

Les composants d'une chaufferie hybride GAZ-PAC

La partie GAZ

Mis à part les émetteurs thermiques situés en dehors de la chaufferie et un capteur de température extérieur éventuel, les fonctions des principaux composants du circuit de chauffage bien connus des chauffagistes et situés en chaufferie sont les suivantes :

1. La vanne trois voies de régulation qui permet de régler la température de départ vers les émetteurs thermiques de l'eau dans le réseau de chauffage. Ceci en mélangeant l'eau chaude produite par la chaudière avec l'eau tiède de retour du réseau.

2. Le circulateur constitué par une pompe basse pression ayant pour rôle de mettre l'eau en circulation dans le réseau de chauffage. Le circulateur peut être simple ou double, comme représenté sur la figure (Rep 2). (Une pompe est en fonctionnement, l'autre est en secours ou pour reprendre une terminologie anglo-saxonne souvent employée en stand-by.)

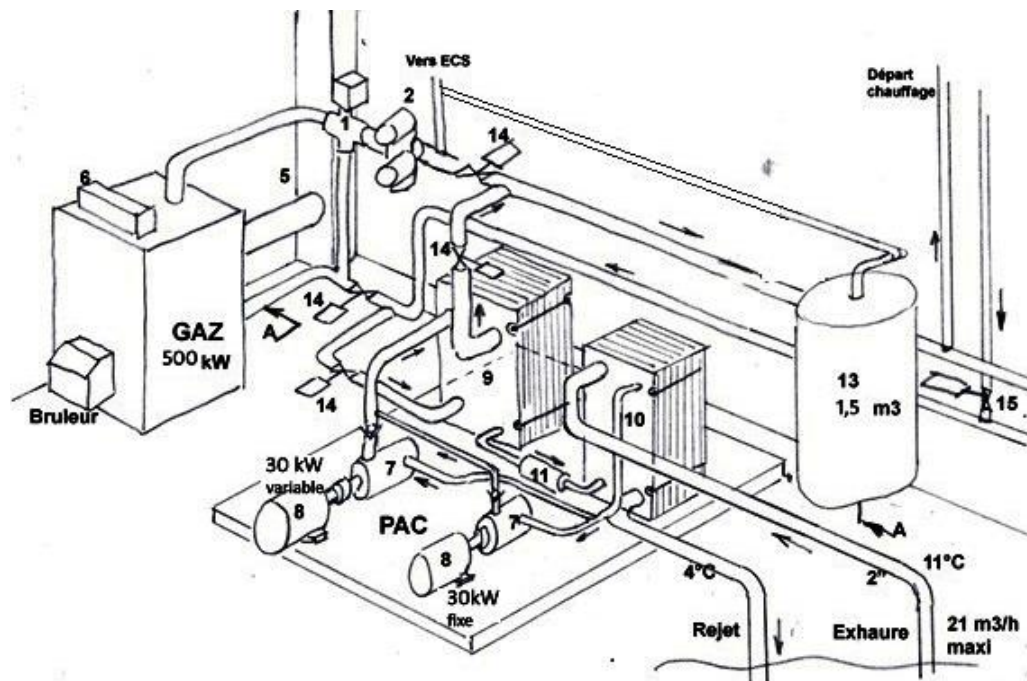
3. Le vase d'expansion non représenté sur la figure est raccordé sur le réseau de chauffage. Il permet d'absorber la dilatation de l'eau lors de sa montée en température et d'éviter les surpressions dans le réseau.

4. Un dispositif d'alimentation en eau froide du réseau en **A** comprenant un clapet anti-retour (évitant tout retour d'eau du circuit de chauffage vers le réseau d'eau potable et avec obligation de vérification une fois par an par un personnel qualifié) ainsi qu'un compteur d'eau chaude (disposée après le clapet anti-retour permettant de contrôler les appoints d'eau sur les deux réseaux A).

