meneau par panneau-allège et panneau vitré, n'inclure que la moitié de l'aire du meneau dans l'aire du mur.
2. Dans la bibliothèque Assemblage du logiciel EE4, cocher la case « 500 mm et plus » du champ Ossature et entrer le pourcentage de meneaux.

3. Dans le champ Composantes de construction, décrire chaque couche du panneau-allège. On doit indiquer que l'isolant comporte une ossature.
4. Ajouter une couche continue de revêtement mural en panneau de gypse (c'est-à-dire sans ossature) au-dessus de la couche isolante pour représenter la coupure thermique causée par les meneaux. L'épaisseur du panneau de gypse est la même que celle de la coupure thermique.

La Figure 7-2 - Entrée EE4 pour un panneau d'allège représente une entrée typique pour un panneau d'allège ayant une coupure thermique de 4 mm. Même s'il s'agit d'une démarche qui donne des résultats satisfaisants, il faut, pour les matériaux comportant une grande coupure thermique, privilégier une épreuve thermique conforme à la norme CSA-A440.2.

Dans de nombreux cas, le coefficient U du panneau-allège sera plus élevé de 167 % par rapport au coefficient U du mur de bâtiment de référence, ce qui génère un avertissement dans le logiciel. Lorsque l'on utilise la méthode de performance énergétique aux fins de la validation par RNCAN, il est nécessaire que la conductance thermique totale (coefficient U) de toutes les composantes de construction hors sol opaques du bâtiment proposé n'excède pas 167 % du coefficient U total du bâtiment de référence relativement à ses composantes de construction opaques.

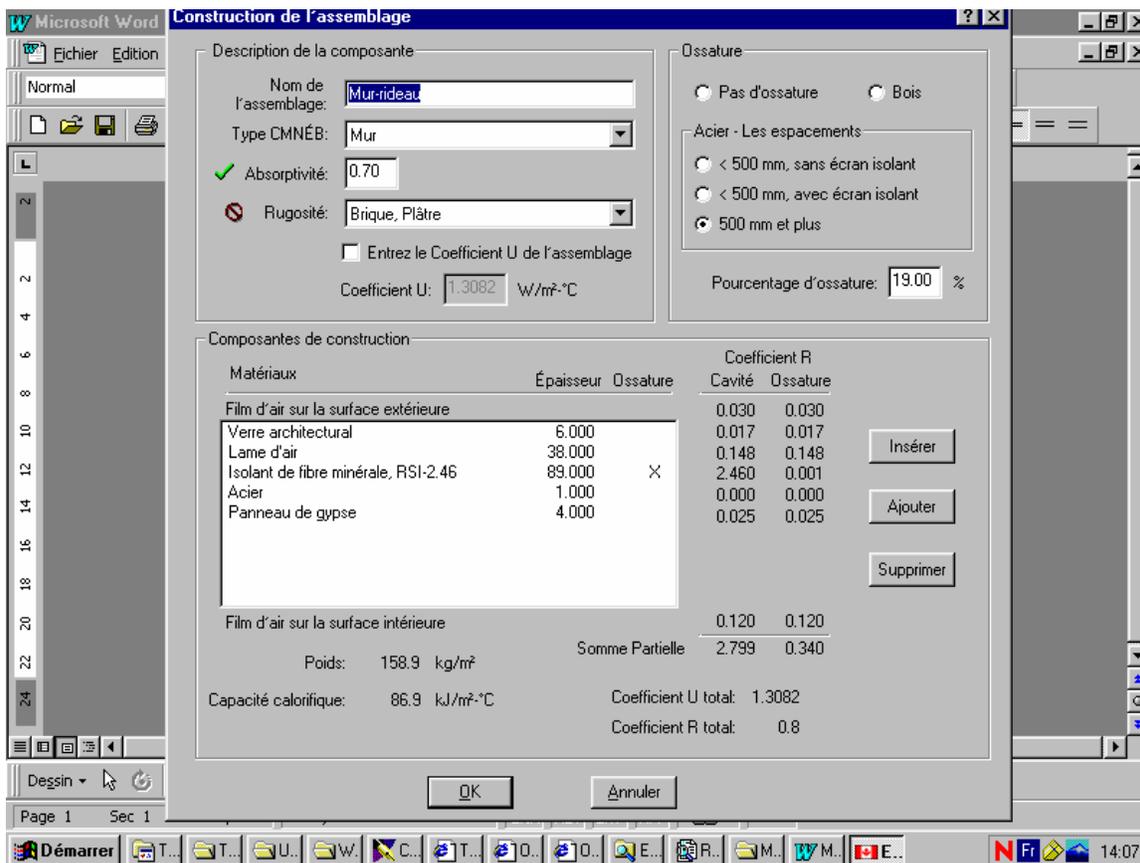


Figure 7-2 - Entrée EE4 pour un panneau d'allège

## **7.7 Balcons et jonctions mur/plancher**

### **7.7.1 Jonctions**

Les jonctions mur/plancher et mur/toit peuvent être des endroits où les déperditions de chaleur sont élevées en raison de la difficulté d'isoler ce type de construction. Le CMNÉB (alinéa 3.2.1.2-3) exige que le coefficient U de ces jonctions ne dépasse pas par plus de deux fois les coefficients prescriptifs pour les murs (données dans l'annexe A du CMNÉB). Si cette exigence est respectée, on peut modéliser tout le mur en utilisant le coefficient U du mur (pour le bâtiment proposé comme pour le bâtiment de référence) et ne pas tenir compte du transfert thermique supplémentaire aux jonctions.

Dans le cas des toits avec comble, il n'est pas nécessaire de tenir compte de la baisse d'efficacité de l'isolation à la jonction toit/plafond à la condition que le coefficient U soit inférieur à deux fois la valeur indiquée à l'annexe A pour le mur, le toit ou le plancher exposé.

Si l'exigence du CMNÉB (alinéa 3.2.1.2-3) n'est pas remplie, il faut entrer l'aire de jonction et son coefficient U séparément, comme un mur distinct. Il faut entrer les composantes de construction de la jonction.

Il n'est pas nécessaire de tenir compte des petits éléments divers qui pénètrent l'enveloppe du bâtiment (tuyaux, conduits, appareils CVCA, cornières, ancrages, fixations et autres éléments d'ossature mineurs, à la condition que l'isolant soit posé de façon à épouser étroitement le pourtour de l'élément au point de pénétration (Paragraphe 3.2.1.2 (4) du CMNÉB).

Il n'est pas nécessaire de tenir compte de l'effet des éléments d'ossature majeurs comme les murs pare-feu et dalles de plancher et platelages de toit qui pénètrent l'enveloppe du bâtiment à la condition que l'isolant soit posé de façon à épouser étroitement le pourtour de l'élément au point de pénétration et que la somme des sections de ces éléments d'ossature majeurs formant pénétration soit limitée à au plus 2 % de l'aire des composants hors-sol de l'enveloppe du bâtiment. (Paragraphe 3.2.1.2(5) du CMNÉB).

### **7.7.2 Balcons**

Les balcons de béton sont communs dans les bâtiments résidentiels de grande hauteur. Il n'est pas nécessaire de tenir compte de l'impact thermique de ces pénétrations, à condition que l'aire transversale de pénétration ne dépasse pas 2 % de l'aire des composants hors-sol de l'enveloppe du bâtiment (CMNÉB, alinéas 3.2.1.2-(1-5)). Pour que cette exigence soit remplie, les balcons ne peuvent pas couvrir plus de la moitié du périmètre du bâtiment. En ce qui concerne les balcons qui occupent une grande surface, on doit entrer un mur distinct pour le balcon. Le coefficient U du balcon peut être calculé en utilisant le logiciel FRAME ou tout autre logiciel d'analyse en deux dimensions de transfert thermique. On peut aussi utiliser un coefficient U de  $5,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$  (basé sur l'aire du mur représentée par l'aire transversale du balcon).

## **7.8 Modélisation des zones non climatisées ou partiellement climatisées**

### **7.8.1 Espace non climatisé (vestibules non chauffés, garages de stationnement)**

Comme mentionné dans la section 2.3, il n'est pas nécessaire de tenir compte de la plupart des zones non climatisées. Cependant, on peut modéliser ces zones selon la démarche suivante.

Note : le logiciel EE4 n'admet pas les espaces non climatisés avec certains systèmes de CVCA

(p. ex. thermopompes, ventilo-convecteurs, éjecto-convecteurs). Dans de telles situations, on ne tient pas compte de la zone non climatisée et on doit la traiter comme décrit dans la section 2.3.

1. Définir l'aire comme étant une zone distincte (une zone non climatisée ne peut pas être la première zone entrée dans un système de l'arbre du bâtiment du logiciel; la première zone entrée est considérée être la zone de contrôle du système).
2. Définir la zone comme étant indirectement climatisée (élément Zone, onglet « Général »).
3. Définir les murs extérieurs, les planchers et le toit de la façon habituelle.
4. Définir les murs, planchers et toit situés entre une zone non climatisée et une zone climatisée comme étant des cloisons intérieures. Ces cloisons doivent être définies pour chaque zone climatisée.
5. Choisir une fonction appropriée pour la zone ou définir une densité d'occupation de 1750 m<sup>2</sup>/occupant pour les aires inoccupées.
6. Définir un horaire non fractionnaire pour chaque heure de chaque jour et l'appliquer au ventilateur, au chauffage de l'eau sanitaire, aux charges des prises de courant, aux occupants et aux charges de procédé.
7. Pour les garages de stationnement, définir une puissance d'éclairage. Pour les espaces non éclairés, ajouter une puissance d'éclairage minimale (cela permet au logiciel de s'effectuer).

### **7.8.2 Zones partiellement climatisées (vides sanitaires, garages de stationnement chauffés)**

Les zones partiellement climatisées sont les aires du bâtiment qui ne sont pas chauffées ou refroidies aux températures de consigne habituelles. Cette définition comprend aussi les zones adjacentes qui fonctionnent à des températures très différentes (se reporter à la section 2.1, Division des bâtiments en zones) ou une zone climatisée adjacente à une zone non climatisée. Ce dernier cas est commun dans les bâtiments (industrie légère) où le bureau à l'avant du bâtiment est climatisé et où l'aire de production à l'arrière ne l'est pas. Voici la marche à suivre pour modéliser des zones partiellement climatisées :

1. Définir l'aire comme étant une zone distincte.
2. Définir la zone comme étant directement climatisée (élément Zone, onglet « Général »).
3. Définir les murs extérieurs, planchers et toit de la façon habituelle.
4. Définir les murs, planchers et toit situés entre une zone partiellement climatisée et une zone climatisée comme étant des cloisons intérieures.
5. Choisir la fonction de l'espace « Entrepôts/Dépôts; stockage inactif » pour la plupart des espaces.
6. Définir les exigences relatives à la ventilation conformément à la norme provinciale applicable. Si l'on se sert du contrôle du CO afin de déterminer la quantité de ventilation pour le garage, le débit d'air extérieur modélisé peut être diminué pour correspondre au nombre d'heures pendant laquelle aucune ventilation n'est assurée durant l'horaire d'occupation. RNCan reconnaît une norme de fonctionnement de six heures (deux heures le matin, deux l'après-midi et deux heures le soir) pour le contrôle de la ventilation au moyen de détecteurs

de CO. Puisque ces derniers sont obligatoires, aucun crédit n'est accordé pour cette caractéristique dans le bâtiment propos; par conséquent, le bâtiment de référence doit présenter le même débit d'air extérieur que le bâtiment proposé.

7. Entrer les températures de consigne voulues pour le chauffage et le refroidissement (élément Pièce/onglet « Général ») et créer les horaires de température de chauffage/refroidissement correspondants (dans la bibliothèque Horaires).
8. Définir un horaire avec une traction de 0 % pour chaque heure de chaque journée et l'appliquer au ventilateur, au chauffage de l'eau sanitaire, aux charges des prises de courant, aux occupants et aux charges de procédé.
9. Entrer la puissance de chauffage et de refroidissement du système de CVCA qui dessert la zone partiellement climatisée.
10. Pour les espaces éclairés, définir la puissance d'éclairage. Pour les espaces non éclairés, ajouter une puissance d'éclairage de 3,2 Watts/m<sup>2</sup> pour qu'elle corresponde à la densité de puissance d'éclairage de référence du CMNÉB donnée pour les « Entrepôts/Dépôts; stockage inactif ».

### **7.8.3 *Espaces non climatisés servant de plénum d'alimentation (vides sanitaires, locaux d'installations mécaniques hors-toit ou planchers)***

Voici comment modéliser ces espaces :

1. Définir l'aire comme étant une zone distincte.
2. Définir la zone comme étant indirectement climatisée (élément Zone, onglet « Général »).
3. Définir les murs extérieurs, planchers et toit de la façon habituelle.
4. Définir les murs, planchers et toit situés entre une zone non climatisée et une zone climatisée comme étant des cloisons intérieures. On doit définir ces cloisons pour chaque zone climatisée.
5. Fixer la densité d'occupation à 1750 m<sup>2</sup>/occupant pour accepter les valeurs par défaut du CMNÉB.
6. Définir un avec une traction de 0 % pour chaque heure de chaque journée et l'appliquer au ventilateur, au chauffage de l'eau sanitaire, aux charges des prises de courant, aux occupants et aux charges de procédé.
7. Garder les températures de consigne par défaut d'été et d'hiver et les horaires de chauffage/refroidissement par défaut.
8. Dans l'élément Système, onglet « Air extérieur », augmenter le rendement de récupération de chaleur de 2 %. S'il n'y a pas de ventilateur-récupérateur de chaleur, fixer le rendement de récupération de chaleur à 2 %.
9. Ajouter un éclairage d'une puissance minimale dans la zone pour permettre aux calculs de s'effectuer.

### **7.8.4 Espaces partiellement climatisés servant de plénum d'alimentation (vides sanitaires, locaux des installations mécaniques hors-toit ou planchers)**

Voici comment modéliser ces espaces :

1. Définir l'aire comme étant une zone distincte.
2. Définir la zone comme étant directement climatisée (élément Zone, onglet « Général »).
3. Définir les murs extérieurs, planchers et toit de la façon habituelle.
4. Définir les murs, planchers et toit situés entre une zone partiellement climatisée et une zone climatisée comme étant des cloisons intérieures. On doit définir ces cloisons pour chaque zone climatisée.
5. Choisir la fonction de l'espace « Stockage inactif ».
6. Fixer l'apport minimal d'air extérieur et la densité d'occupation à zéro pour accepter les valeurs par défaut du CMNÉB.
7. Définir un horaire avec une traction de 0 % pour chaque heure de chaque journée et l'appliquer au ventilateur, au chauffage de l'eau sanitaire, aux charges des prises de courant, aux occupants et aux charges de procédé.
8. Entrer les températures de consigne voulues pour le chauffage et le refroidissement et créer un horaire correspondant.
9. Entrer la puissance de chauffage et de refroidissement du système de CVCA de la zone.
10. Dans l'élément Système, augmenter le rendement de récupération de chaleur de 5 %. S'il n'y a pas de ventilateur-récupérateur de chaleur, fixer le rendement de récupération de chaleur à 4 %.
11. Pour les espaces éclairés, définir une puissance d'éclairage. Pour les espaces non éclairés, ajouter une puissance d'éclairage de 3,2 Watts/m<sup>2</sup> pour qu'elle corresponde à la densité de puissance d'éclairage de référence du CMNÉB donnée pour les « Entrepôts/Dépôts; stockage inactif ».

## **7.9 Cloisons intérieures**

On utilise les cloisons intérieures pour définir le transfert thermique qui se produit entre les zones. Ces cloisons ne doivent être modélisées que s'il y a un transfert de chaleur important entre des zones adjacentes, ce qui ne se produit que s'il y a une différence de température entre les zones. Si la température de consigne et l'horaire de chauffage et de refroidissement des zones adjacentes sont les mêmes, il n'y a pas lieu de modéliser les cloisons intérieures dans le logiciel. Toutefois, il y a trois situations où il faut modéliser les cloisons intérieures :

- Les horaires d'exploitation des zones adjacentes sont très différents (différence de plus de 28 heures de fonctionnement par semaine).
- Les points de consigne des zones adjacentes sont différents (différence de plus de 3 °C).

- Une zone est climatisée tandis que la zone adjacente ne l'est pas.

On définit les cloisons intérieures de façon très similaire aux murs extérieurs. Les différentes composantes de construction sont saisies pour déterminer un coefficient U total pour le mur. Après avoir spécifié le type de construction, il faut spécifier l'espace adjacent à la cloison intérieure. Les cloisons intérieures ne sont définies que pour une des deux zones adjacentes. La même cloison ne doit pas être entrée dans deux zones différentes.

## 8. MODELISATION DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES

### 8.1 Systèmes d'éclairage

La modélisation de systèmes d'éclairage est relativement simple. En effet, la puissance d'éclairage du bâtiment proposé est égale à la somme des puissances consommées par les appareils d'éclairage. Cette valeur doit comprendre la puissance des ampoules/tubes et des ballasts. La plupart des sources lumineuses (sauf les ampoules à incandescence et les lampes halogènes) nécessitent des ballasts, qui augmentent l'appel de puissance de 10 à 25 % par rapport à la puissance nominale de la source lumineuse. La puissance d'éclairage se trouve dans la documentation du fabricant ou dans la liste des appareils d'éclairage du logiciel EE4.

La densité de puissance d'éclairage du bâtiment de référence varie selon le mode de modélisation choisi (« *fonction de l'espace* » ou « *type de bâtiment* »). Si le mode « *fonction de l'espace* » est sélectionné pour définir le bâtiment, la densité de puissance d'éclairage est multipliée par le facteur d'aire pour l'éclairage afin de déterminer les puissances d'éclairage admissibles. Ce facteur tient compte de la demande accrue de puissance d'éclairage dans les petits locaux à haut plafond. La Figure 8-1 illustre des graphiques de facteur d'aire pour l'éclairage. Pour les corridors, les locaux des installations électriques/mécaniques, les espaces des bureaux des types 2 et 3 et les installations sportives intérieures, le facteur d'aire est de 1,0 (alinéa 4.3.3.5 du CMNÉB). Aux fins de la simulation, le facteur d'aire pour les espaces des bureaux de type 1 est aussi de 1,0.

Il existe des densités de puissance d'éclairage différentes pour trois types d'espaces de bureaux. Dans le logiciel EE4, il est important de choisir le type de bureau approprié.

**Bureaux de type 1** (petites aires de bureau et bureaux à aires ouvertes) :

- Bureaux ayant une aire inférieure à 85 m<sup>2</sup>
- Bureaux à aires ouvertes non délimités par des cloisons ou par des cloisons de petite hauteur, c'est-à-dire que la distance entre le plafond et le dessus des cloisons est supérieure à 1370 mm (4 pi 6 po)

**Bureaux de type 2** (grandes aires de bureau – cloisons de hauteur moyenne) :

- Bureaux ayant une aire supérieure à 85 m<sup>2</sup> et délimités par des cloisons de hauteur moyenne, c'est-à-dire que la distance entre le plafond et le dessus des cloisons se situe entre 1070 mm (3 pi 6 po) et 1370 mm (4 pi 6 po)

**Bureaux de type 3** (grandes aires de bureau – cloisons de grande hauteur) :

- Bureau ayant une aire supérieure à 85 m<sup>2</sup> et délimités par des cloisons de grande hauteur, c'est-à-dire que la distance entre le plafond et le dessus des cloisons est inférieure à 1070 mm (3 pi 6 po)

Pour certains projets, comme dans le cas des immeubles-enveloppe ou les magasins de détail pour lesquels les locataires seront responsables du plan de l'installation d'éclairage, ce plan peut ne pas être défini dans la demande soumise. Dans de telles situations, la densité de puissance d'éclairage (et le facteur d'aire) doivent être le même pour le bâtiment associé au plan de l'installation d'éclairage proposé et pour le bâtiment de référence. En d'autres mots, il n'y a ni crédit ni pénalité.

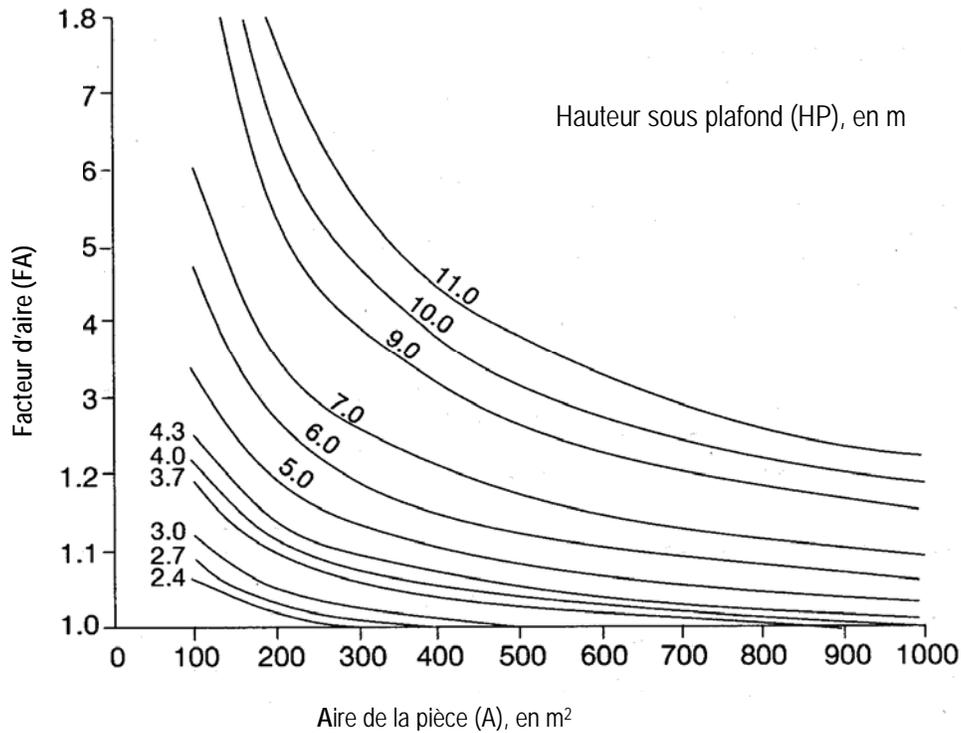
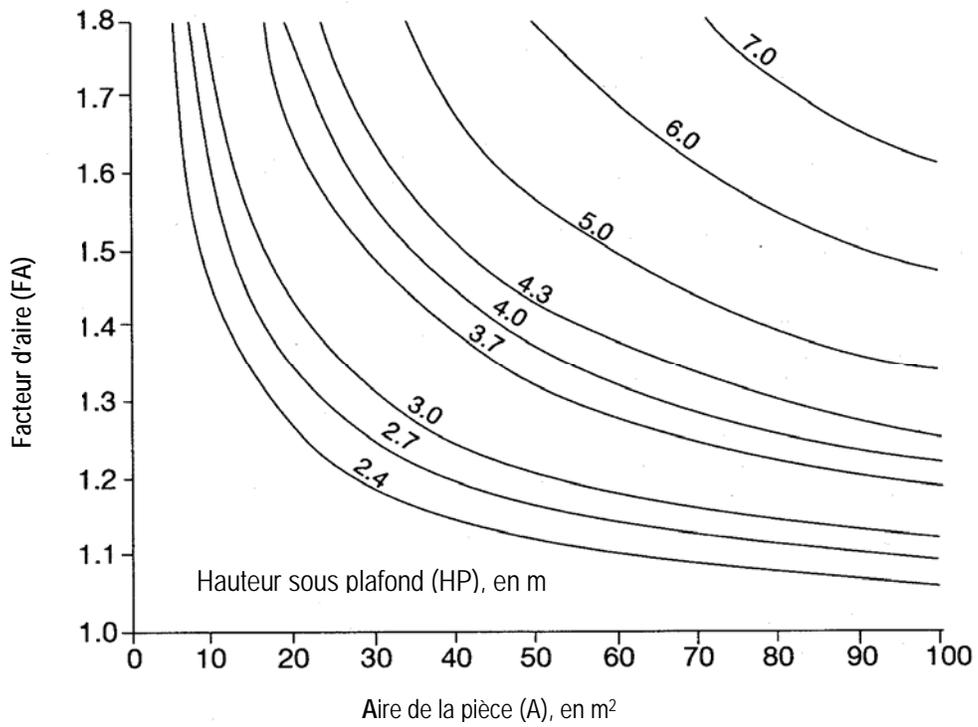


Figure 8-1 - Courbes illustrant le facteur d'aire facteur d'aire pour l'éclairage

### 8.1.1 Commandes d'éclairage

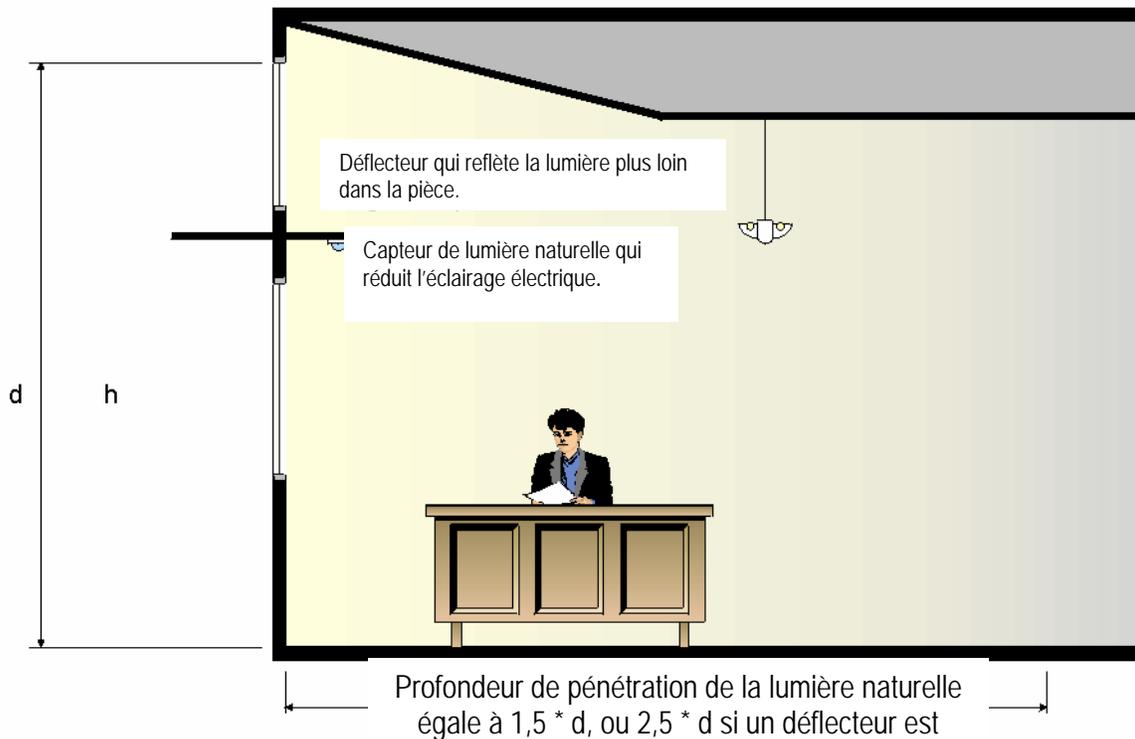
Contrairement au CMNÉB, la validation par RNCan alloue des crédits énergétiques pour les commandes d'éclairage qui aident à atteindre les économies d'énergie cibles de 25 % de moins

que le bâtiment de référence du CMNÉB. Ces commandes comprennent des capteurs de présence, des commandes à gradation (en continu ou multi-étagée) pour régler l'éclairage en fonction de la lumière naturelle disponible, et une combinaison de ces deux types de commandes. Le Tableau 8-1 - Commandes d'éclairage donne les types de commandes d'éclairage et le pourcentage s'y rattachant pour la baisse de puissance d'éclairage qui est donné comme crédit énergétique.

**Tableau 8-1 - Commandes d'éclairage**

Commandes d'éclairage		Pourcentage de la baisse de puissance d'éclairage
Commande à gradation en fonction de la lumière naturelle	- En continu	30 %
	- Gradation multiétagée	20 %
	- Gradation tout ou rien	10 %
Capteur de présence		30 %
Capteur de présence & commande à gradation en fonction de la lumière naturelle	- En continu	40 %
	- Gradation multiétagée	40 %
	- Gradation tout ou rien	40 %

Si des capteurs de présence ou de lumière naturelle commandent seulement une partie de la zone, cette partie de la zone doit correspondre à la surface de plancher commandée par des capteurs. Les capteurs de lumière naturelle ne sont efficaces que pour les aires qui sont éclairées naturellement. La profondeur maximale de pénétration de la lumière naturelle est considérée être de 1,5 fois la hauteur du linteau de fenêtre par rapport au plancher ou de 2,5 fois cette hauteur si des déflecteurs intérieurs ou extérieurs sont utilisés (se reporter à la Figure 8-2). Pour avoir droit au crédit de lumière naturelle, le rapport fenêtrage-mur doit être d'un minimum de 20 %. De même, pour avoir droit au crédit de lumière naturelle, le rapport de l'aire de lanterneaux par rapport à l'aire de plancher doit être d'au moins 5 %.



**Figure 8-2 - Profondeur maximale de pénétration de la lumière naturelle**

On suppose que les détecteurs d'occupation éteignent les lampes complètement. Si l'éclairage ne fait que baisser ou si les lampes ne s'éteignent pas toutes, la zone commandée doit être ajustée en conséquence. Par exemple, si 25 % des lampes restent allumées, on doit ajuster la fraction des luminaires à 0,75.

### 8.1.2 Exclusions du calcul de la densité de puissance d'éclairage

Plusieurs types d'éclairage particuliers devraient être exclus du calcul de la densité de puissance d'éclairage. Ces éclairages sont décrits dans le tableau 4.3.1.2 du CMNÉB. En voici quelques exemples :

- Éclairage utilisé dans les représentations théâtrales et dans certaines parties des installations de divertissement
- Éclairage requis pour des œuvres d'art dans les galeries d'art
- Éclairage spécial servant aux soins médicaux et dentaires ou à des fins de recherche
- Éclairage des panneaux de signalisation ou extérieur
- Éclairage des aires présentant de sécurité élevé
- Éclairage d'urgence

### 8.1.3 Traitement des lampes fluorescentes compactes vissées

**Admissibilité des lampes fluorescentes compactes vissées dans le cadre de la validation par RNCan**

### **1. Qu'est-ce qu'une lampe fluorescente compacte?**

Une lampe fluorescente compacte (LFC) procure le même niveau d'éclairage (lumens) qu'une ampoule à incandescence ordinaire. Toutefois, comme sa puissance nominale est moins élevée, elle consomme moins d'énergie, produit moins de pollution et constitue en tout temps un bon investissement.

### **2. Les lampes fluorescentes compactes vissées sont-elles admissibles à la validation par RNCan?**

Oui, la validation par RNCan permet l'utilisation de ces appareils d'éclairage tant que l'information ci-dessous est fournie sur les documents soumis à l'examen technique :

- marque et modèle de l'ampoule;
- indications du manufacturier;
- indication sur les dessins de l'emplacement et de la quantité des LFC;
- note à l'effet que lampes sont installées par un entrepreneur.

RNCan n'acceptera pas les soumissions dans lesquelles les LFC sont installées ou remplacées par le locataire ou l'occupant du bâtiment. Cette situation n'est pas sous le contrôle du concepteur et n'est pas admissible en vertu des règlements de la validation par RNCan.

## **8.2 Autres installations électriques**

### **8.2.1 Charges des ascenseurs et des appareils de réfrigération**

La consommation d'énergie des ascenseurs et la consommation de la réfrigération commerciale ou de procédé n'est pas incluse dans la modélisation avec EE4. La consommation de réfrigérateurs domestiques est comprise dans les charges des prises de courant par défaut du bâtiment. On utilise la même valeur pour les charges des prises de courant aussi bien pour le bâtiment proposé que pour le bâtiment de référence. Dans certains bâtiments, les charges de procédé peuvent être beaucoup plus élevées que les charges des prises de courant par défaut, selon la fonction de l'espace ou le type de bâtiment. On peut utiliser une valeur plus élevée pour les charges des prises de courant si le concepteur considère cela approprié (la même valeur sera utilisée pour le bâtiment proposé et celui de référence).

