

PAC aérothermique en substitution de chaudière

Le cas évoqué ci-après concerne aussi une maison individuelle située en région parisienne. Cette habitation équipée initialement d'une chaudière fioul a été modernisée en ce qui concerne la génération thermique. La chaudière fioul a été remplacée par une PAC aérothermique. Après modification aucun complément (gaz ou fioul) qui aurait nécessité un investissement plus important n'a été prévu.

PAC aérothermique

Située en zone H1a relativement froide, cette maison individuelle à un seul étage était équipée d'un chauffage conventionnel du type chaudière fioul et radiateurs à circulation d'eau. La consommation annuelle de fioul était bon an mal an de 3200 litres pour une surface habitable totale chauffée voisine de 160 m².

Une fuite provoquée par la corrosion de la citerne de fioul à simple paroi et le coût important pour assurer son remplacement par une cuve à double parois (6640 €) remet en cause le chauffage existant. Le sous-sol total, habitable en partie, aurait pu recevoir une chaudière gaz à condensation en remplacement de la chaudière existante au fioul mais le propriétaire, malgré le surcroît de dépense de 7600 € associée au chauffage thermodynamique, a estimé qu'il était de son intérêt de remplacer la chaudière existante par une PAC *air eau* haute température à deux fluides caloporteurs permettant de disposer d'une température de départ vers les radiateurs de 65°C. La mise en place de la PAC en lieu et place de la chaudière fioul est effectuée en octobre 2009 juste avant la période de chauffe. Pour calculer la consommation et évaluer le retour économique un compteur électrique **1** contrôle la consommation de la PAC. A noter que celle-ci assure maintenant à la fois le chauffage et l'eau chaude sanitaire alors que la production ECS était assurée par un ballon électrique avec l'ancienne chaudière. Compte tenu du dégrèvement de 40% sur le montant de la PAC hors MO (crédit d'impôt), la dépense initiale pour le propriétaire incluant le remplissage de la cuve béton et le renforcement de la ligne électrique s'est élevé à 14 250 € TVA 5,5% comprise.

Le fonctionnement du compresseur s'avère particulièrement silencieux, le niveau sonore de l'évaporateur situé dans le jardin contre un mur sans fenêtre restant acceptable. Reste le dégivrage et la formation de glace sous l'évaporateur lorsque la température extérieure descend en dessous de 0°C. (Voir zone ombrée du tableau page 304)

Cette particularité de la PAC à compresseur *air eau* haute température rend son utilisation délicate pour le chauffage urbain en hiver lorsque l'évaporateur est monté en terrasse ce qui pourrait conduire à limiter la PAC *air eau* uniquement au fonctionnement en relève dans le cas du chauffage collectif

Résultats

Pendant la période la plus froide allant de décembre à février les températures de départ vers les radiateurs restent pratiquement constantes et comprises entre 60 et 65 °C et ceci pour une température dans le séjour oscillant entre 19,7 et 21,6 °C maximum prouvant que sous réserve d'une bonne fiabilité dans le temps du compresseur (garantie 5 ans) le choix concernant le confort a été le bon.

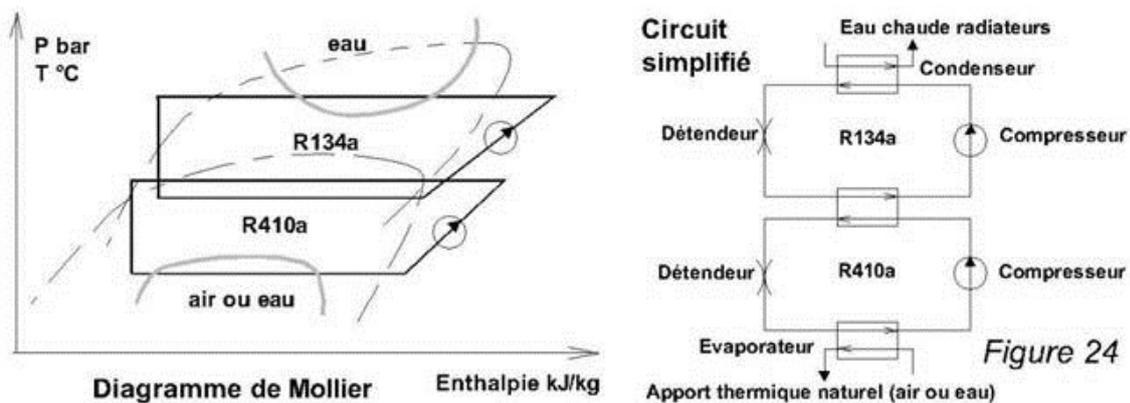
Mois	1 kWh	Prix électricité HT (0,07 €/kWh)	Prix électricité* TTC (0,09 €/kWh)
Décembre 2009	1800	126	160
Janvier 2010	2300	161	205
Février 2010	1720	120	153
Mars 2010	1243	87	111
Avril 2010	703	49	62,5
Mai 2010	254	18	22,7
Juin 2010	238	16,6	21,2
Juillet 2010	230	0	20,5
Aout 2010	230	0	20,5
Septembre 2010	491	43	53,7
Octobre 2010	714	50	63,5
Novembre 2010	1170	82	104
Total 12 mois	11 093 kWh	784,6 €	997 €