5. Le conduit de fumée la plupart du temps en acier inoxydable assurant l'évacuation des gaz de combustion.

6. Le régulateur de la chaudière à gaz : plus il fait froid à l'extérieur, plus la température de l'eau de chauffage alimentant les radiateurs est élevée. Cette fonction est assurée par un régulateur en fonction de la température extérieure. Il est placé dans l'armoire électrique de la chaufferie ou est intégré dans la chaudière. Il est raccordé à :

- une sonde de température extérieure placée en façade nord du bâtiment ou en terrasse ; (certaines régulations fonctionnent parfaitement avec a sonde placée à l'intérieur du bâti)
- une sonde de mesure de température d'eau au départ du réseau de chauffage ;
- une régulation qui agit sur la vanne à trois voies de régulation **1** pour mélanger l'eau moins chaude de retour du réseau de chauffage à celle plus élevée du circuit interne de la chaudière pour obtenir de l'eau à la température demandée par le régulateur. Les régulateurs sont également équipés d'une horloge de programmation pour baisser le chauffage la nuit selon un programme journalier ou hebdomadaire.



Vue d'ensemble partie GAZ avec source froide et chaude de la PAC.

Chaufferie hybride GAZ-PAC aquathermique

L'évaporateur des PAC aquathermiques est implanté dans la chaufferie et ne fait aucun bruit contrairement à l'évaporateur des PAC aérothermiques situés le plus souvent sur la terrasse. Pour les grosses pompes à chaleur, le constructeur de la PAC peut décider de prévoir deux, trois, voire quatre compresseurs (repère 8) fonctionnant en parallèle. L'échangeur à plaques (repère 9) qui joue le rôle de condenseur peut être remplacé par un échangeur multitubulaire (étanchéité) selon la pression requise par le fluide caloporteur utilisé. Ne sont pas représentés :

- l'isolation thermique des deux échangeurs de température à contre-courant constituant le condenseur et l'évaporateur. (repères 9 et 10)
(Voir réalisation dans une maison individuelle, page *Error! Bookmark not defined.*) ;
- l'isolation phonique des compresseurs et de leur moteur électrique d'entraînement. Cette isolation, constituée par un capot, recouvre les groupes motopompes constitués par les compresseurs (repère 8). Ces derniers sont disposés horizontalement pour les PAC de forte puissance ou verticalement pour les PAC de moindre puissance souvent équipées de compresseurs Scroll ;
- l'armoire électrique de commande des moteurs électriques ;
- les valves deux voies d'isolement éventuel du circuit ECS ;
- les auxiliaires tels que le vase d'expansion, le dispositif d'alimentation en eau du réseau en **A** comprenant un clapet anti-retour, les compteurs d'eau froide permettant de contrôler les appoints d'eau sur le réseau de chauffage et l'ECS ;
- le circuit de stockage du fluide frigorigène ;
- les auxiliaires éventuels de visualisation de l'état du fluide caloporteur.

La partie PAC

Elle comprend principalement :

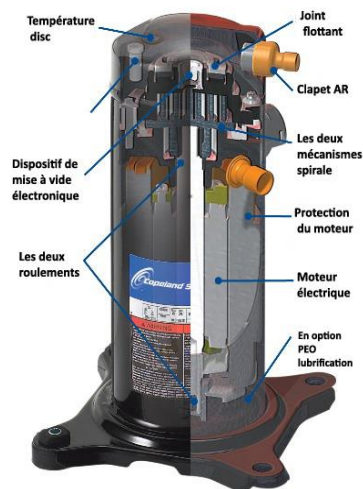
7. Le (le plus souvent les) compresseur(s)

Le compresseur des pompes à chaleur comprime le fluide caloporteur alors qu'il est en phase gazeuse. Le compresseur est le plus souvent une pompe à spirales (Scroll) ou à vis, parfois à pistons. Il comprime le fluide frigorigène en phase gazeuse avant qu'il ne pénètre dans le condenseur **9**. Moins sensibles à la présence d'eau que la plupart des autres types de pompe, les compresseurs à spirales Scroll sont robustes et **relativement silencieux**. (Le déplacement relatif des deux spirales mécaniques en contact est très faible voire nul.) Traînés par un moteur électrique à vitesse constante situé à l'intérieur de la pompe, ils sont disponibles pour des puissances à la source chaude allant jusqu'à 300 kW avec plusieurs compresseurs étagés.