### **8.2.2 Électricité fournie par une énergie renouvelable**

Toute électricité fournie par une source d'énergie renouvelable qui se trouve dans le bâtiment ou sur le site du bâtiment et reliée au bâtiment, peut être considérée comme un moyen d'atteindre les économies d'énergie de 25 % de moins que le bâtiment de référence du CMNÉB pour la validation. Les sources d'énergie renouvelables comprennent les capteurs photovoltaïques et les éoliennes.

Il faut calculer la performance des capteurs photovoltaïques avec le logiciel WATSUN-PV ou RETScreen. On peut calculer la performance des éoliennes avec le logiciel RETScreen. Le logiciel RETScreen peut être téléchargé gratuitement à l'adresse suivante : <http://www.retscreen.net>.

On peut utiliser les économies d'énergie simulées par un logiciel pour obtenir des crédits en vue d'atteindre les objectifs d'économie d'énergie. La consommation d'énergie du bâtiment proposé

correspond à la valeur déterminée par le logiciel EE4 (qui ne tient pas compte de l'énergie renouvelable) moins la valeur déterminée par le logiciel WATSUN-PV ou RETScreen (qui tient compte de l'électricité fournie par une énergie renouvelable).

Les économies de coûts doivent être basées sur le coût de l'électricité inscrit dans le dernier bloc tarifaire du bâtiment. Les économies découlant d'une baisse de la demande ne s'appliquent pas, à moins que la demande mensuelle de pointe soit réduite grâce à l'utilisation d'énergie renouvelable (ce qu'il faut pouvoir démontrer).

## **9. LIGNES DIRECTRICES POUR LES SOUMISSIONS POUR VALIDATION PAR RNCAN**

La démarche pour soumettre une demande pour validation est décrite sur le site Web de RNCAN à l'adresse : <http://oe.e.rncan.gc.ca/batimentsneufs>. Avant de soumettre une demande à RNCAN, suivez les étapes suivantes pour que l'examen technique puisse se faire à l'intérieur de délais raisonnables :

Vous assurer que les simulations ont été complétées avec la dernière version du logiciel EE4, téléchargeable à partir du site : [http://www.sbc.rncan.gc.ca/software\\_and\\_tools/ee4\\_soft\\_f.asp](http://www.sbc.rncan.gc.ca/software_and_tools/ee4_soft_f.asp).

Ne jamais soumettre des fichiers de simulation provenant d'un logiciel d'analyse énergétique autre que le logiciel EE4, à moins que RNCAN ne vous en ait donné la permission écrite. Inclure une copie de la permission avec la demande.

Toujours inclure les plus récents plans et devis du projet, y compris les addenda et tout ordre de modification.

Inclure un court rapport écrit expliquant les aspects importants d'efficacité énergétique du bâtiment, les stratégies de zonage et de modélisation utilisées, les calculs effectués à l'extérieur du logiciel et les difficultés rencontrées au cours de la modélisation.

Consultez le site suivant pour la procédure détaillée pour soumettre un projet pour validation par RNCAN : <http://oe.e.rncan.gc.ca/commerciaux/batimentsneufs/validation.cfm>.

## 10. CONSEILS DE DÉPANNAGE

Le présent chapitre contient des solutions aux problèmes ou erreurs qui se produisent souvent dans le logiciel de modélisation. Consulter l'aide en ligne sur le site <http://www.sbc.nrcan.gc.ca> pour plus de solutions.

- Q. : Pendant une simulation des horaires, le logiciel s'arrête soudainement et se ferme.
- R. : Un arrêt soudain du logiciel peut être causé par un manque de mémoire ou par un autre problème d'ordinateur, mais il survient souvent parce qu'une partie intégrante du système n'a pas été définie. Par exemple, si un des systèmes est laissé « indéfini ou selon les valeurs par défaut du CMNÉB », le logiciel peut s'arrêter soudainement. Si un ventilateur-convecteur à deux tuyaux a été défini, mais qu'aucun refroidisseur n'a été défini (un refroidisseur est une composante nécessaire dans un ventilateur-convecteur à deux tuyaux), le logiciel peut s'arrêter soudainement. Vérifier pour s'assurer que tous les équipements et systèmes nécessaires ont été définis. Si le problème persiste, essayer d'exécuter le fichier sur un autre ordinateur ou communiquer avec RNCAN.
- Q. : J'ai sélectionné et le bâtiment « proposé » et le bâtiment de « référence » pour l'exécution de la simulation, mais à la fin de la simulation tous les résultats du bâtiment proposé sont à zéro et il y a beaucoup de messages d'erreurs EE4 « Unable to find SS-F Report » qui apparaissent.
- R. : Il est probable qu'une erreur DOE2 est survenue dans le fichier du bâtiment proposé. S'assurer que sous l'onglet « Options DOE2 », la case « Effacer les fichiers DOE après l'exécution » n'est PAS cochée. Essayer de lancer les simulations, et si les erreurs se reproduisent, trouver le fichier nommé « nom du fichier – Proposé.BDL » dans le répertoire EE4\DOE et l'ouvrir avec un texteur (comme WordPad). Rechercher le mot « error » dans le texte pour localiser le problème.
- Q. : J'ai trouvé le message d'erreur DOE2 « La température de l'eau de sortie du serpentin doit être 6 °F plus élevée que la température de l'eau à l'entrée ».
- R. : Habituellement, ce message d'erreur apparaît parce que le serpentin central a une grande charge de refroidissement. Essayer d'entrer une température plus élevée pour l'eau d'admission (p. ex. augmenter la température de l'eau d'entrée, de 12,8 °C, à 15 °C pour le refroidissement). On peut aussi éliminer cette erreur en baissant la puissance du ventilateur d'alimentation central, parce que cela diminue la charge de refroidissement du serpentin.
- Q. : J'ai une thermopompe sur boucle d'eau (chaudière/tour de refroidissement). Le fichier DOE pour le bâtiment proposé s'arrête soudainement, mais je n'arrive pas à trouver d'erreur dans le fichier BDL.
- R. : Cela se produit lorsque la tour de refroidissement n'est pas assez puissante. Augmenter la puissance de la tour et essayer de lancer la modélisation à nouveau.
- Q. : Quand la simulation est terminée, l'erreur suivante apparaît : « Dans la simulation, la zone avait 500 heures durant lesquelles la charge de chauffage n'était pas absorbée ». J'ai tenté d'augmenter la capacité de chauffage mais cela n'a rien changé.
- R. : Les charges de chauffage peuvent ne pas être absorbées en raison d'une puissance insuffisante, mais aussi en raison d'un débit d'air trop bas ou trop élevé ou en raison d'un problème d'horaires. Vérifier que le débit d'air de chaque zone est suffisant pour fournir l'énergie de chauffage nécessaire du point de vue thermodynamique. Certaines zones ont des horaires qui mettent les ventilateurs hors service durant la nuit. Si la case « Faire fonctionner les ventilateurs selon l'horaire » a été cochée, il faut savoir que les zones ne recevront pas d'air quand les ventilateurs sont hors service, ce qui signifie que les plinthes électriques ne seront pas suffisantes pour répondre aux charges de chauffage.

Si la puissance des plinthes électriques est insuffisante pendant la nuit, il se peut que sélectionner « Ventilateurs toujours en marche » soit nécessaire.

Si le type de système est un « Système autonome et multizones à volume d'air constant » ou un « Système constitué de blocs autonomes à un conduit et à volume d'air constant », il faut se souvenir que la première zone inscrite dans le logiciel EE4 est la « zone de contrôle » et qu'elle contrôle le fonctionnement de l'unité centrale de traitement de l'air. Par exemple, si la zone de contrôle choisie est une pièce intérieure sans fenêtres ni enveloppe, la zone nécessitera du refroidissement 365 jours par année. L'unité centrale fournira de l'air refroidi à toutes les zones en tout temps, même si les zones secondaires nécessitent du chauffage. Si la puissance calorifique des plinthes électriques des zones secondaires n'est pas suffisante pour répondre à la charge de chauffage, il en résultera un message d'erreur disant que la charge de chauffage n'est pas absorbée. Dans certains cas, il est impossible de sélectionner une zone de contrôle qui n'entraînera pas d'erreurs de charge de chauffage et il peut être nécessaire de modifier la stratégie de zonage.

Si le système choisi est un système à ventilo-convecteur à deux tuyaux ou un système à éjecto-convecteur à deux tuyaux, il se peut que les charges de chauffage ne soient pas absorbées si les dates de commutation chauffage/refroidissement (printemps/automne) ne sont pas correctement définies. Malheureusement, le logiciel n'admet qu'une date de commutation pour le printemps et une date de commutation pour l'automne. (Durant le printemps et l'automne, il n'est pas possible d'alterner entre chauffage et refroidissement.) Pour éviter des erreurs de chauffage, s'assurer que la saison de refroidissement est d'une durée minimale (le 1<sup>er</sup> juin et le 15 septembre sont de bonnes dates de commutation pour la plupart des régions climatiques du Canada).

- Q. : Je reçois le message d'erreur « L'équipement centralisé comprend une chaudière qui ne répondra pas à la charge de chauffage » « *The plant has a Boiler which will not meet the Heating Load* ». Mais le bâtiment n'a même pas de chaudière ou de système de chauffage de l'eau.
- R. : Au cours d'une simulation EE4, il se peut que l'utilisateur tente de modéliser le bâtiment de plusieurs façons. Si une chaudière a été sélectionnée une fois, puis enlevée ultérieurement, la sélection peut rester dans le codage EE4/DOE2. Si on est certain qu'aucun système ne nécessite de l'eau chaude, comme un serpentín de préchauffage, un serpentín de réchauffage ou un humidificateur, ignorer cette erreur.
- Q. : J'ai sélectionné « Refroidissement acheté », mais je reçois un message d'erreur disant qu'un refroidisseur est nécessaire.
- R. : Il s'agit d'une bogue dans le logiciel EE4. Dans l'élément Centrale, décocher la case « Refroidissement acheté » et sélectionner n'importe quel refroidisseur par défaut dans la liste. Ensuite, recocher la case « Refroidissement acheté ». Le logiciel n'utilisera pas le refroidisseur sélectionné, mais en dimensionnera un selon les charges, comme il se doit dans les cas de refroidissement acheté.
- Q. : Lorsque j'essaie d'imprimer un rapport (ou lorsque je sélectionne Aperçu avant impression), je reçois le message d'erreur : pwd11.d11 ERREUR : impossible de trouver le fichier C:\EE4\FORMS\COVER.TF. Quel est le problème?
- R. : Vous utilisez probablement Windows 95/98 et lorsque vous avez installé le logiciel, vous avez choisi un nom de répertoire (ou de dossier) ayant plus de huit caractères. Les programmes de formatage de l'impression n'acceptent pas les noms si longs dans Windows 95/98. Désinstallez le logiciel, puis réinstallez-le en utilisant un nom de répertoire plus court.
- Q. : J'ai le système d'exploitation Windows 3.1. Pourquoi le logiciel d'installation ne s'exécute-t-il pas?

- R. : EE4 PEBC est une application à 32 bits qui fonctionne sur Windows NT ou Windows 95/98.
- Q. : Je viens d'ouvrir un projet de démonstration. Comment faire pour visionner l'arbre du bâtiment au complet?
- R. : Cliquez avec le bouton droit de la souris à un endroit quelconque de la fenêtre de projet et sélectionnez "Développer arbre" dans le menu incrusté pour afficher la totalité du projet. Le bouton droit de la souris permet d'accéder rapidement à des commandes couramment utilisées en de nombreux endroits de EE4.
- Q. : Le logiciel a bien fonctionné jusqu'à ce que j'installe la dernière version de EE4. L'installation a réussi, mais le logiciel s'arrête de manière imprévue chaque fois que j'essaie de l'exécuter.
- R. : Si vous avez déjà une version de EE4 installée sur votre système, vous devez la désinstaller avant d'installer une nouvelle version. Vous ne pouvez pas installer la nouvelle version en plus de l'ancienne.
- Q. : Plusieurs boîtes de dialogue sont trop grandes pour mon écran. Je n'arrive pas à voir toutes les commandes.
- R. : Vérifiez la résolution de votre écran dans le Panneau de configuration de Windows. Elle est probablement réglée sur 640 x 480 pixels. Le réglage minimal pour le bon fonctionnement du logiciel est 800 x 600 pixels.
- Q. : Durant la préparation de l'assistant d'installation par le logiciel de configuration de EE4, mon ordinateur cesse de répondre.
- R. : Vous utilisez probablement Windows 95/98 en même temps qu'un logiciel de détection des virus. Il est recommandé de désactiver tous les logiciels de détection des virus durant l'installation de EE4. Vous pourrez réactiver le logiciel de détection des virus dès que l'installation aura réussi.
- Q. : J'ai fait une exécution de «non-conformité» et la consommation de l'ensemble des combustibles s'est retrouvée à nulle. Que s'est-il passé qui a mal fonctionné?
- R. : Lorsque vous faites une exécution de conformité, plusieurs des données nécessaires pour réaliser une simulation (comme les taux de ventilation de l'air extérieur) sont inscrites par défaut en fonction des règles de conformité. Toutefois, lorsque vous faites une exécution de non-conformité, il vous faut fournir un ensemble complet de données pour que la simulation progresse.
- Q. : J'ai défini un système central doté de certaines caractéristiques qui s'articule à l'intérieur de l'arbre du bâtiment. J'ai ensuite ajouté un deuxième nœud au système, pour lequel j'ai défini un nouvel ensemble de caractéristiques. En retournant au premier système, j'ai constaté que les caractéristiques avaient changé, alors que les données correspondaient maintenant à celles du deuxième système. S'agit-il d'une bogue?
- R. : Le logiciel EE4 conserve dans sa bibliothèque les caractéristiques détaillées des systèmes centraux. On peut accéder à la bibliothèque du système à partir des nœuds de l'arbre du bâtiment, mais ce sont les données qui sont emmagasinées dans la bibliothèque et non pas le nœud. Le nœud ne fait qu'indiquer un point d'entrée à la bibliothèque. En empruntant cette voie, vous êtes en mesure d'introduire des informations détaillées sur un système dans un seul point d'entrée de la bibliothèque et de vous y référer à partir de plusieurs nœuds de système. Il s'agit là d'une caractéristique unique au logiciel EE4, mais celle-ci peut porter à confusion. Lorsque vous effectuez un changement à un point d'entrée de la bibliothèque, tous les nœuds qui s'y rapportent sont mis à jour. Dans le cas qui nous occupe, vous avez probablement fait un changement à un élément de bibliothèque qui se rapportait au premier nœud du système en définissant votre deuxième nœud. Voilà pourquoi les caractéristiques de votre système original semblent avoir été modifiées. Veuillez noter que les autres nœuds de

l'arbre du bâtiment sont également reliés à la bibliothèque et se comportent de la même manière.

Q. : Je n'ai pas accès à l'onglet Eau Sanitaire de l'Élément Centrale de l'arbre du bâtiment. Pourquoi?

R. : Ceci est un problème pour les utilisateurs de EE4 qui ont la première édition du système d'exploitation Windows 95. Malheureusement, ce problème est unique à cette première édition de Windows 95 et aucune pièce est disponible.

# ANNEXE A

## VALEURS IMPLICITES THEORIQUES DES COEFFICIENTS U ET COEFFICIENTS DE GAIN SOLAIRE

1997 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI)

Table 5 U-Factors for Various Fenestration Products in W/(m<sup>2</sup>·K)

Product Type	Glass Only		Vertical Installation									
			Operable (including sliding and swinging glass doors)					Fixed				
			Aluminum without Thermal Break	Aluminum with Thermal Break	Aluminum Reinforced Vinyl/Aluminum Clad Wood	Wood/Vinyl	Insulated Fiberglass/Vinyl	Aluminum without Thermal Break	Aluminum with Thermal Break	Reinforced Vinyl/Aluminum Clad Wood	Wood/Vinyl	Insulated Fiberglass/Vinyl
Frame Type ID Glazing Type	Center of Glass	Edge of Glass										
<b>Single Glazing</b>												
1 3.2 mm glass	5.91	5.91	7.24	6.12	5.14	5.05	4.61	6.42	6.07	5.55	5.55	5.55
2 6.4 mm acrylic/polycarb	5.00	5.00	6.49	5.45	4.51	4.42	4.01	5.60	5.25	4.75	4.75	4.58
3 3.2 mm acrylic/polycarb	5.45	5.45	6.87	5.77	4.82	4.73	4.31	6.01	5.66	5.15	5.15	4.97
<b>Double Glazing</b>												
4 6.4 mm airspace	3.12	3.63	4.93	3.70	3.25	3.13	2.77	3.94	3.56	3.19	3.17	3.04
5 12.7 mm airspace	2.73	3.36	4.62	3.42	3.00	2.87	2.55	3.61	3.22	2.86	2.84	2.72
6 6.4 mm argon space	2.90	3.48	4.75	3.54	3.11	2.98	2.63	3.75	3.37	3.00	2.98	2.85
7 12.7 mm argon space	2.56	3.24	4.49	3.30	2.89	2.76	2.42	3.47	3.08	2.73	2.70	2.58
<b>Double Glazing, e = 0.60 on surface 2 or 3</b>												
8 6.4 mm airspace	2.95	3.52	4.80	3.58	3.14	3.02	2.67	3.80	3.41	3.05	3.03	2.90
9 12.7 mm airspace	2.50	3.20	4.45	3.26	2.85	2.73	2.39	3.42	3.03	2.68	2.66	2.54
10 6.4 mm argon space	2.67	3.32	4.58	3.38	2.96	2.84	2.49	3.56	3.17	2.82	2.80	2.67
11 12.7 mm argon space	2.33	3.08	4.31	3.13	2.74	2.62	2.28	3.28	2.89	2.54	2.52	2.40
<b>Double Glazing, e = 0.40 on surface 2 or 3</b>												
12 6.4 mm airspace	2.78	3.40	4.66	3.46	3.03	2.91	2.56	3.66	3.27	2.91	2.89	2.76
13 12.7 mm airspace	2.27	3.04	4.27	3.09	2.70	2.58	2.25	3.23	2.84	2.49	2.47	2.35
14 6.4 mm argon space	2.44	3.16	4.40	3.21	2.81	2.69	2.35	3.37	2.98	2.63	2.61	2.49
15 12.7 mm argon space	2.04	2.88	4.09	2.93	2.55	2.43	2.10	3.04	2.65	2.31	2.29	2.17
<b>Double Glazing, e = 0.20 on surface 2 or 3</b>												
16 6.4 mm airspace	2.56	3.24	4.49	3.30	2.89	2.76	2.42	3.47	3.08	2.73	2.70	2.58
17 12.7 mm airspace	1.99	2.83	4.05	2.89	2.52	2.39	2.07	2.99	2.60	2.26	2.24	2.13
18 6.4 mm argon space	2.16	2.96	4.18	3.01	2.63	2.51	2.17	3.13	2.74	2.40	2.38	2.26
19 12.7 mm argon space	1.70	2.62	3.83	2.68	2.33	2.21	1.89	2.75	2.36	2.03	2.01	1.90
<b>Double Glazing, e = 0.10 on surface 2 or 3</b>												
20 6.4 mm airspace	2.39	3.12	4.36	3.17	2.78	2.65	2.32	3.32	2.93	2.59	2.56	2.45
21 12.7 mm airspace	1.82	2.71	3.92	2.77	2.41	2.28	1.96	2.84	2.45	2.12	2.10	1.97
22 6.4 mm argon space	1.99	2.83	4.05	2.89	2.52	2.39	2.07	2.99	2.60	2.26	2.24	2.13
23 12.7 mm argon space	1.53	2.49	3.70	2.56	2.22	2.10	1.79	2.60	2.21	1.89	1.86	1.76
<b>Double Glazing, e = 0.05 on surface 2 or 3</b>												
24 6.4 mm airspace	2.33	3.08	4.31	3.13	2.74	2.62	2.28	3.28	2.89	2.54	2.52	2.40
25 12.7 mm airspace	1.70	2.62	3.83	2.68	2.33	2.21	1.89	2.75	2.36	2.03	2.01	1.90
26 6.4 mm argon space	1.87	2.75	3.96	2.81	2.44	2.32	2.00	2.89	2.50	2.17	2.15	2.05
27 12.7 mm argon space	1.42	2.41	3.61	2.48	2.15	2.02	1.71	2.50	2.11	1.79	1.77	1.67
<b>Triple Glazing</b>												
28 6.4 mm airspace	2.16	2.96	4.11	2.89	2.51	2.45	2.16	3.10	2.73	2.38	2.33	2.25
29 12.7 mm airspace	1.76	2.67	3.80	2.60	2.25	2.19	1.91	2.76	2.39	2.05	2.01	1.93
30 6.4 mm argon space	1.93	2.79	3.94	2.73	2.36	2.30	2.01	2.90	2.54	2.19	2.15	2.07
31 12.7 mm argon space	1.65	2.58	3.71	2.52	2.17	2.12	1.84	2.66	2.30	1.96	1.91	1.84
<b>Triple Glazing, e = 0.20 on surface 2,3,4, or 5</b>												
32 6.4 mm airspace	1.87	2.75	3.89	2.69	2.32	2.27	1.98	2.86	2.49	2.15	2.10	2.05
33 12.7 mm airspace	1.42	2.41	3.54	2.36	2.02	1.97	1.70	2.47	2.10	1.77	1.75	1.66
34 6.4 mm argon space	1.59	2.54	3.67	2.48	2.13	2.08	1.80	2.61	2.25	1.91	1.87	1.80
35 12.7 mm argon space	1.25	2.28	3.40	2.23	1.91	1.86	1.59	2.52	1.96	1.63	1.59	1.52
<b>Triple Glazing, e = 0.20 on surfaces 2 or 3 and 4 or 5</b>												
36 6.4 mm airspace	1.65	2.58	3.71	2.52	2.17	2.12	1.84	2.66	2.30	1.96	1.91	1.84
37 12.7 mm airspace	1.14	2.19	3.31	2.15	1.84	1.78	1.52	2.23	1.86	1.54	1.49	1.43
38 6.4 mm argon space	1.31	2.32	3.45	2.27	1.95	1.90	1.62	2.37	2.01	1.68	1.63	1.56
39 12.7 mm argon space	0.97	2.05	3.18	2.03	1.72	1.67	1.41	2.08	1.71	1.39	1.35	1.29
<b>Triple Glazing, e = 0.10 on surfaces 2 or 3 and 4 or 5</b>												
40 6.4 mm airspace	1.53	2.49	3.65	2.44	2.10	2.05	1.77	2.57	2.20	1.86	1.82	1.75
41 12.7 mm airspace	1.02	2.10	3.22	2.07	1.76	1.71	1.45	2.13	1.76	1.44	1.40	1.33
42 6.4 mm argon space	1.19	2.23	3.36	2.19	1.87	1.82	1.55	2.27	1.91	1.58	1.54	1.47
43 12.7 mm argon space	0.89	1.92	3.05	1.90	1.61	1.56	1.30	1.93	1.57	1.25	1.21	1.15
<b>Quadruple Glazing, e = 0.10 on surfaces 2 or 3 and 4 or 5</b>												
44 6.4 mm airspaces	1.25	2.28	3.40	2.23	1.91	1.86	1.59	2.32	1.96	1.63	1.59	1.52
45 12.7 mm airspaces	0.85	1.96	3.09	1.94	1.65	1.60	1.34	1.98	1.62	1.30	1.26	1.19
46 6.4 mm argon spaces	0.97	2.05	3.18	2.03	1.72	1.67	1.41	2.08	1.71	1.39	1.35	1.29
47 12.7 mm argon spaces	0.68	1.83	2.96	1.82	1.54	1.48	1.23	1.84	1.47	1.16	1.11	1.05
48 6.4 mm krypton spaces	0.68	1.83	2.96	1.82	1.54	1.48	1.23	1.84	1.47	1.16	1.11	1.05

**Notes:**

1. All heat transmission coefficients in this table include film resistances and are based on winter conditions of -18°C outdoor air temperature and 21°C indoor air temperature, with 24 km/h outdoor air velocity and zero solar flux. With the exception of single glazing, small changes in the indoor and outdoor temperatures will not significantly affect overall U-factors. The coefficients are for vertical position except skylight values, which are for 20° from horizontal with heat flow up.

2. Glazing layer surfaces are numbered from the outdoor to the indoor. Double, triple and quadruple refer to the number of glazing panels. All data are based on 3 mm glass, unless otherwise noted. Thermal conductivities are: 0.917 W/(m·K) for glass, and 0.19 W/(m·K) for acrylic and polycarbonate.

3. Standard spacers are metal. Edge-of-glass effects assumed to extend over the 65 mm half around perimeter of each glazing unit as in Figure 3.

Droits d'auteur 1997, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. <http://www.ashrae.org>. Reproduit avec la permission d'ASHRAE. Tiré de ASHRAE 1997 Fundamentals Handbook.

Fenestration

29.9

Table 5 U-Factors for Various Fenestration Products in W/(m<sup>2</sup>·K) (Concluded)

Vertical Installation					Sloped Installation								ID	
Garden Windows		Curtainwall			Glass Only (Skylights)		Manufactured Skylight				Site-Assembled Sloped/Overhead Glazing			
Aluminum without Thermal Break	Wood/Vinyl	Aluminum without Thermal Break	Aluminum with Thermal Break	Structural Glazing	Center of Glass	Edge of Glass	Aluminum without Thermal Break	Aluminum with Thermal Break	Reinforced Vinyl/Aluminum Clad Wood	Wood/Vinyl	Aluminum without Thermal Break	Aluminum with Thermal Break		Structural Glazing
14.76	13.13	6.93	6.30	6.30	6.76	6.76	11.24	10.73	9.96	8.34	7.73	7.09	7.09	1
13.23	11.71	6.11	5.48	5.48	5.85	5.85	10.33	9.82	9.07	7.45	6.90	6.26	6.26	2
14.00	12.42	6.52	5.89	5.89	6.30	6.30	10.79	10.27	9.52	7.89	7.31	6.67	6.67	3
10.30	9.16	4.47	3.84	3.59	3.29	3.75	7.44	6.32	5.94	4.79	4.64	3.99	3.74	4
9.72	8.68	4.14	3.51	3.26	3.24	3.71	7.39	6.27	5.90	4.74	4.59	3.95	3.70	5
9.97	8.88	4.28	3.65	3.40	3.01	3.56	7.19	6.06	5.70	4.54	4.40	3.75	3.50	6
9.47	8.47	3.99	3.36	3.11	3.01	3.56	7.19	6.06	5.70	4.54	4.40	3.75	3.50	7
10.05	8.95	4.33	3.70	3.45	3.07	3.60	7.24	6.11	5.75	4.59	4.45	3.80	3.55	8
9.38	8.40	3.94	3.31	3.06	3.01	3.56	7.19	6.06	5.70	4.54	4.40	3.75	3.50	9
9.63	8.61	4.09	3.46	3.21	2.78	3.40	6.98	5.86	5.49	4.34	4.20	3.56	3.31	10
9.13	8.19	3.80	3.17	2.92	2.78	3.40	6.98	5.86	5.49	4.34	4.20	3.56	3.31	11
9.80	8.75	4.18	3.55	3.30	2.90	3.48	7.09	5.96	5.59	4.44	4.30	3.66	3.41	12
9.05	8.12	3.75	3.12	2.87	2.84	3.44	7.03	5.91	5.54	4.39	4.25	3.61	3.36	13
9.30	8.33	3.89	3.26	3.01	2.50	3.20	6.73	5.60	5.24	4.09	3.96	3.32	3.07	14
8.71	7.83	3.55	2.92	2.67	2.61	3.28	6.83	5.70	5.34	4.19	4.06	3.41	3.16	15
9.47	8.47	3.99	3.36	3.11	2.61	3.28	6.83	5.70	5.34	4.19	4.06	3.41	3.16	16
8.62	7.76	3.50	2.87	2.63	2.61	3.28	6.83	5.70	5.34	4.19	4.06	3.41	3.16	17
8.88	7.98	3.65	3.02	2.77	2.22	3.00	6.47	5.34	4.99	3.84	3.72	3.07	2.83	18
8.19	7.40	3.26	2.63	2.38	2.27	3.04	6.52	5.39	5.04	3.89	3.77	3.12	2.87	19
9.21	8.26	3.84	3.22	2.97	2.50	3.20	6.73	5.60	5.24	4.09	3.96	3.32	3.07	20
8.36	7.55	3.36	2.73	2.48	2.50	3.20	6.73	5.60	5.24	4.09	3.96	3.32	3.07	21
8.62	7.76	3.50	2.87	2.63	2.04	2.88	6.31	5.18	4.84	3.69	3.57	2.93	2.68	22
7.94	7.18	3.11	2.48	2.23	2.16	2.96	6.41	5.29	4.94	3.79	3.67	3.03	2.78	23
9.13	8.19	3.80	3.17	2.92	2.39	3.12	6.62	5.50	5.14	3.99	3.87	3.22	2.97	24
8.19	7.40	3.26	2.63	2.38	2.44	3.16	6.67	5.55	5.19	4.04	3.91	3.27	3.02	25
8.45	7.62	3.41	2.78	2.53	1.93	2.79	6.21	5.08	4.73	3.58	3.48	2.83	2.58	26
7.76	7.04	3.01	2.39	2.14	2.04	2.88	6.31	5.18	4.84	3.69	3.57	2.93	2.68	27
see note	see note	3.58	2.97	2.65	2.22	3.00	6.38	5.07	4.77	3.63	3.65	3.02	2.71	28
7	7	3.24	2.63	2.31	2.04	2.88	6.22	4.92	4.62	3.48	3.51	2.88	2.56	29
		3.39	2.77	2.46	1.99	2.83	6.17	4.86	4.56	3.43	3.46	2.83	2.51	30
		3.14	2.53	2.21	1.87	2.75	6.07	4.76	4.46	3.33	3.36	2.73	2.41	31
see note	see note	3.34	2.73	2.41	1.93	2.79	6.12	4.81	4.51	3.38	3.41	2.78	2.46	32
7	7	2.95	2.33	2.02	1.76	2.67	5.96	4.65	4.36	3.22	3.26	2.63	2.32	33
		3.09	2.48	2.16	1.59	2.54	5.81	4.50	4.21	3.07	3.11	2.49	2.17	34
		2.80	2.19	1.87	1.53	2.49	5.75	4.44	4.15	3.02	3.07	2.44	2.12	35
see note	see note	3.14	2.53	2.21	1.65	2.58	5.86	4.55	4.26	3.12	3.16	2.53	2.22	36
7	7	2.70	2.09	1.77	1.53	2.49	5.75	4.44	4.15	3.02	3.07	2.44	2.12	37
		2.85	2.24	1.92	1.36	2.36	5.60	4.29	4.00	2.86	2.92	2.29	1.97	38
		2.55	1.94	1.62	1.25	2.28	5.49	4.18	3.90	2.76	2.82	2.19	1.87	39
see note	see note	3.05	2.43	2.11	1.53	2.49	5.75	4.44	4.15	3.02	3.07	2.44	2.12	40
7	7	2.60	1.99	1.67	1.42	2.41	5.65	4.34	4.05	2.91	2.97	2.34	2.02	41
		2.75	2.14	1.82	1.19	2.23	5.44	4.13	3.84	2.71	2.77	2.14	1.82	42
		2.40	1.79	1.47	1.14	2.19	5.38	4.07	3.79	2.66	2.72	2.09	1.78	43
see note	see note	2.80	2.19	1.87	1.25	2.28	5.49	4.18	3.90	2.76	2.82	2.19	1.87	44
7	7	2.45	1.84	1.52	1.08	2.14	5.33	4.02	3.74	2.60	2.67	2.04	1.75	45
		2.55	1.94	1.62	1.02	2.10	5.28	3.97	3.69	2.55	2.62	1.99	1.68	46
		2.31	1.69	1.38	0.91	2.01	5.17	3.86	3.59	2.45	2.52	1.90	1.58	47
		2.31	1.69	1.38	0.74	1.87	5.01	3.70	3.43	2.29	2.38	1.75	1.43	48

4 Product sizes are described in Figure 3 and frame U-factors are from Table 2.

5 Use U = 3.40 W/(m<sup>2</sup>·K) for glass block with mortar but without reinforcing or framing.

6 The use of this table should be limited to that of an estimating

7. Values for triple- and quadruple-glazed garden windows are not listed as these are not common products.

8. Minor differences exist between the data in Table 5 and U-factors determined using NFRC 100-91 because the data in Table 5 are generated using modified heat transfer correlations for glazing cavities (Wright 1996) and indoor fenestration surfaces (Curcija and Coor, 1995b).

