

Avantages du chauffage par résistance électrique

Introduction

Le chauffage par résistance électrique (CRÉ) est une solution simple et sécuritaire qui répond à de nombreux besoins de chauffage et qui offre souvent des avantages considérables par rapport aux autres sources de chauffage. Lorsqu'ils sont utilisés dans des applications résidentielles, commerciales ou industrielles, les appareils de CRÉ constituent une option confortable, efficace et abordable.

L'une des caractéristiques les plus attrayantes du CRÉ est sa simplicité d'utilisation. En effet, seulement deux étapes de base sont requises :

- **alimenter en électricité** un appareil de chauffage électrique;
- ajouter un **thermostat** (intégré ou mural) pour assurer le contrôle de la température.

Les appareils de chauffage électrique fournissent directement de la chaleur dans des pièces individuelles. Ils sont donc tout indiqués pour offrir du chauffage par zone ou du chauffage d'appoint (ils peuvent aussi être utilisés comme source de chauffage principale), ce qui signifie que seules les pièces occupées sont chauffées. Les pièces peu utilisées ou inutilisées peuvent être maintenues à une température inférieure lorsqu'elles sont vides, tandis que les zones principales sont maintenues à une température confortable.

Même si ses fondements physiques n'ont pas changé depuis son invention il y a plus d'une centaine d'années, la technologie du CRÉ continue d'évoluer. Aujourd'hui, les innovations permettent au CRÉ de foncer vers l'avenir avec confiance.

L'un des principaux objectifs du présent **Livre blanc de la National Electrical Manufacturers Association (NEMA)** est de donner un aperçu des récents développements dans le monde du chauffage par résistance électrique (CRÉ). Nous commencerons par explorer de façon approfondie différents types de chauffage électrique. Nous passerons ensuite en revue les attributs du CRÉ, y compris son confort, son efficacité et sa flexibilité d'utilisation. Pour terminer, nous parlerons d'une étude de cas portant sur le chauffage électrique utilisé dans les maisons « vertes ».

Qu'est-ce que le chauffage par résistance électrique (CRÉ)?

En termes simples, le CRÉ est utilisé pour chauffer des espaces de travail et de vie à l'aide de convecteurs, plinthes ou encore des aéroconvecteurs.ⁱ Bien que plusieurs options soient offertes aux consommateurs sur le marché, celles-ci reposent toutes sur les mêmes propriétés physiques de base : le passage d'un courant électrique à travers une résistance permet de convertir l'énergie électrique en chaleur.ⁱⁱ Tous les produits de CRÉ s'appuient sur ce même concept physique fondamental.

Le transfert de chaleur

D'un point de vue physique, la chaleur peut être transférée de trois façons différentes : par conduction, par convection et par radiation. Examinons chacune d'entre elles :

Conduction thermique

La chaleur est transférée par conduction quand un objet entre en contact physique avec un objet plus chaud que lui. Un exemple typique de transfert de chaleur par conduction est une casserole d'eau froide qui devient de plus en plus chaude lorsqu'elle se trouve sur une cuisinière électrique chaude.

Convection thermique

La convection naturelle se produit lorsqu'un objet est chauffé à une température plus chaude que l'air qui l'entoure. Au fur et à mesure que l'air se réchauffe près de l'objet, il monte et est remplacé par de l'air plus froid pour continuer le processus de chauffage. Les plinthes électriques utilisent ce type de convection naturelle pour transférer la chaleur provenant d'éléments résistifs chauds dans l'air ambiant. Les aéroconvecteurs utilisent la convection forcée pour accélérer le processus en faisant circuler l'air chaud artificiellement, mais la technologie repose néanmoins sur le même principe naturel.

Radiation thermique

La radiation est un processus par lequel l'énergie, sous la forme d'ondes électromagnétiques (lumière visible, infrarouge, etc.), se dirige directement et rapidement, à partir d'une surface chauffée, vers les objets qui se trouvent sur le chemin de ces ondes. Contrairement aux systèmes de chauffage par conduction et par convection, les systèmes de chauffage par radiation ne chauffent pas l'air, mais plutôt les objets. Cela fonctionne de façon similaire aux rayons du soleil. Les panneaux radiants en céramique et en quartz sont des exemples de cette méthode. Bien que les câbles chauffants et les panneaux de plafond soient souvent qualifiés de « radiants », ils combinent en fait la conduction (en raison du contact direct avec les pieds), la convection (en réchauffant l'air) et la radiation.