Les compresseurs Scroll sont équipés d'un dispositif de mise à vide à commande électronique par impulsions basé sur un petit jeu mécanique latéral permettant d'adapter le débit du fluide caloporteur au besoin thermique. Le clapet AR est intégré au refoulement du compresseur. Ce sont les compresseurs qui assurent le débit de circulation du fluide frigorigène dans la pompe à chaleur.



Les deux mécanismes à spirales



Les compresseurs à spirales
COPELAND

Le clapet AR permet d'implanter plusieurs compresseurs disposés en cascade.

8. La variation de débit des PAC de plus forte puissance est assurée par des compresseurs à vis ou à pistons entraînés par un moteur électrique à vitesse variable.

Les moteurs électriques à *vitesse variable* sont alors montés à axe horizontal tel qu'indiqué sur la vue d'ensemble précédente et la figure ci-contre. Il est préférable de prévoir au moins deux compresseurs de taille identique branchés en parallèle.



Dans ce cas, et pour diminuer l'investissement, un seul variateur de vitesse est suffisant, le compresseur entraîné par un moteur asynchrone standard moins onéreux pouvant être arrêté en mi-saison afin de ne pas affecter les performances de la pompe à chaleur, la régulation de puissance étant assurée par le compresseur entraîné à vitesse variable.

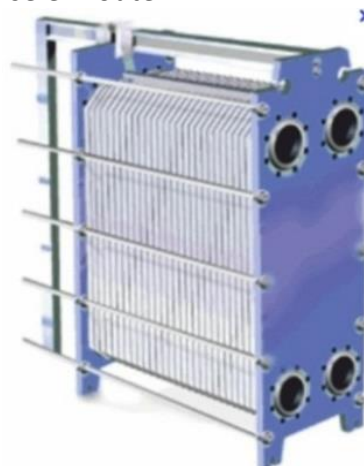
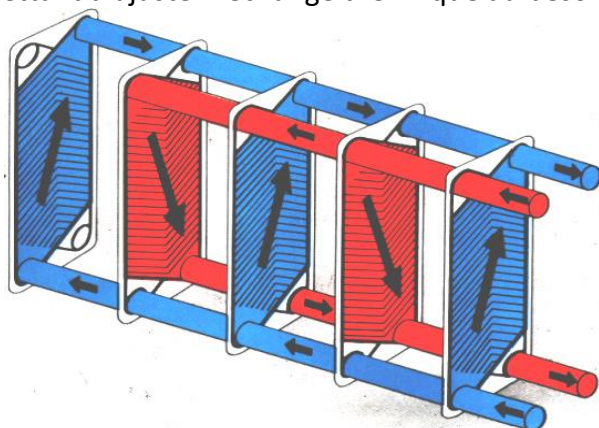
9. Le condenseur. Le fluide frigorigène à l'état gazeux se condense dans cet échangeur en générant une grande quantité de chaleur. Étanche et isolé, le condenseur n'est autre qu'un échangeur à

contre-courant assurant un transfert thermique vers le circuit chauffage de la chaleur provenant de la condensation du fluide caloporteur. Cet échangeur réchauffe l'eau tiède de retour des émetteurs thermiques. Pour assurer cette fonction, il reçoit le gaz très chaud sortant des compresseurs. Il doit résister à la pression régnant dans le circuit et peut être du type multitubulaire ou à plaques. Il doit être correctement isolé.

10. L'évaporateur. Il est constitué également par un échangeur de température à contre-courant souvent à plaques en raison de sa plus grande souplesse d'utilisation. Il reçoit le fluide frigorigène alors que celui-ci se trouve être à une pression proche de la pression atmosphérique et à très basse température lorsqu'il sort du détendeur **11**. Il est, dans le cas de la PAC aquathermique, raccordé au circuit hydraulique de la pompe d'exhaure et au rejet. Le froid intense généré par le fluide frigorigène lors de son évaporation a pour effet de faire chuter la température de l'eau venant de l'exhaure (l'eau pompée sous la nappe phréatique arrive à environ 10/12 °C dans l'échangeur et est rejetée à environ 4 à 5 °C). Dans le cas de la pompe à chaleur *air eau*, l'évaporateur est constitué par un radiateur à ailettes disposé en toiture dans lequel un ventilateur propulse l'air ambiant en abaissant sa température. Les parties source chaude des PAC *eau eau* et *air eau* sont identiques. Un dispositif de dégivrage automatique complète l'ensemble dans le cas de la PAC *air eau*.