Droits d'auteur 1997, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. <http://www.ashrae.org>. Reproduit avec la permission d'ASHRAE. Tiré de ASHRAE 1997 Fundamentals Handbook

**Traduction du tableau 5 :**

Tableau 5 – Coefficients de transmission thermique (coefficient U) de différents types de fenêtres (coefficient K de  $W/m^2$ )

**Première colonne :**

Type de produit                      Verre seulement

Type de cadre              Centre du verre              Bord du verre

Type de vitrage

## Vitrage simple

Verre de 3,2 mm  
 Résine acrylique/polycarbonate de 6,4 mm  
 Résine acrylique/polycarbonate de 3,2 mm

## Vitrage double

Lame d'air de 6,4 mm  
 Lame d'air de 12,7 mm  
 Lame d'argon de 6,4 mm  
 Lame d'argon de 12,7 mm

Vitrage double,  $e = 0,60$  à la surface 2 ou 3

Lame d'air de 6,4 mm  
 Lame d'air de 12,7 mm  
 Lame d'argon de 6,4 mm  
 Lame d'argon de 12,7 mm

Vitrage double,  $e = 0,40$  à la surface 2 ou 3

Lame d'air de 6,4 mm  
 Lame d'air de 12,7 mm  
 Lame d'argon de 6,4 mm  
 Lame d'argon de 12,7 mm

Vitrage double,  $e = 0,20$  à la surface 2 ou 3

Lame d'air de 6,4 mm  
 Lame d'air de 12,7 mm  
 Lame d'argon de 6,4 mm  
 Lame d'argon de 12,7 mm

Vitrage double,  $e = 0,10$  à la surface 2 ou 3

Lame d'air de 6,4 mm  
 Lame d'air de 12,7 mm  
 Lame d'argon de 6,4 mm  
 Lame d'argon de 12,7 mm

Vitrage double,  $e = 0,05$  à la surface 2 ou 3

Lame d'air de 6,4 mm  
 Lame d'air de 12,7 mm  
 Lame d'argon de 6,4 mm  
 Lame d'argon de 12,7 mm

## Vitrage triple

Lame d'air de 6,4 mm

Lame d'air de 12,7 mm  
 Lame d'argon de 6,4 mm  
 Lame d'argon de 12,7 mm

Vitrage triple,  $e = 0,20$  à la surface 2, 3, 4 ou 5

Lame d'air de 6,4 mm  
 Lame d'air de 12,7 mm  
 Lame d'argon de 6,4 mm  
 Lame d'argon de 12,7 mm

Vitrage triple,  $e = 0,20$  aux surfaces 2 ou 3 et 4 ou 5

Lame d'air de 6,4 mm  
 Lame d'air de 12,7 mm  
 Lame d'argon de 6,4 mm  
 Lame d'argon de 12,7 mm

Vitrage triple,  $e = 0,10$  aux surfaces 2 ou 3 et 4 ou 5

Lame d'air de 6,4 mm  
 Lame d'air de 12,7 mm  
 Lame d'argon de 6,4 mm  
 Lame d'argon de 12,7 mm

Vitrage quadruple,  $e = 0,10$  aux surfaces 2 ou 3 et 4 ou 5

Lames d'air de 6,4 mm  
 Lames d'air de 12,7 mm  
 Lames d'argon de 6,4 mm  
 Lames d'argon de 12,7 mm  
 Lames de krypton de 6,4 mm

### Deuxième colonne :

Installation verticale

Ouvrante (y compris les portes vitrées coulissantes et battantes)

En aluminium sans isolant thermique    En aluminium avec isolant thermique    Plaquée en bois Renforcée de vinyle ou d'aluminium

Bois/résine vinylique    Isolée avec fibre de verre/ vinyle

### Troisième colonne :

Fixe

En aluminium sans isolant thermique    En aluminium avec isolant thermique    Plaquée en bois Renforcée de vinyle ou d'aluminium

Bois/vinyle    Isolée avec fibre de verre/vinyle

Remarques :

- Tous les coefficients de transmission thermique de ce tableau comprennent la résistance des lames d'air de part et d'autre des vitrages et sont basés sur une température extérieure de  $-18\text{ °C}$  en hiver et sur une température intérieure de  $21\text{ °C}$ , ainsi que sur une vitesse de l'air de  $24\text{ km/h}$  à l'extérieur et un flux solaire de zéro. Sauf pour ce qui est du vitrage simple, des changements de température minimes à l'intérieur et à l'extérieur n'auront pas d'effet important sur l'ensemble des facteurs U. Les coefficients sont fournis pour l'installation à la verticale, à l'exception des valeurs des puits de lumière, qui sont pour une installation à  $20^\circ$  de l'horizontale pour obtenir un flux de chaleur.
- Les surfaces de vitrage sont numérotées de l'extérieur vers l'intérieur. Les adjectifs « double », « triple » et « quadruple » renvoient au nombre de carreaux. Toutes les données fournies sont basées sur du verre de  $3\text{ mm}$ , sauf indication contraire. La conductivité thermique est de  $0,917$  (coefficient K de  $\text{W/m}^2$ ) pour le verre et de  $0,19$  (coefficient K de  $\text{W/m}^2$ ) pour l'acrylique et le polycarbonate.
- Les parclozes sont en métal. Les effets de bord sont censés s'étendre jusqu'à plus de  $65$  millimètres autour du périmètre de chaque cadre vitré, comme on le voit dans la figure 3.

Fenestration													29.25		
Table 11 Visible Transmission (VT), Shading Coefficient (SC), and Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) at Normal Incidence for Single Pane Glass and Insulating Glass															
Glazing System	Glass Thick, ID mm	Center Glazing VT	Center Glazing SC	Glazing SHGC at Specified Incidence Angles					Total Window SHGC at Normal Incidence			Total Window VT at Normal Incidence			
				Normal		60°	70°	Hemis. (Diffuse)	Aluminum Operable	Fixed	Other Frames Operable	Fixed	All Frames Operable	Fixed	
				0°	40°										
<b>Uncoated Single Glazing</b>															
1a	3.2 Clear	0.90	1.00	0.86	0.85	0.83	0.78	0.67	0.78	0.75	0.78	0.63	0.75	0.65	0.78
1b	6.4 Clear	0.89	0.94	0.81	0.80	0.77	0.73	0.62	0.73	0.71	0.74	0.60	0.71	0.65	0.78
1c	3.2 Bronze	0.68	0.85	0.73	0.71	0.69	0.64	0.55	0.65	0.64	0.67	0.54	0.64	0.49	0.59
1d	6.4 Bronze	0.55	0.73	0.62	0.60	0.58	0.54	0.46	0.55	0.55	0.57	0.46	0.54	0.40	0.48
1e	3.2 Green	0.82	0.82	0.71	0.68	0.66	0.62	0.53	0.63	0.62	0.65	0.53	0.62	0.60	0.71
1f	6.4 Green	0.74	0.68	0.58	0.56	0.54	0.51	0.44	0.52	0.51	0.53	0.43	0.51	0.54	0.64
1g	3.2 Gray	0.62	0.82	0.70	0.68	0.66	0.61	0.53	0.63	0.61	0.64	0.52	0.61	0.45	0.54
1h	6.4 Gray	0.43	0.65	0.56	0.53	0.51	0.48	0.41	0.49	0.50	0.51	0.42	0.49	0.31	0.37
1i	6.4 Bluegreen	0.75	0.72	0.62	0.59	0.57	0.54	0.46	0.55	0.55	0.57	0.46	0.54	0.54	0.65
<b>Reflective Single Glazing</b>															
1j	6.4 SS on CLR 8%	0.08	0.22	0.19	0.19	0.18	0.17	0.15	0.17	0.18	0.18	0.15	0.17	0.06	0.07
1k	6.4 SS on CLR 14%	0.14	0.29	0.25	0.25	0.24	0.23	0.20	0.23	0.23	0.24	0.19	0.22	0.10	0.12
1l	6.4 SS on CLR 20%	0.20	0.36	0.31	0.30	0.30	0.28	0.24	0.28	0.28	0.29	0.24	0.27	0.15	0.17
1m	6.4 SS on GRN 14%	0.12	0.29	0.25	0.25	0.24	0.23	0.20	0.23	0.23	0.24	0.19	0.22	0.09	0.10
1n	6.4 TI on CLR 20%	0.20	0.34	0.29	0.29	0.28	0.26	0.23	0.27	0.27	0.27	0.22	0.26	0.15	0.17
1o	6.4 TI on CLR 30%	0.30	0.45	0.39	0.38	0.37	0.35	0.30	0.35	0.35	0.36	0.29	0.34	0.22	0.26
<b>Uncoated Double Glazing</b>															
5a	3.2 CLR CLR	0.81	0.87	0.75	0.73	0.70	0.63	0.49	0.65	0.66	0.68	0.55	0.66	0.59	0.71
5b	6.4 CLR CLR	0.78	0.81	0.70	0.68	0.65	0.58	0.45	0.60	0.61	0.64	0.52	0.61	0.57	0.68
5c	3.2 BRZ CLR	0.62	0.72	0.62	0.59	0.57	0.51	0.39	0.53	0.55	0.57	0.46	0.54	0.45	0.54
5d	6.4 BRZ CLR	0.48	0.59	0.50	0.47	0.45	0.40	0.31	0.42	0.45	0.46	0.37	0.44	0.35	0.42
5e	3.2 GRN CLR	0.74	0.70	0.60	0.57	0.55	0.49	0.38	0.51	0.53	0.55	0.45	0.53	0.54	0.64
5f	6.4 GRN CLR	0.66	0.54	0.47	0.44	0.42	0.38	0.30	0.40	0.42	0.43	0.35	0.41	0.48	0.57
5g	3.2 GRY CLR	0.56	0.69	0.59	0.57	0.54	0.48	0.37	0.50	0.52	0.54	0.44	0.52	0.41	0.49
5h	6.4 GRY CLR	0.40	0.51	0.44	0.42	0.40	0.35	0.28	0.38	0.39	0.41	0.33	0.39	0.29	0.35
5i	6.4 BLUGRN CLR	0.67	0.58	0.50	0.47	0.45	0.40	0.32	0.43	0.45	0.46	0.37	0.44	0.49	0.58
5j	6.4 HI-P GRN CLR	0.59	0.46	0.39	0.37	0.35	0.31	0.25	0.33	0.35	0.36	0.29	0.34	0.43	0.51
<b>Reflective Double Glazing</b>															
5k	6.4 SS on CLR 8%, CLR	0.07	0.15	0.13	0.13	0.12	0.12	0.10	0.12	0.13	0.13	0.10	0.12	0.05	0.06
5l	6.4 SS on CLR 14%, CLR	0.13	0.20	0.17	0.17	0.16	0.15	0.12	0.15	0.17	0.16	0.13	0.15	0.09	0.11
5m	6.4 SS on CLR 20%, CLR	0.18	0.26	0.22	0.21	0.21	0.19	0.16	0.19	0.21	0.21	0.17	0.20	0.13	0.16
5n	6.4 SS on GRN 14%, CLR	0.11	0.18	0.16	0.16	0.15	0.14	0.12	0.14	0.16	0.16	0.13	0.14	0.08	0.10
5o	6.4 TI on CLR 20%, CLR	0.18	0.24	0.21	0.20	0.20	0.18	0.15	0.19	0.20	0.20	0.16	0.19	0.13	0.16
5p	6.4 TI on CLR 30%, CLR	0.27	0.33	0.29	0.28	0.27	0.25	0.20	0.25	0.27	0.27	0.22	0.26	0.20	0.24
<b>Low-e Double Glazing, e = 0.2 on Surface 2</b>															
17a	3.2 LE CLR	0.76	0.76	0.65	0.63	0.61	0.55	0.43	0.57	0.57	0.59	0.48	0.57	0.55	0.66
17b	6.4 LE CLR	0.73	0.70	0.60	0.58	0.56	0.51	0.40	0.52	0.53	0.55	0.45	0.53	0.53	0.64
<b>Low-e Double Glazing, e = 0.2 on Surface 3</b>															
17c	3.2 CLR LE	0.76	0.81	0.70	0.68	0.65	0.59	0.46	0.61	0.61	0.64	0.52	0.61	0.55	0.66
17d	6.4 CLR LE	0.73	0.75	0.65	0.63	0.60	0.54	0.42	0.56	0.57	0.59	0.48	0.57	0.53	0.64
17e	3.2 BRZ LE	0.58	0.66	0.57	0.54	0.52	0.46	0.36	0.48	0.50	0.52	0.42	0.50	0.42	0.51
17f	6.4 BRZ LE	0.45	0.52	0.45	0.42	0.40	0.35	0.27	0.37	0.40	0.41	0.34	0.40	0.33	0.39
17g	3.2 GRN LE	0.70	0.63	0.55	0.52	0.50	0.44	0.34	0.46	0.49	0.50	0.41	0.48	0.51	0.61
17h	6.4 GRN LE	0.61	0.48	0.42	0.39	0.37	0.33	0.25	0.35	0.38	0.39	0.32	0.37	0.44	0.53
17i	3.2 GRY LE	0.53	0.63	0.54	0.51	0.49	0.43	0.33	0.46	0.48	0.50	0.40	0.47	0.38	0.46
17j	6.4 GRY LE	0.37	0.46	0.39	0.36	0.34	0.31	0.24	0.33	0.35	0.36	0.29	0.34	0.27	0.32
17k	6.4 BLUGRN LE	0.62	0.52	0.45	0.42	0.40	0.35	0.27	0.37	0.40	0.41	0.34	0.40	0.45	0.54
17l	6.4 HI-P GRN LE	0.55	0.40	0.34	0.31	0.29	0.26	0.20	0.28	0.31	0.32	0.26	0.30	0.40	0.48
<b>Low-e Double Glazing, e = 0.1 on Surface 2</b>															
21a	3.2 LE CLR	0.75	0.62	0.54	0.52	0.49	0.44	0.34	0.46	0.48	0.50	0.40	0.47	0.54	0.65
21b	6.4 LE CLR	0.72	0.59	0.51	0.49	0.47	0.42	0.32	0.44	0.45	0.47	0.38	0.45	0.52	0.63
21i	6.4 HI-P GRN W/LE CLR	0.57	0.36	0.31	0.30	0.29	0.26	0.21	0.27	0.28	0.29	0.24	0.27	0.41	0.50
<b>Low-e Double Glazing, e = 0.1 on Surface 3</b>															
21c	3.2 CLR LE	0.75	0.69	0.60	0.58	0.56	0.51	0.41	0.53	0.53	0.55	0.45	0.53	0.54	0.65
21d	6.4 CLR LE	0.72	0.66	0.56	0.54	0.52	0.47	0.38	0.49	0.50	0.51	0.42	0.49	0.52	0.63
21e	3.2 BRZ LE	0.57	0.56	0.48	0.46	0.43	0.39	0.31	0.41	0.43	0.44	0.36	0.42	0.41	0.50
21f	6.4 BRZ LE	0.45	0.45	0.39	0.37	0.34	0.31	0.24	0.33	0.35	0.36	0.29	0.34	0.33	0.39
21g	3.2 GRN LE	0.68	0.57	0.49	0.47	0.44	0.40	0.31	0.42	0.44	0.45	0.37	0.43	0.49	0.59
21h	6.4 GRN LE	0.61	0.45	0.39	0.36	0.34	0.30	0.24	0.33	0.35	0.36	0.29	0.34	0.44	0.53
21i	3.2 GRY LE	0.52	0.53	0.46	0.44	0.41	0.37	0.29	0.39	0.41	0.42	0.34	0.41	0.38	0.45
21j	6.4 GRY LE	0.37	0.40	0.35	0.33	0.31	0.28	0.22	0.29	0.32	0.33	0.26	0.31	0.27	0.32
21k	6.4 BLUGRN LE	0.62	0.48	0.42	0.39	0.37	0.33	0.26	0.35	0.38	0.39	0.32	0.37	0.45	0.54

Droits d'auteur 1997, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. <http://www.ashrae.org>. Reproduit avec la permission d'ASHRAE. Tiré de ASHRAE 1997 Fundamentals Handbook

29.26

1997 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI)

**Table 11 Visible Transmission (VT), Shading Coefficient (SC), and Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) at Normal Incidence for Single Pane Glass and Insulating Glass (Continued)**

Glazing System Glass Thick, ID mm	Center Glazing VT	Center Glazing SC	Glazing SHGC at Specified Incidence Angles					Total Window SHGC at Normal Incidence			Total Window VT at Normal Incidence			
			Normal	40°	50°	60°	70°	Hemis. (Diffuse)	Aluminum Operable Fixed	Other Frames Operable Fixed	All Frames Operable	All Frames Fixed		
			0°	40°	50°	60°	70°							
<b>Low-e Double Glazing, e = 0.05 on Surface 2</b>														
25a 3.2 LE CLR	0.72	0.48	0.41	0.38	0.34	0.26	0.14	0.35	0.37	0.38	0.31	0.36	0.52	0.63
25b 6.4 LE CLR	0.70	0.43	0.37	0.34	0.31	0.24	0.13	0.32	0.33	0.34	0.28	0.33	0.51	0.61
25c 6.4 BRZ W/LE CLR	0.42	0.30	0.26	0.24	0.22	0.18	0.10	0.23	0.24	0.24	0.20	0.23	0.31	0.37
25d 6.4 GRN W/LE CLR	0.60	0.35	0.30	0.28	0.25	0.20	0.11	0.26	0.28	0.28	0.23	0.27	0.44	0.52
25e 6.4 GRN W/LE CLR	0.35	0.27	0.24	0.22	0.20	0.16	0.10	0.20	0.22	0.23	0.18	0.21	0.25	0.30
25f 6.4 BLUE W/LE CLR	0.45	0.32	0.27	0.25	0.23	0.18	0.10	0.23	0.25	0.25	0.21	0.24	0.33	0.39
25g 6.4 HI-P GRN W/LE CLR	0.53	0.31	0.27	0.26	0.25	0.23	0.18	0.24	0.00	0.00	0.22	0.25	0.38	0.46
<b>Triple Glazing</b>														
29a 3.2 CLR CLR CLR	0.74	0.78	0.67	0.65	0.61	0.53	0.39	0.57	0.59	0.61	0.50	0.59	0.54	0.64
29b 6.4 CLR CLR CLR	0.70	0.71	0.61	0.58	0.55	0.48	0.35	0.51	0.54	0.56	0.45	0.54	0.51	0.61
29c 6.4 HI-P GRN CLR CLR	0.53	0.39	0.34	0.31	0.29	0.25	0.19	0.27	0.31	0.32	0.26	0.30	0.38	0.46
<b>Triple Glazing, e = 0.2 on Surface 2</b>														
32a 3.2 LE CLR CLR	0.68	0.69	0.60	0.58	0.55	0.48	0.35	0.51	0.53	0.55	0.45	0.53	0.49	0.59
32b 6.4 LE CLR CLR	0.64	0.62	0.53	0.50	0.47	0.41	0.30	0.44	0.47	0.49	0.39	0.47	0.46	0.56
<b>Triple Glazing, e = 0.2 on Surface 5</b>														
32c 3.2 CLR CLR LE	0.68	0.72	0.62	0.60	0.56	0.49	0.36	0.52	0.55	0.57	0.46	0.54	0.49	0.59
32d 6.4 CLR CLR LE	0.64	0.65	0.56	0.53	0.50	0.44	0.32	0.47	0.50	0.51	0.42	0.49	0.46	0.56
<b>Triple Glazing, e = 0.1 on Surface 2 and 5</b>														
40a 3.2 LE CLR LE	0.62	0.52	0.45	0.43	0.40	0.36	0.26	0.38	0.40	0.41	0.34	0.40	0.45	0.54
40b 6.4 LE CLR LE	0.59	0.47	0.41	0.39	0.37	0.32	0.24	0.34	0.37	0.38	0.31	0.36	0.43	0.51
<b>Triple Glazing, e = 0.05 on Surface 2 and 4</b>														
40c 3.2 LE CLR	0.58	0.37	0.32	0.30	0.29	0.26	0.19	0.27	0.29	0.30	0.24	0.28	0.42	0.51
40d 6.4 LE CLR	0.55	0.36	0.31	0.29	0.28	0.25	0.19	0.26	0.28	0.29	0.24	0.27	0.40	0.48

KEY:  
CLR = clear, GRN = green, GRY = gray, SS = stainless steel reflective coating, TI = titanium reflective coating  
Reflective coating descriptors include percent visible transmittance as xx%.  
HI-P GRN = high performance green tinted glass, LE = glass with a low-emissivity coating with an emittance of e = 0.xx

Low-e coating with an emittance of 0.2 is a pyrolytic coating. Other low-e coatings are sputtered coatings.  
VT is Visible Transmittance, SC is Shading Coefficient, SHGC is Solar Heat Gain Coefficient, and HEMIS is the hemispherical SHGC.  
ID numbers refer to U-factors in Table 5  
SHGC at 90° is 0.

**Domed Skylights**

Solar and total heat gains for domed skylights can be determined by the same procedure used for windows. The SHGF values for such calculations should be consistent with the dome orientations. For horizontal roofs, Tables 15 through 21 give approximate SHGF values. For sloping roofs, an approximate SHGF can be found from  $SHGF = E_p/1.15$ , where  $E_p$  = total solar irradiation on the sloping surface. Table 12 lists shading coefficients for plastic domed skylights. Manufacturers' literature has further details.

**Glass Block Walls**

Glass block can be used for light transmission through exterior walls when the optical clarity of a view is not needed or wanted. Table 13 describes the glass block patterns discussed in the following text and gives solar heat gain coefficients to be applied to the solar irradiances from Tables 15 through 21 so that approximate instantaneous solar heat gains can be calculated.

Convection and low-temperature radiation heat gains for all hollow glass block panels fall in a narrow range. Differences in SHGC values are largely the result of differences in the transmittance of the glass blocks to solar radiation. Solar heat gain coefficients for any particular glass block pattern vary depending on orientation and time of day. The SHGC for western exposures in the morning (in the shade) is depressed because of the heat storage within the block.

**Table 12 Shading Coefficients for Domed Horizontal Skylights**

Dome	Light Diffuser (Translucent)	Height, in.	Width to Height Ratio	Shading Coefficient
Clear τ = 0.86	Yes	0	∞	0.61
		9	5	0.58
		18	2.5	0.50
Clear τ = 0.86	None	0	∞	0.99
		9	5	0.88
		18	2.5	0.80
Translucent τ = 0.52	None	0	∞	0.57
		9	5	0.46
		18	2.5	0.46
Translucent τ = 0.27	None	0	∞	0.34
		9	5	0.30
		18	2.5	0.28

Droits d'auteur 1997, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. <http://www.ashrae.org>. Reproduit avec la permission d'ASHRAE. Tiré de ASHRAE 1997 Fundamentals Handbook

**Traduction du tableau 11 :**

Tableau 11- La transmission visible (VT), le coefficient d'ombrage (SC) et le coefficient d'entrée de chaleur par insolation (SHGC) à une incidence normale pour les panneaux de verre unique et le vitrage isolant (*suite*)

Système de vitrage			
Vitrage épais	VT	SC	
Nbre de mm	Centre du vitrage	Centre du vitrage	Centre du vitrage
SHGC du vitrage à certains angles d'incidence			
Normal	Hémisphérique (diffus)		
SHGC global de la fenêtre à une incidence normale		VT globale de la fenêtre à une incidence normale	
Aluminium Ouvrante	Autres types de cadres Fixe Ouvrants Fixes		Tous les types de cadres Ouvrants Fixes

Vitrage double énergétique,  $e = 0,05$  à la surface 2

Vitrage triple

Vitrage triple,  $e = 0,2$  à la surface 2

Vitrage triple,  $e = 0,2$  à la surface 5

Vitrage triple,  $e = 0,1$  aux surfaces 2 et 5

Vitrage triple,  $e = 0,05$  aux surfaces 2 et 4

**LÉGENDE :**

TR = transparent, V = vert, GR = gris, SRAI = surface réfléchrice en acier inoxydable, SRT = surface réfléchrice en titane

Les descripteurs de surface réfléchrice comprennent le pourcentage de transmittance visible tel que x %.

VHP = verre teinté vert de haute performance, VE = verre à revêtement énergétique, dont l'émissivité est de  $e = 0,xx$

Un revêtement énergétique dont l'émissivité est de 0,2 est un dépôt par pyrolyse. Les autres revêtements énergétiques sont métallisés par pulvérisation cathodique.

L'abréviation VT désigne la transmittance visible, SC désigne le coefficient d'ombrage, SHGC désigne le coefficient d'entrée de chaleur par insolation et HEMIS désigne le SHGC hémisphérique.

Les numéros d'identification renvoient aux coefficients U du tableau 5.

Le SHGC à 90° est de 0.

## ANNEXE B

### TYPES DE BATIMENT ET FONCTIONS DES ESPACES VALEURS IMPLICITES THEORIQUES

<b>Tableau 4.3.2.A.</b>						
<b>Catégories de types de bâtiment : Valeurs implicites théoriques</b>						
Type de bâtiment	Densité d'occupation - m <sup>2</sup> /personne	Demande d'énergie aux prises de courant (W/m <sup>2</sup> )	Chauffage de l'eau sanitaire - W/personne	Apport minimal d'air ext. (L/s/m <sup>2</sup> )	Horaire d'exploitation (Tableau 4.3.2.C)	Densité de puissance d'éclairage (W/m <sup>2</sup> )
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Bureau	25	7,5	90	0,4	A	18
Restaurant	10	1	115	1,25	B	15
Magasin de détail	30	2,5	40	1,0	C	30
Mail/hall/atrium	30	2,5	40	1,0	C	16
École	8	5	60	1,0	D	19
Entreprise de services	30	2,5	80	1,0	C	22
Entrepôt	1500	1	300	0,25	E	6
Hôtel/motel	25	2,5	500	0,60	F	15
Habitation collective	60	5	500	0,30	G	9

<b>Tableau 4.3.2.B.</b>						
<b>Fonction des espaces : Valeurs implicites théoriques</b>						
Fonction des espaces	Densité d'occupation - m <sup>2</sup> /personne	Demande d'énergie aux prises de courant (W/m <sup>2</sup> )	Chauffage de l'eau sanitaire - W/personne	Apport min. d'air ext. (L/s/m <sup>2</sup> )	Horaire d'exploitation (Tableau 4.3.2.C)	Densité de puissance d'éclairage (W/m <sup>2</sup> )
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Établissements de réunion						
Auditoriums/halls d'exposition	5	2,5	30	1,5	C	17,2
Églises	5	1	15	1,5	I	26,9
Théâtres	7,5	2,5	30	1,0	I	16,2
Cinémas	5	2,5	30	1,5	I	16,2
Halls	10	1	0	1,0	C	10,8
Atriums	10	2,5	0	0,5	C	7,5
Salles de loisirs/de repos	10	1	60	3,0	B	7,5
Salles de	5	1	45	2,0	C	19,4

<b>Tableau 4.3.2.B.</b>						
<b>Fonction des espaces : Valeurs implicites théoriques</b>						
Fonction des espaces	Densité d'occupation - m <sup>2</sup> /personne	Demande d'énergie aux prises de courant (W/m <sup>2</sup> )	Chauffage de l'eau sanitaire - W/personne	Apport min. d'air ext. (L/s/m <sup>2</sup> )	Horaire d'exploitation (Tableau 4.3.2.C)	Densité de puissance d'éclairage (W/m <sup>2</sup> )
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
conférence/réunion						
Centres sportifs - places assises	5	0	30	1,5	I	10,8
Centres récréatifs	5	1	90	2,0	I	13,0
Centres de sports-spectacles	5	1,5	60	2,0	I	28,0
Vestiaires et salles de douches	10	2,5	0	2,5	*	8,6
Établissements de soins ou de détention						
Salles de soins dentaires et d'exams	20	10	90	0,4	C	22,6
Salles d'urgence	20	10	180	0,75	H	24,7
Laboratoires	20	10	180	0,75	H	20,4
Fournitures médicales	20	1	0	0,75	H	25,8
Infirmierie	20	10	90	0,6	H	21,5
Postes des infirmières	20	2,5	45	0,4	H	22,6
Ergothérapie/physiothérapie	20	10	45	0,6	C	17,2
Chambres de patient	20	10	90	0,6	H	15,1
Pharmacies	20	2,5	45	0,4	C	18,3
Radiologie	20	10	90	0,4	H	22,6
Salles de chirurgie/d'obstétrique	20	10	180	0,75	H	22,6
Salles d'opération	20	10	300	0,75	H	75,3
Salles de réveil	20	10	180	0,4	H	24,8
Hôtel/motel						
Salles de réception	10	1	90	0,75	B	25,8
Services auxiliaires	10	2,5	60	0,75	C	25,8
Chambres	25	2,5	600	0,6	F	15,1
Halls	10	2,5	60	0,75	C	28,0
Vestibule/réception	10	2,5	30	0,75	H	21,5

<b>Tableau 4.3.2.B.</b>						
<b>Fonction des espaces : Valeurs implicites théoriques</b>						
Fonction des espaces	Densité d'occupation - m <sup>2</sup> /personne	Demande d'énergie aux prises de courant (W/m <sup>2</sup> )	Chauffage de l'eau sanitaire - W/personne	Apport min. d'air ext. (L/s/m <sup>2</sup> )	Horaire d'exploitation (Tableau 4.3.2.C)	Densité de puissance d'éclairage (W/m <sup>2</sup> )
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<b>Atelier (non industriel)</b>						
Machinerie	30	1	50	2,5	C	26,9
Électricité/électronique	30	10	50	1,25	C	26,9
Peinture	30	10	90	5,0	C	17,2
Menuiserie	30	10	50	1,25	C	24,8
Soudure	30	10	90	5,0	C	12,9
Réparation automobile	20	5	90	7,5	C	10,8
<b>Bureau</b>						
<i>Type 1 : Bureaux fermés, bureaux à aire ouverte sans cloisons ou avec cloisons de moins de 1,37 m de hauteur sous plafond. Aire inférieure à 84 m<sup>2</sup>.</i>	20	7,5	90	0,5	A	19,4
<i>Type 2 : Bureau à aire ouverte de 84 m<sup>2</sup> ou plus avec cloisons entre 1,07 et 1,37 m de hauteur sous plafond.</i>	20	7,5	90	0,5	A	20,4
<i>Type 3 : Bureau à aire ouverte de 84 m<sup>2</sup> ou plus avec cloisons de plus de 1,07 m de hauteur sous plafond.</i>	20	7,5	90	0,5	A	23,7
Ordinateur/équip. de bureau	20	7,5	90	0,5	A	22,6
Archivage, dossiers inactifs	50	0	0	0,2	A	10,8
Tri et courrier	20	7,5	90	0,5	A	19,4

<b>Tableau 4.3.2.B.</b>						
<b>Fonction des espaces : Valeurs implicites théoriques</b>						
Fonction des espaces	Densité d'occupation - m <sup>2</sup> /personne	Demande d'énergie aux prises de courant (W/m <sup>2</sup> )	Chauffage de l'eau sanitaire - W/personne	Apport min. d'air ext. (L/s/m <sup>2</sup> )	Horaire d'exploitation (Tableau 4.3.2.C)	Densité de puissance d'éclairage (W/m <sup>2</sup> )
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Banque - services financiers	20	7,5	90	0,2	A	30,1
Banque - service au comptoir	30	2,5	0	0,25	A	11,8
Magasin de détail						
<i>Type A : Commerce de bijoux pour lequel l'expertise des articles est cruciale.</i>	30	2,5	40	1,0	C	53,8
<i>Type B : Commerce de produits de luxe : vêtements et accessoires, porcelaine, œuvres d'art, objets en cristal et en argent, où la présentation et l'examen des articles sont importants.</i>	30	2,5	40	1,0	C	34,4