Relevé des consommations mensuelles de décembre 2009 à novembre 2010

Nota : Le propriétaire s'étant absenté pendant les mois de juillet et aout, il a été supposé une consommation de 16 kWh pour chacun de ces 2 mois similaire à celle de juin. *On observe que la TVA sur l'électricité est proche de 27%. On peut déduire à partir des chiffres ci-dessus que le choix du propriétaire a été le bon en termes de retour économique. La consommation électrique totale de la PAC s'élevant à 11 093 kWh pour l'année 2009/2010 alors que l'équivalent thermique de 3200 litres de FOD est de 32 000 kWh, l'économie en énergie primaire correspondant à la production d'EnR est proche de 21 000 kWh et l'on arrive à un coût d'investissement de 0,68 € par kWh d'énergie primaire économisé annuellement (14 250 / 21 000), soit un retour économique voisin de 7,5 ans sur la base d'une énergie primaire à 0,09 €/kWh TTC pour l'électricité (0,68/0,09). En pratique ce retour économique est amélioré par le fait que la production d'ECS est maintenant assurée par la PAC. Le COP annuel global moyen de cette PAC voisin de 3,5 assure une production d'EnR importante et une faible génération de GES. Le fait que cette performance reste modeste par rapport au COP théorique s'explique probablement en bonne partie par les cycles de dégivrage soufflant de l'air chaud dans l'évaporateur pour éliminer la glace provenant du givrage

La pompe à chaleur haute température

La pompe à chaleur que l'on vient d'exposer est une PAC haute température plus complexe et plus aussi plus onéreuse fabriquée pour l'instant en petites séries. L'apparition du R744 (en pratique du CO2) peut changer la donne mais pour l'instant ces PAC constituent une avancée technologique intéressante pour la rénovation thermique. En pratique la PAC nécessite un compresseur supplémentaire et utilise deux fluides caloporteurs ayant des températures de condensation et d'évaporation complémentaires (Le R410a et le R134a). Théorie et expérience sont combinées pour améliorer les performances, la source chaude du premier circuit à plus basse température (Le R410a) faisant office de source froide pour le deuxième circuit fonctionnant à plus haute température (Le R134a). L'adjonction d'un échangeur de température à contre-courant interface assure le transfert d'énergie entre le premier et le deuxième circuit. Cet échangeur joue le rôle de condenseur pour le 1er étage de la PAC et permet d'augmenter la température de la source froide du 2ème étage et d'améliorer le COP. Il est ainsi possible d'atteindre environ 70°C voire plus dans le circuit des radiateurs.



