

Estimation des besoins en chauffage d'un bâtiment résidentiel

En quoi consiste l'estimation des besoins en chauffage ?

L'estimation des besoins en chauffage d'un bâtiment consiste à calculer le flux thermique qui s'écoule de l'intérieur vers l'extérieur du bâtiment lors des journées les plus froides (en moyenne) de l'année. Le calcul est effectué en fonction des journées les plus froides parce que c'est dans ces conditions que le bâtiment perd sa chaleur le plus rapidement.

Le flux thermique (*heat flow rate*) est une quantité d'énergie thermique (chaleur) transmise par unité de temps. Il s'exprime en joule par seconde (J/s) ou en watt (W) dans le système international d'unités (1 J/s = 1 W) ou en *British thermal unit per hour* (Btu/h) dans le système impérial d'unités (1 W équivaut à 3,412 Btu/h). Dans ce contexte, le terme besoin fait référence à la puissance requise pour compenser l'effet du flux thermique.

En d'autres termes, l'estimation des besoins en chauffage consiste à calculer le rythme auquel le bâtiment perd sa chaleur dans les pires conditions hivernales. Pour maintenir une température confortable à l'intérieur du bâtiment, les pertes de chaleur doivent être compensées par un apport de chaleur équivalent. Le but du calcul est de déterminer la puissance nette totale requise dans ce bâtiment. Il s'agit d'une étape primordiale dans le processus de conception d'un système de chauffage.

Ce genre de calcul comprend inévitablement une marge d'erreur puisqu'il dépend de plusieurs données imprécises et/ou constamment variables. Le but du calcul est toutefois de faire une estimation qui se rapproche le plus possible de la réalité. La marge d'erreur doit donc être raisonnable. Estimer les besoins en chauffage d'un bâtiment en se fiant seulement à la surface de plancher ne constitue pas une méthode de calcul appropriée. Elle néglige trop de facteurs pour être représentative des besoins réels du bâtiment.

Une méthode de calcul appropriée doit être basée sur des notions de transfert de chaleur et doit considérer au moins les facteurs suivants :

- la température intérieure désirée;
- la température extérieure en fonction des journées les plus froides de l'année;
- la surface et la résistance thermique des parois exposées (murs, toit, plancher sur sol, portes, fenêtres); les parois exposées sous le niveau du sol doivent aussi être considérées dans le calcul;
- l'infiltration d'air extérieur et/ou l'exfiltration d'air vers l'extérieur (fuites d'air);
- le débit d'air neuf introduit par ventilation mécanique (si applicable).

D'autres facteurs comme les gains solaires, les gains de chaleur interne (éclairage, occupants, etc.) et l'emmagasinage de chaleur ont aussi une influence sur le bilan thermique d'un bâtiment. Toutefois, ils sont généralement négligés lors de l'estimation des besoins en chauffage afin d'obtenir un résultat en fonction des pires conditions possibles.

Besoins en chauffage par pièce

Tel que mentionné, l'estimation des besoins en chauffage d'un bâtiment permet de déterminer la puissance nette totale du ou des appareils de chauffage à installer. Cependant, pour être en mesure de bien répartir la chaleur dans le bâtiment, il faut aussi connaître les besoins en chauffage de chacune des pièces. Il est donc préférable de procéder au calcul des pertes thermiques de chaque pièce séparément. Ces résultats peuvent ensuite être additionnés pour obtenir une valeur pour le bâtiment en entier.

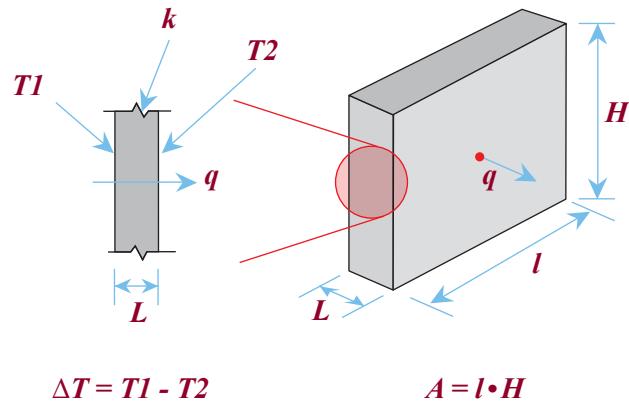
Notions de base en transfert de chaleur

Le phénomène de transfert de chaleur survient dès qu'il y a une différence de température dans un milieu ou entre plusieurs milieux. Le milieu plus chaud cède alors de l'énergie thermique (chaleur) au milieu plus froid. En hiver, un bâtiment transmet donc inévitablement une partie de sa chaleur vers l'extérieur.