Produits de chauffage résidentiels et commerciaux populaires

Plinthes électriques (et convecteurs)

Les plinthes électriques sont les appareils de chauffage électrique les plus couramment utilisés. Celles-ci utilisent la convection pour faire circuler tranquillement l'air chaud dans une pièce. Au fur et à mesure que les éléments de chauffage se réchauffent, l'air monte naturellement, attirant ainsi l'air plus frais vers les éléments chauds. Les plinthes sont souvent installées sous une fenêtre, tel que le montre l'image ci-dessous, pour compenser l'effet de l'air froid entrant dans la pièce. Le même principe s'applique pour les convecteurs électriques. En effet, en raison de leur conception, ils créent un effet de cheminée qui pousse l'air vers le centre de la pièce.



Image 1 – Plinthe électrique installée sous une fenêtre

Généralement, les maisons (ou les bureaux) chauffées à l'aide de plinthes électriques sont contrôlées par des thermostats individuels. On en voit parfois jusqu'à un par pièce ou par espace. Cela donne beaucoup de flexibilité et augmente l'efficacité opérationnelle, ce qui

permet aux occupants de chauffer seulement les pièces qu'ils utilisent (zone de chauffage) et, ainsi, d'économiser de l'énergie et de l'argent.

Aéroconvecteurs/systemes à conduits



Image 2 – Aéroconvecteur mural

Les aéroconvecteurs sont dotés d'un ventilateur électrique qui permet de transférer rapidement l'énergie provenant de l'élément chauffant électrique vers le centre de la pièce. Lorsqu'ils sont installés dans une salle de bains, une chambre ou une pièce difficile à chauffer, comme une pièce faisant face au nord ou située au-dessus d'un garage, ils permettent de réchauffer rapidement la pièce en question quand la température globale de la maison peut être maintenue plus basse. Cela garantit un confort où et quand les occupants en ont besoin, tout en assurant une grande efficacité et en diminuant la consommation énergétique. De nombreux aéroconvecteurs muraux, comme celui illustré ci-dessus, sont munis d'un thermostat intégré afin de faciliter l'utilisation de l'appareil et d'augmenter la stabilité de la température ambiante.

En plus des aéroconvecteurs, les appareils de CRÉ sont offerts sous la forme de cabinets de ventilation et de serpentins pouvant être installés dans des conduits pour fournir de la chaleur dans de plus grandes zones, notamment dans une maison entière. Parfois, cette application est jumelée à une thermopompe électrique ou à un climatiseur, de façon à pouvoir chauffer et refroidir l'espace. Un niveau d'efficacité encore plus élevé peut être atteint si un appareil de chauffage électrique à air forcé, à accumulation thermique ou à serpentins est interfacé avec une pompe à chaleur électrique. Une pompe à chaleur attire généralement l'énergie de l'air extérieur et l'utilise pour chauffer ou pour refroidir la pièce. Lorsqu'elle est combinée à un appareil de chauffage électrique, la pompe à chaleur peut être utilisée à des températures extérieures beaucoup plus basses, ce qui augmente l'efficacité et diminue l'énergie totale nécessaire au chauffage, tout en assurant le maximum de confort pour l'occupant.

Chauffage radiant

Le chauffage radiant par résistance électrique se décline en plusieurs types, y compris des éléments chauffants en quartz et en céramique qui sont souvent utilisés dans des pièces « trois saisons » et en plein air, ainsi que des câbles chauffants et des panneaux de plafond qui peuvent être utilisés dans toute la maison. Les éléments chauffants en quartz et en céramique ainsi que les câbles chauffants chauffent



Image 3 – Planchers chauffants

directement les objets, de sorte que même lorsque la température de l'air ambiant est basse, les gens qui sont à portée sont tout de même confortables.

Les câbles chauffants pour plancher combinent de l'énergie conductrice (en raison du contact direct avec les pieds des occupants), du chauffage radiant et de la convection. Les panneaux de plafond offrent une combinaison similaire de chauffage radiant et de chauffage par convection, mais n'utilisent pas le chauffage par conduction puisqu'il n'y a aucun contact direct, comme c'est le cas avec le plancher chauffant. L'efficacité énergétique est atteinte parce que la température globale de l'air ambiant peut être maintenue plus basse sans avoir d'effet sur le confort des occupants.

Système électrique de stockage d'énergie thermique

Certains services publics offrent des réductions lorsque la demande d'électricité est relativement faible et, à l'inverse, facturent plus lorsque la demande d'électricité est relativement élevée. Les systèmes électriques de stockage d'énergie thermique (SÉSÉT) tirent profit de ces structures tarifaires en chauffant un support de stockage, souvent de l'eau ou des briques, pendant les périodes à faible coût et libèrent la chaleur emmagasinée lorsque les tarifs sont les plus élevés. Cela permet d'éviter la consommation d'électricité quand elle est plus coûteuse.