<b>Tableau 4.3.2.B.</b>						
<b>Fonction des espaces : Valeurs implicites théoriques</b>						
Fonction des espaces	Densité d'occupation - m <sup>2</sup> /personne	Demande d'énergie aux prises de courant (W/m <sup>2</sup> )	Chauffage de l'eau sanitaire - W/personne	Apport min. d'air ext. (L/s/m <sup>2</sup> )	Horaire d'exploitation (Tableau 4.3.2.C)	Densité de puissance d'éclairage (W/m <sup>2</sup> )
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<p><i>Type C :</i>  <i>Commerce de produits grand public : vêtements courants, biens de consommation, articles de bureau, livres, articles de sport, matériel de bricolage, appareils photographiques, cadeaux et valises, offerts dans des centres de type entrepôt, où la présentation sélective et l'examen de la marchandise sont importants.</i></p>	30	2,5	40	1,0	C	33,4
<p><i>Type D :</i>  <i>Commerce de produits généraux : vêtements courants, biens de consommation, livres, articles de sport, matériel de bricolage, appareils photographiques, cadeaux et valises offerts dans des magasins à rayons, où la présentation générale et l'examen de la marchandise sont importants.</i></p>	30	2,5	40	1,0	C	35,5

<b>Tableau 4.3.2.B.</b>						
<b>Fonction des espaces : Valeurs implicites théoriques</b>						
Fonction des espaces	Densité d'occupation - m <sup>2</sup> /personne	Demande d'énergie aux prises de courant (W/m <sup>2</sup> )	Chauffage de l'eau sanitaire - W/personne	Apport min. d'air ext. (L/s/m <sup>2</sup> )	Horaire d'exploitation (Tableau 4.3.2.C)	Densité de puissance d'éclairage (W/m <sup>2</sup> )
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>Type E :</i> <i>Les produits alimentaires et autres : produits de boulangerie, quincaillerie et articles pour la maison, produits d'épicerie, appareils ménagers et meubles, où l'apparence est importante.</i>	30	2,5	40	1,0	C	30,1
<i>Type F :</i> <i>Les entreprises de services où la performance fonctionnelle est importante.</i>	30	2,5	40	1,0	C	29,1
Magasin de confection sur mesure	30	2,5	40	1,0	C	22,6
Salles d'habillement/essayage	30	0	40	0,25	C	15,1
Services alimentaires						
Bars/salons	10	1	90	1,5	B	26,9
Salles à manger	10	1	90	1,0	B	26,9
Restaurants-minute/caféterias	10	1	120	1,0	B	14,0
Cuisines	20	10	120	1,5	B	15,1
Résidence pour étudiants						
Chambres à coucher	25	2,5	500	0,3	G	11,8
Chambres/cabinets de travail	25	2,5	500	0,3	G	15,1
Salles d'études	25	2,5	90	0,3	C	19,4
Établissements d'enseignement						

<b>Tableau 4.3.2.B.</b>						
<b>Fonction des espaces : Valeurs implicites théoriques</b>						
Fonction des espaces	Densité d'occupation - m <sup>2</sup> /personne	Demande d'énergie aux prises de courant (W/m <sup>2</sup> )	Chauffage de l'eau sanitaire - W/personne	Apport min. d'air ext. (L/s/m <sup>2</sup> )	Horaire d'exploitation (Tableau 4.3.2.C)	Densité de puissance d'éclairage (W/m <sup>2</sup> )
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Salles de cours	7,5	5	65	1,0	D	21,5
Bibliothèque						
Audio-visuel	20	5	90	0,4	C	11,8
Rayonnage	-20	0	90	0,4	C	16,2
Éclairage monté sur rayonnages						
Rayonnage	-20	0	90	0,4	C	32,3
Éclairage au plafond						
Fichier/catalogage	20	2,5	90	0,4	C	17,2
Salles de lecture	20	1	90	0,4	C	20,4
Laboratoires						
Laboratoires	20	10	180	0,5	A	24,8
Aires d'entreposage						
Entreposage inactif	1750	0	300	0,25	E	3,2
Entreposage actif, gros objets	100	1	65	0,25	E	3,2
Entreposage actif, menus objets	50	1	65	0,25	E	7,5
Manutention	20	1	65	0,4	E	10,8
Aires de service et aires communes						
Locaux techniques	200	1	0	0,25	*	7,5
Corridors	100	0	0	0,25	*	8,6
Salles de toilette et de bains	30	1	0	1,0	*	8,7
Escaliers	100	0	0	0,25	*	6,5
Escaliers de secours	500	0	0	0,25	*	4,3
Aérogares et gares d'autobus et de trains						
Consigne	20	2,5	65	0,5	H	10,8
Hall/entrée principale	20	0	65	0,5	H	9,7
Comptoir des billets	10	2,5	65	1,0	H	26,9
Salle d'attente et salon	10	0	65	1,0	H	12,9

<b>Tableau 4.3.2.B.</b>						
<b>Fonction des espaces : Valeurs implicites théoriques</b>						
Fonction des espaces	Densité d'occupation - m <sup>2</sup> /personne	Demande d'énergie aux prises de courant (W/m <sup>2</sup> )	Chauffage de l'eau sanitaire - W/personne	Apport min. d'air ext. (L/s/m <sup>2</sup> )	Horaire d'exploitation (Tableau 4.3.2.C)	Densité de puissance d'éclairage (W/m <sup>2</sup> )
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Service d'incendie/police						
Garage autopompe	25	2,5	325	0,4	H	8,6
Cellules de détention	25	2,5	325	0,4	H	8,6
Musée/galerie						
Salle d'exposition générale	5	2,5	60	1,5	C	20,4
Inspection/restauration	20	5	50	0,5	A	42,0
Entreposage (œuvres d'art) inactif	1000	0	60	0,25	E	6,5
Entreposage (œuvres d'art) actif	100	1	60	0,25	E	7,5
Buanderie						
Lavage	20	20	60	0,6	C	9,7
Repassage et tri	20	20	60	0,5	C	14,0

## ANNEXE C

### DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES SYSTÈMES POUVANT ÊTRE MODÉLISÉS AVEC LE LOGICIEL EE4

Le logiciel EE4 permet de modéliser directement 15 types de systèmes de conditionnement. Ces 15 types peuvent être utilisés pour figurer un certain nombre de systèmes que les logiciels EE4 et DOE2 ne supportent pas directement ou des systèmes combinés. Tous ces types de systèmes ont des éléments en commun qui sont décrits aux chapitres 5 et 6 de ce manuel.

Les éléments communs à tous les systèmes et qui sont décrits dans la bibliothèque des systèmes centraux sont énumérés ci-dessous :

#### Source d'énergie de chauffage et puissance de chauffage

Entrer la source d'énergie de chauffage du serpentin de chauffage et la puissance de chauffe. L'alimentation en eau chaude du serpentin peut provenir d'une chaudière centrale ou d'une installation de chauffage centralisé urbain; dans ce cas, choisir « eau chaude » dans la liste déroulante. Les autres choix sont : électricité, combustibles fossiles ou thermopompe. Si l'on a choisi thermopompe, il est automatiquement présumé un chauffage électrique d'appoint et il faut indiquer la puissance de ce chauffage d'appoint. Si la source d'énergie de chauffage ne figure pas parmi les options de la liste, choisir la mention « autre ». À remarquer, cependant, que ce choix correspond à un facteur de pondération de la source d'énergie de 1 et que l'énergie de chauffage de modélisation est automatiquement l'électricité. Choisir une fournaise à combustible fossile permet les types suivants : atmosphérique, modulante (pleinement modulante seulement), et à condensation.

#### Type et rendement de chauffage

Si la source d'énergie de chauffage choisie est un combustible fossile ou une thermopompe, choisir le type de rendement. Pour les combustibles fossiles, choisir entre le taux d'utilisation annuel de combustible (AFUE) ou le rendement thermique. Pour une thermopompe, choisir entre le coefficient de performance (COP) ou le rapport d'efficacité énergétique (EER). La valeur du rendement de chauffage est à inscrire au bas de l'onglet. Si la source d'énergie de chauffage choisie est l'électricité ou l'eau chaude, la notion de rendement ne s'applique pas et rien n'est inscrit à cette rubrique.

#### Caractéristiques de refroidissement

Entrer la puissance frigorifique du système à détente directe, de la thermopompe ou du système à eau froide ainsi que le pourcentage de la puissance frigorifique totale qui correspond à la chaleur sensible échangée. Lorsque ce pourcentage n'est pas connu, une valeur par défaut de 75 % peut être utilisée.

Entrer la température minimale de refroidissement de l'air à la sortie du système de refroidissement.

Entrer à la fin de l'onglet le type (COP ou EER) et la valeur de rendement qui convient au système. Le COP ou l'EER doivent tenir compte de la puissance du ventilateur du condenseur, mais non de celle du ventilateur d'alimentation.

#### Proportion d'air extérieur, caractéristiques de l'économiseur

Dans l'onglet « Air extérieur », indiquer si le volume d'air extérieur est constant au débit minimal ou si un économiseur est installé. Dans le second cas, entrer la proportion maximale d'air extérieur (rapport du volume d'air neuf au volume d'air total) et préciser le type d'économiseur. L'option économiseur côté air extérieur n'existe pas pour les systèmes à ventilo-convecteurs et

les groupes de traitement de l'air à thermopompe qui sont définis comme système de traitement de l'air. Il en existe 4 types :

**À température fixe au bulbe sec** : l'économiseur fonctionne jusqu'à la température de coupure lorsque la température de l'air extérieur est inférieure à la température de consigne de refroidissement (y compris la température de ralenti nocturne).

**À différentiel de température au bulbe sec** : l'économiseur fonctionne lorsque la température au bulbe sec de l'air extérieur est inférieure à la température au bulbe sec de l'air repris.

**À enthalpie fixe** : l'économiseur fonctionne jusqu'à la température de coupure lorsque l'enthalpie de l'air extérieur est inférieure à la température de consigne de refroidissement (y compris la température de ralenti nocturne).

**À enthalpie différentielle** : l'économiseur fonctionne lorsque l'enthalpie de l'air extérieur est inférieure à celle de l'air repris.

### Rendement de récupération de chaleur

Le rendement de récupération de la chaleur sensible est entré dans l'onglet « Air extérieur ». Entrer le rendement nominal aux conditions d'essai normalisées de l'ARI.

### Puissance et horaire de fonctionnement du ventilateur d'alimentation

Trois choix possibles pour les heures de fonctionnement du ventilateur d'alimentation :

**Fonctionnement selon l'horaire d'exploitation.** Le ventilateur fonctionne selon l'horaire indiqué sous « Ventilateurs » de l'élément « Zone »

**Fonctionnement en continu** – Les ventilateurs fonctionnent en continu.

**Fonctionnement cyclique asservi à l'horaire de ralenti nocturne (chauffage)** – Le ventilateur fonctionne selon le ralenti nocturne (chauffage) défini dans l'élément « Zone » : Le ventilateur fonctionne selon le ralenti de chauffage programmé.

La puissance du ventilateur peut être spécifiée directement en watts ou être définie en termes de pression statique et de rendement. Dans ce dernier cas, il importe de préciser si le ventilateur est monté en pression ou en dépression.

Il faut également entrer le débit du ventilateur d'alimentation. Celui-ci doit être égal ou supérieur au débit d'air extérieur minimal exigé par le code pour la zone desservie.

Les options de mode de fonctionnement du ventilateur n'existent pas pour les systèmes à ventilo-convecteurs et les groupes de traitement de l'air à thermopompe qui sont définis comme système de traitement de l'air puisque ces ventilateurs fonctionnent toujours selon l'horaire établi pour ces appareils.

### Ventilateur de reprise

Entrer la pression statique du ventilateur de reprise et le rendement combiné du moteur et du ventilateur. Si le système est doté d'un ventilateur récupérateur de chaleur, la valeur indiquée doit être une valeur moyenne correspondant au rendement combiné du ventilateur de reprise et du ventilateur récupérateur de chaleur.

L'option ventilateur de reprise n'existe pas pour les systèmes à ventilo-convecteurs et les groupes de traitement de l'air à thermopompe qui sont définis comme système de traitement de l'air, puisque les groupes de traitement de l'air d'appoint servent exclusivement à l'alimentation en air.

### Humidité

Si le système est doté d'un humidificateur électrique ou à eau chaude, il faut indiquer sous l'onglet « Humidité » le type d'humidificateur ainsi que le taux minimal d'humidité à maintenir dans le bâtiment. Les humidificateurs sont modélisés de façon identique dans le cas du bâtiment de référence et dans le cas du bâtiment proposé.

**Serpentin de préchauffage**

Si le système est doté d'un serpentin de préchauffage, il faut sélectionner pour cet élément la source d'énergie de chauffage (électricité ou eau chaude) ainsi que la température de consigne. Dès que la température extérieure descend sous ce point de consigne préétabli, le serpentin se met en marche.

Les éléments communs à tous les systèmes et qui sont décrits sous l'onglet « Espace/pièce » sont énumérés ci-dessous :

**Dans l'élément « Pièce », onglet « Ventilateur d'extraction, définir :**

**Puissance et débit du ventilateur d'extraction**

Les ventilateurs d'extraction définis dans l'élément « Pièce » fonctionnent selon l'horaire d'exploitation des ventilateurs entré dans l'élément « Zone ». S'ils fonctionnent par intermittence (p. ex. les ventilateurs de hotte de cuisinière qui peuvent fonctionner seulement deux heures par jour), il faut en réduire proportionnellement le débit et la puissance. Ainsi, si les ventilateurs doivent fonctionner 18 heures par jour en général, selon l'horaire d'exploitation, mais qu'un ventilateur à fonctionnement intermittent fonctionne, lui, seulement deux heures par jour, il faut alors en réduire le débit et la puissance par un facteur de 9 (18/2).

Si les ventilateurs à fonctionnement intermittent sont alimentés directement en air extérieur et s'ils évacuent l'air vicié directement à l'extérieur, il faut alors définir la puissance comme une charge de procédé et modifier l'horaire d'exploitation en conséquence.

## Types de systèmes

### **Systèmes monozones à détente directe**

Les systèmes monozones à détente directe sont des systèmes à volume d'air constant conçus pour desservir une seule zone. Ils assurent le refroidissement de l'ambiance par détente directe d'un frigorigène et peuvent en assurer le chauffage au moyen d'un générateur de chaleur à combustible, d'une chaudière à eau chaude, d'un appareil de chauffage à résistances électriques ou d'une thermopompe air-air. Si une thermopompe air-air est utilisée aux fins de chauffage, il importe de définir un système de chauffage de relève fonctionnant avec un type de combustible correspondant à celui sélectionné dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Mécanique ». La température de l'air d'alimentation peut varier (selon la charge calorifique et la puissance du système), et des appareils de chauffage d'appoint indépendants (p. ex. des plinthes chauffantes) peuvent être prévus pour assurer le maintien de la température de consigne dans la zone desservie (données concernant les espaces et les horaires de fonctionnement pour la zone introduite par l'utilisateur). Les systèmes monozones à détente directe peuvent être soit des groupes monobloc (à monter en toiture) soit des groupes biblocs.

**Dans la bibliothèque des systèmes centraux, en plus des données habituelles veuillez définir :**

**Source d'énergie de réchauffage/chauffage d'appoint (zone)**

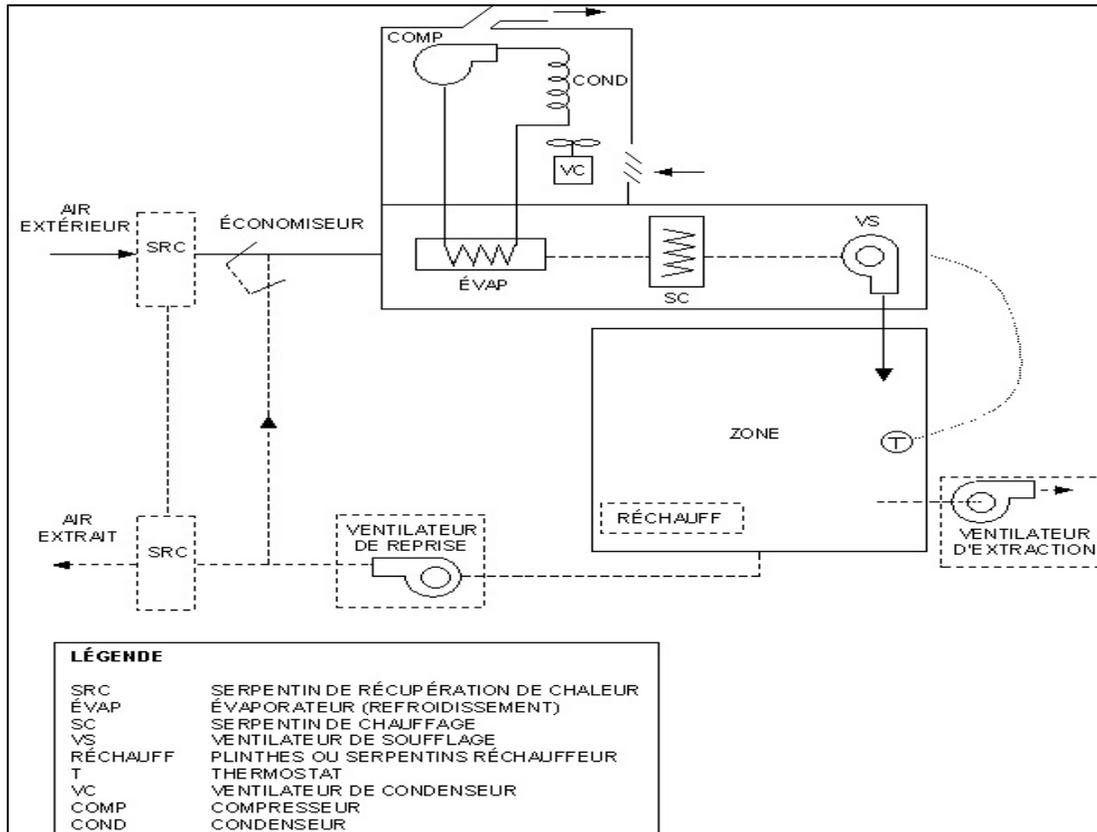
Sous l'onglet « Zone », sélectionner la source d'énergie de chauffage des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint installés dans les zones desservies, ce qui comprend, notamment, les serpentins de réchauffage installés en conduit, les convecteurs-plinthes électriques ou à eau chaude ou les systèmes de planchers radiants. Si toute la chaleur est fournie par le groupe de traitement en toiture et que le système ne comporte aucun appareil de chauffage d'appoint, il faut sélectionner l'option « Aucun ».

Dans l'élément « Zone », onglet « Mécanique », définir :

### Puissance de chauffage de zone

Si des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint de zone ont été spécifiés dans l'élément « Système », il faut entrer la puissance de chauffage de ces derniers, qui peuvent être des plinthes chauffantes, des planchers radiants ou des serpentins de réchauffage. Aucune information n'est requise si l'option de réchauffage/chauffage d'appoint n'a pas été sélectionnée.

Figure C-1 - Représentation schématique système monozone à détente directe



## Systèmes multizones VAC monobloc

Les systèmes multizones VAC monobloc sont des systèmes à volume d'air constant conçus pour desservir une seule zone de commande ainsi qu'un certain nombre de zones secondaires. Ils assurent le refroidissement de l'ambiance par détente directe d'un frigorigène et peuvent en assurer le chauffage au moyen d'un générateur de chaleur à combustible, d'une chaudière à eau chaude, d'un appareil de chauffage à résistances électriques ou d'une thermopompe. Les systèmes sont considérés comme des systèmes intermédiaires « hot deck » affichant une température de l'air d'alimentation élevée (établie par défaut à 43,3°C), qui peut être variée; des appareils de chauffage d'appoint indépendants (p. ex. des plinthes chauffantes) peuvent être prévus pour assurer le maintien de la température de consigne dans les espaces desservis. On remarque dans la figure que la température de l'air d'alimentation est contrôlée par la zone de commande – la première zone entrée dans le système dans le logiciel EE4. Ces systèmes peuvent être soit des groupes monobloc (à monter en toiture) soit des groupes biblocs.

Dans la bibliothèque des systèmes centraux, en plus des données habituelles veuillez définir :

**Source d'énergie de réchauffage/chauffage d'appoint (zone)**

Sous l'onglet « Zone », sélectionner la source d'énergie de chauffage des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint installés dans les zones desservies, ce qui comprend, notamment, les serpentins de réchauffage installés en conduit, les convecteurs-plinthes électriques ou à eau chaude, ou les systèmes de planchers radiants. Si toute la chaleur est fournie par le groupe de traitement en toiture et que le système ne comporte aucun appareil de chauffage d'appoint, il faut sélectionner l'option « Aucun ».

Dans l'élément « Zone », onglet « Mécanique », définir :

**Puissance de chauffage de zone**

Si des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint de zone ont été spécifiés dans l'élément « Système », il faut entrer la puissance de chauffage de ces derniers, qui peuvent être des plinthes chauffantes, des planchers radiants ou des serpentins de réchauffage. Aucune information n'est requise si l'option de réchauffage/chauffage d'appoint n'a pas été sélectionnée.

**Débit d'air de zone**

Le débit d'alimentation en air de chaque zone desservie par le système doit être précisé. La valeur indiquée doit être égale ou supérieure aux exigences concernant l'apport minimal d'air extérieur.

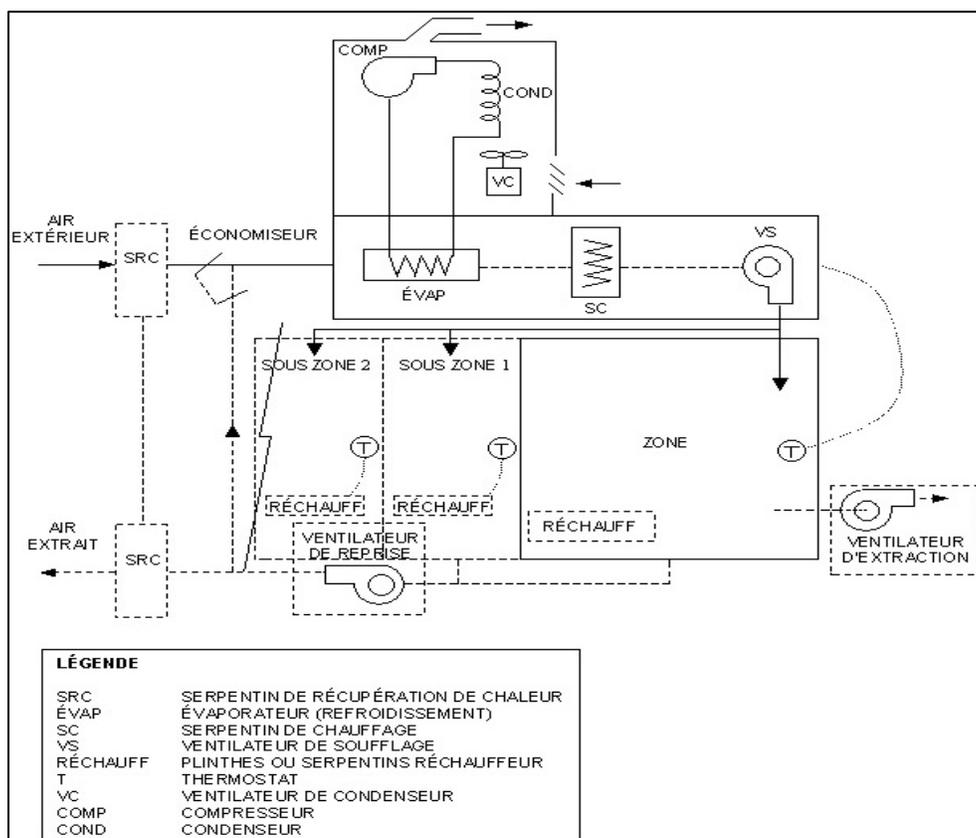


Figure C- 2 - Représentation schématique système multizone VAC monobloc

## **Systèmes VAC constitués de blocs autonomes, à un conduit**

Les systèmes VAC constitués de blocs autonomes, à un conduit, sont des systèmes à volume d'air constant constitués d'un groupe de traitement centralisé comprenant un dispositif de chauffage, un serpentin de refroidissement et un ventilateur d'alimentation, et conçus pour assurer le chauffage et le refroidissement, à débit constant, de plusieurs zones commandées individuellement. La température de l'air d'alimentation à la sortie du groupe de traitement centralisé peut être constante ou régulée en fonction des besoins en refroidissement de la zone la plus chaude desservie par le système; ce système est généralement considéré être un système intermédiaire « warm deck » qui fournit de l'air à une température oscillant entre 13 et 19 °C. Des serpentins de réchauffage ou des plinthes chauffantes destinés à assurer par la suite le chauffage d'appoint de l'air d'alimentation sont également prévus pour permettre le maintien de la température de consigne dans les espaces desservis.

### **Dans la bibliothèque des systèmes centraux, en plus des données habituelles veuillez définir :**

Source d'énergie de réchauffage/chauffage d'appoint (zone)

Sous l'onglet « Zone », sélectionner la source d'énergie de chauffage des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint installés dans les zones desservies, ce qui comprend, notamment, les serpentins de réchauffage installés en conduit, les convecteurs-plinthes électriques ou à eau chaude, ou les systèmes de planchers radiants. Si toute la chaleur est fournie par le groupe de traitement en toiture et que le système ne comporte aucun appareil de chauffage d'appoint, il faut sélectionner l'option « Aucun ».

### **Dans l'élément « Zone », onglet « Mécanique », définir :**

#### **Puissance de chauffage de zone**

Si des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint de zone ont été spécifiés dans l'élément « Système », il faut entrer la puissance de chauffage de ces derniers, qui peuvent être des plinthes chauffantes, des planchers radiants ou des serpentins de réchauffage. Aucune information n'est requise si l'option de réchauffage/chauffage d'appoint n'a pas été sélectionnée.

#### **Débit d'air de zone**

Le débit d'alimentation en air de chaque zone desservie par le système doit être précisé. La valeur indiquée doit être égale ou supérieure aux exigences concernant l'apport minimal d'air extérieur.

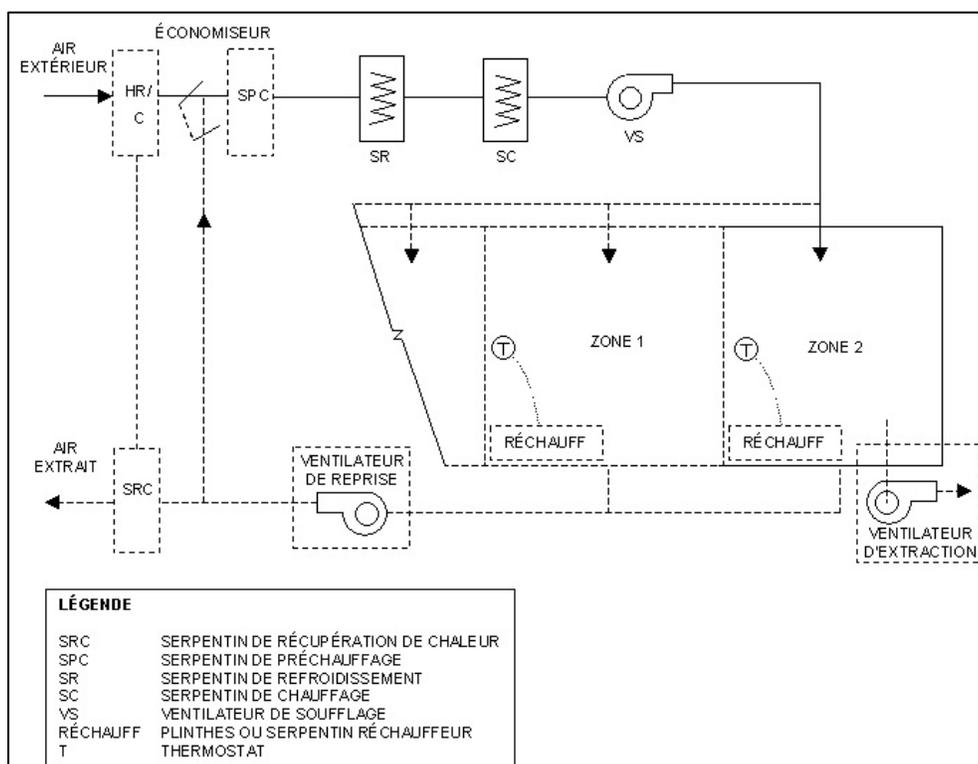


Figure C- 3 - Représentation schématique système VAC constitué de blocs autonomes, à un conduit

## Systèmes à thermopompes sur boucle d'eau (hydroniques)

Dans le cas d'un tel système, les thermopompes sur boucle d'eau assurent le chauffage et le refroidissement de différentes zones commandées individuellement. Les thermopompes eau-air installées dans chaque zone prennent l'énergie en provenance de la boucle d'eau commune lorsqu'elles sont en mode chauffage et rejette de l'énergie dans la boucle commune lorsqu'elles sont en mode refroidissement. L'ajout de chaleur dans la boucle d'eau ou l'extraction de chaleur de celle-ci peut être nécessaire aux fins de maintien de la température de l'eau si les charges calorifique et frigorifique ne sont pas équilibrées. Cela est assuré par une chaudière et une tour de refroidissement, ou par un échangeur thermique. Si la demande de froid est telle que la quantité d'énergie rejetée dans la boucle est supérieure à la quantité d'énergie ajoutée à celle-ci, il y a extraction de chaleur; par contre, si la demande de chaleur dépasse la demande de froid, il y a ajout de chaleur. Voir la section 4.6 pour plus de détails.

Le système est doté d'un groupe d'appoint d'air centralisé qui alimente en air extérieur préchauffé les thermopompes de zone. Le logiciel EE4 établit les débits d'air extérieur en fonction des exigences du CNMÉB concernant l'apport minimal d'air extérieur. Il est possible de préciser un débit d'air extérieur plus élevé pour les différentes zones dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Occupant ».

Les données à entrer dans la bibliothèque des systèmes centraux servent à définir le système d'appoint d'air. Les caractéristiques des thermopompes sont précisées dans l'élément « Zone », sous l'onglet « Mécanique » du logiciel EE4. Il est à noter que les puissances calorifique et

frigorifique ainsi que le COP nominal de chauffage et de refroidissement définis ne doivent pas tenir compte de la puissance du ventilateur.

**Dans l'élément « Zone », l'onglet « Mécanique », définir :**

#### **Puissance de chauffage et frigorifique de zone**

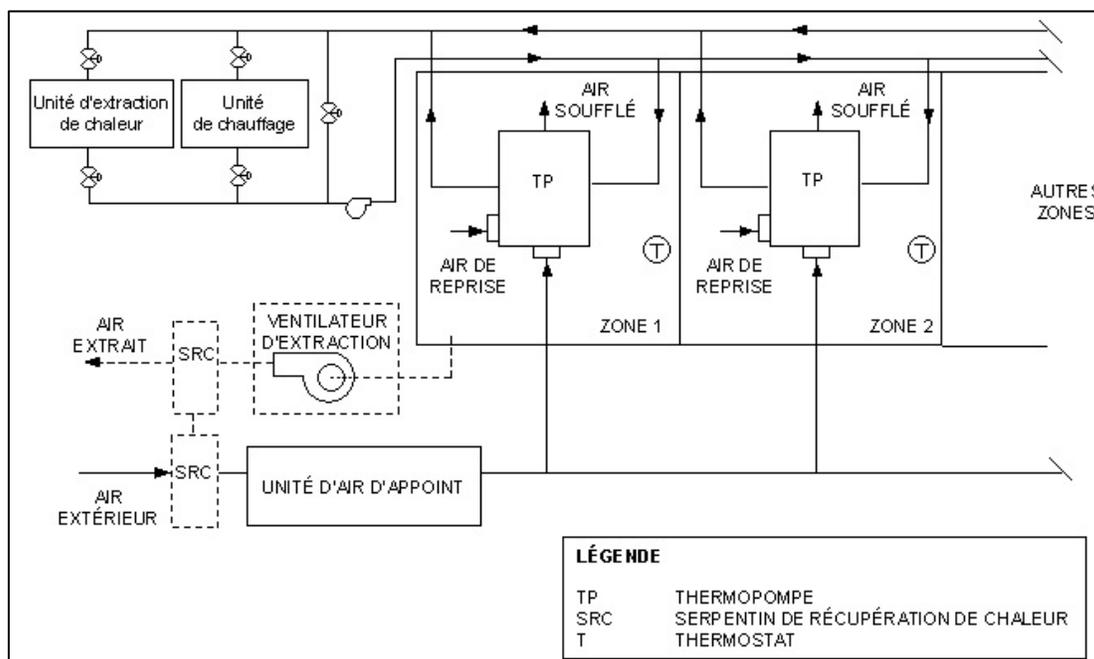
Entrer la puissance de chauffage et la puissance frigorifique de la thermopompe de la zone.