Une grande partie de ce transfert est causée par le phénomène de conduction thermique, un mode de transmission de chaleur engendré par l'agitation moléculaire. Contrairement à la convection, la conduction se produit sans déplacement de matière. ►



Schéma 1 : Phénomène de conduction thermique



La conduction thermique constitue la principale cause du transfert de chaleur par les parois exposées du bâtiment (murs, portes, fenêtres, etc.). La valeur du flux thermique unidirectionnel engendré par conduction au travers d'une paroi peut être calculée de la manière suivante :

$$q = A \cdot \frac{k}{L} \cdot \Delta T$$

où :

- q** est le flux thermique transmis au travers de la paroi, en watt (W);
- A** est la surface exposée de la paroi (perpendiculaire au flux), en m²;
- k** est la conductivité thermique de la paroi, en W/(m·°C);
- L** est l'épaisseur de la paroi (dans le sens du flux), en mètre (m);
- ΔT** est la différence de température entre les deux côtés de la paroi, en °C.

Il est toutefois plus fréquent d'utiliser la résistance thermique que la conductivité thermique dans le domaine du bâtiment. Pour une paroi, la résistance thermique correspond à :

$$RSI = \frac{L}{k}$$

où :

RSI est la résistance thermique de la paroi, en m²·°C/W

En utilisant la résistance thermique plutôt que la conductivité thermique, la formule du flux thermique unidirectionnel engendré par conduction au travers d'une paroi devient :

$$q = \frac{A}{RSI} \cdot \Delta T$$

La résistance thermique est généralement identifiée par les lettres RSI dans le système international d'unités et elle s'exprime en m²·°C/W. C'est pour la distinguer de la résistance thermique en système impérial, identifiée par la lettre R et qui s'exprime en pi²·°F·h/Btu.

Pour en savoir plus sur le transfert de chaleur et la conduction thermique, il est recommandé de consulter d'autres ouvrages pour se familiariser avec les concepts suivants :

- les valeurs RSI des différents matériaux utilisés en construction;
- les méthodes pour calculer la valeur RSI totale d'une paroi constituée d'un assemblage de plusieurs matériaux;
- la résistance thermique des pellicules d'air à la surface des parois (liée au phénomène de convection);
- la conduction au travers du sol (pour les parois au sous-sol ou les planchers sur sol).

Considérer le débit d'air neuf introduit par ventilation mécanique

En hiver, l'air neuf acheminé de l'extérieur vers l'intérieur par ventilation mécanique est plus froid que l'air ambiant intérieur du bâtiment. Il ajoute donc une charge au système de chauffage et

doit être considéré lors de l'estimation des besoins en chauffage du bâtiment. Le flux thermique absorbé par l'air neuf peut être calculé de la manière suivante :

$$q = c_p \cdot \rho \cdot 10^{-3} \cdot Q_v \cdot \Delta T \cdot (1 - \varepsilon_s)$$

où :

- q** est le flux thermique absorbé par l'air neuf, en J/s ou W;
- c_p** est la capacité thermique de l'air, en J/(kg·°C);
- ρ** est la masse volumique de l'air, en kg/m³;
- 10⁻³** est un facteur de conversion, en m³/L (10⁻³ m³/L ou 1 m³/(1000 L));
- Q_v** est le débit d'air neuf introduit dans le bâtiment, en L/s;
- ΔT** est la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, en °C;
- ε_s** est l'efficacité sensible du ventilateur récupérateur de chaleur (VRC) en notation décimale (utiliser 0 s'il n'y a pas de VRC).

La capacité thermique de l'air à 20°C et à pression atmosphérique est d'environ 1000 J/(kg·°C) et sa masse volumique est d'environ 1,2 kg/m³ : *

$$c_p \cdot \rho \cdot 10^{-3} = 1000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} = \frac{1,2 \text{ J}}{\text{L} \cdot \text{°C}}$$

Puisque ce sont les conditions de température et de pression qui existent généralement dans un bâtiment, il est possible de simplifier la formule du flux thermique absorbé par l'air neuf de la manière suivante :

$$q = 1,2 \cdot Q_v \cdot \Delta T \cdot (1 - \varepsilon_s)$$

La norme CSA F280

Pour déterminer la puissance des appareils de chauffage desservant un seul logement, l'article 9.33.5.1. Puissance des appareils de chauffage du chapitre I, Bâtiment du *Code de construction du Québec* exige d'utiliser la norme CSA F280 *Détermination de la puissance requise des appareils de chauffage et de refroidissement résidentiels*. Les températures de calcul doivent toutefois être conformes à la section 9.33.3. du code :

- température intérieure de calcul (article 9.33.3.1.) : 22 °C pour tout espace occupé, 18 °C pour tout sous-sol non aménagé et 15 °C pour tout vide sanitaire chauffé;

LES CONSÉQUENCES D'UNE MAUVAISE ESTIMATION

L'estimation des besoins en chauffage d'un bâtiment constitue une étape primordiale dans le processus de conception d'un système de chauffage. Il s'agit toutefois d'un concept parfois négligé ou mal compris. Pourtant, si les besoins en chauffage sont mal évalués, le système ne répondra pas adéquatement aux besoins réels du bâtiment.