Principe de la PAC double en cascade à deux fluides caloporteur (procédé DAIKIN)

		Point de rosé de l'air selon température ambiante °C					
Ambiance °C		-7	4	16	27	38	49
Humidité relative %	90%	-8	3	14	25	36	47
	80%	-9	1	12	23	34	43
	70%	-11	-1	10	20	31	41
	60%	-12	-3	7	18	28	38
	50%	-14	-5	4	15	25	34
	40%	-17	-8	2	11	21	31
	30%	-21	-11	-2	7	16 ;	25

La formation de glace en hiver

Le lecteur comprendra l'utilité du tableau ci-dessus autant pour le phénomène de givrage des PAC air eau en relève (partie grisée de gauche) que pour l'efficacité des chaudières à condensation (partie droite du tableau)

L'avenir m'intéresse



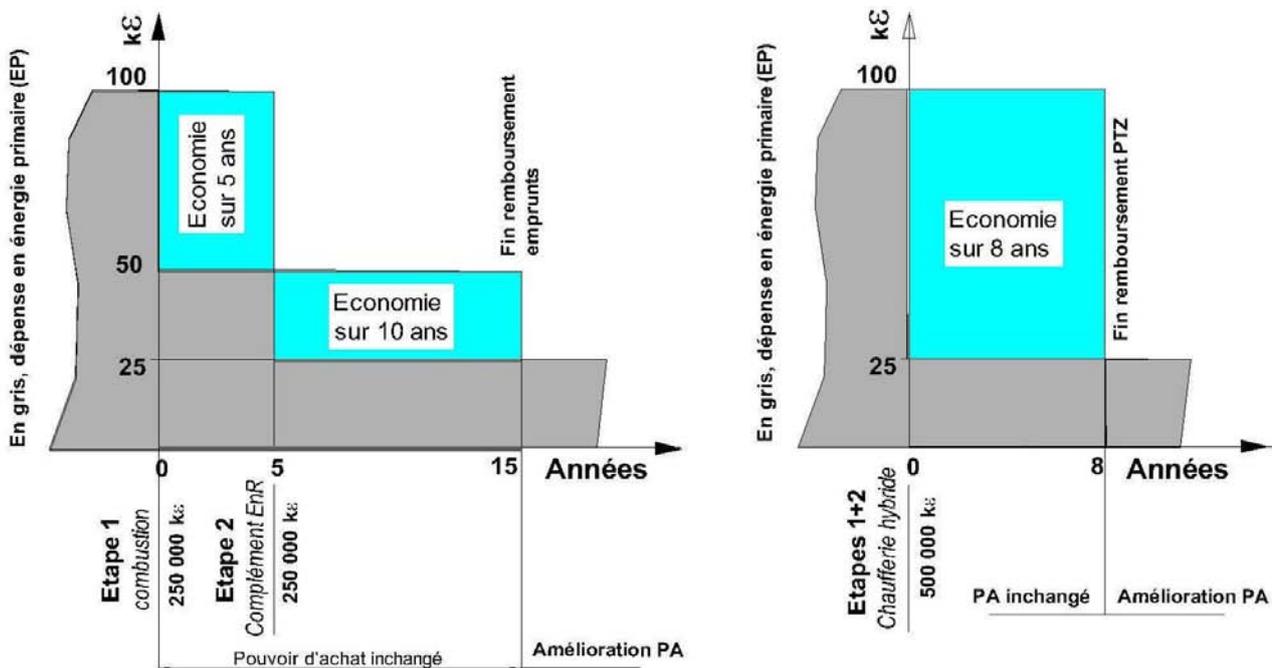
L'évaporateur (source froide) disposé à l'extérieur de la maison



La Partie source chaude de la pompe à chaleur disposée sur le socle de l'ancienne chaudière fioul

Ces deux sous-ensembles distants de quelques mètres sont reliés par deux flexibles traversant les murs de la maison et dans lesquels circule le fluide caloporteur. Un thermostat d'ambiance situé dans la salle de séjour et associé à un petit régulateur permet de télécommander la température de consigne

Financement par les économies d'énergie



Les deux propriétaires précédents commencent à être récompensés mais il faut du courage pour installer une chaufferie EnR en substitution de chaudière sans avoir, comme on vient de le voir, la sécurité procurée par la combustion. Afin d'assurer la pérennité du chauffage, il est probable que dans les quelques décennies qui viennent la copropriété préfère implanter des chaufferies hybrides associant la combustion et l'enthalpie. Elles peuvent dans ce cas procéder en deux étapes successives comme indiqué sur la figure de gauche. Elles peuvent aussi pour raccourcir la durée du remboursement de l'emprunt et avancer la période à partir de laquelle leur pouvoir d'achat va augmenter procéder en une seule étape comme indiqué sur la figure de droite.