Rendement de la thermopompe

Entrer le COP de la thermopompe pour le mode chauffage et le mode refroidissement aux conditions nominales ARI.

#### **Débit d'air et puissance du ventilateur**

Entrer le débit d'air nominal de la thermopompe et la consommation d'énergie du ventilateur. Si le COP précisé tient compte de la puissance du ventilateur, il faut alors préciser seulement le débit d'air et entrer « 0 » pour la puissance du ventilateur. Le débit d'air doit être supérieur aux exigences concernant l'apport minimal d'air extérieur.



**Figure C- 4 - Représentation schématique système à thermopompes sur boucle d'eau**

## **Systèmes VAV monobloc**

Les systèmes VAV monobloc sont des systèmes à volume d'air variable. Ils assurent le refroidissement de l'ambiance par détente directe d'un frigorigène et le chauffage au moyen d'un générateur de chaleur à combustible, d'une chaudière à eau chaude, d'un appareil de chauffage à résistances électriques ou d'une thermopompe. Ces systèmes fonctionnent différemment selon qu'ils sont en mode chauffage ou en mode refroidissement. En mode refroidissement, la température de l'air d'alimentation fourni par le serpentin de refroidissement est régulée en fonction des besoins de la zone. En mode chauffage, le débit d'air est maintenu constant à la valeur minimale précisée par l'utilisateur et la température de l'air d'alimentation fourni par le serpentin de chauffage est maintenue constante à 13 °C (55 °F). Le système comprend également des serpentins de réchauffage et des plinthes de chauffage d'appoint destinés à

augmenter la température de l'air d'alimentation de 13 °C (55 °F) à la température nécessaire pour combler les demandes de zone.

**Dans la bibliothèque des systèmes centraux, en plus des données habituelles veuillez définir :**

#### **Source d'énergie de réchauffage/chauffage d'appoint (zone)**

Sous l'onglet « Zone », sélectionner la source d'énergie de chauffage des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint installés dans les zones desservies, ce qui comprend, notamment, les serpentins de réchauffage installés en conduit, les convecteurs-plinthes électriques ou à eau chaude, ou les systèmes de planchers radiants. Si toute la chaleur est fournie par le groupe de traitement en toiture et que le système ne comporte aucun appareil de chauffage d'appoint, il faut sélectionner l'option « Aucun ».

**Dans l'élément « Zone », onglet « Mécanique », définir :**

#### **Puissance de chauffage de zone**

Si des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint de zone ont été spécifiés dans l'élément « Système », il faut entrer la puissance de chauffage de ces derniers, qui peuvent être des plinthes chauffantes, des planchers radiants ou des serpentins de réchauffage. Aucune information n'est requise si l'option de réchauffage/chauffage d'appoint n'a pas été sélectionnée.

#### **Débit d'air de zone**

Le débit d'alimentation en air de chaque zone desservie par le système doit être précisé. La valeur indiquée doit être égale ou supérieure aux exigences concernant l'apport minimal d'air extérieur.

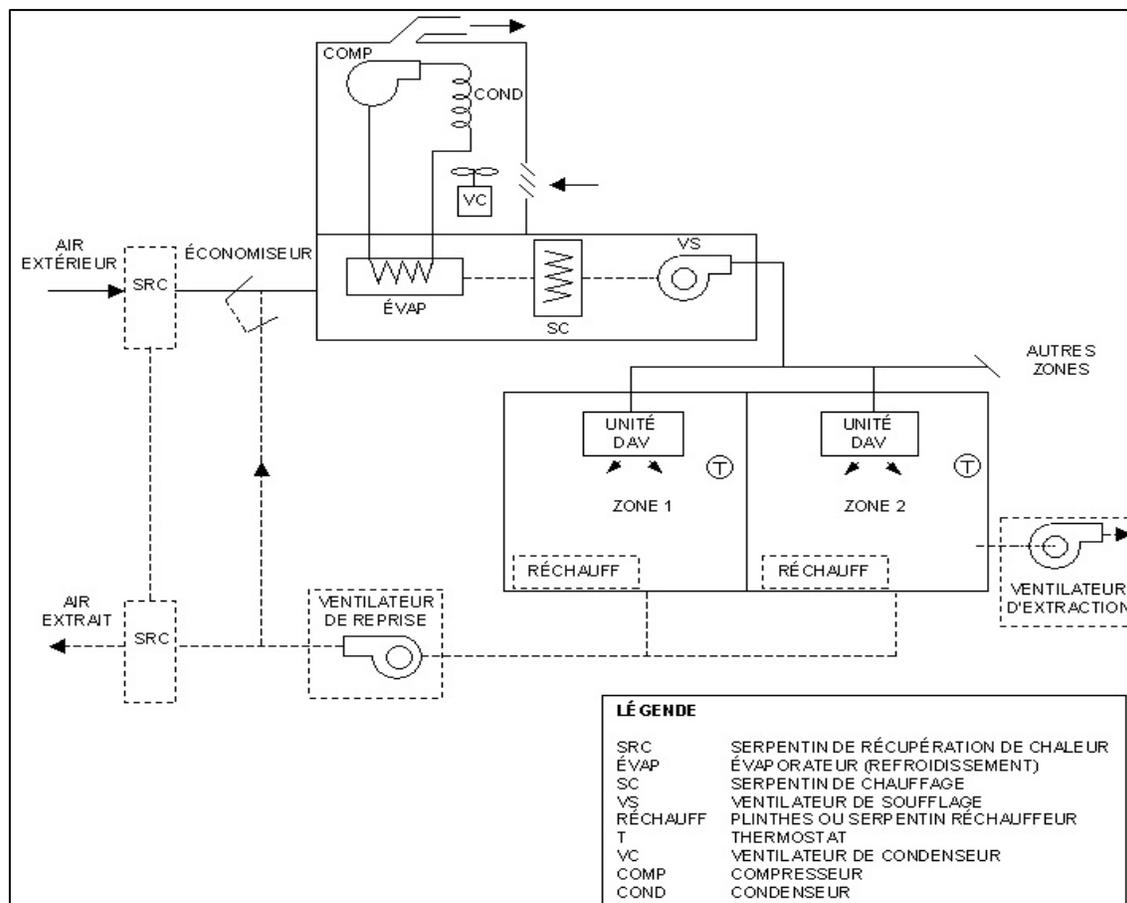


Figure C- 5 - Représentation schématique système VAV monobloc

## Systèmes multizones monobloc

Les systèmes multizones monobloc sont des systèmes à volume d'air constant qui assurent le refroidissement de l'ambiance par détente directe d'un frigorigène, et le chauffage, au moyen d'un générateur de chaleur à combustible, d'une chaudière à eau chaude ou d'un appareil de chauffage à résistances électriques. Le groupe de traitement centralisé des systèmes multizones comporte un caisson d'air chaud et un caisson d'air froid, où ces deux veines d'air sont maintenues respectivement au-dessus et au-dessous de la température de l'air d'alimentation souhaitée. Les deux veines d'air sont par la suite mélangées selon des proportions appropriées, régulées au moyen de registres de réglage, jusqu'à l'obtention d'une température permettant de satisfaire aux besoins des zones desservies. Des appareils de chauffage d'appoint indépendants (p. ex. des plinthes chauffantes) peuvent être prévus pour assurer le maintien de la température de consigne dans ces dernières.

Il existe trois stratégies possibles de commande/régulation de la température de chauffage ou de refroidissement de l'air d'alimentation fourni par le groupe centralisé, soit la stratégie de régulation à température constante, la stratégie de régulation en fonction de la demande de zone ou la stratégie de régulation en fonction de la température extérieure. Dans le cas d'une stratégie de régulation à température constante, la température de l'air d'alimentation, à la sortie du serpentin de chauffage ou de refroidissement, est réglée à une température fixe, précisée par l'utilisateur. Dans le cas d'une stratégie de régulation en fonction de la demande de zone, la

température de l'air dans le caisson chaud est régulée en fonction des besoins en chauffage de la zone présentant la plus forte demande de chauffage, et similairement, la température dans le caisson froid est régulée en fonction des besoins en refroidissement de la zone présentant la plus forte demande de refroidissement. Enfin, dans le cas d'une stratégie de régulation en fonction de la température extérieure, la température de chauffage ou de refroidissement de l'air d'alimentation est régulée en fonction des variations de la température extérieure.

**Dans la bibliothèque des systèmes centraux, en plus des données habituelles veuillez définir :**

#### **Type de commande/régulation**

Autant pour le chauffage que le refroidissement, il importe de choisir parmi le type de commande/régulation de la température de l'air d'alimentation à la sortie du groupe de traitement centralisé :

**Température constante** : la température de l'air d'alimentation est réglée à une température fixe précisée par l'utilisateur.

**Régulation en fonction de la demande de zone** : la température de l'air d'alimentation est modulée toutes les heures en fonction des besoins en chauffage/refroidissement de la zone présentant la plus forte demande de chauffage/refroidissement.

**Régulation en fonction de la température extérieure** : la température de l'air d'alimentation est modulée toutes les heures en fonction de la température extérieure.

#### **Température de chauffage de l'air d'alimentation**

Entrer la température de l'air à la sortie du caisson chaud.

#### **Caractéristiques de refroidissement**

Entrer puissance frigorifique du système à détente directe ainsi que le pourcentage de la puissance frigorifique totale qui correspond à la chaleur sensible échangée. Lorsque ce pourcentage n'est pas connu, une valeur par défaut de 75 % peut être utilisée.

Entrer la température de l'air d'alimentation à la sortie du caisson froid.

Entrer à la fin de l'onglet le type (COP ou EER) et la valeur de rendement qui convient au système. Le COP ou l'EER doivent tenir compte de la puissance du ventilateur du condenseur, mais non de celle du ventilateur d'alimentation.

#### **Source d'énergie de réchauffage/chauffage d'appoint (zone)**

Sous l'onglet « Zone », sélectionner la source d'énergie de chauffage des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint installés dans les zones desservies, ce qui comprend, notamment, les serpentins de réchauffage installés en conduit, les convecteurs-plinthes électriques ou à eau chaude, ou les systèmes de planchers radiants. Si toute la chaleur est fournie par le groupe de traitement en toiture et que le système ne comporte aucun appareil de chauffage d'appoint, il faut sélectionner l'option « Aucun ».

**Dans l'élément « Zone », onglet « Mécanique », définir :**

#### **Puissance de chauffage de zone**

Si des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint de zone ont été spécifiés dans l'élément « Système », il faut entrer la puissance de chauffage de ces derniers, qui peuvent être des plinthes chauffantes, des planchers radiants ou des serpentins de réchauffage. Aucune information n'est requise si l'option de réchauffage/chauffage d'appoint n'a pas été sélectionnée.

#### **Débit d'air de zone**

Le débit d'alimentation en air de chaque zone desservie par le système doit être précisé. La valeur indiquée doit être égale ou supérieure aux exigences concernant l'apport minimal d'air extérieur.

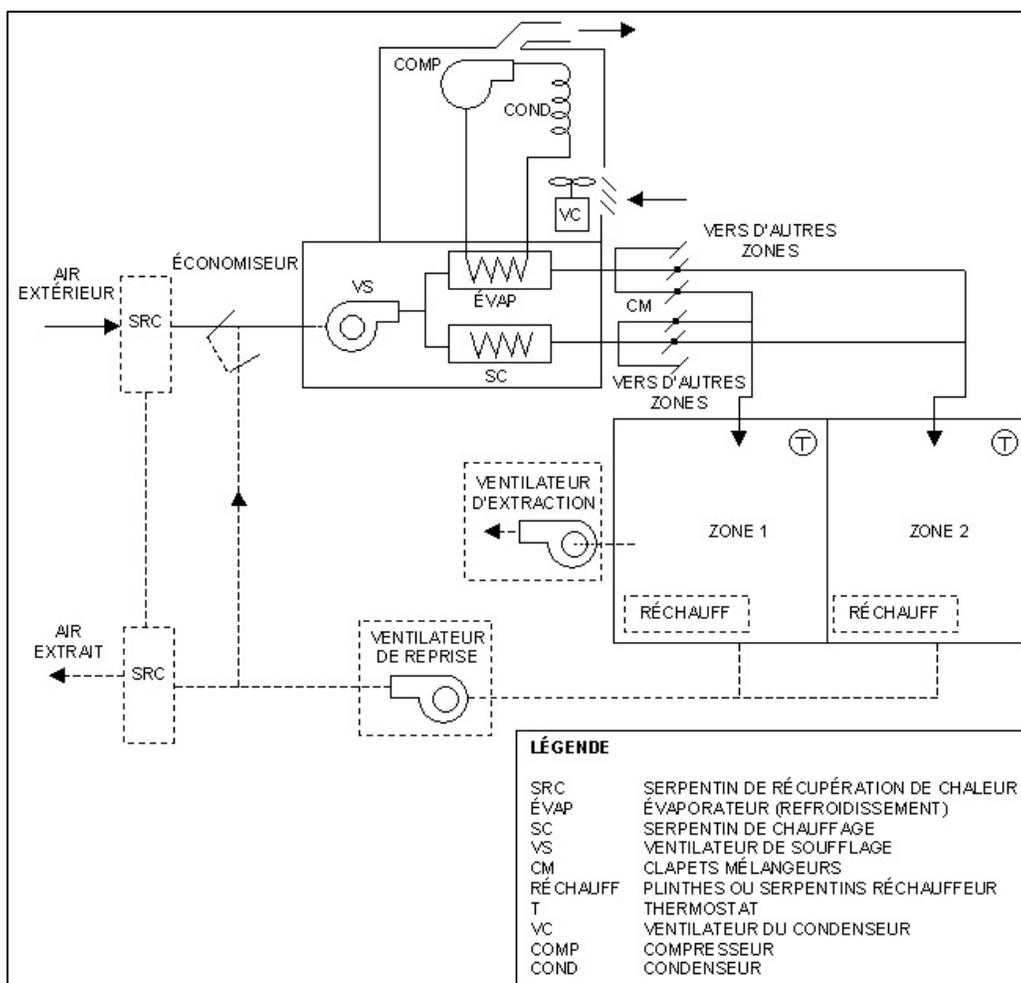


Figure C- 6 - Représentation schématique système multizone monobloc

## Systèmes monozones constitués de blocs autonomes

Les systèmes monozones constitués de blocs autonomes sont des systèmes à température variable et à volume d'air constant qui assurent le chauffage et le refroidissement d'une zone unique par ventilation forcée. Le groupe de traitement centralisé comporte un dispositif de chauffage, un serpentin de refroidissement et un ventilateur d'alimentation. La température de l'air soufflé dans la zone desservie est régulée par un thermostat monté dans l'ambiance. Le système peut comprendre des appareils de chauffage d'appoint (comme des plinthes chauffantes) destinées à maintenir constante la température dans la zone.

Le système peut également comprendre un ventilateur de reprise, un économiseur d'air extérieur, des serpentins de réchauffage/plinthes de chauffage d'appoint, un serpentin de préchauffage et des ventilateurs d'extraction de zone.

**Dans la bibliothèque des systèmes centraux, en plus des données habituelles veuillez définir :**

### Source d'énergie de réchauffage/chauffage d'appoint (zone)

Sous l'onglet « Zone », sélectionner la source d'énergie de chauffage des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint installés dans les zones desservies, ce qui comprend, notamment, les serpentins de réchauffage installés en conduit, les convecteurs-plinthes électriques ou à eau chaude, ou les systèmes de planchers radiants. Si toute la chaleur est fournie par le groupe de traitement en toiture et que le système ne comporte aucun appareil de chauffage d'appoint, il faut sélectionner l'option « Aucun ».

Dans l'élément « Zone », onglet « Mécanique », définir :

### Puissance de chauffage de zone

Si des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint de zone ont été spécifiés dans l'élément « Système », il faut entrer la puissance de chauffage de ces derniers, qui peuvent être des plinthes chauffantes, des planchers radiants ou des serpentins de réchauffage. Aucune information n'est requise si l'option de réchauffage/chauffage d'appoint n'a pas été sélectionnée.

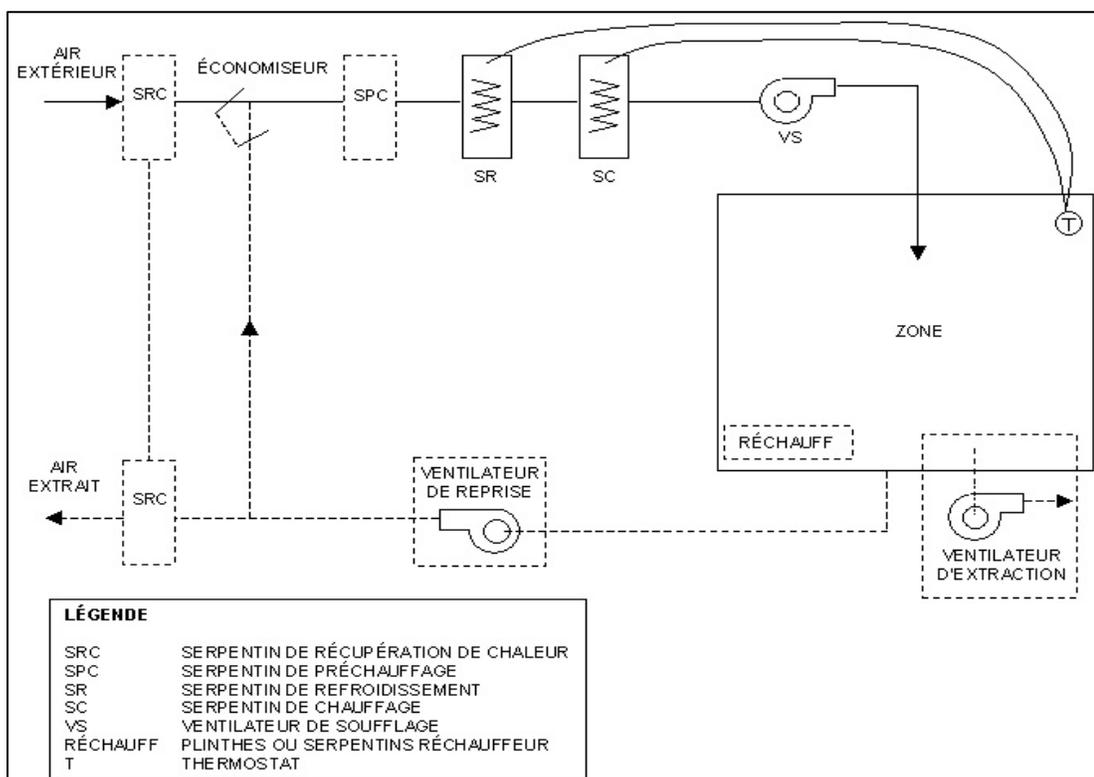


Figure C- 7 - Représentation schématique Système monozone constitué de blocs autonomes

### Systèmes VAV constitués de blocs autonomes

Les systèmes VAV constitués de blocs autonomes comprennent un groupe de traitement de l'air centralisé comportant un dispositif de chauffage, un serpentin de refroidissement et un ventilateur d'alimentation, et des éléments terminaux à volume d'air variable installés dans chacune des zones desservies. Afin de répondre aux charges frigorifiques de pointe, les éléments terminaux VAV sont conçus pour admettre un débit d'air maximal (précisé par l'utilisateur). Le débit et la

température de refroidissement de l'air d'alimentation peuvent être modulés en fonction des variations de la charge de zone. Le système fonctionne différemment en mode chauffage, c'est-à-dire que le débit et la température de l'air d'alimentation sont maintenus constants respectivement au seuil minimal admissible et à 13 °C (55 °F). Des serpentins de réchauffage ou des plinthes chauffantes sont prévus pour assurer un chauffage d'appoint dans les zones.

**Choisissez l'une des 4 options pour le contrôle du ventilateur d'alimentation dans la bibliothèque des systèmes centraux :**

- Suivi de la courbe caractéristique (déplacement du point de fonctionnement)
- Aubes aérodynamiques ou incurvées vers l'arrière, avec inclineurs à l'admission
- Aubes incurvées vers l'avant, avec inclineurs à l'admission
- Variation de vitesse

Chacun de ces modes de régulation du débit du ventilateur modifie la puissance de ce dernier en fonction des exigences quant au débit d'air total et à l'apport minimal d'air extérieur, selon un coefficient puissance/débit approprié. Ces coefficients sont indiqués au tableau 5.4.9.A du document intitulé Conformité des bâtiments par la méthode de performance (supplément du CNMÉB).

La puissance du ventilateur peut être spécifiée directement en watts ou être définie en termes de pression statique et de rendement. Dans ce dernier cas, il importe de préciser si le ventilateur est monté en pression ou en dépression.

**Source d'énergie de réchauffage/chauffage d'appoint (zone)**

Sous l'onglet « Zone », sélectionner la source d'énergie de chauffage des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint installés dans les zones desservies, ce qui comprend, notamment, les serpentins de réchauffage installés en conduit, les convecteurs-plinthes électriques ou à eau chaude, ou les systèmes de planchers radiants. Si toute la chaleur est fournie par le groupe de traitement en toiture et que le système ne comporte aucun appareil de chauffage d'appoint, il faut sélectionner l'option « Aucun ».

**Dans l'élément « Zone », onglet « Mécanique », définir :**

**Type d'élément terminal**

Sélectionner dans la liste déroulante le type d'élément terminal de zone. Les options sont 1) plinthe chauffante, 2) boîte VAV, 3) boîte VAV avec ventilateurs en série, et 4) boîte VAV avec ventilateurs en parallèle.

**Puissance de chauffage de zone**

Si des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint de zone ont été spécifiés dans l'élément « Système », il faut entrer la puissance de chauffage de ces derniers, qui peuvent être des plinthes chauffantes, des planchers radiants ou des serpentins de réchauffage. Aucune information n'est requise si l'option de réchauffage/chauffage d'appoint n'a pas été sélectionnée.

**Débits d'air maximal et minimal**

Préciser les débits d'air maximal et minimal aux boîtes VAV. Le débit minimal doit être égal ou supérieur aux exigences concernant l'apport minimal d'air extérieur.

**Débit et puissance des ventilateurs terminaux**

Si des boîtes VAV avec ventilateurs en série ou en parallèle ont été sélectionnés, il faut préciser le débit d'air prévu pour l'élément terminal. Il s'agit du débit d'air induit ou repris. Il importe également d'indiquer la consommation d'énergie à un tel débit.

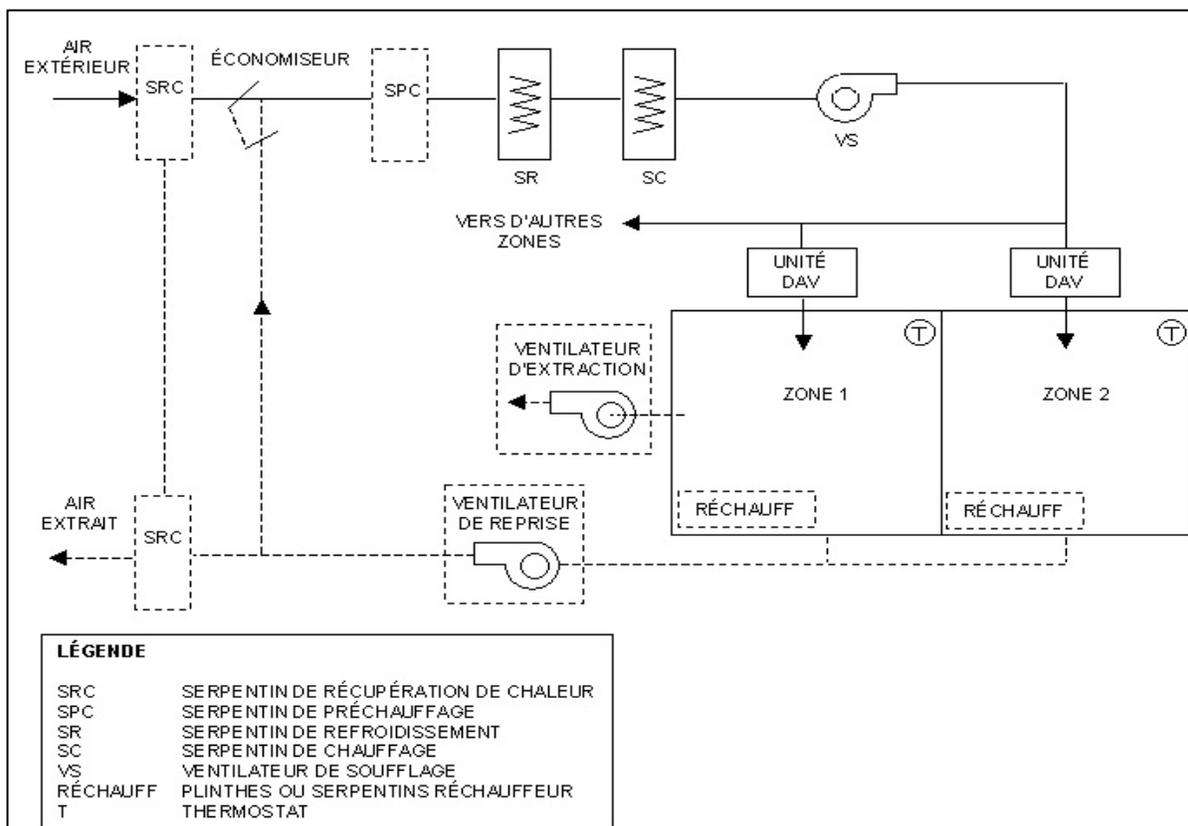


Figure C- 8 - Représentation schématique Systèmes VAV constitués de blocs autonomes

## Systèmes multizones constitués de blocs autonomes

Les systèmes multizones constitués de blocs autonomes sont des systèmes à volume d'air constant composés d'un groupe de traitement centralisé comprenant un dispositif de chauffage, un serpentin de refroidissement et un ventilateur d'alimentation, et conçus pour assurer le chauffage et le refroidissement, à débit constant, de plusieurs zones commandées individuellement. Le groupe de traitement centralisé des systèmes multizones comporte un caisson d'air chaud et un caisson d'air froid, où ces deux veines d'air sont maintenues respectivement au-dessus et au-dessous de la température de l'air d'alimentation souhaitée. Les deux veines d'air sont par la suite mélangées selon des proportions appropriées, réglées au moyen de registres de réglage, jusqu'à l'obtention d'une température permettant de satisfaire aux besoins des zones desservies. Des appareils de chauffage d'appoint indépendants (p. ex. des plinthes chauffantes) peuvent être prévus pour assurer le maintien de la température de consigne dans ces dernières.

Il existe trois stratégies possibles de commande/régulation de la température de chauffage ou de refroidissement de l'air d'alimentation fourni par le groupe centralisé, soit la stratégie de régulation à température constante, la stratégie de régulation en fonction de la demande de zone ou la stratégie de régulation en fonction de la température extérieure. Dans le cas d'une stratégie de régulation à température constante, la température de l'air d'alimentation, à la sortie du serpentin de chauffage ou de refroidissement, est réglée à une température fixe, précisée par l'utilisateur. Dans le cas d'une stratégie de régulation en fonction de la demande de zone, la température de l'air dans le caisson chaud est régulée en fonction des besoins en chauffage de la zone présentant la plus forte demande en chauffage, et similairement, la température dans le

caisson froid est régulée en fonction des besoins en refroidissement de la zone présentant la plus forte demande en refroidissement. Enfin, dans le cas d'une stratégie de régulation en fonction de la température extérieure, la température de chauffage ou de refroidissement de l'air d'alimentation est régulée en fonction des variations de la température extérieure.

**Dans la bibliothèque des systèmes centraux, en plus des données habituelles veuillez définir :**

#### **Type de commande/régulation**

Autant pour le chauffage que le refroidissement, il importe de choisir parmi le type de commande/régulation de la température de l'air d'alimentation à la sortie du groupe de traitement centralisé :

**Température constante** : la température de l'air d'alimentation est réglée à une température fixe précisée par l'utilisateur.

**Régulation en fonction de la demande de zone** : la température de l'air d'alimentation est modulée toutes les heures en fonction des besoins en chauffage/refroidissement de la zone présentant la plus forte demande en chauffage/refroidissement.

**Régulation en fonction de la température extérieure** : la température de l'air d'alimentation est modulée toutes les heures en fonction de la différence entre la température extérieure.

#### **Température de chauffage de l'air d'alimentation**

Entrer la température de l'air à la sortie du caisson chaud.

#### **Caractéristiques de refroidissement**

Entrer puissance frigorifique du système ainsi que le pourcentage de la puissance frigorifique totale qui correspond à la chaleur sensible échangée. Lorsque ce pourcentage n'est pas connu, une valeur par défaut de 75 % peut être utilisée.

Entrer la température de l'air d'alimentation à la sortie du caisson froid.

#### **Source d'énergie de réchauffage/chauffage d'appoint (zone)**

Sous l'onglet « Zone », sélectionner la source d'énergie de chauffage des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint installés dans les zones desservies, ce qui comprend, notamment, les serpentins de réchauffage installés en conduit, les convecteurs-plinthes électriques ou à eau chaude, ou les systèmes de planchers radiants. Si toute la chaleur est fournie par le groupe de traitement en toiture et que le système ne comporte aucun appareil de chauffage d'appoint, il faut sélectionner l'option « Aucun ».

**Dans l'élément « Zone », onglet « Mécanique », définir :**

#### **Puissance de chauffage de zone**

Si des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint de zone ont été spécifiés dans l'élément « Système », il faut entrer la puissance de chauffage de ces derniers, qui peuvent être des plinthes chauffantes, des planchers radiants ou des serpentins de réchauffage. Aucune information n'est requise si l'option de réchauffage/chauffage d'appoint n'a pas été sélectionnée.

#### **Débits d'air maximal et minimal**

Préciser les débits d'air maximal et minimal aux boîtes VAV. Le débit minimal doit être égal ou supérieur aux exigences concernant l'apport minimal d'air extérieur.

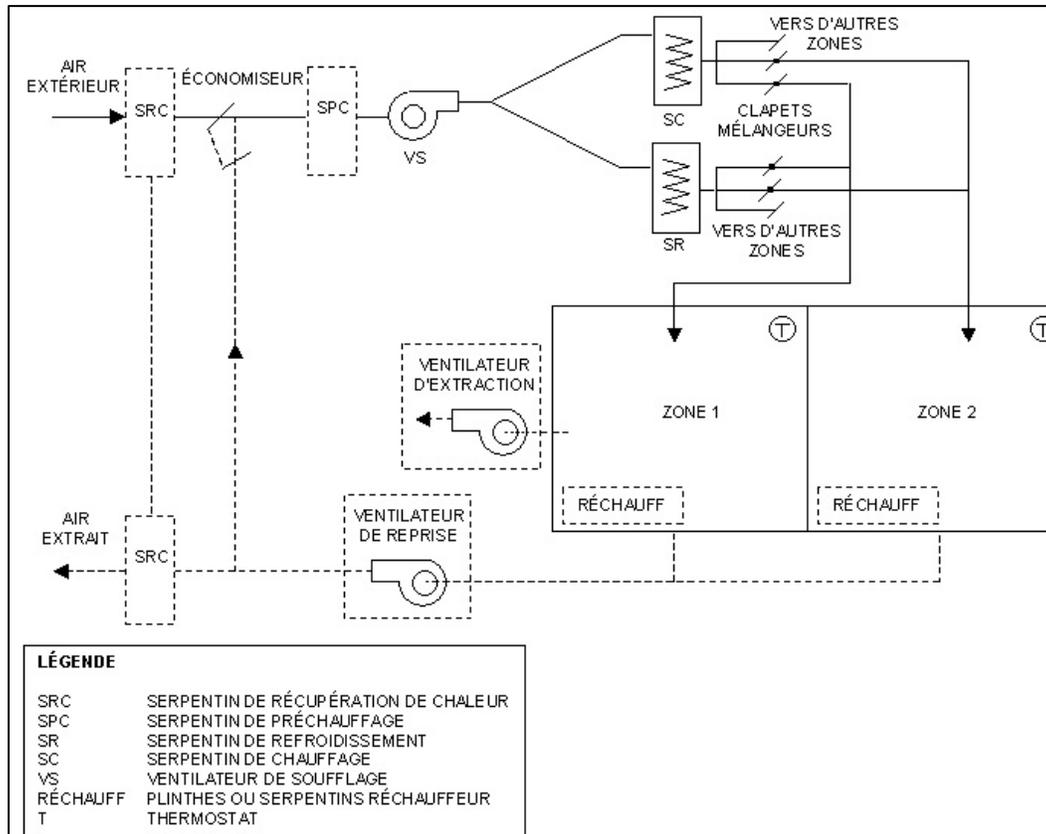


Figure C- 9 - Représentation schématique systèmes VAV constitués de blocs autonomes

## Systèmes VAV à deux conduits

Les systèmes de ventilation à deux conduits sont des systèmes à volume d'air variable. Le groupe d'appoint d'air centralisé comporte un caisson chaud et un caisson froid où les deux veines d'air sont maintenues respectivement au-dessus et au-dessous des températures de l'air d'alimentation souhaitées pour toutes les zones desservies. Les veines d'air chaud et d'air froid sont mélangées dans des boîtes de mélange VAV individuelles, selon des proportions appropriées de manière à satisfaire aux besoins des zones desservies. Aux fins d'amélioration de l'efficacité énergétique, tout mélange d'air, définie par l'utilisateur, est fait seulement une fois que le débit d'une des veines d'air soit réduit au taux minimal.

