

Partie 1 Général**1.1 Sommaire**

1. De façon générale, suivre les standards ci-dessous pour la division nommée. Ces standards ne sont pas destinés à restreindre ou remplacer le jugement d'un professionnel.

1.2 Exigences de design

- .1 L'objectif de ce guide est d'améliorer l'utilisation de l'énergie dans les bâtiments de l'Université McGill. Ce guide s'adresse aux concepteurs, gestionnaire de projet ou toutes autres personnes impliquées dans les projets comportant de l'électromécanique dans les bâtiments du campus de l'Université McGill.
- .2 Ce guide n'a pas pour intention de relever les professionnels d'utiliser leur bon jugement et de leur enlever leurs responsabilités professionnelles. Le concepteur doit intégrer les recommandations du présent guide à sa conception en utilisant son bon jugement et en respectant les normes en vigueur.
- .3 Ce guide est basé sur les prescriptions les plus strictes des normes couramment utilisées en efficacité énergétique et décrites ci-après à la section 1.03.
- .4 Les valeurs prescrites dans ce guide sont minimales et le concepteur peut préconiser des valeurs plus performantes au besoin. En cas de conflit ou divergence entre les prescriptions du présent guide et certaines normes, le concepteur doit en aviser le service de Gestion des services d'utilité et de l'énergie de l'Université McGill qui se chargera de l'interprétation.
- .5 Dans le cas de projet majeur, une simulation énergétique doit être faite avec un logiciel reconnu pour la simulation énergétique. Le chargé de projet de l'Université McGill en avisera le concepteur dans son document d'appel d'offres de professionnels.

1.3 Domaine d'application

- .1 Les prescriptions de ce guide s'appliquent à tout nouveau bâtiment, modification ou ajout à un bâtiment existant du campus de l'Université McGill.

1.4 Fiche énergétique

- .1 Pour tout projet ayant un impact sur la consommation ou demande en énergie (incluant la conversion de systèmes d'une source d'énergie vers une autre), qu'il s'agisse d'un ajout ou d'une diminution de charge, d'un changement dans la saisonnalité de la charge, les concepteurs du projet devront remplir la Fiche énergétique (Télécharger la fiche énergétique en format Excel sur le site web). La fiche devra être remise une première fois à l'étape de l'avant-projet ou de l'esquisse et à l'étape du design final. Cette fiche aidera l'Université McGill à faire le suivi de la performance énergétique de son parc immobilier.

1.5 Références

- .1 ANSI/ASHRAE
 1. 55-2004 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy;
 2. 62.1 – 2007 – Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
- .2 ANSI/ASHRAE/IESNA
 1. 90.1 – 2004 – User's Manual;

2. 90.1 – 2007 – Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings.
- .3 ASHRAE
 1. GreenGuide – 2003;
 2. Advanced Energy Design Guide for K-12 School Buildings – 2008;
 3. Guideline 0-2005 – The commissioning Process;
 4. Guideline 1.1-2007 – HVAC&R Technical Requirements for the Commissioning Process;Guideline 4-2008 – Preparation of Operating and Maintenance Documentation for Building Systems.
- .4 Conseil national de recherches Canada (CNRC)
 1. Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments (CMNÉB) – Canada 1997;
 2. Code national du bâtiment (CNB) – Canada 2005.
- .5 Gouvernement du Québec
 1. Loi sur l'économie de l'énergie dans le bâtiment – L.R.Q. chapitre E-1.1;
 2. Règlement sur l'économie de l'énergie dans les nouveaux bâtiments (RÉEÉ) – R.Q.c. E-1.1, r.1;
 3. Loi sur la santé et sécurité du travail – L.R.Q. chapitre S-2.1;
 4. Règlement sur la santé et sécurité du travail – R.Q. c. S-2.1, r.19.01;
 5. Règlement sur la qualité du milieu de travail – R.Q. c. S-2.1, r.15.
- .6 Université McGill – Devis standard
 1. Division 23 – Chauffage, ventilation et conditionnement de l'air – Septembre 2009;
 2. Division 26 – Électricité, Section 26 50 00 – Éclairage – Avril 2010.

1.6 Définition

1.7 Sigles

ANSI	American National Standards Institute
ARI	Air Conditioning & Refrigeration Institute
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers
ASTM	American Society for Testing Materials
CAN	Conseil canadien des normes
CNB	Code national du bâtiment
CSA	Canadian Standards Association
DOE	Département de l'énergie des États-Unis (Department Of Energy)
IESNA	Illuminating Engineering Society of North America
SMACNA	Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association Inc.

1.8 Abréviations et acronymes

ca	Courant alternatif (Ampère)
cc	Courant continu (Ampère)
COP	Coefficient de performance (Coefficient Of Performance)
CVCA&R	Chauffage, ventilation, conditionnement de l'air et réfrigération
DDC	Commande numérique directe (Direct Digital Control)
DHI	Décharge à haute intensité

DJc ₁₈	Degré jour de chauffage en base 18°C
DJr ₁₈	Degré jour de refroidissement en base 18°C
EER	Taux de rendement énergétique (Energy Efficiency Ratio)
EFV	Entraînement à fréquence variable
ODP	Moteur ouvert (Open Drip Proof)
PFT	Programme fonctionnel et technique
PRI	Période de recouvrement sur l'investissement
rpm	Rotation par minute
SCR	Silicon-controlled rectifier
SEER	Taux de rendement énergétique saisonnier (Seasonal Energy Efficiency Ratio)
SI	Système international
TEFC	Moteur totalement fermé et ventilé (Totally Enclosed fan-cooled)

1.9**Unités**

h	Heure
j	Jour
J	Joule
K	Kelvin
kg	Kilogramme
kVA	Kilovoltampère
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattheure
L ou l	Litre
L/s ou l/s	Litre par seconde
m	Mètre
m ²	Mètre carré
m ³	Mètre cube
mm	Millimètre
m/s	Mètre par seconde
Pa	Pascal
pi/min	Pied par minute
po	Pouce
RSI	Résistance thermique en système international (m ² * °C/W)
s	Seconde
W	Watt
°C	Degré Celsius
" H ₂ O	Pouce en colonne d'eau

Partie 2**Enveloppe du bâtiment****2.1****Zone climatique**

- .1 La zone climatique pour le campus de l'université est la zone 6 (selon l'ASHRAE 90.1) et la zone A (selon le Règlement sur l'économie de l'énergie dans les nouveaux bâtiments). Cette zone climatique sert au calcul des résistances thermiques pour les bâtiments.

2.2 Résistance thermique

.1 Le tableau suivant indique les résistances thermiques minimales de l'enveloppe du bâtiment.

