

Pompe à chaleur au CO2

La problématique

Le COP de 3 qui diminue fortement quand les besoins de chauffage augmentent, n'est pas une fatalité. L'utilisation de fluides frigorigènes HFC n'est pas une unique solution. Une nouvelle génération de pompe à chaleur utilisant le CO2 (comprimé) présente une efficacité énergétique et un respect environnemental bien supérieurs aux meilleures PAC traditionnelles.

L'analyse et le savoir-faire

Pourquoi le CO2 pour la pompe à chaleur ?

Le CO2 est un fluide sain pour l'environnement et un réfrigérant naturel à très faible GWP (Pouvoir de Réchauffement Global) comparé aux HFC traditionnellement utilisés.

Le CO2 constituant la base de détermination du GWP, sa valeur est de 1 alors que les fluides réfrigérants hydro fluorés présentent des GWP de 1000 à 2000 fois plus élevés (équivalent CO2 émis sur 100 ans).

Il existe pourtant des solutions avec des fluides à GWP nul, comme les hydrocarbures ou l'ammoniac, toutefois, leur caractère inflammable et toxique les éloigne des applications domestiques.

		ODP	GWP	Inflammable	Toxique	Substance Naturelle
Réfrigérant naturels	CO2	0	1	-	-	Oui
	HC	0	+/- 0	++	-	Oui
	NH3	0	+/- 0	+	+	Oui
HFC	R134a	0	1300	-	-	Non
	R410A	0	1900	-	-	Non
	R407C	0	1600	-	-	Non
HCFC	R22	0.055	1700	-	-	Non

Le CO2 présente pourtant une contrainte, celle des pressions utilisables; en effet ? son point critique est très bas (31°C) ce qui implique pour l'utilisation en pompe à chaleur un fonctionnement en zone transcritique. La conséquence en sera un bénéfice, conduisant à l'obtention de températures élevées.

La particularité d'un système au CO2 génère l'utilisation d'un sous-refroidisseur dont le rôle conduit à optimiser l'efficacité de la détente et l'évaporateur permettant ainsi d'assurer la puissance calorifique jusqu'à de très basses températures extérieures, efficacité énergétique moindre que les HFC, cette caractéristique se révèle pourtant de façon différente si l'on

considère un système pour la production de froid ou de chaleur. En effet, ce qui pourrait s'avérer rédhibitoire en froid est largement compensé en mode pompe à chaleur. Le fait de pouvoir travailler sans appoint jusqu'à de basses températures permet d'équilibrer la consommation énergétique globale.

C'est donc un système à haute efficacité qui génère de faibles coûts de fonctionnement.

Produire de l'ECS à bonne température

L'utilisation en zone transcritique permet de générer de l'eau chaude à haute température, utilisable pour de l'ECS. Une pompe à chaleur au CO₂ est donc avant tout un système de production d'eau chaude pour le chauffage et l'ECS avec l'efficacité d'un système thermodynamique, soit un COP de 3,3 à condition nominale.

PAC au CO₂ et PAC classiques

Les coûts d'installation sont de même niveau que l'installation d'un climatiseur.

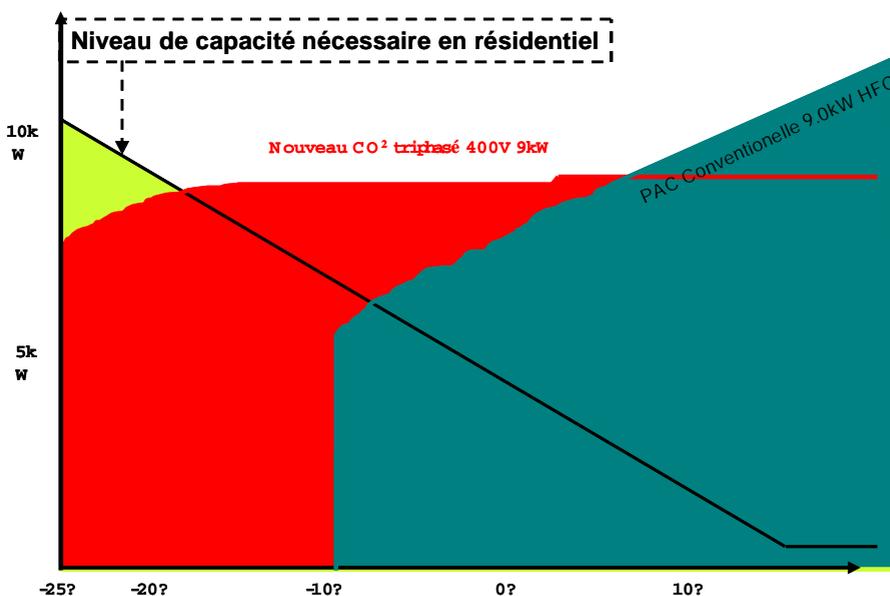
Avec un système qui fonctionne sous d'aussi hautes pressions (130 bars) il va de soi qu'aucune intervention humaine n'est envisageable. Aussi, la pompe à chaleur en elle-même est-elle monobloc, et le seul raccordement à effectuer se fait sur le réseau d'eau chaude.