Il existe trois stratégies possibles de commande/régulation de la température de chauffage ou de refroidissement de l'air d'alimentation fourni par le groupe centralisé :

- La stratégie de régulation à température constante,
- La stratégie de régulation en fonction de la demande de zone ou
- La stratégie de régulation en fonction de la température extérieure.

Dans le cas d'une stratégie de régulation à température constante, la température de l'air d'alimentation, à la sortie du serpentin de chauffage ou de refroidissement, est réglée à une température fixe, précisée par l'utilisateur. Dans le cas d'une stratégie de régulation en fonction de la demande de zone, la température de l'air dans le caisson chaud est régulée en fonction des besoins en chauffage de la zone présentant la plus forte demande de chauffage, et similairement,

la température dans le caisson froid est régulée en fonction des besoins en refroidissement de la zone présentant la plus forte demande de refroidissement. Enfin, dans le cas d'une stratégie de régulation en fonction de la température extérieure, la température de chauffage ou de refroidissement de l'air d'alimentation est régulée en fonction des variations de la température extérieure.

**Dans la bibliothèque des systèmes centraux, en plus des données habituelles veuillez définir :**

#### **Type de commande/régulation**

Autant pour le chauffage que le refroidissement, il importe de choisir parmi le type de commande/régulation de la température de l'air d'alimentation à la sortie du groupe de traitement centralisé :

**Température constante** : la température de l'air d'alimentation est réglée à une température fixe précisée par l'utilisateur.

**Régulation en fonction de la demande de zone** : la température de l'air d'alimentation est modulée toutes les heures en fonction des besoins en chauffage/refroidissement de la zone présentant la plus forte demande en chauffage/refroidissement.

**Régulation en fonction de la température extérieure** : la température de l'air d'alimentation est modulée toutes les heures en fonction de la température extérieure.

#### **Température de chauffage de l'air d'alimentation**

Entrer la température de l'air à la sortie du caisson chaud.

#### **Caractéristiques de refroidissement**

Entrer puissance frigorifique du système ainsi que le pourcentage de la puissance frigorifique totale qui correspond à la chaleur sensible échangée. Lorsque ce pourcentage n'est pas connu, une valeur par défaut de 75 % peut être utilisée.

Entrer la température de l'air d'alimentation à la sortie du caisson froid.

**Choisir l'une des quatre options de régulation du débit du ventilateur d'alimentation dans la bibliothèque des systèmes centraux :**

Suivi de la courbe caractéristique (déplacement du point de fonctionnement)  
Aubes aérodynamiques ou incurvées vers l'arrière, avec inclineurs à l'admission  
Aubes incurvées vers l'avant, avec inclineurs à l'admission  
Variation de vitesse

Chacun de ces modes de régulation du débit du ventilateur modifie la puissance de ce dernier en fonction des exigences quant au débit d'air total et à l'apport minimal d'air extérieur, selon un coefficient puissance/débit approprié. Ces coefficients sont indiqués au tableau 5.4.9.A du document intitulé Conformité des bâtiments par la méthode de performance (supplément du CNMÉB).

La puissance du ventilateur peut être spécifiée directement en watts ou être définie en termes de pression statique et de rendement. Dans ce dernier cas, il importe de préciser si le ventilateur est monté en pression ou en dépression.

#### **Source d'énergie de réchauffage/chauffage d'appoint (zone)**

Sous l'onglet « Zone », sélectionner la source d'énergie de chauffage des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint installés dans les zones desservies, ce qui comprend, notamment, les serpentins de réchauffage installés en conduit, les convecteurs-plinthes électriques ou à eau chaude, ou les systèmes de planchers radiants. Si toute la chaleur est fournie par le groupe de traitement en toiture et que le système ne comporte aucun appareil de chauffage d'appoint, il faut sélectionner l'option « Aucun ».

Dans l'élément « Zone », onglet « Mécanique », définir :

### Puissance de chauffage de zone

Si des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint de zone ont été spécifiés dans l'élément « Système », il faut entrer la puissance de chauffage de ces derniers, qui peuvent être des plinthes chauffantes, des planchers radiants ou des serpentins de réchauffage. Aucune information n'est requise si l'option de réchauffage/chauffage d'appoint n'a pas été sélectionnée.

### Débit d'air de zone

Le débit d'alimentation en air de chaque zone desservie par le système doit être précisé. La valeur indiquée doit être égale ou supérieure aux exigences concernant l'apport minimal d'air extérieur.

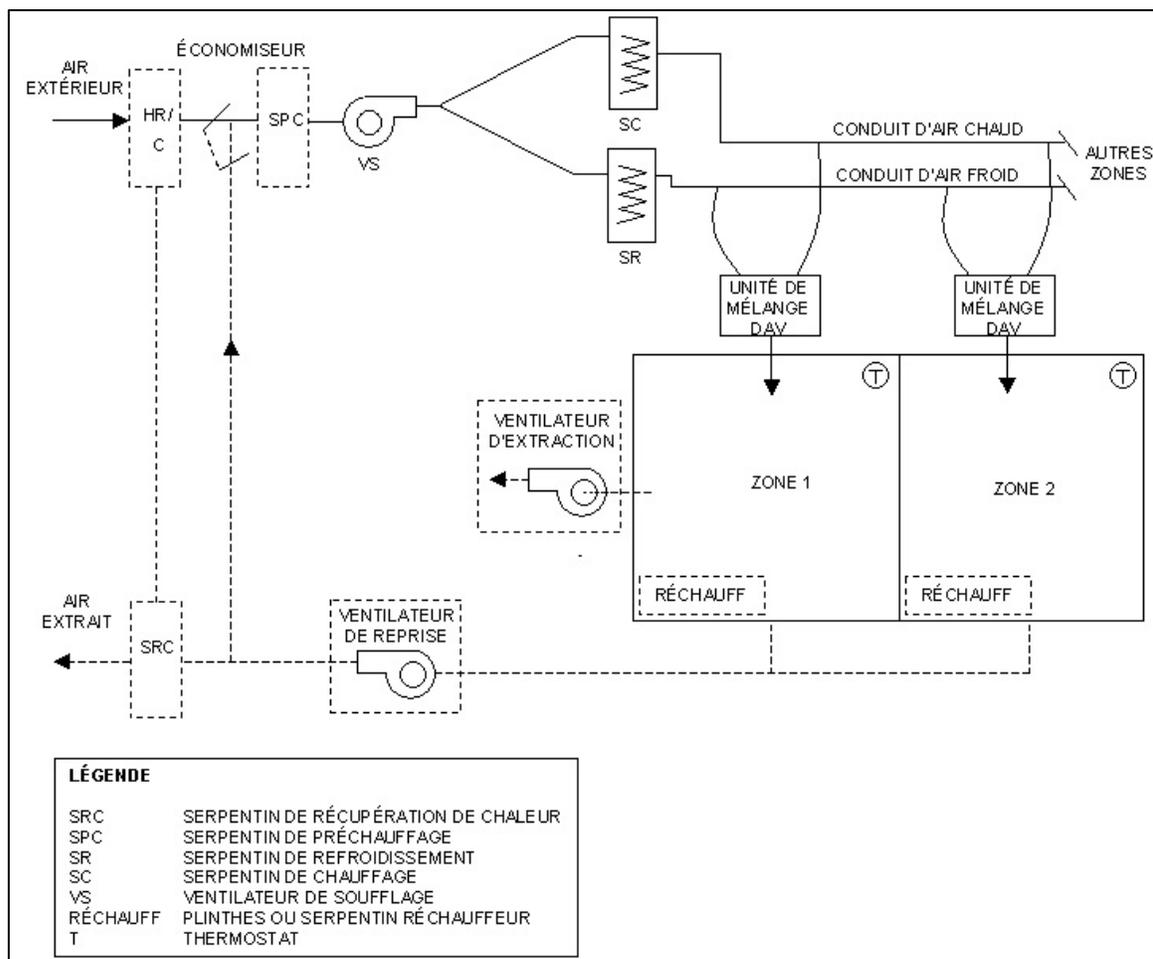


Figure C- 10 - Représentation schématique systèmes à deux conduits

### Systèmes VAV à deux conduits/deux ventilateurs

Les systèmes à deux conduits/deux ventilateurs sont des systèmes à volume d'air variable. Le groupe d'appoint d'air centralisé comprend deux ventilateurs d'alimentation : un des ventilateurs

d'alimentation fait circuler l'air dans un conduit d'air froid et l'autre fait circuler l'air dans un conduit d'air chaud. La veine d'air chaud et la veine d'air froid sont mélangées dans les boîtes de mélange individuelles qui desservent chaque zone. L'air extérieur n'est acheminé que vers le conduit d'air froid. Si le système est doté d'un ventilateur de reprise, ce dernier achemine de l'air aux ventilateurs d'alimentation des conduits d'air froid et d'air chaud. Les veines chaude et froide sont mélangées selon des proportions appropriées de manière à satisfaire aux besoins des zones desservies.

Il existe trois stratégies possibles de commande/régulation de la température de chauffage ou de refroidissement de l'air d'alimentation dans le conduit d'air chaud et le conduit d'air froid :

- La stratégie de régulation à température constante,
- La stratégie de régulation en fonction de la demande de zone ou
- La stratégie de régulation en fonction de la température extérieure.

Dans le cas d'une stratégie de régulation à température constante, la température de l'air d'alimentation, à la sortie du serpentin de chauffage ou de refroidissement, est réglée à une température fixe, précisée par l'utilisateur. Dans le cas d'une stratégie de régulation en fonction de la demande de zone, la température de l'air à la sortie du serpentin de chauffage dans le conduit d'air chaud est réglée en fonction des besoins en chauffage de la zone présentant la plus forte demande en chauffage, et similairement, la température de l'air à la sortie du serpentin de refroidissement dans le conduit d'air froid est réglée en fonction des besoins en refroidissement de la zone présentant la plus forte demande en refroidissement. Enfin, dans le cas d'une stratégie de régulation en fonction de la température extérieure, la température de chauffage ou de refroidissement de l'air d'alimentation est réglée en fonction des variations de la température extérieure.

Le système peut également comprendre un ventilateur de reprise, un économiseur d'air extérieur, un récupérateur de la chaleur, des serpentins de réchauffage/plinthes de chauffage d'appoint, un serpentin de préchauffage et des ventilateurs d'extraction de zone.

**Dans la bibliothèque des systèmes centraux veuillez définir :**

#### **Type de commande/régulation**

Autant pour le chauffage que le refroidissement, il importe de choisir parmi le type de commande/régulation de la température de l'air d'alimentation à la sortie du groupe de traitement centralisé :

**Température constante** : la température de l'air d'alimentation est réglée à une température fixe précisée par l'utilisateur.

**Régulation en fonction de la demande de zone** : la température de l'air d'alimentation est modulée toutes les heures en fonction des besoins en chauffage/refroidissement de la zone présentant la plus forte demande en chauffage/refroidissement.

**Régulation en fonction de la température extérieure** : la température de l'air d'alimentation est modulée toutes les heures en fonction de la température extérieure.

#### **Température de chauffage de l'air d'alimentation**

Entrer la température de l'air à la sortie du caisson chaud.

#### **Fonctionnement et puissance du ventilateur d'alimentation du conduit d'air chaud et du conduit d'air froid**

Entrer la température d'air à la sortie du « hot deck ».

Entrer les caractéristiques du ventilateur du conduit d'air froid sous l'onglet « Ventilateur d'alimentation ». Les caractéristiques du ventilateur du conduit d'air chaud sont entrées sous l'onglet « Ventilateur d'alimentation pour le chauffage ».

Ne décrire le fonctionnement du ventilateur d'alimentation que sous l'onglet « Ventilateur d'alimentation ». Le ventilateur du conduit d'air chaud fonctionne selon le même horaire. Les trois options sont :

**Fonctionnement selon l'horaire d'exploitation des ventilateurs entré dans l'élément « Zone ».** Le ventilateur fonctionne selon l'horaire indiqué sous « Ventilateurs » de l'élément « Zone ».

**Fonctionnement en continu** – Les ventilateurs fonctionnent en continu.

**Fonctionnement cyclique asservi à l'horaire de ralenti nocturne (chauffage)** – Le ventilateur fonctionne selon le ralenti nocturne (chauffage) défini dans l'élément « Zone » : Le ventilateur fonctionne selon le ralenti de chauffage programmé.

**Pour les ventilateurs d'alimentation entre les quatre options suivantes de régulation du débit :**

Suivi de la courbe caractéristique (déplacement du point de fonctionnement)  
Aubes aérodynamiques ou incurvées vers l'arrière, avec inclineurs à l'admission  
Aubes incurvées vers l'avant, avec inclineurs à l'admission  
Variation de vitesse

Chacun de ces modes de régulation du débit du ventilateur modifie la puissance de ce dernier en fonction des exigences quant au débit d'air total et à l'apport minimal d'air extérieur, selon un coefficient puissance/débit approprié. Ces coefficients sont indiqués au tableau 5.4.9.A du document intitulé Conformité des bâtiments par la méthode de performance (supplément du CNMÉB).

#### **Puissance des ventilateurs des conduits d'air chaud et d'air froid**

Entrer la puissance du ventilateur des conduits d'air chaud et d'air froid. La puissance des ventilateurs peut être spécifiée directement en watts ou être définie en termes de pression statique et de rendement. Dans ce dernier cas, il importe de préciser si le ventilateur est monté en pression ou en dépression.

#### **Source d'énergie de réchauffage/chauffage d'appoint (zone)**

Sous l'onglet « Zone », sélectionner la source d'énergie de chauffage des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint installés dans les zones desservies, ce qui comprend, notamment, les serpentins de réchauffage installés en conduit, les convecteurs-plinthes électriques ou à eau chaude, ou les systèmes de planchers radiants. Si toute la chaleur est fournie par le groupe de traitement en toiture et que le système ne comporte aucun appareil de chauffage d'appoint, il faut sélectionner l'option « Aucun ».

**Dans l'élément « Zone », onglet « Mécanique », définir :**

#### **Puissance de chauffage de zone**

Si des appareils de réchauffage/chauffage d'appoint de zone ont été spécifiés dans l'élément « Système », il faut entrer la puissance de chauffage de ces derniers, qui peuvent être des plinthes chauffantes, des planchers radiants ou des serpentins de réchauffage. Aucune information n'est requise si l'option de réchauffage/chauffage d'appoint n'a pas été sélectionnée.

#### **Débits d'air maximal et minimal**

Préciser les débits d'air maximal et minimal pour les conduits d'air froid et d'air chaud. Le débit minimal du conduit d'air froid doit être égal ou supérieur aux exigences concernant l'apport minimal d'air extérieur, puisque l'air extérieur ne parvient au système que par le conduit d'air froid.

#### **Débit et puissance des ventilateurs terminaux**

Entrer le débit et la puissance attribués au ventilateur de la boîte de mélange VAV. Ce débit correspond au débit de l'air de reprise ou induit. Il importe également d'indiquer la puissance à ce débit.

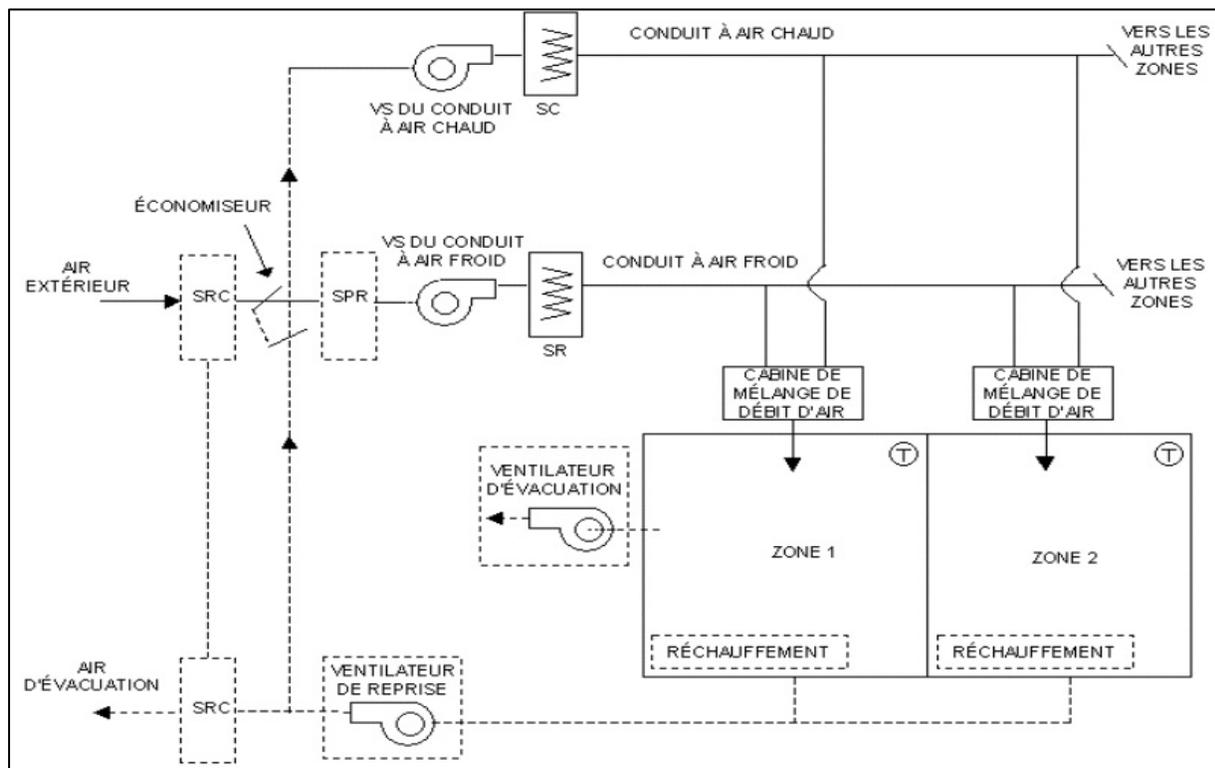


Figure C- 11 - Représentation schématique systèmes VAV à deux conduits/deux ventilateurs

### Systemes à ventilo-convecteurs à deux tuyaux

Les systèmes à ventilo-convecteurs à deux tuyaux fournissent le chauffage et le refroidissement aux zones commandées individuellement, au moyen de serpentins hydroniques pour un chauffage et de refroidissement combinés. Toutes les zones desservies par ces systèmes doivent se trouver soit en mode chauffage soit en mode refroidissement, exclusivement. Les ventilo-convecteurs individuels fournissent un volume d'air constant aux zones. Le refroidissement ou le chauffage est assuré par de l'eau refroidie ou de l'eau chaude circulant dans le serpentin. La température de l'air d'alimentation est réglée par régulation du débit d'eau dans le serpentin. Il est nécessaire de fixer des dates de commutation selon les saisons et d'entrer ces dates dans l'élément Centrale, onglet « Changement Printemps Automne ». Noter qu'on ne tient pas compte des pompes de chauffage d'un système à ventilo-convecteurs à deux tuyaux et que seules les pompes de refroidissement servent lors des deux saisons de chauffage et de climatisation (voir la section 4.7 pour plus de détails).

Le ventilo-convecteur est alimenté en air extérieur préchauffé par un groupe d'appoint d'air centralisé. Les débits d'air extérieur qui sont fixés par le logiciel EE4 pour chaque zone correspondent aux exigences concernant l'apport minimal d'air extérieur du CMNÉB. On peut aussi entrer des débits d'air plus élevés dans l'élément Pièce, onglet « Occupation ».

On définit le groupe d'appoint d'air dans la bibliothèque des systèmes centraux et les caractéristiques du ventilo-convecteur dans l'élément Zone, onglet « Mécanique ». La puissance frigorifique et la puissance de chauffage du ventilo-convecteur, définis dans l'élément Zone, onglet « Mécanique », ne doivent pas tenir compte de la puissance du ventilateur.

Si le groupe d'appoint d'air a une capacité de refroidissement et s'il est desservi par un refroidisseur qui dessert également le ventilo-convecteur, les caractéristiques de performance (COP) du refroidisseur doivent correspondre à la valeur entrée dans la Bibliothèque des systèmes centraux, onglet « Refroidissement ».

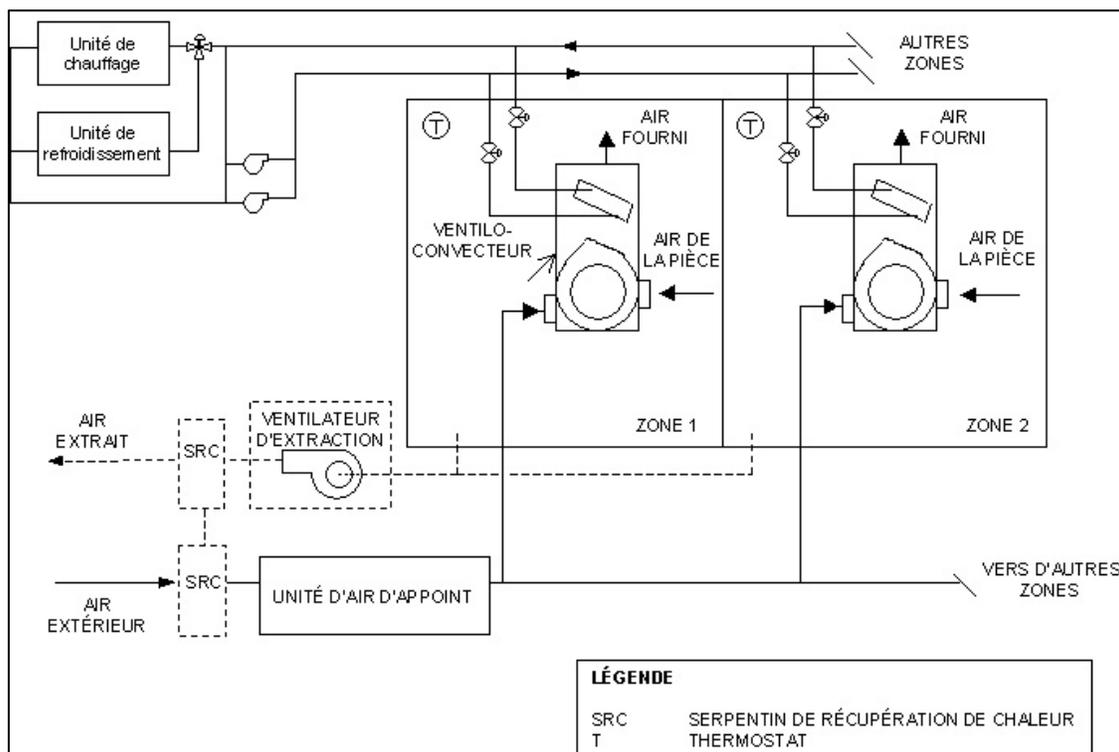
**Dans l'élément « Zone », onglet « Mécanique », définir :**

#### **Puissance de chauffage et frigorifique de zone**

Entrer la puissance de chauffage et la puissance frigorifique du ventilo-convecteur de la zone.

#### **Puissance et débit du ventilateur**

Entrer le débit du ventilo-convecteur et la puissance consommée par le ventilateur. Le débit doit être plus grand que les exigences d'apport minimal d'air extérieur.



**Figure C- 12 - Représentation schématique systèmes à ventilo-convecteurs à deux tuyaux**

### **Systèmes à ventilo-convecteurs à quatre tuyaux**

Ces systèmes sont pareils aux systèmes à ventilo-convecteurs à deux tuyaux. Par contre, ils comprennent des serpents de chauffage et de refroidissement séparés au lieu d'un serpentin de chauffage/refroidissement combiné, ce qui leur permet de répondre simultanément aux charges de refroidissement et de chauffage de différentes zones. Le ventilo-convecteur fournit un

volume d'air constant aux zones. L'eau refroidie circulant dans le serpentin de refroidissement assure le refroidissement de la zone et l'eau chaude circulant dans le serpentin de chauffage assure le chauffage de la zone. La température de l'air d'alimentation est réglée par régulation du débit d'eau dans les serpentins.

Le ventilo-convecteur est alimenté en air extérieur préchauffé par un groupe d'appoint d'air centralisé. Les débits d'air extérieur qui sont fixés par le logiciel EE4 pour chaque zone correspondent aux exigences d'apport minimal d'air extérieur du CMNÉB. On peut aussi entrer des débits d'air plus élevés dans l'élément Pièce, onglet « Occupation ».

On définit le groupe d'appoint d'air dans la Bibliothèque des systèmes centraux et les caractéristiques du ventilo-convecteur dans l'élément Zone, onglet « Mécanique ». Les puissances frigorifique et calorifique du ventilo-convecteur, définis dans l'élément Zone, onglet « Mécanique », ne doivent pas tenir compte de la puissance du ventilateur.

Si le groupe d'appoint d'air a une capacité de refroidissement et s'il est desservi par un refroidisseur qui dessert également le ventilo-convecteur, les caractéristiques de performance (COP) du refroidisseur doivent correspondre à la valeur entrée dans la Bibliothèque des systèmes centraux, onglet « Refroidissement ».

**Dans l'élément « Zone », onglet « Mécanique », définir :**

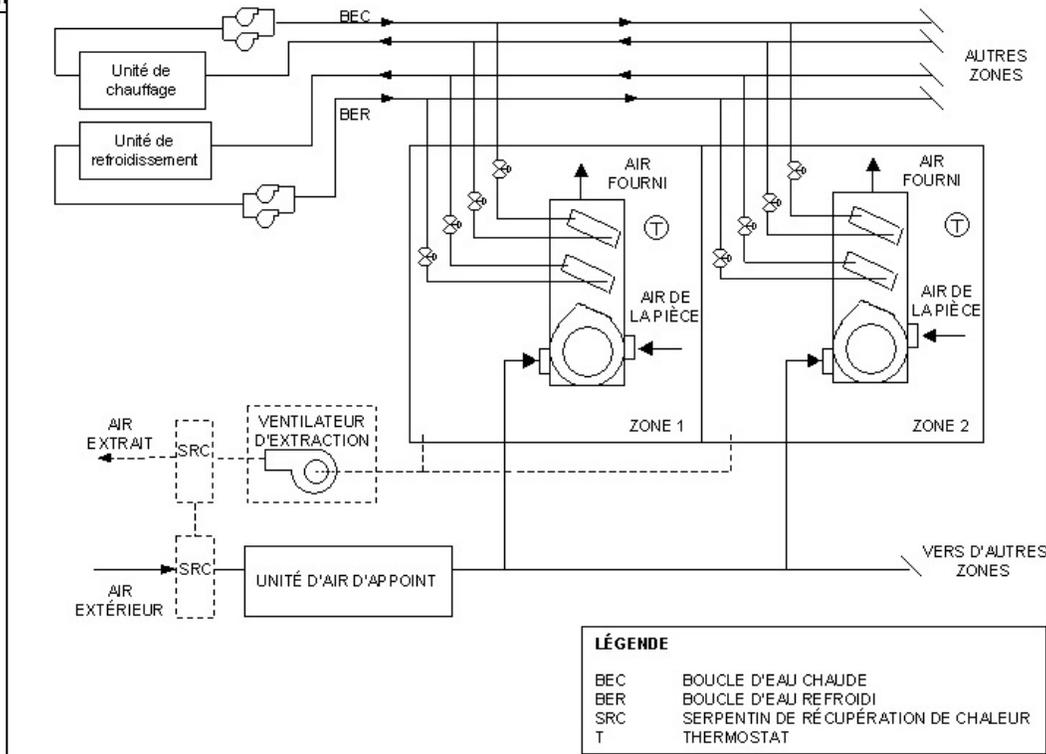
**Puissance de chauffage et frigorifique de zone**

Entrer la puissance de chauffage et la puissance frigorifique du ventilo-convecteur de la zone.

**Puissance et débit du ventilateur**

Entrer le débit du ventilo-convecteur et la puissance consommée par le ventilateur. Le débit doit être plus grand que les exigences d'apport minimal d'air extérieur.

**Figure C- 13 - Représentation schématique systèmes à ventilo-convecteurs à quatre tuyaux**



## Systèmes à éjecto-convecteurs à deux tuyaux

Les systèmes à éjecto-convecteurs à deux tuyaux sont des systèmes hydroniques qui assurent à la fois le chauffage et le refroidissement mais pas simultanément d'un certain nombre de zones commandées individuellement, au moyen de serpentins de chauffage et de refroidissement. Toutes les zones desservies par ces systèmes doivent se trouver soit en mode chauffage soit en mode refroidissement, exclusivement. Un débit constant d'air primaire est introduit dans l'élément terminal à induction de chaque zone. L'air primaire est pulsé par des buses et pénètre dans l'éjecto-convecteur, ce qui entraîne un débit secondaire ou induit d'air ambiant. Le débit d'air combiné est ensuite chauffé ou refroidi au moyen du serpentin combiné chauffage/refroidissement. Le réglage de la température est assuré par la régulation du débit d'eau circulant dans le serpentin combiné chauffage/refroidissement. Il est nécessaire de fixer des dates de commutation selon les saisons et on doit les entrer dans Centrale, sous l'onglet Chauffage.

Noter que le débit d'air maximal entré dans l'élément Zone, onglet « Mécanique » correspond à la quantité d'air fournie par le groupe d'appoint d'air centralisé et distribué à la zone, et que cette valeur ne tient pas compte de l'air induit.

**Dans la bibliothèque des systèmes centraux, en plus des données habituelles veuillez définir :**

### Terminaux à induction

Sous l'onglet « Zone » de la bibliothèque des systèmes centraux, préciser le ratio d'induction pour les terminaux à induction de zone. Ce ratio correspond au quotient du débit d'air induit sur le débit d'air primaire. Le ratio d'induction doit se situer entre 1,0 et 10.

**Dans l'élément « Zone », onglet « Mécanique », définir :**

### Puissances calorifique et frigorifique de zone

Entrer la puissance de chauffage et la puissance frigorifique du terminal à induction.

### Débit d'air maximal

Entrer le débit d'air primaire qui alimente la zone. Ce débit n'inclut pas le débit d'air induit. Le débit d'air doit être supérieur aux exigences concernant l'apport minimal d'air extérieur du CMNÉB.