Image 4 – Système de stockage d'énergie thermique typique

Plus récemment, une nouvelle variété de SÉSÉT est apparue. Il s'agit du « système électrique de stockage d'énergie thermique raccordé au réseau » ou SÉSÉTRR. Ce produit fonctionne comme les autres SÉSÉT traditionnels, sauf qu'il est capable de communiquer de façon bidirectionnelle avec le service public local. La génération antérieure

permettait seulement une communication unidirectionnelle à partir du service public jusqu'à l'appareil. La communication bidirectionnelle offre un tout nouveau niveau de contrôle au service public et ouvre la porte à d'autres services ainsi qu'à davantage d'efficacité, telles que l'équilibrage du réseau électrique et le stockage de l'énergie renouvelable excédentaire lorsque l'offre dépasse la demande. Le stockage d'énergie est de plus en plus important pour permettre la production de davantage d'énergie renouvelable. Les SÉSÉT réchauffeurs d'espace et d'eau ont une longue durée utile (généralement de 25 ans), ne nécessitent aucun entretien et sont relativement peu coûteux.

Marchés et applications

Le chauffage électrique est couramment utilisé dans des applications résidentielles, commerciales et industrielles.ⁱⁱⁱ Dans toute situation, **le chauffage par résistance électrique (CRÉ) peut être utilisé comme système de chauffage principal ou pour compléter un autre système.** Ce type de chauffage est souvent employé dans des applications commerciales pour compenser la taille des appareils de chauffage à air pulsé. Cela permet l'utilisation d'une unité de plus petite capacité, puisque le chauffage électrique fournit de la chaleur supplémentaire uniquement durant les jours les plus froids de l'année ou dans les zones les plus froides de l'immeuble. En outre, les constructeurs de logements multifamiliaux se tournent de plus en plus vers le chauffage électrique pour permettre à leurs locataires de contrôler efficacement leur niveau de confort.



Image 5 – Exemple d'appareil de CRÉ mural complémentaire au système principal

Pourquoi le chauffage par résistance électrique (CRÉ) est-il aussi populaire?

Au fil des ans, le CRÉ est demeuré un choix populaire dans les marchés résidentiel et commercial pour les diverses raisons qui suivent, entre autres.

Le CRÉ est abordable

L'un des avantages les plus importants du chauffage électrique est son **caractère abordable**. Les coûts d'achat, d'installation, d'entretien et d'exploitation initiaux sont généralement beaucoup moins élevés que ceux des autres options de chauffage. En ce qui concerne les coûts initiaux, les plinthes chauffantes électriques constituent la méthode la moins chère de chauffer des pièces froides, ce qui peut expliquer leur popularité. Le chauffage électrique est très efficace, car il est généralement utilisé pour chauffer seulement les pièces ou les espaces occupés.

Seul le CRÉ constitue une solution abordable dans tous ces espaces. De nouveaux produits, tels que les dispositifs de contrôle sans fil microzones, permettent à plusieurs appareils de chauffage de fonctionner indépendamment, même lorsqu'ils sont raccordés à un circuit partagé.^{iv}

Le CRÉ est efficace

En termes simples, les appareils de CRÉ (que ce soient des plinthes, des aéroconvecteurs, des systèmes électriques de stockage d'énergie thermique, des appareils radiants ou toute autre forme de chauffage) sont presque **100 % efficaces** pour convertir l'électricité en chaleur utilisable. Le CRÉ peut également être utilisé avec des thermostats électroniques, lesquels permettent de contrôler efficacement le niveau de confort (la température ambiante est maintenue à plus ou moins 0,5 °C/0,9 °F du point de consigne) et d'utiliser seulement une partie de la puissance totale de l'appareil. Les appareils de chauffage électrique peuvent fonctionner en continu à un niveau inférieur, ce qui est plus efficace et plus confortable que pendant les périodes de très fortes ou de très faibles demandes où la plupart des autres appareils de chauffage doivent fonctionner à pleine capacité ou être mis à l'arrêt. Les thermostats électroniques ont le potentiel de faire économiser jusqu'à 10 % aux clients par rapport aux thermostats mécaniques traditionnels lorsqu'ils sont combinés à des appareils de CRÉ.