Élément de bâtiment	Assemblage	RSI m ² * °C/W	R Pi ² * °F h / Btu	
Toit	Toit avec isolant au-dessus du pontage	3,52	20,0	
	Toit métallique	4,35	24,7	
	Attique et autres	8,33	47,3	
Mur	Béton	2,6	14,8	
	Bâtiment métallique	2,4	13,6	
	Ossature en acier	3,61	20,5	
	Ossature en bois ou autres	3,61	20,5	
Mur enfoui	Béton	2,7	15,3	
Plancher	Béton	3,49	19,8	
	Sur poutrelle d'acier	5,28	30	
	Ossature de bois ou autres	5,28	30	
Plancher sur sol	Non chauffé	1,76 sur 610 mm	R10 sur 24po	
	Chauffé	2,64 sur 610 mm	R15 sur 24po	
Porte opaque	À battant	0.25	1.4	
	Non à battant	0.35	2	
Fenêtrage Vitrage fixe sans châssis (Voir aussi Section 08 50 50 des standards McGill)	Rapport vitrage-mur	jusqu'à 0,4	0,48	2,7
		> 0,4 à 0,5	0,53	3,0
		> 0,5 à 0,6	0,56	3,2
		> 0,6 à 0,7	0,59	3,4
		> 0,7 à 0,8	0,63	3,6
		> 0,8 à 0,9	0,67	3,8
		> 0,9	0,67	3,8
		jusqu'à 0,4	0,36	2,0
		> 0,4 à 0,5	0,40	2,3
		> 0,5 à 0,6	0,43	2,4
		> 0,6 à 0,7	0,48	2,7
		> 0,7 à 0,8	0,50	2,8
		> 0,8 à 0,9	0,53	3,0
		> 0,9	0,56	3,2

Partie 3 Chauffage**3.1 Généralités et applications**

- .1 La présente section vise à orienter la conception ou la rénovation des systèmes de chauffage de l'air extérieur, de l'enveloppe ou de la réchauffe terminale.
- .2 Choix de la source énergétique : Dans tous les bâtiments des campus de l'Université McGill, le concepteur doit privilégier l'utilisation des sources de chauffage dans l'ordre suivant :
 1. Récupération de chaleur des gains internes à l'aide d'un refroidisseur ou d'une pompe à chaleur;
 2. Réseau de vapeur centralisé de McGill, via des échangeurs vapeur – eau chaude;
 3. Chaudières à eau chaude à condensation au gaz naturel dans des cas isolés où le réseau de vapeur n'est pas disponible;
 4. Plinthes ou serpentins électriques lorsqu'il est impossible d'avoir recours à toute autre source énergétique.
- .3 Réseaux de chauffage : La conception des réseaux de chauffage doit être effectuée avec de l'eau chaude à basse température afin de permettre l'utilisation (actuelle ou future) de la récupération de chaleur ou permettre la récupération de chaleur des gaz de combustion à la centrale thermique. La température de conception des nouveaux réseaux doit être inférieure ou égale à 120°F, avec un différentiel de température entre 20°F et 40°F.
- .4 Dans le cas d'utilisation de gaz naturel ou d'électricité pour le chauffage, le concepteur doit s'assurer que l'alimentation est faite à partir des entrées existantes, afin d'éviter l'ajout de nouveaux compteurs de fournisseurs d'énergie.

3.2 Chauffage de l'air extérieur

- .1 Le concepteur doit évaluer la possibilité d'utiliser des systèmes solaires passifs pour le préchauffage de l'air extérieur sur les nouveaux systèmes avec un pourcentage d'air frais supérieur à 50 %. Voir la partie 13 du présent document pour plus de détails sur les énergies renouvelables.
- .2 Dans une rénovation ou l'installation d'un nouveau serpentin de préchauffage de l'air extérieur, le concepteur doit privilégier l'utilisation d'un serpentin au glycol chaud à basse température (120°F et moins), avec un différentiel de 20°F à 40°F.
- .3 Lorsque la vapeur du réseau de McGill n'est pas disponible pour produire du glycol chaud, le concepteur doit envisager l'utilisation d'un chauffe-conduit au gaz naturel. Si l'utilisation d'un chauffe-conduit au gaz naturel est impossible, le concepteur peut envisager l'utilisation de l'électricité.

3.3 Chauffage de l'enveloppe

- .1 Dans les nouveaux bâtiments, le concepteur doit privilégier l'utilisation de radiateurs à basse température ou l'utilisation de l'air chaud de la ventilation.
- .2 L'utilisation de convecteurs ou radiateurs à vapeur est proscrite pour le chauffage de l'enveloppe et le concepteur doit envisager la conversion à l'eau chaude lorsque les travaux de rénovation permettent ce type de modification.

- .3 L'utilisation de plinthes électriques, convecteurs électriques ou rideaux d'air électriques doit seulement être envisagée dans des endroits très éloignés des réseaux d'eau chaude ou de vapeur. Les équipements électriques doivent être munis de relais triacs dans les applications de moins de 1kW ou de contrôleurs SCR dans les applications égales ou supérieures à 1 kW.
- .4 Les quais de chargement, stationnement, entrepôts ou autres applications munies de portes de garage doivent être munis d'aérothermes à eau chaude.

3.4 Réchauffe terminale

- .1 Dans une rénovation ou l'installation d'un système muni de réchauffe terminale, le concepteur doit privilégier l'utilisation d'eau chaude à basse température (120°F et moins), avec un différentiel de 20°F à 40°F.
- .2 L'utilisation de serpentins électriques pour la réchauffe terminale peut être envisagée dans certains cas. Le concepteur doit démontrer que l'utilisation des serpentins électriques est la meilleure option avec une analyse des options basée sur les coûts d'installation, d'énergie et d'entretien.

3.5 Utilisation de la récupération de chaleur en chauffage

- .1 Le concepteur doit envisager l'utilisation ou l'installation d'équipements de récupération de chaleur lorsque la charge de climatisation hivernale du bâtiment est supérieure à 30 tonnes.
- .2 L'estimation de la charge de climatisation hivernale doit comprendre l'analyse des sources suivantes : climatisation des salles informatiques, climatisation des évacuateurs de plus de 3000 pcm, climatisation des systèmes en demande de climatisation, autres charges de 5 tonnes et plus.
- .3 Pour la climatisation des systèmes de ventilation en hiver, le concepteur doit évaluer si le refroidissement gratuit ou le refroidissement mécanique doit être préconisé. Une évaluation des débits d'air frais minimums, selon les normes en vigueur, est déterminée si la charge de refroidissement est suffisante pour justifier l'utilisation du refroidissement mécanique.
- .4 Le concepteur d'un réseau de récupération de chaleur doit envisager l'utilisation de refroidisseurs adaptés à la charge minimale de refroidissement en hiver, car les refroidisseurs d'été sont souvent surdimensionnés pour les besoins de la saison hivernale.
- .5 Le choix du type de refroidisseur hivernal doit privilégier les refroidisseurs dont les compresseurs permettent une opération à plus haute température au condenseur, tels que les compresseurs à volute (scroll) pour les applications de 150 tonnes et moins, ou à vis (screw) pour les applications de plus de 150 tonnes.

Partie 4 Système de ventilation

4.1 Généralités et applications

- .1 La présente section vise à orienter la conception ou la rénovation des systèmes de ventilation.
- .2 Le concepteur est responsable de l'étude des besoins fonctionnels en ventilation, qui ne sont pas couverts dans le présent guide, et qui ont trait aux changements d'air totaux, aux changements d'air extérieur, à la pressurisation des locaux, à la température et l'humidité des locaux à desservir, à la filtration de l'air et aux critères acoustiques.