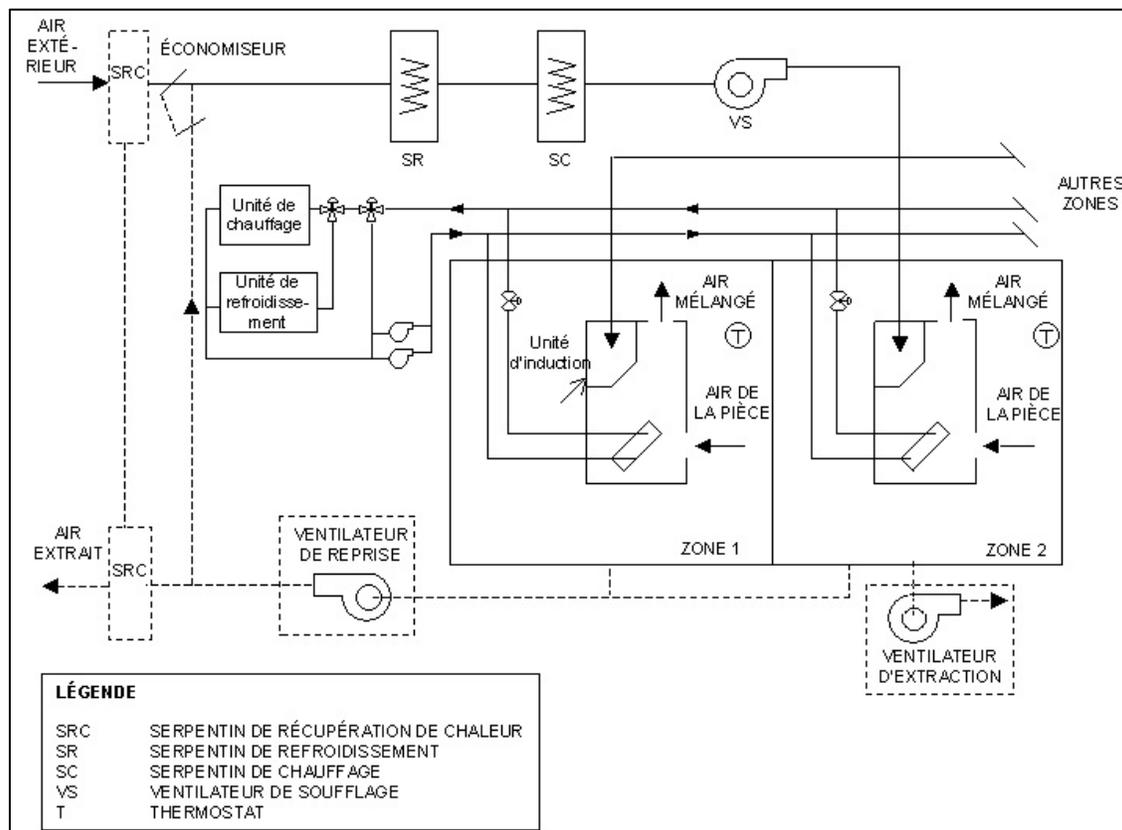


Figure C- 14 - Représentation schématique systèmes à éjecto-convecteurs à deux tuyaux

### Systemes à éjecto-convecteurs à quatre tuyaux

Ces systèmes sont pareils aux systèmes à éjecto-convecteurs à deux tuyaux. Par contre, ils comportent des serpentins distincts de chauffage et de refroidissement. Ainsi, ces systèmes peuvent assurer le chauffage et le refroidissement simultanés des espaces. La régulation individuelle permet d'alterner automatiquement entre chauffage et refroidissement, ce qui permet de maintenir les températures voulues dans les espaces.

Noter que le débit d'air maximal entré dans l'élément Zone, onglet « Mécanique » correspond à la quantité d'air fournie par le groupe d'appoint d'air centralisé et distribué à la zone, et que cette valeur ne tient pas compte de l'air induit.

**Dans la bibliothèque des systèmes centraux, en plus des données habituelles veuillez définir :**

#### Terminaux à induction

Sous l'onglet « Zone », préciser le ratio d'induction pour les terminaux à induction de zone. Ce ratio correspond au quotient du débit d'air induit sur le débit d'air primaire. Le ratio d'induction doit se situer entre 1,0 et 10.

Dans l'élément « Zone », onglet « Mécanique », définir :

#### Puissances calorifique et frigorifique de zone

Entrer la puissance de chauffage et la puissance frigorifique du terminal à induction.

#### Débit d'air maximal

Entrer le débit d'air primaire qui alimente la zone. Ce débit n'inclut pas le débit d'air induit. Le débit d'air doit être supérieur aux exigences concernant l'apport minimal d'air extérieur du CMNÉB.

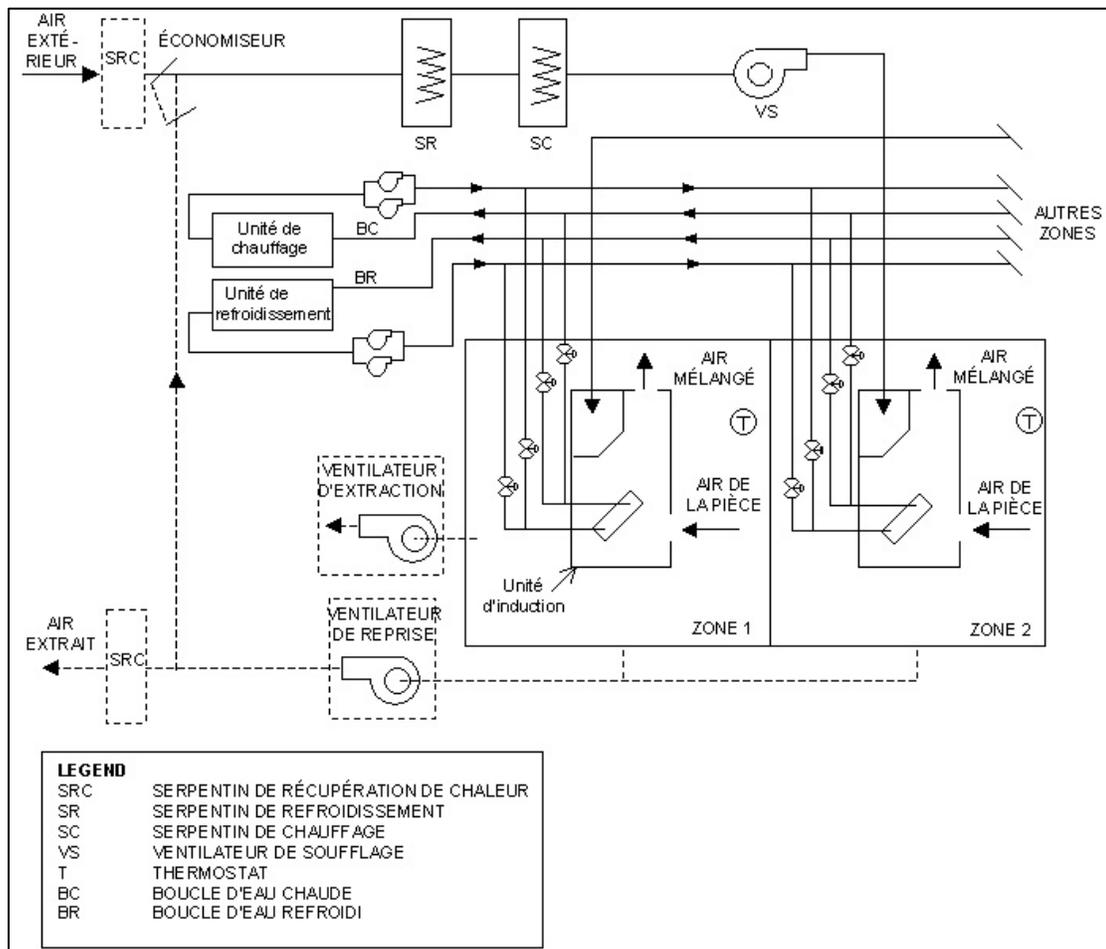


Figure C- 15 - Représentation schématique systèmes à éjecto-convecteurs à quatre tuyaux

## ANNEXE D

### OPTIONS DE CREDITS POUR LES IRLM

#### 1. Contexte

La conception d'immeubles résidentiels à logements multiples (IRLM) permettant d'atteindre le seuil de 25 % en matière de rendement énergétique ciblé par RNCAN par rapport au bâtiment de référence du CMNÉB présente un défi de taille. Ceci est principalement attribuable à la difficulté de préciser les caractéristiques des murs extérieurs avec des niveaux élevés d'isolation, aux stratégies de conception mécanique axées sur les systèmes de pression dans les couloirs pour la ventilation et aux coûts excessifs pour les produits de fenêtrage à haut rendement (murs rideaux, portes panoramiques coulissantes et fenêtres). Par ailleurs, les IRLM ont des charges pour l'eau chaude, l'éclairage et les appareils ménagers qui permettent d'obtenir un minimum de crédits d'économies d'énergie pour satisfaire aux exigences de la validation par RNCAN.

La présente section décrit les crédits supplémentaires qui sont alloués seulement pour les IRLM et uniquement si la portion résidentielle de l'immeuble (appartements seulement) représente plus de 50 % de la surface de plancher totale de l'immeuble (à l'exception des garages).

#### 2. Éclairage des garages

À l'heure actuelle, les garages ne sont pas admissibles à la validation par RNCAN à moins qu'ils ne soient chauffés et ventilés à l'aide d'un système mécanique. Aucun crédit n'est alloué pour l'éclairage efficace et l'utilisation de la lumière naturelle sans que le garage soit inclus dans la modélisation.

**Option :** Tenir compte de l'éclairage dans les garages (chauffés et non chauffés). Un crédit est alloué pour les immeubles à l'usage mixte tant que la portion des logements (surface de plancher) représente 50 % de la surface de plancher totale de l'immeuble.

**Référence :** La norme 90.1-2001 de l'ASHRAE stipule  $3 \text{ W/m}^2$  comme densité de puissance lumineuse pour les garages où les piétons ont accès.

Il y a deux procédures :

##### 2.1 Garages chauffés

Utilisez « *Fonction de l'espace* : Entrepôts et dépôts : Stockage actif, marchandises volumineuses » pour décrire l'aire de stationnement (la valeur de référence pour l'éclairage du *Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments* [CMNÉB] est  $3,2 \text{ W/m}^2$ ), et appliquez votre niveau d'éclairage.

##### 2.2 Garages non chauffés

Les garages non chauffés doivent être convertis en garages chauffés au minimum afin d'analyser l'éclairage. Créez une aire à l'aide de « *Fonction de l'espace* : Entrepôts et dépôts : Stockage inactif » pour décrire l'aire de stationnement. Créez un horaire de chauffage constant de  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ , et entrez une température de  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  pour l'immeuble proposé. Ajoutez un système monobloc monozone afin de décrire l'appareil de traitement de l'air requis. Sélectionnez l'option « nil » pour

le type de chauffage de l'air de ventilation, et entrez une puissance de conception du ventilateur de « 0 watt » et un débit de « 0 L/sec » pour le ventilateur de soufflage.

*Nota* : Signalons aux personnes effectuant la simulation que les coefficients U du CMNÉB s'appliquent désormais aux murs hors-sol et aux toits d'un garage chauffé; toutefois, il suffit simplement de cliquer sur « exempté » pour la combinaison mur/toit du logiciel EE4 afin d'indiquer que cet assemblage n'est pas tenu de satisfaire aux exigences d'isolation minimale du CMNÉB. Les coefficients U pour l'immeuble proposé et l'immeuble de référence seront identiques (aucun crédit ni pénalité).

### **3. Utilisation de l'air vicié de l'immeuble pour assurer un chauffage à basse température dans le garage**

Si un garage doit être chauffé, un appareil de chauffage, tel un aérotherme, un radiateur à infrarouge ou un chauffe-conduits d'air frais, est requis. Dans le cas des immeubles où l'air vicié est évacué dans le garage, une moins grande quantité d'énergie doit être achetée pour assurer le chauffage mécanique ou électrique; par conséquent, cette mesure permet d'économiser de l'énergie. Signalons aux personnes effectuant la simulation et aux concepteurs que cette mesure peut contrevenir à certains codes du bâtiment municipaux ou provinciaux, et qu'elle constitue une mesure d'économie acceptable uniquement si elle est permise par le code en vigueur.

**Option :** Calculer la chaleur utile de l'air vicié relâché dans le garage et soustraire cette valeur du chauffage requis par heure dans le garage. Ce crédit se limite à un apport en chauffage de 9 °C dans les garages chauffés et de 5 °C dans les garages non chauffés. Le crédit peut être combiné au chauffage de l'aire de stationnement du garage.

**Référence :** Plein chauffage mécanique ou électrique par heure au point de réglage entré conformément aux plans et devis.

**Procédures :** Il y a deux choix.

#### **3.1 Garage chauffé**

##### **3.1.1 Option 1 : Convertir la chaleur utile en énergie de procédé**

Calculez la quantité de chaleur utile pouvant être tirée de l'air vicié de l'immeuble et pour laquelle on peut obtenir un crédit comme suit :

$$CAV = 1,21 \times \text{débit} \times 9 \text{ °C}$$

1,21 = (m<sup>3</sup>/1 000 L) x 1 000 g/0,8333 m<sup>3</sup> (facteur comprenant la chaleur spécifique et la densité de l'air sec, au niveau de la mer, et à 0 °C)

Débit = débit de l'air vicié dans le garage (L/sec)

9 = température (°C)

*Nota* : préciser que la chaleur de l'air spécifique a été arrondie à 1,00 J/g K

CAV = chaleur de l'air vicié (Watts)

Convertissez cette valeur en unités W/m<sup>2</sup> en la divisant par la superficie du garage, et entrez la valeur comme charge de procédé sensible.

Modifiez la sélection (de « A » à « H » ) pour l'horaire du ventilateur et des procédés du garage afin d'obtenir un fonctionnement tous les jours, 24 heures sur 24, pour le procédé et l'évacuation de l'air (8 760 heures/an). Réglez l'horaire de chauffage du garage à une température constante de 9 °C, et la température de l'aire de l'immeuble proposé à 9 °C.

À l'aide de la *fonction de l'espace* « Stockage inactif », indiquez un système monobloc monozone desservant une seule zone de garage comme système de traitement de l'air du garage. Si le dispositif de traitement de l'air ne comporte pas d'appareil de chauffage de l'air de ventilation et que la conception repose sur l'air vicié de l'immeuble pour assurer le chauffage, optez pour un appareil de chauffage électrique de l'air de ventilation d'une capacité de 0,1 kW. Ceci permettra de chauffer l'air de ventilation au point de consigne dans l'immeuble de référence. Il sera peut-être nécessaire de régler la principale source de chauffage à électricité si aucune capacité de chauffage dans la zone n'est installée.

Lancez la simulation dans le logiciel EE4 pour l'immeuble proposé et l'immeuble de référence.

Retirez manuellement le calcul du procédé des résultats de simulation EE4 de l'immeuble proposé comme suit :

$$\begin{aligned}\text{Procédé (kWh)} &= (\text{CAV}/1\ 000) \times 8\ 760\ \text{h/an} \\ \text{Procédé (MJ)} &= (\text{CAV}/1\ 000) \times 3,6\ \text{MJ/kWh} \times 8\ 760\ \text{h/an} \\ \text{Procédé (coût)} &= (\text{CAV}/1\ 000) \times 8\ 760 \times \text{coût moyen par kWh}\end{aligned}$$

### 3.1.2 Option 2 : Permettre un nombre élevé d'heures sans chauffage

Calculez la chaleur utile de l'air vicié de l'immeuble pour laquelle on peut obtenir un crédit comme suit :

$$\text{CAV} = 1,21 \times \text{débit} \times 9\ ^\circ\text{C}$$

$$1,21 = (\text{m}^3/1\ 000\ \text{L}) \times 1\ 000\ \text{g}/0,8333\ \text{m}^3 \text{ (facteur comprenant la chaleur spécifique et la densité de l'air sec, au niveau de la mer, et à } 0\ ^\circ\text{C)}$$

$$\text{Débit} = \text{débit de l'air vicié dans le garage (L/sec)}$$

$$9 = \text{température (} ^\circ\text{C)}$$

*Nota* : préciser que la chaleur de l'air spécifique a été arrondie à 1,00 J/g K  
CAV = chaleur de l'air vicié (Watts)

Modifiez la sélection (de « A » à « H » ) pour l'horaire du ventilateur du garage afin d'obtenir un fonctionnement tous les jours, 24 heures sur 24, pour l'évacuation de l'air (8 760 heures/an). Réglez l'horaire de chauffage du garage à une température constante de 9 °C, et la température de l'aire de l'immeuble proposé à 9 °C.

À l'aide de la *fonction de l'espace* « Stockage inactif », indiquez un système monobloc monozone desservant une seule zone de garage comme système de traitement de l'air du garage. Si le dispositif de traitement de l'air ne comporte pas d'appareil de chauffage de l'air de ventilation et que la conception repose sur l'air vicié de l'immeuble pour assurer le chauffage, optez pour un appareil de chauffage électrique de l'air de ventilation d'une capacité de 0,1 kW. Ceci permettra de chauffer l'air de ventilation au point de consigne dans l'immeuble de référence. Il sera peut-être nécessaire de régler la principale source de chauffage à électricité si aucune capacité de chauffage dans la zone n'est installée.

Procédez aux calculs du dimensionnement afin de déterminer la charge prévue (ventilation et aire) pour le chauffage du garage (Gestionnaire calc → dimensionnement → calculer).

Assurez-vous que la charge prévue du garage est inférieure à la chaleur utile de l'air vicié (CAV) convertie en kilowatts (kW). Ceci permettra d'assurer que la chaleur de l'air vicié de l'immeuble répond aux besoins en matière de charge de chauffage prévue, laquelle devrait être suffisante pour maintenir à 9 °C la température de l'aire. Si la chaleur utile de l'air vicié de l'immeuble ne répond pas aux exigences, un chauffage mécanique additionnel sera requis (ventilation ou chauffage de zone), ou le point de consigne devra être inférieur à 9 °C.

Exécutez les simulations et acceptez le nombre élevé d'heures de chauffage non satisfaites étant donné que la charge de chauffage de l'air vicié de l'immeuble répond à cette exigence. Dans le cas de l'immeuble de référence, le chauffage sera maintenu au point de consigne à l'aide d'un système mécanique.

## 3.2 Garage non chauffé

### 3.2.1 Option 1 : Convertir la chaleur utile en énergie de procédé

Afin d'obtenir des crédits pour la chaleur de l'air vicié de l'immeuble, le garage non chauffé doit être converti en aire chauffée. Pour ce faire, il faut créer un horaire de chauffage constant à 5 °C et régler le point de consigne à 5 °C.

Calculez la quantité de chaleur utile pouvant être tirée de l'air vicié de l'immeuble et pour laquelle on peut obtenir un crédit comme suit :

$$\text{CAV} = 1,21 \times \text{débit} \times 5 \text{ °C}$$

$$1,21 = (\text{m}^3/1\,000 \text{ L}) \times 1\,000 \text{ g}/0,8333 \text{ m}^3 \text{ (facteur comprenant la chaleur spécifique et la densité de l'air sec, au niveau de la mer, et à } 0 \text{ °C)}$$

$$\text{Débit} = \text{débit de l'air vicié dans le garage (L/sec)}$$

$$5 = \text{température (°C)}$$

*Nota* : préciser que la chaleur de l'air spécifique a été arrondie à 1,00 J/g K

CAV = chaleur de l'air vicié (Watts)

Convertissez cette valeur en unités  $\text{W/m}^2$  en la divisant par la superficie du garage, et entrez la valeur comme charge de procédé sensible.

Modifiez la sélection (de « A » à « H ») pour le procédé et l'horaire du ventilateur du garage afin d'obtenir un fonctionnement tous les jours, 24 heures sur 24, pour le procédé et l'évacuation de l'air (8 760 heures). Réglez l'horaire de chauffage du garage à une température constante de 5 °C, et la température de l'aire de l'immeuble proposé à 5 °C.

À l'aide de la *fonction de l'espace* « Stockage inactif », indiquez un système monobloc monozone desservant une seule zone de garage comme système de traitement de l'air du garage. Si le dispositif de traitement de l'air ne comporte pas d'appareil de chauffage de l'air de ventilation et que la conception repose sur l'air vicié de l'immeuble pour assurer le chauffage, optez pour un appareil de chauffage électrique de l'air de ventilation d'une capacité de 0,1 kW. Ceci permettra de chauffer l'air de ventilation au point de consigne dans l'immeuble de référence. Il sera peut-être nécessaire de régler la principale source de chauffage à électricité si aucune capacité de chauffage dans la zone n'est installée.

*Nota* : Les coefficients U du CMNÉB s'appliquent désormais aux murs hors-sol et aux toits d'un garage chauffé; toutefois, il suffit simplement de cliquer sur « exempté » pour la combinaison mur/toit du logiciel EE4 afin d'indiquer que cet assemblage n'est pas tenu de satisfaire aux exigences d'isolation minimale du CMNÉB. Les coefficients U pour l'immeuble proposé et l'immeuble de référence seront identiques (aucun crédit ni pénalité).

Complétez les simulations pour l'immeuble proposé et l'immeuble de référence.

Retirez manuellement le calcul du procédé de l'immeuble proposé des résultats obtenus avec le logiciel EE4 comme suit :

$$\begin{aligned}\text{Procédé (kWh)} &= (\text{CAV}/1\ 000) \times 8\ 760 \text{ h/an} \\ \text{Procédé (MJ)} &= (\text{CAV}/1\ 000) \times 3,6 \text{ MJ/kWh} \times 8\ 760 \text{ h/an} \\ \text{Procédé (coût)} &= (\text{CAV}/1\ 000) \times 8\ 760 \times \text{coût moyen par kWh}\end{aligned}$$

### 3.2.2 Option 2 : Permettre un nombre élevé d'heures sans chauffage

Afin d'obtenir des crédits pour la chaleur de l'air vicié de l'immeuble, le garage non chauffé doit être converti en aire chauffée. Pour ce faire, il faut créer un horaire de chauffage constant à 5 °C et régler le point de consigne à 5 °C.

Calculez la chaleur utile de l'air vicié de l'immeuble pour laquelle on peut obtenir un crédit comme suit :

$$\text{CAV} = 1,21 \times \text{débit} \times 5 \text{ °C}$$

$$1,21 = (\text{m}^3/1\ 000 \text{ L}) \times 1\ 000 \text{ g}/0,8333 \text{ m}^3 \text{ (facteur comprenant la chaleur spécifique et la densité de l'air sec, au niveau de la mer, et à } 0 \text{ °C)}$$

$$\text{Débit} = \text{débit de l'air vicié dans le garage (L/sec)}$$

$$5 = \text{température (°C)}$$

*Nota* : préciser que la chaleur de l'air spécifique a été arrondie à 1,00 J/g K

CAV = chaleur de l'air vicié (Watts)

Modifiez la sélection (de « A » à « H ») pour l'horaire du ventilateur du garage afin d'obtenir un fonctionnement tous les jours, 24 heures sur 24, pour l'évacuation de l'air (8 760 heures). Réglez l'horaire de chauffage du garage à une température constante de 5 °C, et la température de l'aire de l'immeuble proposé à 5 °C.

À l'aide de la *fonction de l'espace* « Stockage inactif », indiquez un système monobloc monozone desservant une seule zone de garage comme système de traitement de l'air du garage. Si le dispositif de traitement de l'air ne comporte pas d'appareil de chauffage de l'air de ventilation et que la conception repose sur l'air vicié de l'immeuble pour assurer le chauffage, optez pour un appareil de chauffage électrique de l'air de ventilation d'une capacité de 0,1 kW. Ceci permettra de chauffer l'air de ventilation au point de consigne dans l'immeuble de référence. Il sera peut-être nécessaire de régler la principale source de chauffage à électricité si aucune capacité de chauffage dans la zone n'est installée.

Procédez aux calculs du dimensionnement afin de déterminer la charge prévue (ventilation et aire) pour le chauffage du garage (Gestionnaire calc → dimensionnement → calculer).

Assurez-vous que la charge prévue du garage est inférieure à la chaleur utile de l'air vicié (CAV) convertie en kilowatts (kW). Ceci permettra d'assurer que la chaleur de l'air vicié de l'immeuble répond aux besoins en matière de charge de chauffage prévue, laquelle devrait être suffisante pour maintenir à 5 °C la température de l'aire. Si la chaleur utile de l'air vicié de l'immeuble ne répond pas aux exigences, un chauffage mécanique additionnel sera requis (ventilation ou chauffage de zone), ou le point de consigne devra être inférieur à 5 °C.

*Nota* : Les coefficients U du CMNÉB s'appliquent désormais aux murs hors-sol et aux toits d'un garage chauffé; toutefois, il suffit simplement de cliquer sur « exempté » pour la combinaison mur/toit du logiciel EE4 afin d'indiquer que cet assemblage n'est pas tenu de satisfaire aux

exigences d'isolation minimale du CMNÉB. Les coefficients U pour l'immeuble proposé et l'immeuble de référence seront identiques (aucun crédit ni pénalité).

Exécutez les calculs et acceptez le nombre élevé d'heures de chauffage non satisfaites étant donné que la charge de chauffage de l'air vicié de l'immeuble répond à cette exigence. Dans le cas de l'immeuble de référence, le chauffage sera maintenu au point de consigne à l'aide d'un système mécanique.

#### **4. Crédit pour l'éclairage des logements résidentiels**

À l'heure actuelle, il n'y a ni pénalité ni crédit associé aux commandes et aux appareils d'éclairage énergétiques dans les logements, comme c'est le cas pour d'autres aires. Il en est ainsi parce que l'éclairage relevant du locataire pourrait viser tous les appareils d'éclairage d'une aire particulière (p. ex., une chambre à coucher). L'immeuble proposé pourrait en théorie ne comporter aucun appareil d'éclairage si le locataire est tenu de fournir ces appareils, et les plans et devis ne comporteraient alors aucune mention de l'éclairage.

**Option :** Tenir compte de crédits pour l'éclairage énergétique et l'installation de détecteurs de mouvement, comme c'est le cas pour d'autres aires. Le comportement des occupants n'aura pas d'incidence si des détecteurs (de lumière naturelle ou de mouvement) sont installés.

**Référence :** 11,8 W/m<sup>2</sup> (CMNÉB pour la *fonction de l'espace* Résidence d'étudiants – chambre à coucher).

##### **Procédures :**

Le logiciel EE4 règle automatiquement la puissance de l'éclairage résidentiel à 9 W/m<sup>2</sup> de surface de plancher. Par conséquent, l'utilisateur ne peut procéder à une simulation à l'aide du logiciel EE4 en tenant compte des appareils et des commandes d'éclairage énergétiques. On peut obtenir des crédits pour l'éclairage en réglant la *fonction de l'espace* à Résidence d'étudiants – chambre. Il s'agira de la *fonction de l'espace* choisi pour les logements résidentiels. Les horaires d'utilisation, les besoins en chauffage de l'eau et le taux de ventilation par occupant sont les mêmes pour les unités d'habitation et les chambres de résidence d'étudiants. La densité d'occupation est réglée en fonction des taux d'occupation résidentielle (60 m<sup>2</sup>/occupant).

Étant donné que les logements sont habituellement dotés d'appareils d'éclairage fournis par les locataires, il est possible que les niveaux d'éclairage ne figurent pas sur les plans. La conception ne peut obtenir une valeur nulle pour la consommation d'énergie de l'éclairage pour les aires pour lesquelles les locataires sont tenus de procurer l'éclairage. Dans ces cas, on doit utiliser une valeur de 11,8 W/m<sup>2</sup> (valeur égale à celle de référence) pour la modélisation. La personne qui effectue la simulation doit déterminer un niveau d'éclairage pondéré pour l'appartement reposant sur les appareils d'éclairage fournis par les locataires et les appareils câblés combinés. Afin de déterminer le niveau d'éclairage requis pour les appartements, l'utilisateur doit compléter un tableau comme suit :

Aire	Superficie (m <sup>2</sup> )	Niveau d'éclairage (W)	Commentaires
Foyer	3,5	15	un appareil d'éclairage câblé avec globe fluorescent
Cuisine	9,6	80	deux appareils en vitrail avec tubes en U de 40 W chacun
Salle à manger	11,15	131,6	appareil fourni par le locataire, 11,15 x 11,8
Salle de bain	9,2	106	deux lampes PL câblées de 13 W, plus un meuble-lavabo commutable doté de deux globes de 40 W sans lampe infrarouge, lampe PL sur détecteurs de mouvement
Penderie	4,5	26	deux lampes PL câblées de 13 W, sur détecteurs de mouvement
Chambre	10,25	121	appareil fourni par le locataire, 10,25 x 11,8
Chambre principale	14,87	175,5	appareil fourni par le locataire, 14,87 x 11,8
Salle de séjour	17,84	210,5	appareil fourni par le locataire, 17,84 x 11,8
Buanderie	4,5	26	deux lampes PL câblées de 13 W
<b>Totaux</b>	<b>85,41</b>	<b>891,6</b>	<b>W/m<sup>2</sup> = 891,6 W / 85,41 m<sup>2</sup> = 10,44</b>

La portion de contrôle pour les détecteurs de mouvement s'applique uniquement aux lampes PL de la salle de bain et de la penderie. On calcule cette portion de l'éclairage comme le rapport entre la puissance qui est contrôlée et la puissance totale :

E.g. Portion de contrôle =  $52 \text{ W} / 891,6 \text{ W} = 5,8 \%$   
 $(2 \times 13\text{W PL (penderie)} + 2 \times 13\text{W PL (salle de bain)}) / \text{puissance d'éclairage totale}$

## 5. *Appareils ménagers énergétiques et dispositifs d'économie de l'eau chaude*

Les appareils ménagers et les charges de base sont considérés comme neutres dans l'immeuble proposé et l'immeuble de référence, même si le premier est doté d'appareils énergétiques et de dispositifs d'économie d'eau. Les appareils ménagers peuvent facilement être retirés des logements; toutefois, il est présumé que ces appareils ne soient pas remplacés par des modèles moins énergétiques après la validation par RNCAn.

**Option :** Pour être admissible au crédit, choisir des appareils portant le symbole ENERGY STAR®. Les appareils affichant l'étiquette ÉnerGuide qui ont une consommation d'énergie annuelle d'au moins 25 p.100 inférieure aux valeurs de référence, sont également admissibles.

### Procédures :

Les simulations menées par le logiciel EE4 et par le CMNÉB ne tiennent pas compte des appareils ménagers; par conséquent, ces derniers seront considérés comme une charge de procédé aux fins de ce crédit.

Les valeurs de référence pour les appareils ménagers reposent sur la consommation d'énergie annuelle moyenne établie dans ÉnerGuide 2004, que l'on peut trouver sur le site Web de l'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada ([oee.rncan.gc.ca/equipement/](http://oee.rncan.gc.ca/equipement/)).

Réfrigérateurs (compartiment congélateur dans le haut, de 16,5 à 18,4 pi <sup>3</sup> )	465 kWh/an	
Lave-vaisselle : ordinaires	457 kWh/an	(eau chaude incluse)
Laveuses : chargement par le haut	573 kWh/an	(eau chaude incluse)
Sécheuses : ordinaires électriques	912 kWh/an	
Cuisinières : électriques autonettoyantes	622 kWh/an	

Aucun ajustement ne devrait être requis pour la consommation d'énergie de l'eau chaude du bâtiment proposé en raison de la mise en place d'appareils éconergétiques étant donné que les appareils portant le symbole ENERGY STAR ont également des exigences à cet égard<sup>1</sup>. Par conséquent, la consommation globale d'énergie des appareils portant le symbole ENERGY STAR (électricité plus eau chaude) sera comparée à la consommation des appareils affichant l'étiquette ÉnerGuide et constituera un crédit équitable. Les types d'appareils doivent correspondre à l'immeuble proposé et à l'immeuble de référence. Par exemple, si l'immeuble proposé ne comporte ni laveuse ni sècheuse, les conditions de référence doivent également exclure ces deux appareils. Les appareils au gaz sont traités comme des appareils électriques aux fins de la présente analyse, car on ne peut saisir des procédés au gaz dans le logiciel EE4. Si vous avez une laveuse-sècheuse superposée, la modélisation peut être réalisée à l'aide de l'une des procédures suivantes. Dans les deux cas, le choix de l'appareil pour l'immeuble proposé et celui de référence doit correspondre.