Les échangeurs de température à contre-courant

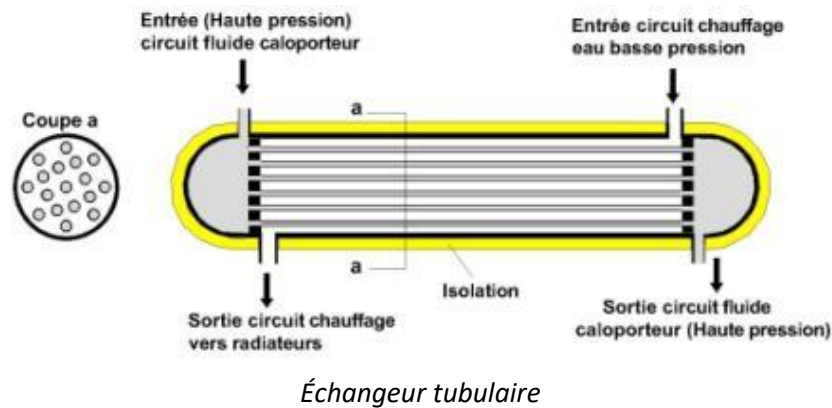
L'évaporateur et le condenseur des PAC *eau eau* sont en pratique des échangeurs à contre-courant. Plus faciles à nettoyer ou à modifier en ce qui concerne les surfaces d'échange thermique, les échangeurs à plaques sont préférés aux échangeurs tubulaires lorsque la pression est modérée. Afin d'éviter toute fuite du fluide caloporteur, les tirants qui serrent les plaques les unes contre les autres doivent être dimensionnés pour résister à une pression d'épreuve égale à 1,5 fois la pression de travail. Il doit être prévu un dégagement à l'arrière des deux échangeurs à plaques pour faciliter leur nettoyage éventuel ainsi que l'adjonction ou la suppression de plaques permettant d'ajuster l'échange thermique au besoin lors de la mise en route.



Principe

Fluides	Pression maxi de service	Température maxi de service	Matériaux		Coefficient d'échange eau/eau	Surface maxi d'échange par appareil	Débit maxi par fluide
			Joints	Plaques			
Liquide/liquide ou Vapeur/liquide	25 bar	150°C à 200°C selon le type de joint ²	Nitrile Viton Hypalon Téflon Néoprène	Inox Titane Titane-palladium	3500 à 7500 W/m ² K	2200m ²	3500 m ³ /h

Domaine d'utilisation des échangeurs à plaques Alfa Laval (Courtesy INSA)



Dans le cas de la PAC aquathermique, le condenseur (repère 9) et l'évaporateur (repère 10) sont logés en chaufferie alors que dans le cas de la PAC aérothermique l'évaporateur assurant l'échange thermique avec l'environnement s'effectuant avec l'air est situé généralement en terrasse à l'extérieur du bâtiment (*voir page Error! Bookmark not defined.*).

L'évaporateur d'une PAC aérothermique comprend des ventilateurs pulsant l'air environnant dans des radiateurs à ailettes



11. Le détendeur

Il peut être constitué de tubes capillaires de faible diamètre ou d'un orifice à ouverture contrôlée. La détente s'effectue lorsque le fluide caloporteur est à l'état liquide, le fluide frigorigène commence à se refroidir du fait de la chute de pression dans le détendeur avant d'alimenter l'évaporateur **10**.

12. Un châssis

Le plus souvent tubulaire, il supporte tous les matériels ci-dessus (voir livre du même auteur *La rivière et l'énergie*, page 55). Il est livré monté et tuyauté par le constructeur de la pompe à chaleur. Il comprend tous les auxiliaires de visualisation du fluide frigorigène, de mesure du débit venant de l'exhaure (le plus souvent à flotteur), les prises d'informations telles que jauges de température, capteurs de pression, débitmètres. Le châssis supporte également l'armoire électronique de commande du variateur de vitesse éventuel (ou la commande de mise à vide électrique à impulsions), si l'on souhaite éviter la régulation « tout ou rien ».