- .3 Les composantes des systèmes CVCA&R doivent être sélectionnées et installées de façon à ce qu'elles donnent leur plein rendement, conformément aux recommandations de leur fabricant.

4.2 Type de systèmes et zonage

- .1 Dans tous les bâtiments des campus de l'Université McGill, le concepteur doit privilégier le choix des types de systèmes de ventilation à volume d'air variable (simple ou double conduit), dans la mesure où le système permet de répondre aux besoins fonctionnels et aux normes.
- .2 Les locaux qui ne requièrent pas une ventilation continue, en raison de leur vocation ou de leur occupation intermittente, devraient être alimentés par un ou des système(s) autonome(s) afin d'en permettre l'arrêt en période d'inoccupation.
- .3 Les locaux dans lesquels un surplus de chaleur est généré dû à la présence d'équipements (équipements électroniques, congélateurs, équipements mécaniques, etc.) doivent être refroidis par ventilo-convecteurs à l'eau glacée lorsqu'applicable.

4.3 Serpentins (préchauffage, chauffage, refroidissement, récupération, etc.)

- .1 Le concepteur doit privilégier l'utilisation de serpentins au glycol chaud à basse température (120°F et moins) qui pourraient être couplés à un système de récupération de chaleur.
- .2 Dans le cas d'installation de serpentins de chauffage à vapeur, le concepteur doit démontrer, avec une analyse des coûts d'installation, d'énergie et d'entretien que le remplacement à vapeur est la meilleure solution.
- .3 Le concepteur doit porter une attention particulière à la perte de pression statique des serpentins dans le dimensionnement du système (1po CE max.) afin de limiter la force motrice du système.

4.4 Préfiltres et filtres

- .1 Les préfiltres et filtres doivent être munis de lecteurs de pression différentielle afin de connaître l'état de ceux-ci. Mettre une alarme, pour les changements des filtres, à 1" H₂O pour les filtres jusqu'à MERV 8, à deux (2) fois la perte initiale pour les filtres MERV 9 à MERV 12 et à 1,5" H₂O pour les filtres de MERV 13 à MERV 16.
- .2 Choisir des préfiltres et des filtres avec une perte de pression initiale la plus basse possible. La vitesse de l'air doit se situer entre 1,524 m/s (300 pi/min) et 2,794 m/s (550 pi/min).
- .3 Tableau des filtres recommandés (voir annexe 1.)

4.5 Humidificateurs

- .1 L'utilisation de la vapeur de la centrale thermique est recommandée pour l'humidification des systèmes.
- .2 Lorsque l'utilisation de la vapeur de la centrale est impossible, le concepteur doit démontrer pourquoi il ne peut pas utiliser la vapeur de la centrale et proposer un humidificateur au gaz naturel ou électrique approprié en se basant sur les coûts d'installation, d'énergie et d'entretien des différents types d'humidificateurs disponibles.

4.6 Volets d'air frais et d'évacuation

- .1 Les volets d'air frais et d'évacuation des systèmes doivent être isolés et démontrer une étanchéité conforme à la norme AMCA 500, soit 4 pcm/pi² à 1 po d'eau de pression statique.
- .2 Les applications de récupération de chaleur doivent être privilégiées par rapport au refroidissement gratuit lorsque l'installation s'y prête. Dans les autres cas, l'utilisation de

refroidissement gratuit doit être envisagée sur les systèmes ayant une capacité de refroidissement supérieure à 10 tonnes.

4.7 Hottes d'évacuation

- .1 Le concepteur doit privilégier l'utilisation de hottes d'évacuation de cuisine fonctionnant à débit variable avec les contrôles appropriés et conformes aux normes.
- .2 Les systèmes d'évacuation de laboratoire de plus de 5000 pcm devraient être munis de systèmes de récupération de chaleur. Les systèmes de récupération doivent empêcher toute contamination possible.
- .3 Les systèmes d'évacuation de hottes et leurs systèmes de compensation de plus de 15 000 pcm doivent être munis de contrôles à volume d'air variable permettant de réduire le débit d'au moins 50 % par rapport au débit de conception nominal.
- .4 Le système de compensation de l'air évacué des hottes doit fournir de l'air non chauffé ou chauffé à 15°C (60°F) au maximum. Le système de compensation de l'air ne doit pas être climatisé, sauf dans les applications de laboratoire.
- .5 Le concepteur doit privilégier l'utilisation de systèmes de récupération de chaleur au glycol chaud à basse température (120°F et moins) pour le chauffage de l'air de compensation des hottes.

4.8 Scellement et étanchéité des conduits de ventilation

- .1 Tous les conduits d'alimentation et de retour et les plénums faisant partie d'une installation de CVCA&R doivent être conformes aux prescriptions de l'ASHRAE et de la SMACNA.
- .2 Tous les conduits conçus pour opérer à une pression statique supérieure à 3 po d'eau (747 Pa) doivent être testés pour les fuites selon les procédures généralement employées dans l'industrie. Une section représentative du réseau de ventilation (au moins 25 %) doit être testée.

Partie 5 Refroidissement

5.1 Généralités et applications

- .1 La présente section vise à orienter la conception ou la rénovation des systèmes de refroidissement.
- .2 Le concepteur doit raccorder les nouveaux équipements de refroidissement au réseau d'eau glacée existant le plus près.
- .3 Lorsque la capacité du réseau existant est insuffisante pour les nouveaux besoins, le concepteur doit en informer l'université et évaluer si un nouveau refroidisseur doit être installé de façon centrale ou décentralisée.
- .4 Lorsque la boucle d'eau glacée est jugée trop loin de la zone de travaux pour utiliser l'eau glacée, le concepteur doit démontrer pourquoi il envisage un système décentralisé.

5.2 Type de refroidisseurs

- .1 Le concepteur doit sélectionner le refroidisseur optimal pour l'application. Dans tous les cas, le concepteur doit démontrer que le choix du type de refroidisseur a été effectué en tenant compte de l'investissement initial, des coûts d'opération annuels et des coûts d'entretien. À titre de référence, les refroidisseurs suivants devraient être envisagés pour les différentes applications :
- .2

Puissance requise	Type de refroidisseur recommandé	Mode de rejet de chaleur
30 tonnes et moins	À volute (scroll)	À l'air
30 à 100 tonnes	Modulaire à volute ou à vis	À l'air ou refroidisseur de liquide
100 à 250 tonnes	À vis ou modulaire à volute	Refroidisseur de liquide ou à l'air
250 tonnes et plus	Centrifuge	Tour d'eau

- .3 Lorsque le refroidisseur est sélectionné pour opérer sur une application de récupération de chaleur en hiver, le concepteur doit démontrer quelle est la charge de récupération anticipée en hiver et en mi- saison et comment le refroidisseur sélectionné pourra produire de l'eau chaude à différents régimes.
- .4 Dans les applications de récupération de chaleur de 200 tonnes et moins, les refroidisseurs, de type modulaire, munis de plusieurs compresseurs (à volute (scroll) ou à vis) sont à privilégier parce qu'ils permettent une meilleure modulation et peuvent produire de l'eau chaude à plus haute température que les centrifuges.