Son installation en est d'autant facilitée, ne nécessitant que liaison hydraulique et électrique. Le système est compact; la pompe à chaleur ne prend pas plus de place qu'une unité extérieure de pompe à chaleur aéraulique, le réservoir pas davantage qu'un ballon de stockage d'eau chaude.

Son niveau sonore est bas, elle fonctionne à de moins de 45dB-A pour la PAC de 4,5 kW, 48 dB-A pour celle de 9 kW.

L'utilisation d'un compresseur rotatif, dont le niveau de pression acoustique est faible, l'insonorisation de la partie moteur, l'utilisation de ventilateur à moteur DC à aimant permanent, permettent au système de ne générer qu'un faible niveau sonore et ce sans résistance électrique d'appoint, jusqu'à -18°C avec un modèle triphasé.

Comparatif entre système Inverter CO₂ et on/off R410A



Fournir de l'eau à haute température et bénéficier de l'efficacité maximale de l'échangeur en alimentant en basse température

Comme tout système thermodynamique, l'échangeur de CO₂/eau sera d'autant plus efficace que la température d'entrée d'eau sera basse; toutefois, le but et l'intérêt de l'utilisation du CO₂ étant de produire de l'eau à haute température, le système est conçu pour un fonctionnement optimal avec de fort delta T. Les données nominales de la PAC sont relatives à un écart de température entrée/sortie de 20°C.

Fonctionnement général du système

La particularité de la PAC au CO₂ est son double usage, chauffage et ECS. Il va de soi que la pompe à chaleur en elle-même ne produit que de l'eau chaude; pourtant, la haute température de sortie permet la production d'ECS directe, ce qui reste fort délicat pour les PAC aux HFC sans appoint électrique.

La distinction entre réseau de chauffage et d'ECS est gérée par le module hydraulique associé, véritable intelligence du système quant à son application. Sa conception unique, assure à la fois l'interconnexion entre la production d'eau chaude de la PAC et la dissociation quant aux utilisations.

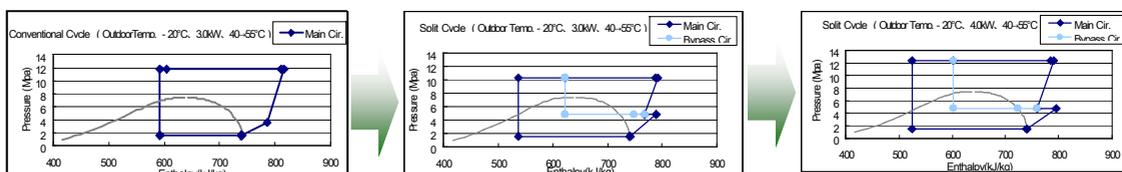
Spécificité liées au dégivrage

Le rôle premier de la pompe à chaleur étant l'échange avec l'eau, le mode de dégivrage utilisé est bien évidemment un dégivrage par injection gaz chaud, assurant le maintien de la production de chauffage. La plage d'utilisation de la pompe à chaleur la destine entre autres à des zones climatiques rigoureuses en hiver. Pour pallier au phénomène de dégivrage, la batterie extérieure dispose d'un système anti-glace; le bas de la batterie est parcouru par 2 tubes haute pression dont le rôle est d'empêcher cette formation de glace.

Fonctionnement thermodynamique

Le cycle thermodynamique utilisé présente certaines particularités liées à l'utilisation du CO₂, aux pressions dues à l'utilisation transcritique et à l'efficacité de l'évaporateur. Comme signalé plus haut, un sous-refroidisseur est utilisé. Non seulement il joue un rôle essentiel dans l'efficacité du système, mais la détente opérée sur le gaz pour cet échange permet également une réinjection à l'étage intermédiaire du compresseur. La conséquence en est de minimiser la pression globale des gaz refoulés, et ainsi réduire la puissance absorbée par le compresseur.