13. Les ballons tampon.

Indispensables dans le cas de la régulation « on-off », ils ont pour fonction de stocker l'énergie de chauffage de telle sorte que le cycle de fonctionnement des compresseurs soit correct et qu'ils ne soient pas arrêtés trop souvent, ce qui affecte le rendement de la pompe à chaleur et la tenue du compresseur dans le temps. Ils peuvent être plus petits dans le cas où le compresseur assure la variation du débit (variateurs de vitesse ou mise à vide).

14. Des vannes deux voies à boisseau sphérique

Ces vannes à commande électrique permettent d'assurer les commutations selon les modes de marche envisagés. Elles sont prévues normalement fermées ou normalement ouvertes, selon les cas.

15. Les vannes d'équilibrage des colonnes montantes ou descendantes du réseau chauffage

16. Armoire de contrôle Cette armoire, généralement fixée au mur de la chaufferie préférentiellement à une implantation sur le châssis repère 12, comprend une *console de programmation* permettant de régler la consigne de température e , d'adapter les modes de marche au besoin, l'ensemble des relais électriques assurant le bon fonctionnement du mode de marche souhaité étant incorporés dans cette armoire. Afin de faciliter l'adjonction du complément EnR, il peut être souhaitable de prévoir un espace disponible dans cette armoire pour recevoir un automate programmable assurant le contrôle de l'ensemble et les commutations GAZ ↔ PAC de la chaufferie hybride.

17. Visualisation et télégestion. Pour les groupes d'immeubles nécessitant une grosse pompe à chaleur, un *pupitre de visualisation* avec synoptique de fonctionnement permet en cas d'incident de visualiser l'état du circuit et des vannes disposées en chaufferie. Ceci en tant qu'aide au diagnostic en donnant des informations sur l'emplacement de l'organe défectueux, encrassé ou mal réglé. Mais le plus utile sera probablement le dispositif de *télégestion*. Compte tenu de la complexité relative de ce genre d'équipement, une centralisation des informations par modem va probablement s'avérer rentable pour les immeubles supérieurs à 50 lots. Rentable dans la mesure où elle permet au fournisseur de la chaufferie mixte à base d'EnR d'assurer le contrôle à distance de cette chaufferie. Et ceci sans que cette prise en main du fonctionnement ne nécessite le coûteux déplacement d'un ingénieur en génie climatique et son hébergement sur place. Dans un premier temps et lors de la période de mise en route, le contrôle par modem peut aussi favoriser l'optimisation à distance par le constructeur du COP par le constructeur de la PAC. Dans un deuxième temps, il peut aider l'utilisateur dans la mesure où il n'a plus à se préoccuper du diagnostic en cas d'incident, celui-ci lui étant communiqué par mail avec consigne sur les actions à prendre à destination du personnel assurant l'entretien de la chaufferie.

18. Prises d'informations et compteurs. Le dispositif de télégestion devant porter un jugement valable sur le comportement de la PAC, les prises d'information devront être prévues aux bons endroits lorsqu'elles s'avèrent nécessaires à la télégestion. Ces prises d'information peuvent être par exemple des thermomètres sur la tuyauterie de départ et de retour vers les radiateurs ou les planchers chauffants, un compteur électrique comptabilisant l'énergie consommée ou de la puissance instantanée consommée par le moteur électrique d'entraînement des compresseurs. Devront être prévues également : tous les organes dédiés à la pompe à chaleur lui permettant de visualiser sa consommation électrique et d'optimiser ses performances. (Par exemple un thermomètre en ligne sur la tuyauterie alimentant les radiateurs ou les planchers chauffants au départ de la PAC.)