5.3 Efficacité minimale prescrite des refroidisseurs

- .1 L'efficacité minimale des refroidisseurs doit égaler ou surpasser les critères du standard 90.1-2004 de l'ASHRAE (voir tableau en annexe 2).

5.4 Dimensionnement des nouveaux équipements de refroidissement

- .1 Le dimensionnement des nouveaux équipements doit être basé sur un calcul de charge détaillé ou une simulation annuelle qui doit être présentée à McGill.
- .2 Lors de la conception de nouveaux réseaux de refroidissement, le concepteur doit privilégier les sélections de refroidisseurs avec des ΔT à l'évaporateur et au condenseur de 8,3°C (15°F), afin de réduire la force de pompage.
- .3 Lors de remplacement de refroidisseurs existants, le concepteur doit effectuer une analyse des systèmes existants et évaluer si les nouveaux équipements peuvent être sélectionnés avec des ΔT plus élevés à l'évaporateur et au condenseur.

5.5 Tour d'eau

- .1 Lorsqu'applicable, les tours d'eau doivent être sélectionnées avec des variateurs de vitesse.
- .2 La performance des tours d'eau (gpm/HP) doit être conformes aux prescriptions de l'ASHRAE 90.1-2007 (voir annexe 3).
- .3 Lorsqu'applicable, le concepteur doit privilégier l'utilisation de tour de type « cross flow » en raison de leur plus faible force de pompage et de ventilation.

5.6 Pompage

- .1 Dans les applications de 400 tonnes (total) et plus avec deux (2) refroidisseurs ou plus, le concepteur doit évaluer la faisabilité et la rentabilité d'utiliser un réseau de pompage de type primaire/secondaire.

- .2 Les pompes du réseau primaire à privilégier sont à débit constant, alors que les pompes du réseau secondaire sont à débit variable.

Partie 6 Humidification

6.1 Généralités et application

- .1 Le concepteur doit privilégier l'utilisation d'humidificateurs à injection de vapeur directe. La vapeur en provenance de la chaufferie centrale doit être utilisée.
- .2 Advenant que la boucle de vapeur ne passe pas à proximité de la zone de travaux, le concepteur doit évaluer les besoins actuels et futurs pour déterminer s'il est avantageux ou non de prolonger la boucle de vapeur.
- .3 S'il a été démontré qu'il n'est pas avantageux de prolonger la boucle, le concepteur doit privilégier, dans l'ordre, l'utilisation des technologies d'humidification suivantes :
 - 1. Gaz naturel
 - 2. Électricité

Partie 7 Récupération de chaleur

7.1 Généralités et application

- .1 Des équipements de récupération de chaleur doivent être installés pour tous les systèmes de CVCA&R ayant un débit d'alimentation de plus de 2 360 l/s (5 000 pcm) et dont le pourcentage d'air extérieur minimal est supérieur à 70 %. Ce système de récupération doit avoir un rendement minimal de 50 % total (sensible et latent).
- .2 Pour chaque application, le concepteur doit étudier la faisabilité et la rentabilité des types d'équipements de récupération afin de justifier son choix. L'analyse doit comprendre les coûts d'installation, d'énergie et d'entretien. Les différents types de systèmes de récupération à considérer sont les suivants :
 - 1. Boucle de récupération au glycol (run-around);
 - 2. Boucle de récupération au glycol couplée à une pompe à chaleur ou un refroidisseur de récupération hivernal;
 - 3. Roue thermique;
 - 4. Échangeur à plaques croisées;
 - 5. Caloduc.

Partie 8 Isolation thermique

8.1 Généralités et application

- .1 L'isolation thermique des conduits de ventilation doit être conforme aux prescriptions de l'ASHRAE 90.1-2007 (voir tableau zone 6 en annexe 4).
- .2 Isolation thermique de la tuyauterie : se reporter à la Section 22 07 00 (Plomberie – Calorifugeage) des standards McGill.
- .3 Le concepteur doit prévoir l'isolation des trappes à vapeur, des soupapes et des équipements.

Partie 9 Régulation automatique

9.1 Généralités et application

- .1 La présente section vise à orienter le concepteur dans des choix d'efficacité énergétique des systèmes automatisés (DDC) mis en place.
- .2 Les séquences de contrôle du concepteur doivent respecter les normes décrites ci-dessous afin de permettre une uniformité dans les séquences de contrôle utilisées sur l'ensemble des systèmes de l'Université McGill.

9.2 Contrôle de l'air frais (débits min., CO₂, refroidissement gratuit)

- .1 Le volume minimal d'air frais admis doit correspondre, en tout temps, aux prescriptions du standard 62.1-2007 de l'ASHRAE.
- .2 Lorsqu'applicable, le volume d'air frais minimum doit être réajusté selon la concentration de CO₂ du retour (ou de la pièce).
- .3 Le refroidissement gratuit est seulement recommandé sur les petits systèmes décentralisés et dans les applications où la récupération de chaleur ne peut pas être implantée. Le refroidissement mécanique doit être privilégié dans les applications majeures.

9.3 Contrôle des températures d'alimentation des systèmes de ventilation

- .1 Le point de consigne de température d'alimentation des systèmes monozones doit être réajusté en fonction des conditions extérieures pour les systèmes dont la charge varie directement selon les conditions extérieures.
- .2 Pour les systèmes à simple conduit dont la charge varie peu (exemple : zone interne), le point de consigne doit satisfaire la plus grande demande de refroidissement des zones.
 1. Lorsqu'aucune zone n'est en pleine demande de refroidissement, le concepteur doit prévoir un réajustement du point de consigne à la hausse pour limiter la charge de réchauffe terminale.
 2. Lorsque plusieurs zones (nbre ajustable) sont en pleine demande de refroidissement, le concepteur doit prévoir un réajustement du point de consigne à la hausse pour limiter la charge de réchauffe terminale.
- .3 Pour les systèmes à double-conduit, le concepteur doit prévoir des rampes de réajustement du point de consigne de température d'alimentation des conduits chauds et froids. La stratégie suggérée est la suivante :
 1. Conduit chaud
 - a. En fonction de la température extérieure.
 - b. En fonction du ratio de la pression statique du conduit chaud sur la pression statique du conduit froid. Lorsque le ratio est inférieur à un (1), le point de consigne doit être élevé, car plusieurs zones sont en demande de chauffage. Lorsque le ratio est supérieur à un (1), le point de consigne doit être abaissé, car peu de zones sont en demande de chauffage.
 2. Conduit froid
 - a. En fonction du ratio de la pression statique du conduit froid sur la pression statique du conduit chaud. Lorsque le ratio est inférieur à un (1), le point de consigne doit être abaissé car plusieurs zones sont en demande de refroidissement. Lorsque le ratio est supérieur à

un (1), le point de consigne doit être élevé car peu de zones sont en demande de refroidissement.

- .4 Pour les systèmes multizones, le concepteur doit prévoir des rampes de réajustement du point de consigne de température d'alimentation des conduits chauds et froids. La stratégie suggérée est la suivante :
 1. Conduit chaud
 - a. En fonction de la température extérieure.
 - b. En fonction de l'ouverture des volets de zone. Lorsqu'il n'y a pas de volet en pleine demande de chauffage, le point de consigne du conduit chaud doit être réajusté à la baisse pour limiter la réchauffe terminale.
 2. Conduit froid
 - a. En fonction de l'ouverture des volets de zone. Lorsqu'il n'y a pas de volet en pleine demande de refroidissement, le point de consigne du conduit froid doit être réajusté à la baisse pour limiter la réchauffe terminale.