Le CRÉ est confortable (et contrôlable)

Bien que le confort soit clairement subjectif, personne ne peut contredire le fait qu'il est réconfortant de ressentir la température voulue dans la pièce qu'il occupe. Le CRÉ y parvient particulièrement bien, et ce, sans produire de courants d'air froid ou chaud inégaux. Les maisons et les bureaux chauffés à l'aide d'appareils de CRÉ peuvent être contrôlés de façon individuelle par des thermostats séparés dans chaque pièce. En outre, le CRÉ ne produit pas les variations de température souvent associées à d'autres types de systèmes de chauffage, qui

soufflent de l'air frais au démarrage et à l'arrêt. Le CRÉ assure plutôt une température contrôlée chaude et uniforme pour un maximum de confort.

Le CRÉ est propre

Quiconque a vécu dans une maison chauffée à l'aide d'un système à l'huile connaît l'odeur associée à la combustion de l'huile dans une fournaise. **Avec le CRÉ, il n'y a pas de sous-produits de combustion ni d'odeur désagréable.**

Le CRÉ est silencieux

Le fait que le CRÉ est **pratiquement silencieux** constitue l'une des caractéristiques les plus recherchées par les clients. Même lorsque des aéroconvecteurs muraux sont utilisés comme chauffage d'appoint, le bruit de fond ne représente qu'une fraction du bruit produit par les systèmes centraux à conduits, tels que les fournaises à l'huile ou au gaz.

Le CRÉ est adaptable

Beaucoup de propriétaires décident d'ajouter une pièce supplémentaire à leur domicile ou de modifier leur sous-sol en salon, puis d'utiliser du chauffage électrique pour réchauffer ces nouveaux espaces. Même les maisons dotées d'un système de chauffage central ont des pièces situées au-dessus d'espaces froids, comme un garage, ainsi que des pièces éloignées de la fournaise. De plus, les sous-sols sont généralement froids et nécessitent un chauffage d'appoint. L'adaptabilité du CRÉ le rend idéal pour relever ces défis et permet aux propriétaires de continuellement ajouter d'autres sources de chaleur, contrairement aux systèmes de chauffage central, dont les coûts de modification sont souvent élevés.

Le CRÉ est sécuritaire

Lorsqu'il est correctement installé et utilisé, le chauffage électrique est un moyen très **sécuritaire** d'ajouter de la chaleur complémentaire dans les maisons et les bureaux. Il n'y a pas de combustion, comme c'est le cas avec les fournaises au gaz et à l'huile, et aucun gaz de combustion toxique n'est évacué de la maison.

Le CRÉ est écologique : c'est l'avenir du chauffage à faibles émissions de carbone

Du point de vue environnemental, le CRÉ offre aux consommateurs un choix abordable « vert ». Les États-Unis se tournent de plus en plus vers des sources à faibles émissions de carbone pour produire de l'électricité, notamment vers des options qui ne produisent pas d'émissions carboniques comme les énergies renouvelables, l'hydroélectricité et l'énergie nucléaire (ensemble, ces sources représentent près de 40 % de la production américaine). Le CRÉ est entièrement compatible avec l'utilisation d'électricité provenant de sources renouvelables, comme l'énergie éolienne ou solaire.

L'une des avancées les plus passionnantes dans le monde du CRÉ est son intégration avec le déploiement croissant d'énergie renouvelable à l'échelle des services d'électricité. Seul le chauffage électrique est compatible avec l'électricité produite à l'aide d'énergie éolienne ou solaire. Les appareils au gaz sont tout simplement incompatibles.^v Puisque de nombreux services publics offrent aux consommateurs la possibilité d'acheter de l'électricité produite à partir d'énergies renouvelables, les maisons chauffées à l'aide du CRÉ peuvent affirmer fièrement qu'elles sont écologiques.

L'une des innovations du CRÉ est le « système électrique de stockage d'énergie thermique raccordé au réseau » ou SÉSÉTRR (voir plus haut). Ce nouveau produit est conçu pour aider les services publics à stocker l'énergie renouvelable excédentaire dans leurs systèmes en ajoutant un support de stockage dans les appareils de chauffage et les chauffe-eau. Cette énergie stockée peut être utilisée plus tard, sur demande. Cela permet aux services d'électricité de maximiser l'utilisation d'énergie renouvelable qui, autrement, aurait été gaspillée. Ce produit les aide également à réduire leurs émissions de carbone, parfois de plus de 50 %.

Le CRÉ nécessite peu d'entretien

Les appareils de CRÉ comportent très peu de pièces mobiles (souvent même aucune), ce qui se traduit directement par des **coûts d'entretien inférieurs** ainsi que par une plus grande fiabilité. Un simple nettoyage une fois ou deux fois par année est généralement suffisant pour assurer un bon fonctionnement.