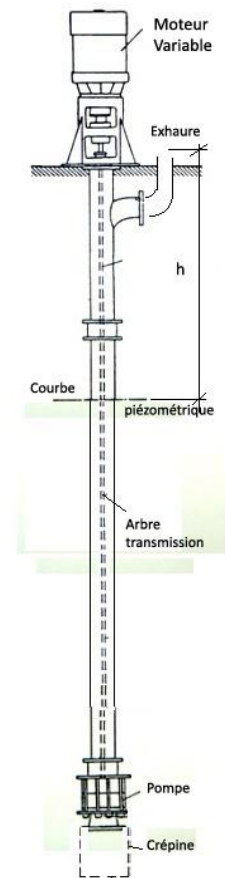
Consommation des éléments auxiliaires de la PAC aquathermique

La consommation des éléments auxiliaires, qu'il s'agisse des pompes de circulation du circuit des radiateurs, de celle de l'ECS ou de la pompe à eau immergée prévue sur l'exhaure représentée sur la figure de droite, affecte légèrement le rendement d'ensemble. Un forage à une cinquantaine de mètres de profondeur permet de bénéficier de l'apport de la Seine et de l'épaisseur de la nappe libre afin de garantir la pérennité du débit à l'exhaure. Le positionnement du puits doit tenir compte du sens d'écoulement de la nappe libre ; la distance entre la pompe de l'exhaure et la PAC doit être assez importante. La viscosité cinématique de l'eau d'un centistoke entraîne des pertes de charge en ligne acceptable. Le calcul ci-dessous prouve que la puissance du moteur entraînant

la pompe immergée ne dépasse pas 5 kW si l'on tient compte de la perte de charge additionnelle du filtre de protection. Cette pompe a une fonction importante puisque l'essentiel de la puissance thermique de la PAC est transmis par le débit d'eau Q_f qu'elle délivre.

À titre d'exemple, pour un débit maximum de l'ordre de 25 m³/h (415 l/mn) et une distance de 70 mètres entre la pompe immergée et l'évaporateur de la PAC situé en chaufferie, une tuyauterie de 2,5" ou 62 mm de diamètre entraîne une vitesse fluide voisine de 2,5 m/s et une perte de charge totale limitée à environ 1 bar soit, avec la hauteur de refoulement h ne dépassant pas une vingtaine de mètres lorsque la nappe phréatique est basse (voir courbe piézométrique, page 60), une pression totale de refoulement de l'ordre de 2 bar et une puissance utile limitée à environ 3 kW. Cette pompe peut être entraînée par un moteur électrique à vitesse variable pouvant assurer la variation du débit Q_f .

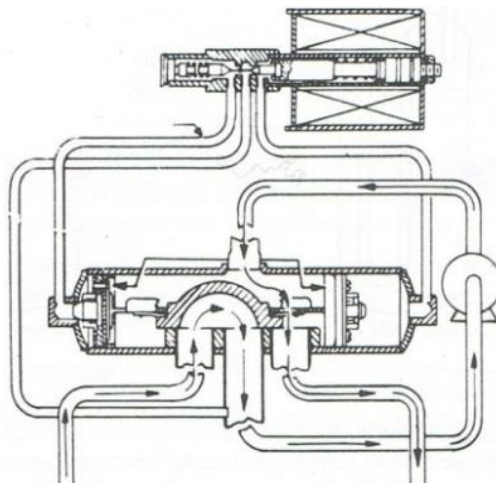
On peut aussi prévoir 2 à 3 groupes de motopompes immergées à débit constant pour adapter le débit au besoin thermique.



Courtesy BRGM

Pour éviter les problèmes d'alignement mécanique de l'arbre de transmission, la variation de vitesse peut aussi être réalisée avec un GMP immergé étanche.

Les vannes hydrauliques 3 voies éventuelles



Cette hydro-valve 3 voies à commande électrique peut être utilisée à deux fins : inverser le sens d'écoulement du fluide caloporteur en circuit fermé de la PAC de telle sorte que les fonctions de l'évaporateur et du condenseur soient inversées, ceci afin de commuter le système du mode chauffage au mode climatisation ou ce qui revient un peu au même assurer le dégivrage de l'évaporateur de la PAC aérothermique. Plus rarement, elle peut être utilisée pour orienter selon le besoin le fluide caloporteur vers l'évaporateur aérothermique ou aquathermique dans le cadre d'une commutation air-eau éventuelle permettant de mieux intégrer la pompe à chaleur dans son environnement au gré des saisons. On remarque sur la figure que le pilotage de cette hydro-valve peut être assuré par le fluide caloporteur.