9.4 Contrôle des températures de pièces

- .1 Les sondes de température de pièces doivent être reliées et contrôlées par le système d'automatisation du bâtiment, lui-même relié au système d'automatisation central de l'Université.
- .2 Une séquence de mode occupé / inoccupé doit être prévue afin de modifier le point de consigne de température de pièce.
- .3 L'utilisation de détecteurs de présence est recommandée dans les systèmes à débits variable afin de réajuster les points de consigne (inoccupés) et réduire le débit en période entre certaines valeurs ajustables.

9.5 Programmation horaire

- .1 Les systèmes doivent fonctionner selon une cédule horaire.
- .2 Le départ des systèmes doit être effectué avant l'arrivée prévue des occupants afin que les conditions de confort soient atteintes à leur arrivée. Une séquence de démarrage optimal (« optimum start ») est à privilégier.
- .3 L'arrêt des systèmes doit se faire à la même heure que le départ prévu des occupants.
- .4 Pour les systèmes devant fonctionner 24h/24, le concepteur doit évaluer la possibilité de réduire le débit d'alimentation ou le volume d'air frais à divers moments de la journée. Si applicable, la réduction du débit doit être effectuée via un entraînement à fréquence variable.

9.6 Contrôle de l'humidité relative

- .1 Le point de consigne d'humidité relative doit être réajusté en fonction de la température extérieure, entre 20 % et 30 %, à moins que cela ne contrevienne aux besoins fonctionnels ou aux normes.

9.7 Contrôle des refroidisseurs et tours d'eau

- .1 Température de l'eau glacée : Lorsqu'applicable, le point de consigne de température de l'eau glacée doit être ajustable entre 5,5°C (42°F) et 7,8°C (46°C), selon l'enthalpie extérieure.
- .2 Température de l'eau de tour : Le point de consigne de retour de l'eau de tour au refroidisseur doit être réajusté en fonction de la température extérieure et selon les limites du refroidisseur afin

de fournir l'eau la plus froide possible et maximiser l'efficacité du refroidisseur (généralement entre 18°C (65°F) et 29°C (85°F)).

- .3 Opération de multiples refroidisseurs : L'opération de plusieurs refroidisseurs doit être effectuée en parallèle lorsque la charge minimale à l'opération de deux (2) refroidisseurs ou plus est atteinte, afin de maximiser l'efficacité à charge partielle des refroidisseurs.

9.8 Contrôle des échangeurs de chauffage à eau chaude

- .1 Le point de consigne de température de l'eau chaude doit être réajusté en fonction de :
1. Température extérieure
 2. Demande des zones lorsque celles-ci sont contrôlées et que la position des robinets de contrôle est disponible pour un réajustement.

9.9 Surveillance des préfiltres et filtres

- .1 Se référer au point 4.4.1 (Systèmes de ventilation – Préfiltres et filtres) du présent guide.

9.10 Débitmètres

- .1 Dans l'aménagement d'un nouveau bâtiment, le concepteur doit prévoir l'installation de débitmètres pour mesurer les sources d'énergie réseau utilisées de façon individuelle par le bâtiment. À cette fin, les équipements de mesurage et télémétrie suivants doivent être spécifiés selon les standards de l'université :
1. Compteurs électriques
 2. Débitmètres de vapeur
 3. Débitmètres de condensat
 4. Débitmètres d'eau chaude de chauffage
 5. Débitmètres d'eau glacée
 6. Débitmètres d'air frais et d'air vicié

Partie 10 Eau chaude domestique

10.1 Généralités et application

- .1 La production d'eau chaude domestique dans un bâtiment doit être réalisée avec un échangeur vapeur/eau chaude lorsque la vapeur réseau est disponible.
- .2 Lorsque la vapeur réseau d'un bâtiment est seulement requise pour la production d'eau chaude domestique en été, le concepteur doit prévoir l'installation de chauffe-eau électriques munis de réservoirs de stockage suffisants pour éviter des appels de puissance trop élevés en été.

10.2 Récupérateur d'eaux grises

- .1 Dans les applications à forte consommation d'eau chaude domestique, le concepteur doit envisager l'utilisation de récupérateurs d'eaux grises de type « Powerpipe » afin de préchauffer l'eau froide domestique avec les rejets de drainage.

Partie 11 Éclairage**11.1 Généralités et application**

- .1 La présente section vise à orienter le concepteur sur les bonnes pratiques d'économie d'énergie en éclairage.
- .2 Le concepteur doit respecter le standard de construction d'éclairage de McGill, dans lequel on spécifie les caractéristiques des équipements et les niveaux d'éclairage à maintenir (Section 26 50 00 des Standards McGill).

11.2 Niveaux d'éclairage et densité visée

- .1 Les niveaux d'éclairage doivent être conformes aux standards de construction d'éclairage de McGill qui sont basés sur les normes de l'IESNA (Section 26 50 00 des Standards McGill).
- .2 Le concepteur doit utiliser des appareils à haute efficacité afin de répondre aux niveaux d'éclairage prescrits, tout en limitant les densités d'éclairage sous les valeurs suivantes (source : ASHRAE Green Guide) :
 1. Bureaux fermés et salles de cours : 0,9 W/pi²
 2. Bureaux ouverts : 0,8 W/pi²
 3. Salles de conférence : 1,2 W/pi²
 4. Zones internes, vestibules, toilettes, vestiaires, cafétérias : 0,8W/pi²
 5. Corridors, salles mécaniques et électriques, entrepôts : 0,7 W/pi²

11.3 Contrôles

- .1 Le concepteur doit prévoir l'installation de détecteurs de présence dans les salles de cours, les salles de conférence, les bureaux et autres espaces communs, incluant les corridors.
- .2 Dans les nouveaux bâtiments, le concepteur doit envisager l'utilisation d'un système de contrôle bas voltage qui permet un balayage en période inoccupée.
- .3 Dans les nouveaux bâtiments, l'utilisation de l'éclairage naturel (daylighting), de concert avec des appareils munis de ballasts à gradation (dimming ballasts), doit être évaluée par le concepteur pour les grands espaces vitrés ou les locaux pouvant être munis de puits de lumière. L'analyse doit être basée sur les investissements initiaux, les appuis financiers, les coûts énergétiques et les coûts d'entretien.

Partie 12 Moteur**12.1 Généralités et application**

- .1 La présente section vise à orienter le concepteur sur l'efficacité des moteurs des équipements qui seront installés.

12.2 Efficacité des moteurs

- .1 Choisir des moteurs asynchrones, à cage d'écureuil, à haut rendement selon la norme NEMA Premium^{MC} MG 1-2006.
- .2 Tableau de l'efficacité des moteurs à pleine charge (selon la norme NEMA Premium^{TC}).