Étude de cas Passivhaus

La plupart des pays connaissent une « révolution verte » selon laquelle les consommateurs et les constructeurs sont plus sensibilisés aux questions environnementales. Une excellente étude de cas a été menée dans le monde de la construction : Passivhaus, ce qui signifie « maison passive » en allemand. L'approche Passivhaus consiste à utiliser des structures *super isolées*, de façon à ce qu'une quantité minimale de chauffage soit nécessaire. La majorité des constructeurs Passivhaus choisissent continuellement d'utiliser des appareils de CRÉ pour combler leurs besoins de chauffage, car ceux-ci peuvent être complètement dérivés de sources propres et renouvelables.



Image 6 – Passivhaus

Par exemple, le constructeur d'une maison passive affirme : « la maison des Whitmore n'a pas de fournaise, ce qui entraîne d'importantes économies de coûts. Durant les jours les plus froids, elle est chauffée simplement à l'aide de deux petites plinthes chauffantes électriques. »^{vi}

Dans un autre cas, parce que la demande d'énergie de la maison passive pour chauffer l'espace a été réduite de 90 %, « la chaleur résultante nécessaire pour maintenir le bâtiment à 70 °F est très faible (2 000 watts au moment de la demande de pointe), ce qui permet au système de chauffage traditionnel d'une maison passive d'être considérablement simplifié au moyen de simples plinthes électriques contrôlées par un thermostat dans chaque pièce. Le coût pour installer ce système de chauffage simplifié est d'environ 500 \$ – remplaçant un système de chauffage standard constitué d'une fournaise, d'une dalle radiante, de pompes, de réservoirs de carburant, d'une cheminée et de collecteurs – représentant une économie d'environ 15 000 \$. »^{vii}

Le CRÉ et la construction verte vont clairement de pair!

Conclusion

Le chauffage par résistance électrique (CRÉ) continue d'être un choix populaire auprès des consommateurs et des utilisateurs commerciaux, et cela, pour d'excellentes raisons. Il est abordable, efficace, propre et confortable, entre autres. En outre, le CRÉ est particulièrement efficace pour favoriser l'utilisation d'électricité produite à l'aide de sources d'énergie renouvelables, comme l'énergie éolienne ou solaire. Comme c'est le cas pour la voiture électrique, les consommateurs sont de plus en plus sensibilisés à l'utilisation d'électricité propre. Il est donc raisonnable de penser que les attitudes favorables envers le chauffage électrique augmenteront en conséquence. Il est facile de voir pourquoi l'avenir du CRÉ est si reluisant. En effet, il offre des solutions (à petite et à grande échelle) pour un grand nombre de défis énergétiques rencontrés dans le monde.

Annexe

Le présent Livre blanc a été élaboré par le département du chauffage par résistance électrique de la National Electrical Manufacturers Association (NEMA). L'approbation de ce Livre blanc ne signifie pas nécessairement que tous les membres du département ont voté pour son approbation ou ont participé à son développement. Au moment où le Livre blanc a été approuvé, le département du chauffage par résistance électrique était composé des membres suivants :

Cadet Manufacturing Company	Vancouver, WA
Dimplex North America Ltd.	Cambridge (ON), Canada
Emerson	Rosemont, IL
Marley Engineered Products	Bennettsville, SC
Steffes Corporation	Dickinson, ND
Stelpro	Saint-Bruno-de-Montarville (QC), Canada
TPI Corporation	Johnson City, TN

ⁱ Le CRÉ est également utilisé dans de nombreuses applications autres que le chauffage d'espace, y compris comme fours de séchage des produits peints (des pièces de voiture, par exemple) et pour l'assainissement environnemental des sites de déchets dangereux. Ce document, cependant, se concentre uniquement sur les aspects du chauffage d'espaces résidentiels et commerciaux.

ⁱⁱ http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_heating#Environmental_and_efficiency_aspects

ⁱⁱⁱ Le CRÉ est aussi largement utilisé dans des applications industrielles, mais, comme indiqué plus haut, le présent Livre blanc de la NEMA se concentre sur des applications de chauffage d'espaces résidentiels et commerciaux.

^{iv} Insérer la citation.

^v Une autre différence importante est que la plupart des combustibles fossiles, tels que le propane, le mazout, le bois, le charbon et d'autres biomasses, nécessitent l'achat *préalable*, le stockage et le paiement de ces combustibles. L'électricité est disponible « selon les besoins », et les consommateurs paient généralement pour elle plusieurs semaines *après* son utilisation.

^{vi} <http://citytank.org/2011/05/05/passivhaus-is-german-for-no-brainer/>.

^{vii} <http://www.gologic.us/passivhaus/cost-benefit-of-a-passive-house/>.