Les nouveaux modèles de lave-vaisselle et de laveuses dotés d'un dispositif d'économie d'eau chaude et d'eau froide peuvent réduire de 50 % la consommation d'eau chaude par rapport aux modèles traditionnels, ce qui diminue l'énergie requise pour chauffer l'eau. Selon les données de l'ASHRAE, la consommation moyenne d'eau chaude d'un appartement s'élève à 114 L/jour/occupant (faible = 53, élevée = 204). Le crédit pour l'appareil tient déjà compte des économies d'énergie pour l'eau chaude, car ces dernières sont incluses dans la cote ENERGY STAR ou ÉnerGuide de l'appareil (laveuses et lave-vaisselle). RNCAN accorde déjà des crédits pour les pommes de douche et les robinets d'eau chaude à débit réduit, en utilisant la valeur de référence du CMNÉB d'un débit de 9,5 L/minute et de 8,3 L/minute, respectivement.

Par conséquent, des crédits ont déjà été accordés pour l'économie d'eau chaude grâce aux dispositifs à débit réduit, soit dans le cadre des mesures pour les appareils ménagers ou par RNCAN même.

### 5.1 Option A : Modélisation à l'aide du logiciel EE4

Étapes à suivre pour l'immeuble proposé :

Comptez le nombre total de chaque type d'appareil dans l'immeuble et multipliez-le par la cote ENERGY STAR ou ÉnerGuide précisée (kWh/an/immeuble). Si la consommation d'énergie de l'appareil ménager de l'immeuble proposé est plus élevée que la cote ÉnerGuide (ci-dessus) ou similaire à cette dernière, entrez la valeur de référence de l'appareil.

Convertissez à une valeur horaire : kWh/an/immeuble / 8 760

Divisez ce total par la surface de plancher des logements (m<sup>2</sup>), puis multipliez par 1 000 W/kW.

$$\text{Résultat : W/m}^2 = \frac{[(\text{kWh/an/immeuble}) \times 1\,000]}{(8760 \times \text{surface de plancher du logement})}$$

La valeur calculée ci-dessus est la charge de procédé sensible « proposée » qui doit être appliquée à chaque aire résidentielle. Si l'immeuble proposé comporte divers niveaux d'appareils, tels que 20 logements dotés d'un lave-vaisselle et le reste des logements sans lave-vaisselle, appliquez tout de même la charge de procédé sensible moyenne à tous les logements. Il n'est pas nécessaire d'effectuer un calcul pour chaque logement ou groupe de logements pour les différentes charges de procédé pour l'immeuble proposé et l'immeuble de référence, puisque le résultat final s'appliquera à l'ensemble de l'immeuble. Assurez-vous que l'horaire pour le procédé est « H » (fonctionnement de 24 heures sur 24).

Exécutez le calcul pour l'immeuble proposé seulement.

Complétez les étapes 1 à 3 avec les valeurs de référence des appareils ÉnerGuide, et exécutez le calcul pour l'immeuble de référence seulement (cela pourrait produire des résultats erronés si le bâtiment proposé est chauffé au moyen d'une installation géothermique – le combustible alimentant la chaudière du bâtiment de référence est choisi en fonction du pourcentage de la charge annuelle comblée par l'installation géothermique par rapport aux autres combustibles, voir la partie intitulée « Questions communes » à la fin de la section 4.6.4 pour obtenir une explication plus détaillée).

La présente option procure les crédits exacts pour la consommation d'électricité (utilisation et coût), mais ne reflète pas les coûts de la demande (car la consommation d'énergie annuelle des appareils est convertie en moyenne horaire). L'option tient compte des appareils dans les logements, ce qui aura une incidence sur les charges de chauffage et de climatisation en raison des gains de chaleur internes (toutes les charges du procédé sont appliquées comme gain de chauffage de l'aire).

### 5.2 Option B : Ajustements manuels

Une autre option, qui n'a pas d'incidence sur les charges de chauffage et de climatisation par le calcul des gains de chaleur internes, consiste à simplement effectuer un ajustement manuel à la simulation finale à l'aide du logiciel EE4 en ayant recours aux valeurs annuelles des appareils ménagers affichant l'étiquette ENERGY STAR ou ÉnerGuide.

Appareil ménager	N <sup>bre</sup> dans l'imm.	Utilisation proposée (kWh/an/appareil)	Utilisation proposée (kWh/an/imm.)	Utilisation de référence (kWh/an/appareil)	Utilisation de référence (kWh/an/imm.)
	A	B	A x B	C	A x C
Lave-vaisselle				457	
Cuisinière/ poêle				622	
Réfrigérateur				465	
Laveuse				573	
Sécheuse				912	

Convertissez les kWh/an/utilité en MJ/an/utilité (multipliez par 3,6) et ajoutez la consommation d'énergie annuelle résultante en MJ à l'immeuble proposé et à l'immeuble de référence. Complétez le calcul de la performance relative (avec ajustement pour appareils ménagers EnergyStar) pour la validation par RNCan.

Convertissez les kWh/an/bâtiment en \$/an/bâtiment (multipliez par la moyenne \$/kWh du fichier sur l'électricité des services publics ou du rapport ES-D DOE2), et ajoutez le coût d'énergie annuel résultant à l'immeuble proposé et aussi à l'immeuble de référence.

## **ANNEXE E**

### **HOTTES DANS LES LABORATOIRES INSTITUTIONNELS LOGES DANS DES ETABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT**

#### **Deux options en matière de conformité :**

Étant donné que les hottes sont reconnues comme faisant partie intégrante des exigences fonctionnelles de certains laboratoires institutionnels situés dans des établissements d'enseignement, deux options de proposition sont offertes pour la validation par RNCan.

La première option, qui est la plus simple, consiste à avoir recours au processus normal de demande à RNCan où 25 % des économies d'énergie sont démontrées par rapport au bâtiment de référence du CMNÉB provenant uniquement du bâtiment (sans tenir compte des hottes, puisqu'elles peuvent être considérées comme une charge de procédé).

La deuxième option consiste à démontrer dans la proposition que la conception « proposée » du bâtiment consommera 15 % moins d'énergie que le bâtiment de « référence » du CMNÉB grâce aux améliorations apportées au bâtiment, et 25 % moins d'énergie grâce aux améliorations apportées aux bâtiments et procédés liées à la récupération de la chaleur des gaz d'évacuation des hottes et/ou des hottes à faible débit ou à surface de captation restreinte. La seule charge de procédé acceptable pour les installations de laboratoires logées dans des institutions d'enseignement est les hottes.

La présente section renferme des renseignements sur la deuxième option, où une charge de procédé de hottes est incluse dans la modélisation.

#### **Charge de procédé admissible et type de bâtiment**

Le bâtiment même doit être une installation de laboratoires logée dans une institution d'enseignement. Cette option n'est pas offerte pour d'autres types de bâtiment. Les seules charges de procédé admissibles sont celles liées aux hottes.

#### **Récupération de la chaleur des gaz d'évacuation des hottes :**

Un crédit potentiel pour la récupération de la chaleur des gaz d'évacuation, selon le type de hotte (laboratoire, cuisine, procédé industriel).

#### **Hottes à faible débit ou à surface de captation restreinte.**

Un crédit potentiel pour les hottes à débit réduit, selon le type de hotte.

Les exigences de rendement énergétique pour les hottes de types de dispositif d'évacuation sont établies dans la section 6.5.6 de la norme ASHRAE 90.1-2004. L'observation des exigences de la norme ASHRAE est considérée comme une pratique normalisée et les crédits sont accordés seulement lorsque le rendement énergétique est supérieur à ce qu'exige la norme.

La norme ASHRAE exige que la chaleur de l'air évacué soit récupérée lorsque le débit d'air du ventilateur d'arrivée est à la fois égal ou supérieur à 2 400 L/s (5 000 pi<sup>3</sup>/min) et composé de 70 % ou plus d'air extérieur. Le système de récupération de la chaleur doit avoir un rendement d'au moins 50 %. Les exceptions suivantes ne sont pas couvertes par l'exigence susmentionnée et sont considérées comme des charges de procédé par RNCan dans une soumission pour validation :

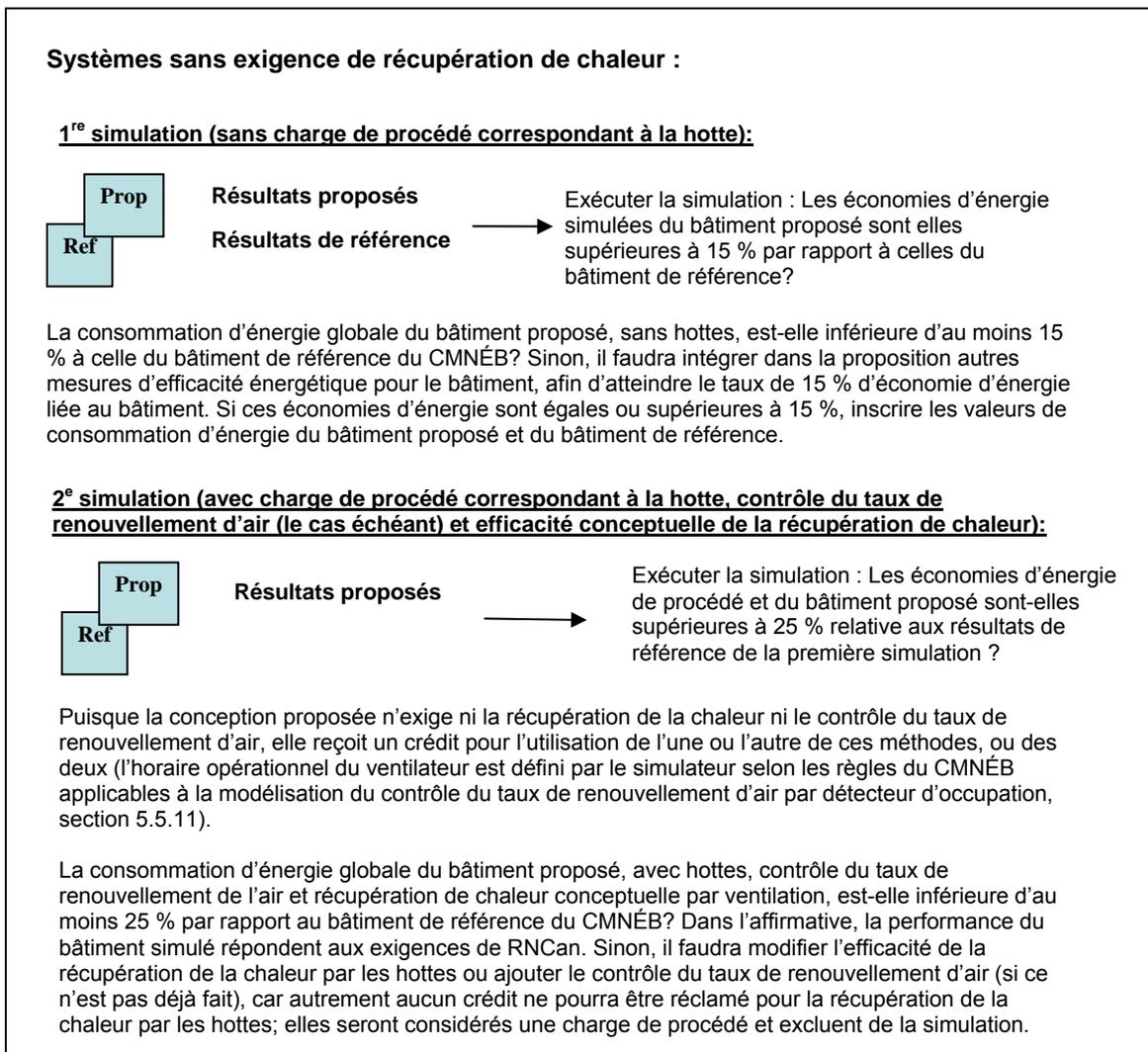
- hottes de cuisine d'établissements commerciaux (graisse);
- systèmes évacuant des fumées ou de la poussière qui contiennent des peintures ou des substances toxiques, inflammables ou corrosives.

Lorsque le système de hottes a un débit d'évacuation supérieur à 7 500 L/s, la norme ASHRAE 90.1-2001 stipule que les hottes doivent être équipées d'un système de récupération de la chaleur dont le rendement est au moins égal à 50 %, ou d'un système à volume d'air variable capable de réduire le volume d'air évacué et d'air d'appoint d'au moins 50 % (contrôle de la demande). Aucune exception n'est prévue pour ces gros systèmes.

Par conséquent, dans la simulation, on suppose que le bâtiment de référence est doté d'un système de récupération de la chaleur qui a un rendement de 50 % lorsque la norme ASHRAE 90.1 l'exige. Si le bâtiment proposé est équipé d'un système de ventilation fonctionnant en fonction de la demande en vue de satisfaire à la norme ASHRAE 90.1, le bâtiment de référence est également doté d'un système fonctionnant selon la demande, sans récupération de la chaleur.

#### **Systèmes sans exigence de récupération de la chaleur :**

Pour les systèmes qui n'exigent pas que la chaleur soit récupérée (p. ex., les petits systèmes), la procédure de modélisation devrait être effectuée entièrement par le logiciel EE4. La simulation en fonction du CMNÉB est exécutée avec les exigences en matière de ventilation définies par la *fonction de l'espace*; la puissance du ventilateur est réduite en fonction du débit relatif. Pour la deuxième simulation qui inclura les hottes, le taux de renouvellement d'air est augmenté de façon à ce qu'il soit égal au débit d'évacuation total des hottes, le rendement de la récupération de chaleur est défini et la puissance du ventilateur est augmentée afin de tenir compte de la chute de pression supplémentaire du système de récupération de la chaleur.

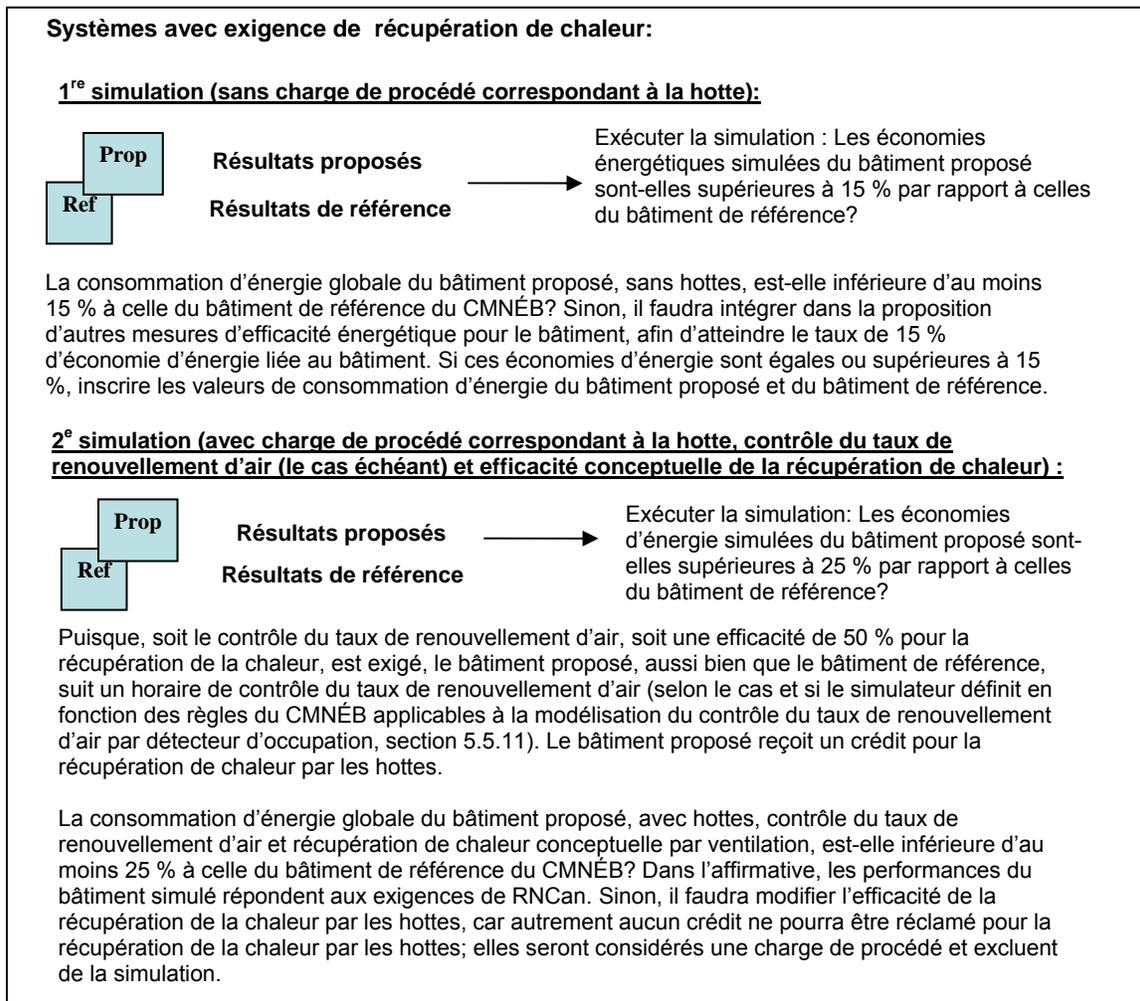


**Figure E 1 - Systèmes sans récupération de chaleur**

**Systèmes avec exigence de récupération de chaleur :**

Si, en vertu de la norme ASHRAE, il faut installer un dispositif de récupération de chaleur, un crédit est accordé seulement pour les économies d'énergie liées à la récupération des hottes dont le rendement est supérieur à 50 %. Puisque la majorité des systèmes de récupération de chaleur jumelés aux hottes de laboratoires affichent un rendement inférieur à 50 %, on combine généralement la récupération de la chaleur à un contrôle de la ventilation.

Pour déterminer l'économie d'énergie attribuable au procédé, on effectue deux simulations. Dans la première, on ne tient pas compte de la charge de procédé. Le bâtiment proposé doit consommer au moins 15 % moins d'énergie que le bâtiment de référence du CMNÉB. Dans la seconde, on tient compte de la charge de procédé, du contrôle du débit de ventilation et de la récupération de chaleur. Le bâtiment proposé et le bâtiment de référence ont le même horaire de fonctionnement. Le bâtiment proposé reçoit un crédit pour toute installation de systèmes de récupération de chaleur à partir des hottes.



**Figure E 2 - Systèmes avec récupération de chaleur**

**Systèmes utilisant une ventilation en fonction de la demande :**

Si le bâtiment proposé est équipé d'un dispositif de ventilation qui fonctionne selon la demande, l'horaire d'exploitation dans la simulation incluant les hottes est réduit conformément aux règles du CMNÉB relatives à la modélisation de la ventilation en fonction de la demande, basée sur les sondes d'occupation. Il est reconnu que les hottes n'utiliseront normalement pas de sonde d'occupation comme équipement de contrôle. Par contre, aux fins de conformité, la procédure de modélisation des sondes d'occupation peut être utilisée.

Si on utilise un dispositif de ventilation en fonction de la demande en vue de satisfaire à la norme ASHRAE 90.1, l'horaire d'exploitation est le même pour le bâtiment de référence aux fins de la validation par RNCAn et le bâtiment proposé (procédure de modélisation doit être accompli dans l'EE4).

## **ANNEXE F**

### **DISPOSITIFS DE RECUPERATION DE CHALEUR DES EAUX USEES**

Dans les bâtiments et industriels, il est possible de faire des économies d'énergie importantes en récupérant la chaleur des eaux usées, un processus fréquemment appelé récupération de chaleur des eaux usées. La chaleur récupérée est presque toujours utilisée dans le but de préchauffer l'eau douce froide. Le type d'échangeur de chaleur des eaux usées le plus rentable utilise un écoulement à contre-courant.

De nombreux dispositifs de récupération de chaleur des eaux usées sont utilisés dans des immeubles résidentiels à logements multiples (IRLM), des hôtels, des installations de loisir, des restaurants, des laveries automatiques, des bâtiments industriels et des résidences. Il existe de nombreux autres excellents endroits d'utilisation tels que les écoles secondaires et les hôpitaux (cafétérias, buanderies, douches, dialyses, laveuses à chariots et condenseurs de vapeur).

Dans les IRLM, l'économie globale relative au chauffage de l'eau domestique s'établit habituellement entre 25 et 30 %, mais le potentiel varie de 5 à 46 %. Les valeurs les plus faibles réfèrent aux systèmes centraux qui récupèrent la chaleur provenant d'une source unique d'eaux usées à l'intérieur d'un bâtiment. Dans les restaurants et les centres de santé, les économies varient entre 40 et 75 %.

Les directives et procédures qui suivent constituent une méthode abrégée de récupération de chaleur des eaux usées pour les bâtiments.

#### **Points à considérer dans la conception**

Il existe plusieurs façons de concevoir des dispositifs de récupération de chaleur des eaux usées. Les aspects à considérer doivent tenir compte des compromis à réaliser entre le rendement global, le coût du dispositif et la baisse de pression de l'eau douce. La conception d'un tel dispositif dans un IRLM nécessite normalement un échangeur thermique pour chaque groupe de trois ou de quatre salles de bain; toutefois, afin d'en optimiser le rendement, la conception pourrait prévoir un échangeur thermique pour chaque salle de bain. On pourrait aussi, à la place, choisir d'installer un seul dispositif pour tout le bâtiment. Là où les débits maximums sont supérieurs à 34 litres (neuf gallons américains) par minute, tel qu'observé dans les centres de santé ou dans les endroits où il est préférable de maximiser le rendement de récupération de chaleur (comme, par exemple, dans les restaurants à grande surface), il est préférable d'installer plusieurs dispositifs de récupération.

#### **Calcul des crédits: hôtels, motels et IRLM**

L'effet de la récupération de chaleur des eaux usées (RCEU) sur la charge de chauffage de l'eau dépend de la combinaison de quelques facteurs de conception qui sont multipliés ensemble. L'équation qui suit et les sections subséquentes expliquent comment déterminer ces facteurs.

La réduction de la charge d'ECD (eau chaude domestique)

= la charge de chauffage de l'ECD \* les économies de RCEU \* l'effRCEU \* l'utilRCEU

Où,

- La charge de chauffage de l'ECD = la charge de chauffage de l'eau chaude domestique calculée à partir de EE4 (Rapport DOE2 BEPU)
- Les économies de RCEU = Le pourcentage d'économies réalisées grâce à un dispositif de RCEU (voir le Tableau F 1)
- EffRCEU = le pourcentage d'efficacité de l'équipement de RCEU
- ÉconomiesRCEU = les économies potentielles d'ECD réalisées à partir de la récupération de chaleur des eaux usées

### Les économies potentielles d'ECD réalisées à partir de la récupération de chaleur des eaux usées :

Dans les IRLM, l'eau douce qui est chauffée par les installations de RCEU peut circuler de la même façon que le flot d'eau froide (préférentiellement pour les cabinets d'aisance), le flot d'eau chaude vers la chaudière ou les deux. Dans le cas d'unités de RCEU réparties, c.-à-d., situées dans tout le bâtiment, il n'est pas possible (sauf dans certains petits bâtiments) de préchauffer le flot d'EC. Dans le cas d'un dispositif centralisé, il n'est pas pratique de préchauffer le flot d'EF. Choisissez les économies maximales identifiées dans le tableau 1 selon votre plan. Ce nombre correspondrait à la réduction estimée de la charge d'ECD si les unités de RCEU étaient efficaces à 100 % et qu'elles desservaient toutes les charges de cabinets d'aisance du bâtiment.

	RCEU répartie <sup>1</sup>			RCEU centralisée
	1-2 WC/unité <sup>2</sup>	3-4 WC/unité <sup>1</sup>	5-6 WC/unité	>=7 WC/unité
Chauffage de l'EC et de l'EF	61,7 %	56,0 %	44,7 %	18,0 %
Chauffage de l'EF*	46,7 %	42,4 %*	33,4 %	13,6 %
Préchauffage de l'EC	46,6 %	42,3 %	33,3 %	13,6 %
*méthode utilisée le plus fréquemment dans les IRLM				
WC	= cabinets d'aisance installés par unité de RCEU			
EC	= eau chaude			
EF	= eau froide			

**Tableau F 1 –Économies potentielles maximales - récupération de chaleur sur les eaux usées pour différents plans de plomberie**

### Efficacité théorique des unités RCEU (effRCEU)

La conception, l'installation, la surface de transfert de la chaleur et le flux des fluides contribuent tous au rendement de tout échangeur thermique. Les chiffres de la colonne « RCEU répartie » du Tableau F 1 ci-dessus ont été établis à partir d'une étude faite dans un IRLM réel possédant un échangeur thermique à contre-courant dont l'efficacité déterminée équivaut à 50 %. Cette valeur sera utilisée pour les installations d'IRLM, d'hôtels et de motels dont les données de tests n'ont pas été fournies. L'efficacité de dispositifs de RCEU centralisés équivaudra à 25 %, à moins d'avoir obtenu un rapport d'essais détaillé.

### Efficacité théorique de RCEU répartie

L'efficacité d'échange thermique sera déterminée à partir d'essais à l'échelle réalisés par un laboratoire indépendant ayant reçu la certification ISO (tel que Bodycote-Ortech) et signés par un ingénieur professionnel.

Dans ces conditions, l'efficacité de l'échange thermique en régime permanent sera utilisée. Le numéro du modèle de l'unité, la surface de transfert thermique et les baisses de pression aux débits du Tableau F 1 seront clairement identifiés. Le rapport sommaire des essais doit être annexé à la demande présentée à RNCAN.

Il est fréquent que la taille du modèle varie d'un projet à l'autre. Dans ce cas, trois options sont permises afin de choisir l'efficacité d'échange thermique :

#### **Tester chaque modèle et obtenir un rapport pour chacun d'entre eux.**

Tester au moins trois modèles d'échangeur thermique différents. Demander au laboratoire d'interpoler ou d'extrapoler (ou les deux) l'efficacité d'échange thermique pour une grande variété de tailles à l'aide d'une méthode de modélisation d'échange thermique reconnue. Les résultats devront être présentés sous forme de tableau dans le rapport d'essai.

Utiliser l'efficacité de l'échangeur thermique du rapport pour un modèle plus petit (selon l'aire de la surface).

#### **Efficacité théorique de RCEU centralisée**

Il est recommandé d'inclure dans le rapport d'essai une vaste diversité de débits. Si plusieurs échangeurs thermiques sont utilisés, le débit du plan devra alors être divisé entre les échangeurs thermiques, et l'efficacité théorique par unité à ce débit sera utilisée.

#### **Pourcentage de l'ajustement d'utilisation (utilRCEU)**

Étant donné les contraintes de plans, les sources d'eaux usées de certains bâtiments ne pourront pas toutes être utilisées à des fins de récupération de la chaleur. Par conséquent, l'efficacité théorique devra être réduite en proportion. Ce rapport sera simplement :

Pourcentage d'utilisation = Nombre de salles de bains reliées au dispositif de RCEU / Nombre total de salles de bain du bâtiment

#### **Crédit pour les installations de loisirs, les écoles secondaires, les hôpitaux et les restaurants**

Le problème principal associé à l'estimation des économies d'énergie réalisées grâce à la RCEU de ces bâtiments consiste en l'existence de plusieurs types de charges d'eau chaude. En outre, il existe une grande variation dans les proportions de ces charges au sein d'un même bâtiment. Par conséquent, la pratique acceptée consiste à estimer la proportion d'eaux usées totales qui se rend aux dispositifs de RCEU en utilisant le nombre d'appareils sanitaires et le débit maximal (à l'heure), tel que décrit dans le tableau 9\*\* de Fundamentals 1999 de l'ASHRAE pour chacun des appareils sanitaires. Là où se trouvent plusieurs dispositifs de RCEU dans un même bâtiment, les économies doivent être calculées séparément pour chacun d'entre eux selon cette méthode.

Réduction de charge de l'ECD = Charge de chauffage de l'ECD \* ChargeRCEU \* effRCEU \* Débit

Où

Charge de chauffage de l'ECD = Charge de chauffage de l'eau chaude selon les calculs de EE4 (rapport DOE2 BEPU)

ChargefRCEU	=	pourcentage de la charge d'eau chaude reliée au dispositif de RCEU
EffRCEU	=	pourcentage d'efficacité de l'équipement de RCEU à 50 % du débit
Débitf	=	facteur de correction d'équilibre du débit

### Proportion de la charge reliée aux dispositifs de RCEU (chargebRCEU) :

Premièrement, il faut calculer le nombre de tous les types d'appareils du bâtiment. Ensuite, il faut calculer le débit total de chaque appareil sanitaire en multipliant le nombre total d'appareils par le débit maximal (à l'heure) de chaque type d'appareil. Les appareils qui sont reliés à un ou à plusieurs dispositifs de RCEU servent ensuite à calculer le débit total pour chaque dispositif de RCEU. Finalement, il faut calculer le pourcentage du total de la charge d'EC qui est reliée à chaque dispositif de RCEU.

Calcul des proportions de la charge reliée à deux dispositifs de RCEU d'un école secondaire de démonstration							
Tableau 9 – Calculs de ASHRAE							
	Débit maximal (à l'heure de point) Litres d'EC/heure	Tous les appareils		RCEU – gymnase		RCEU – cafétéria	
		Appareils	Débit total	Appareils	Débit total	Appareils	Débit total
Bassin, toilette privée	7.6	21	159.6	2	15.2	2	15.2
Bassin, toilette publique	57	26	1482	8	456	0	0
Lave-vaisselle	228	1	228	0	0	1	228
Bassin à pied	11	1	11	0	0	0	0
Évier de cuisine	76	3	228	0	0	3	228
Garde manger	38	3	114	0	0	2	76
Douche	850	11	9350	10	8500	0	0
Évier de service	76	0	0	0	0	0	0
Lavabo circulaire	114	0	0	0	0	0	0
Lavabo semi-circulaire	57	0	0	0	0	0	0
TOTAUX :			11572.6		8971.2		547.2
			Pourcentage de la charge du RCEU Total :		77.5 %		4.7 %

**Tableau F 2 – Exemple - calcul des proportions de la charge reliée à deux dispositifs de RCEU**

### Efficacité théorique d'unités de RCEU à 50 % du débit (effRCEU)

En réalité, il est rare que tous les appareils sanitaires fonctionnent en même temps. Le rendement du dispositif de RCEU sera donc établi à 50 % du débit total maximal, tel que calculé

ci-dessus et basé sur les résultats des essais réalisés dans un laboratoire d'essais. Dans le cas où les résultats des essais ne seraient pas disponibles, la valeur par défaut sera de 50 %.

**Facteur de correction d'équilibre du débit (débitf)**

Si le débit est équilibré sur les deux côtés du dispositif de RCEU, alors le facteur de correction d'équilibre est établi à 1,0; sinon il vaut 0,75. Par exemple, le dispositif de RCEU pourrait préchauffer l'approvisionnement d'EF allant aux douches. Dans ce cas, le débit ne serait pas équilibré, et le rendement du dispositif vaudrait 25 % de moins que s'il servait à chauffer le flot d'approvisionnement d'EC et d'EF. Dans le cas d'un lave-vaisselle où il n'existe qu'un seul approvisionnement en EC, le facteur serait 1,0.

## **ANNEXE G**

### **INFORMATIONS ADDITIONNELLES**

Pour toutes questions que vous auriez au sujet du logiciel EE4, le CMNÉB, ou la validation de la conception des bâtiments par RNCAN, veuillez communiquer avec nous aux coordonnées suivantes :

#### **Sites Web :**

Logiciel EE4 : [http://www.sbc.nrcan.gc.ca/software\\_and\\_tools/ee4\\_soft\\_f.asp](http://www.sbc.nrcan.gc.ca/software_and_tools/ee4_soft_f.asp)  
Validation par RNCAN : <http://oeo.nrcan.gc.ca/commerciaux/batimentsneufs/validation.cfm>  
CMNÉB : [http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/codes/nrcc38731\\_f.html](http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/codes/nrcc38731_f.html)  
Formulaire de contact Web : [www.oeo.nrcan.gc.ca/batiments/contact](http://www.oeo.nrcan.gc.ca/batiments/contact)

#### **Autres contacts :**

Téléphone sans frais : 877-360-5500  
Télécopieur : 613-947-4121  
Courriel : [info.services@nrcan.gc.ca](mailto:info.services@nrcan.gc.ca)

#### **Adresse postale :**

Division des bâtiments  
Office de l'efficacité énergétique  
Ressources naturelles Canada  
1, cr. de l'Observatoire, Immeuble 3  
Ottawa, ON K1A 0E4 (par la poste)  
Ottawa, ON K1Y 4X2 (par messenger)