Puissance HP	TEFC				ODP			
	2 pôles 3 600 rpm		4 pôles 1 800 rpm		2 pôles 3 600 rpm		4 pôles 1 800 rpm	
	Efficacité nominale %	Efficacité minimale %	Efficacité nominale %	Efficacité minimale %	Efficacité nominale %	Efficacité minimale %	Efficacité nominale %	Efficacité minimale %
1	77,0	74,0	85,5	82,5	77,0	74,0	85,5	82,5
1,5	84,0	81,5	86,5	84,0	84,0	81,5	86,5	84,0
2	85,5	82,5	86,5	84,0	85,5	82,5	86,5	84,0
3	86,5	84,0	89,5	87,5	85,5	82,5	89,5	87,5
5	88,5	86,5	89,5	87,5	86,5	84,0	89,5	87,5
7,5	89,5	87,5	91,7	90,2	88,5	86,5	91,0	89,5
10	90,2	88,5	91,7	90,2	89,5	87,5	91,7	90,2
15	91,0	89,5	92,4	91,0	90,2	88,5	93,0	91,7
20	91,0	89,5	93,0	91,7	91,0	89,5	93,0	91,7
25	91,7	90,2	93,6	92,4	91,7	90,2	93,6	92,4
30	91,7	90,2	93,6	92,4	91,7	90,2	94,1	93,0
40	92,4	91,0	94,1	93,0	92,4	91,0	94,1	93,0
50	93,0	91,7	94,5	93,6	93,0	91,7	94,5	93,6
60	93,6	92,4	95,0	94,1	93,6	92,4	95,0	94,1
75	93,6	92,4	95,4	94,5	93,6	92,4	95,0	94,1
100	94,1	93,0	95,4	94,5	93,6	92,4	95,4	94,5
125	95,0	94,1	95,4	94,5	94,1	93,0	95,4	94,5
150	95,0	94,1	95,8	95,0	94,1	93,0	95,8	95,4
200 et +	95,8	94,5	96,2	95,4	95,0	94,1	95,8	95,0

Partie 13 Transformateurs

13.1 Généralités

- .1 L'efficacité des nouveaux transformateurs doit être supérieure ou égale aux prescriptions de la norme CSA C.802 et le concepteur doit en fournir la preuve à l'Université McGill.

Partie 14 Ascenseurs et escaliers mobiles**14.1 Ascenseurs**

- .1 Dans le cadre d'un projet d'installation d'un nouvel ascenseur, le concepteur doit faire une analyse pour choisir un système performant en se basant sur les investissements initiaux, les coûts d'opération, d'entretien et la durée de vie de ces équipements. Se référer au standard McGill sur les ascenseurs (Section 14 21 23 – Ascenseurs).

14.2 Escaliers mobiles

- .1 Le concepteur peut envisager l'utilisation de détecteurs de mouvement pour le contrôle de l'arrêt/départ ou la marche au ralenti des escaliers mobiles dans les cas qui ne présentent pas de danger pour les occupants ou les équipements.

Partie 15 Énergies renouvelables**15.1 Généralités et application**

- .1 Cette section vise à identifier des technologies renouvelables que les concepteurs peuvent mettre de l'avant dans les projets de rénovation ou de nouveaux bâtiments. Puisque certaines technologies peuvent comporter des investissements importants et des périodes de retour sur l'investissement très longues, ces projets doivent faire l'objet d'une analyse complète pour chaque projet.
- .2 L'analyse des projets d'énergie renouvelable doit comprendre une étude des investissements, des appuis financiers, des coûts d'opération énergétiques, des coûts d'entretien et l'analyse de la durée de vie de ces équipements.
- .3 La description des technologies ci-dessous est présentée à titre informatif et ne comprend pas toutes les technologies disponibles. Il en va de la responsabilité du concepteur d'identifier si ces technologies sont applicables, rentables et présentent un bénéfice pour l'Université McGill.

15.2 Systèmes solaires passifs (vitrés et non vitrés)

- .1 Description: Les systèmes solaires passifs regroupent les systèmes de préchauffage de l'air et de l'eau. Pour le préchauffage de l'air, on trouve les murs solaires et les collecteurs solaires en toiture (Luba). Pour l'eau, les systèmes sont généralement munis de glycol et on trouve des tubes sous vide et des panneaux vitrés.
- .2 Applications : Le préchauffage solaire de l'air devrait être étudié pour les systèmes à fort pourcentage d'air extérieur (plus de 50 %). Le préchauffage de l'eau devrait être étudié dans les applications où l'utilisation de l'eau chaude domestique est importante, tel que les complexes sportifs, piscines et laboratoires.
- .3 Rentabilité: La PRI (période de retour sur l'investissement) de ces types de systèmes se situe généralement entre 5 et 12 ans.

15.3 Systèmes solaires photovoltaïques

- .1 Description : Les systèmes PV (photovoltaïques) permettent de produire de l'électricité à partir de panneaux solaires. L'électricité est produite en courant continu et stockée dans des batteries. L'électricité peut être injectée dans un réseau existant ou convertie en courant alternatif à l'aide d'onduleurs pour l'utilisation sur place.

- .2 Applications : En raison de la PRI relativement longue, l'utilisation de systèmes PV est applicable aux nouveaux bâtiments recherchant une certification LEED.
- .3 Rentabilité : La PRI de ces types de systèmes est généralement supérieure à 25 ans.

15.4 Géothermie

- .1 Description : La géothermie consiste à utiliser la chaleur du sol pour effectuer du thermopompage qui servira au chauffage et à la climatisation des locaux.
- .2 Applications : La géothermie doit être appliquée conjointement avec la récupération de chaleur dans les bâtiments de McGill parce que la récupération de chaleur peut être effectuée à moindre coût dans la majorité des bâtiments. L'utilisation de logiciels de simulation reconnus est aussi essentielle pour évaluer les charges du bâtiment et dimensionner les puits de géothermie.
- .3 Rentabilité : Selon les conditions de sol et la configuration des systèmes, la PRI de ces types de systèmes est généralement entre 15 et 20 ans.

15.5 Ventilation naturelle

- .1 Description : La ventilation naturelle est établie avec la forme du bâtiment et l'orientation de celui-ci afin d'utiliser les vents dominants et l'effet cheminée. Des ouvertures dans la toiture et des fenêtres ouvrantes sont utilisées lorsque les conditions climatiques sont appropriées afin de permettre une ventilation naturelle des locaux.
- .2 Applications : L'utilisation de concepts de ventilation naturelle peut être effectuée sur des nouveaux bâtiments, de concert avec l'architecte. Une modélisation informatique des débits d'air et de la dynamique des fluides doit être effectuée avec un logiciel reconnu.
- .3 Rentabilité : La PRI de ces types de systèmes est très variable et s'établit selon la configuration des systèmes et la forme du bâtiment.

15.6 Stockage thermique

- .1 Description : Le stockage thermique consiste à utiliser des banques thermiques qui peuvent être formées de sable, de glace ou de matériaux à changement de phase qui permettent de stocker l'énergie pendant une période de temps et la restituer au moment opportun.
- .2 Applications : L'utilisation de concepts de stockage thermique est applicable à la conception de nouveaux bâtiments. Cette technologie peut aussi être évaluée dans la rénovation d'installations majeures de refroidissement et de chauffage à l'eau chaude.
- .3 Rentabilité : La PRI de ces types de système est très variable et s'établit selon la configuration des systèmes.