Si les besoins en chauffage sont sous-évalués, l'appareil de chauffage sélectionné sera sous-dimensionné. Ainsi, le système ne sera pas assez puissant pour maintenir une température adéquate dans certaines zones du bâtiment lors des journées les plus froides de l'année. Les occupants souffriront alors d'inconfort, ce qui n'est évidemment pas souhaitable.

À l'opposé, si les besoins en chauffage sont surévalués, l'appareil de chauffage sélectionné sera surdimensionné, ce qui l'empêchera de fonctionner à son plein potentiel. Non seulement l'appareil aura coûté trop cher pour rien, mais il n'atteindra pas sa pleine efficacité puisqu'il fonctionnera presque exclusivement à basse capacité.

En résumé, une mauvaise estimation des besoins en chauffage risque d'entraîner des problèmes d'inconfort, de perte d'efficacité et/ou de coûts superflus. C'est pourquoi il est important d'estimer le plus précisément possible les besoins réels du bâtiment avant d'en concevoir le système de chauffage.

- température extérieure de calcul (article 9.33.3.2. et paragraphe 1.1.3.1.2)) : température extérieure hivernale indiquée à l'annexe C du code pour janvier à 2,5 %, en fonction de la région (ex. : -23 °C pour Montréal).

La section 5 de la norme CSA F280 fournit une méthode pour calculer la perte de chaleur totale d'un bâtiment et, par conséquent, pour déterminer la puissance nette totale du ou des appareils de chauffage à installer. Cette méthode tient compte des pertes de chaleur suivantes :

- perte de chaleur par conduction au-dessus du sol;
- perte de chaleur par conduction en sous-sol;
- perte de chaleur par renouvellement d'air (infiltrations, fuites d'air et ventilation mécanique);
- perte de chaleur par les conduits (pour les systèmes de chauffage à air pulsé);
- perte de chaleur par la tuyauterie (pour les systèmes de chauffage hydronique).

* À noter que ces valeurs sont valables pour de l'air sec. Pour déterminer précisément la capacité thermique et la masse volumique de l'air, il faut aussi tenir compte de son taux d'humidité. Par exemple, pour les mêmes conditions de température et de pression mentionnées dans le texte, l'air à 50 % d'humidité relative a une capacité thermique d'environ 1014 J/(kg·°C) et une masse volumique d'environ 1,19 kg/m³. Ces différences ont toutefois peu d'impact sur le résultat final dans le présent contexte. Elles peuvent donc être négligées.

Les pertes de chaleur ci-dessus sont calculées pour chaque pièce. La perte de chaleur totale du bâtiment est la somme des pertes de chacune des pièces. La puissance nette totale du ou des appareils de chauffage à installer ne doit pas être inférieure à 100 % de la perte de chaleur totale calculée pour le bâtiment.

La norme F280 fournit aussi des valeurs de résistance thermique pour différents matériaux de construction ainsi qu'une méthode pour calculer la valeur RSI totale d'un assemblage de plusieurs matériaux.

Calculateur de pertes et de gains thermiques et formation

L'estimation des besoins en chauffage d'un bâtiment prend du temps. C'est ce qui explique qu'elle est parfois négligée au cours du processus de conception d'un système de chauffage.

Heureusement, il existe une variété de logiciels conçus spécialement pour faire ce type d'estimation à l'aide d'un ordinateur. Ces logiciels permettent de calculer les besoins en chauffage bien plus rapidement que la méthode sur papier.

À ce sujet, la CMMTQ met à la disposition de ses membres le calculateur *Pertes et gains thermiques*. Il est disponible au www.cmmtq.org > Technique > Calculateurs > Chauffage.

De plus, la formation *Pertes et gains thermiques* de 16 heures est offerte par la CMMTQ. Cette formation traite, entre autres, de la norme CSA F280 et du calculateur mentionné ci-dessus. Pour plus de détails, consulter le www.cmmtq.org > Formation ou contacter le Service de la formation.

Références

- Section 9.33 Chauffage et conditionnement d'air de la division B du chapitre I, Bâtiment du *Code de construction du Québec*, et *Code national du bâtiment - Canada 2005 (modifié)*, Conseil national de recherches du Canada.
- Norme CSA F280 *Détermination de la puissance requise des appareils de chauffage et de refroidissement résidentiels*, Le Groupe CSA.
- Handbook *Fundamentals*, chapitres 14 à 19 « Load and energy calculations », ASHRAE.
- *Modern Hydronic Heating, 3rd edition*, chapitre 2 « Heating Load Estimates », John Siegenthaler, éditions Delmar.
- *Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 6th edition*, chapitre 1 « Introduction », Incropera, DeWitt, Bergman et Lavine, éditions John Wiley & Sons.