Ce dernier est un compresseur rotatif à piston roulant bi-étagé piloté par Inverter DC – conception unique SANYO. Le rôle premier d'un moteur Inverter est de démarrer progressivement, minimisant ainsi l'intensité absorbée et la conséquence en est une adaptation de la puissance absorbée aux besoins, avec une position que l'on pourrait qualifier de booster. Ces caractéristiques permettent à la PAC de travailler à des pressions de refoulement donc des températures d'échange élevées tout en maîtrisant la consommation énergétique.



Les échangeurs utilisant le CO₂ disposent de tubes de faibles diamètres de sorte à compenser la pression utilisée. Il est procédé de même avec l'échangeur à eau, et celui-ci est de type multi tubulaire, alimenté par un distributeur permettant la bonne alimentation et l'équilibre de chaque réseau. Les tubes de CO₂ sont insérés dans le tube dans lequel circule l'eau de sorte à assurer un échange thermique performant.

Fonctionnement du réservoir

Comme signalé plus haut, le réservoir est la véritable intelligence du système dans son application. C'est l'utilisation conjointe de la pompe à chaleur et du réservoir qui procure la double fonctionnalité chauffage et production d'ECS, mais qui assure également sa bonne efficacité.

Le réservoir comporte 3 zones de température par la mise en place de séparations incomplètes permettant la circulation d'eau et le maintien de température différentes. La zone basse température est destinée au retour d'eau du circuit de chauffage et au départ vers la PAC. Le rôle de la zone médiane à moyenne température sert à l'alimentation principale du circuit de chauffage et au pré-chauffage de l'échangeur d'ECS. La partie supérieure à haute température assure le chauffage complémentaire de l'échangeur d'ECS et l'appoint ponctuel s'il y a lieu pour une élévation de la température de départ d'eau de chauffage. Ce dernier point étant géré par une vanne 3 voies fournie avec le réservoir.

Lors de son fonctionnement été, soit production d'ECS seule, la PAC régule pour cette seule application. En hiver, lorsque les besoins se cumulent, la régulation est prioritaire sur le chauffage. L'écart de température entre les zones médianes et hautes, d'environ 8 à 15°C, peut être suffisant pour la production d'ECS. Si toutefois le besoin est supérieur, une résistance électrique peut assurer le complément. La mise en fonction de celle-ci est indépendante de la PAC et n'est liée qu'à la seule demande en ECS. Cette résistance est connectable par palier de 1,5 kW, de sorte à être alimentée en regard des seuls besoins possibles (par exemple, le nombre de personnes dans l'habitat) et ainsi s'assurer de maîtriser la consommation électrique associée.

Une résistance électrique est présente dans la partie médiane. Son rôle est limité au secours en cas de défaillance de la PAC, afin de ne pas laisser un utilisateur sans chauffage aucun. Elle ne peut en aucun cas être mise sous tension tant que la PAC n'est pas en défaut.

Le fonctionnement de la pompe à chaleur est géré par une loi d'eau qui sera définie en regard des besoins de chaque utilisation (zones géographiques & confort souhaité). La régulation comporte en outre programmation journalière et hebdomadaire, choix des points de consigne, etc ...

Les aspects sécuritaires et réglementaires

Les pressions utilisées dans un système thermodynamique fonctionnant avec du CO₂ rendent plus que délicate une quelconque intervention sur le circuit frigorifique. En cas de défaillance, seul le changement pur et simple de la pompe à chaleur est réalisé. Il va de soi que face à ce mode obligé de gestion, le suivi quant à la qualité de fabrication est draconien, autant pour des raisons de sécurité que pour des raisons économiques.

Enfin, consistant en un système comportant une régulation électronique complexe, dont l'application est avant tout le domaine résidentiel, la pompe à chaleur CO2 répond non seulement à toutes les normes habituelles de ce type de système, mais également à la norme de compatibilité électromagnétique spécifique au domestique, EMC EN 61000-3-2.

Les solutions produits

La gamme de pompe à chaleur est composée de 2 types de puissances, 4,5 kW et 9 kW à 7°C extérieur pour un régime d'eau de 50°C en sortie et 30°C en entrée ; la pompe à chaleur est disponible en version 230 volts monophasée et 400 volts triphasée.

Développées et très utilisées au Japon, ces pompes à chaleur ont fait leur entrée sur le marché européen en 2005. Leur particularité a fait de la Scandinavie la première cible avec le système de 4,5 kW – la structure de l'habitat ne nécessitant pas davantage à cause de l'isolation et de la gestion d'air neuf.

A ce jour, plus de 4000 PAC sont installées. Leur succès reste constant, par la qualité du chauffage produit, par l'économie d'énergie générée et ainsi que par leur fiabilité.