Partie 16 Mise en service (commissioning)

16.1 Généralités

- .1 Cette section consiste à la mise en service des équipements mécaniques qui ont été installés. Une mise en service de qualité permet d'être environ 10 % plus efficace énergiquement par rapport à un projet qui n'a pas eu de mise en service. Ne pas confondre avec une mise en marche.
- .2 Suivre les normes de l'ASHRAE « Guideline 0-2005 – The Commissioning Process » et « Guideline 1.1-2007 – HVAC&R Technical Requirements for the Commissioning Process » pour l'élaboration des protocoles de mise en service;

- .3 Pour les nouveaux bâtiments, engager un agent de mise en service pour l'élaboration de protocoles et de rapports pour les étapes suivantes :
 - 1. Étape préconcept : l'Agent de mise en service s'assure que les demandes du Propriétaire ou PFT sont inclus dans cette étape.
 - 2. Étape de concept : l'Agent de mise en service s'assure que les items de préconcept et que les sections de devis pour la mise en service sont inclus dans les documents de cette étape.
 - 3. Étape construction : l'Agent de mise en service s'assure que les dessins d'atelier qui ont été vérifiés par le concepteur respectent les plans et devis pour construction. De plus, il élabore et exécute les protocoles de vérification.
 - 4. Étape postconstruction : l'Agent de mise en service s'assure que les documents de fin de projet sont complets et précis. Il s'assure également que la formation aux opérateurs est complète et adéquate.
- .4 Les projets d'envergure doivent inclure un volet de mise en service complet, afin de s'assurer que les équipements qui ont été fournis, installés, contrôlés et raccordés sont tel que demandé dans les documents contractuels.
- .5 Les projets de plus petite envergure doivent inclure un volet de mise en service partielle. Ce volet doit être sur les éléments dynamiques qui consomment de l'énergie.
- .6 Le concepteur ou l'agent de mise en service doit fournir des fiches de vérification qui seront complétées par un agent de mise en service ou par l'entrepreneur.

16.2 **Fiche de vérification**

- .1 Les fiches de vérification pour chaque équipement doivent être présentées en quatre (4) étapes :
 - .1 Vérification de l'équipement;
 - .2 Vérification de l'installation;
 - .3 Vérification du fonctionnement;
 - .4 Vérification des séquences de contrôle, c'est la vérification la plus importante dans un processus de mise en service

ANNEXE 1. TABLEAU DES FILTRES

MERV	Efficacité Particules 0,3 à 1µm	Particules 1 à 3µm	Particules 3 à 10µm	Captation	Contrôle des particules	Application typique
1	-	-	< 20 %	< 65 %	Particules > 10µm Pollen, poussière de sablage, fibre de tapis, etc.	Résidentiel, climatiseur de fenêtre
2	-	-	< 20 %	65 à 70 %		
3	-	-	< 20 %	70 à 75 %		
4	-	-	< 20 %	75 à 80 %		
5	-	-	20 à 35 %	80 à 85 %	Particules 3 à 10µm Spore, moisissure, poussière de ciment, poudre de lait, etc.	Bâtiments commerciaux, industriels, etc.
6	-	-	35 à 50 %	85 à 90 %		
7	-	-	50 à 70 %	> 90 %		
8	-	-	> 70 %	> 90 %		
9	-	< 50 %	> 85 %	> 90 %	Particules 1 à 3µm Légionelle, poussière de plomb, farine, poussière de charbon, émission des échappements de voiture, etc.	Bâtiments commerciaux moyens de gamme, hôpitaux, laboratoires, etc.
10	-	50 à 65 %	> 85 %	> 95 %		
11	-	65 à 80 %	> 85 %	> 95 %		
12	-	> 80 %	> 90 %	> 95 %		
13	< 75 %	> 90 %	> 90 %	> 98 %	Particules 0,3 à 1µm Bactéries, fumée de tabac, fumée d'huile à friture, etc.	Bâtiments commerciaux haut de gamme, hôpitaux, laboratoires, etc.
14	75 à 85 %	> 90 %	> 90 %	-		
15	85 à 95 %	> 90 %	> 90 %	-		
16	> 95 %	> 95 %	> 95 %	-		
17 Type A	99,97 % 0,3µm	Famille des filtres HEPA IEST (Institute of Environmental Sciences and Technology)			Particules < 0,3 µm Virus libres, sel de mer, radon, poussière de carbone	Chambres blanches, pharmaceutique, radioactive, cancérigène, etc.
18 Type C	99,99 % 0,3µm					
19 Type D	99,999% 0,3µm					
20 Type F	99,999 % 0,1 à 0,2µm					

ANNEXE 2. PRESCRIPTIONS D'EFFICACITÉ MINIMALE POUR LES REFROIDISSEURS À L'EAU SELON L'ASHRAE 90.1-2007
TABLE 6.8.1C Water Chilling Packages—Minimum Efficiency Requirements

Equipment Type	Size Category	Subcategory or Rating Condition	Minimum Efficiency ^a	Test Procedure ^b
Air cooled, with condenser, electrically operated	All capacities	—	2.80 COP 3.05 IPLV	ARI 550/590
Air cooled, without condenser, electrically operated	All capacities	—	3.10 COP 3.45 IPLV	
Water cooled, electrically operated, positive displacement (reciprocating)	All capacities	—	4.20 COP 5.05 IPLV	ARI 550/590
Water cooled, electrically operated, positive displacement (rotary screw and scroll)	<150 tons	—	4.45 COP 5.20 IPLV	ARI 550/590
	≥150 tons and <300 tons	—	4.90 COP 5.60 IPLV	
	≥300 tons	—	5.50 COP 6.15 IPLV	
Water cooled, electrically operated, centrifugal	<150 tons	—	5.00 COP 5.25 IPLV	ARI 550/590
	≥150 tons and <300 tons	—	5.55 COP 5.90 IPLV	
	≥300 tons	—	6.10 COP 6.40 IPLV	
Air-cooled absorption single effect	All capacities	—	0.60 COP	ARI 560
Water-cooled absorption single effect	All capacities	—	0.70 COP	
Absorption double effect, indirect-fired	All capacities	—	1.00 COP 1.05 IPLV	
Absorption double effect, direct-fired	All capacities	—	1.00 COP 1.00 IPLV	

^a The chiller equipment requirements do not apply for chillers used in low-temperature applications where the design leaving fluid temperature is <40°F.

^b Section 12 contains a complete specification of the referenced test procedure, including the referenced year version of the test procedure.

ANNEXE 3. PRESCRIPTIONS D'EFFICACITÉ MINIMALE POUR LES ÉQUIPEMENTS DE REJET DE CHALEUR SELON L'ASHRAE 90.1-2007
TABLE 6.8.1G Performance Requirements for Heat Rejection Equipment

Equipment Type	Total System Heat Rejection Capacity at Rated Conditions	Subcategory or Rating Condition	Performance Required ^{a,b}	Test Procedure ^c
Propeller or axial fan cooling towers	All	95°F entering water 85°F leaving water 75°F wb <i>outdoor air</i>	≥38.2 gpm/hp	CTI ATC-105 and CTI STD-201
Centrifugal fan cooling towers	All	95°F entering water 85°F leaving water 75°F wb <i>outdoor air</i>	≥20.0 gpm/hp	CTI ATC-105 and CTI STD-201
Air-cooled condensers	All	125°F condensing temperature R-22 test fluid 190°F entering gas temperature 15°F subcooling 95°F entering db	≥176,000 Btu/h·hp	ARI 460

^a For purposes of this table, cooling tower performance is defined as the maximum flow rating of the tower divided by the fan nameplate rated motor power.

^b For purposes of this table, air-cooled condenser performance is defined as the heat rejected from the refrigerant divided by the fan nameplate rated motor power.

^c Section 12 contains a complete specification of the referenced test procedure, including the referenced year version of the test procedure.

ANNEXE 4. TABLEAU DE L'ISOLATION MINIMALE DES CONDUITS DE VENTILATION SELON L'ASHRAE 90.1-2007

6.8.2 Duct Insulation Tables

TABLE 6.8.2A Minimum Duct Insulation R-Value,^a Cooling and Heating Only Supply Ducts and Return Ducts

Climate Zone	Duct Location						
	Exterior	Ventilated Attic	Unvented Attic Above Insulated Ceiling	Unvented Attic with Roof Insulation ^a	Unconditioned Space ^b	Indirectly Conditioned Space ^c	Buried
Heating-Only Ducts							
1, 2	none	none	none	none	none	none	none
3	R-3.5	none	none	none	none	none	none
4	R-3.5	none	none	none	none	none	none
5	R-6	R-3.5	none	none	none	none	R-3.5
6	R-6	R-6	R-3.5	none	none	none	R-3.5
7	R-8	R-6	R-6	none	R-3.5	none	R-3.5
8	R-8	R-8	R-6	none	R-6	none	R-6
Cooling-Only Ducts							
1	R-6	R-6	R-8	R-3.5	R-3.5	none	R-3.5
2	R-6	R-6	R-6	R-3.5	R-3.5	none	R-3.5
3	R-6	R-6	R-6	R-3.5	R-1.9	none	none
4	R-3.5	R-3.5	R-6	R-1.9	R-1.9	none	none
5, 6	R-3.5	R-1.9	R-3.5	R-1.9	R-1.9	none	none
7, 8	R-1.9	R-1.9	R-1.9	R-1.9	R-1.9	none	none
Return Ducts							
1 to 8	R-3.5	R-3.5	R-3.5	none	none	none	none

^a Insulation R-values, measured in (h·ft²·°F)/Btu, are for the insulation as installed and do not include film resistance. The required minimum thicknesses do not consider water vapor transmission and possible surface condensation. Where exterior walls are used as plenum walls, wall insulation shall be as required by the most restrictive condition of Section 6.4.4.2 or Section 5. Insulation resistance measured on a horizontal plane in accordance with ASTM C518 at a mean temperature of 75°F at the installed thickness.

^b Includes crawlspaces, both ventilated and nonventilated.

^c Includes return air plenums with or without exposed roofs above.

TABLE 6.8.2B Minimum Duct Insulation R-Value,^a Combined Heating and Cooling Supply Ducts and Return Ducts

Climate Zone	Duct Location						
	Exterior	Ventilated Attic	Unvented Attic Above Insulated Ceiling	Unvented Attic with Roof Insulation ^a	Unconditioned Space ^b	Indirectly Conditioned Space ^c	Buried
Supply Ducts							
1	R-6	R-6	R-8	R-3.5	R-3.5	none	R-3.5
2	R-6	R-6	R-6	R-3.5	R-3.5	none	R-3.5
3	R-6	R-6	R-6	R-3.5	R-3.5	none	R-3.5
4	R-6	R-6	R-6	R-3.5	R-3.5	none	R-3.5
5	R-6	R-6	R-6	R-1.9	R-3.5	none	R-3.5
6	R-8	R-6	R-6	R-1.9	R-3.5	none	R-3.5
7	R-8	R-6	R-6	R-1.9	R-3.5	none	R-3.5
8	R-8	R-8	R-8	R-1.9	R-6	none	R-6
Return Ducts							
1 to 8	R-3.5	R-3.5	R-3.5	none	none	none	none

^a Insulation R-values, measured in (h·ft²·°F)/Btu, are for the insulation as installed and do not include film resistance. The required minimum thicknesses do not consider water vapor transmission and possible surface condensation. Where exterior walls are used as plenum walls, wall insulation shall be as required by the most restrictive condition of Section 6.4.4.2 or Section 5. Insulation resistance measured on a horizontal plane in accordance with ASTM C518 at a mean temperature of 75°F at the installed thickness.

^b Includes crawlspaces, both ventilated and nonventilated.

^c Includes return air plenums with or without exposed roofs above.

ANNEXE 5. TABLEAU DE L'ISOLATION MINIMALE DE LA TUYAUTERIE SELON L'ASHRAE 90.1-2007
TABLE 6.8.3 Minimum Pipe Insulation Thickness^a

Fluid Design Operating Temp. Range (°F)	Insulation Conductivity		Nominal Pipe or Tube Size (in.)				
	Conductivity Btu-in./[h-ft ² -°F)	Mean Rating Temp. °F	<1	1 to <1-1/2	1-1/2 to <4	4 to <8	≥8
Heating Systems (Steam, Steam Condensate, and Hot Water)^{b,c}							
>350	0.32 – 0.34	250	2.5	3.0	3.0	4.0	4.0
251 – 350	0.29 – 0.32	200	1.5	2.5	3.0	3.0	3.0
201 – 250	0.27 – 0.30	150	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0
141 – 200	0.25 – 0.29	125	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5
105 – 140	0.22 – 0.28	100	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0
Domestic and Service Hot-Water Systems							
105+	0.22 – 0.28	100	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0
Cooling Systems (Chilled Water, Brine, and Refrigerant)^d							
40 – 60	0.22 – 0.28	100	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0
<40	0.22 – 0.28	100	0.5	1.0	1.0	1.0	1.5

^a For insulation outside the stated conductivity range, the minimum thickness (T) shall be determined as follows:

$$T = r \{ (1 + tr)^{Kk} - 1 \}$$

where T = minimum insulation thickness (in.), r = actual outside radius of pipe (in.), t = insulation thickness listed in this table for applicable fluid temperature and pipe size, K = conductivity of alternate material at mean rating temperature indicated for the applicable fluid temperature (Btu-in./[h-ft²-°F]); and k = the upper value of the conductivity range listed in this table for the applicable fluid temperature.

^b These thicknesses are based on energy *efficiency* considerations only. Additional insulation is sometimes required relative to safety issues/surface temperature.

^c Piping insulation is not required between the control valve and coil on run-outs when the control valve is located within 4 ftin. of the coil and the pipe size is 1 in. or less.

^d These thicknesses are based on energy *efficiency* considerations only. Issues such as water vapor permeability or surface condensation sometimes require vapor retarders or additional insulation.

FIN DE LA SECTION 01 47 00