
LE GUIDE DU CHAUFFAGE

GÉOTHERMIQUE

Jean-Marc Percebois

Deuxième édition 2011

© 2009, 2011 pour la présente édition, Groupe Eyrolles,
ISBN : 978-2-212-13242-7

EYROLLES



SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	5	LE DIMENSIONNEMENT DE LA POMPE À CHALEUR	39
		RÈGLE GÉNÉRALE DE DIMENSIONNEMENT	39
ÉLÉMENTS DE CONTEXTE	6	LES TEMPÉRATURES EXTÉRIEURES	
		DE BASE	40
LE CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE	8	LE DIMENSIONNEMENT DANS LE NEUF	41
LE GAZ À EFFET DE SERRE	9	LE DIMENSIONNEMENT EN RÉNOVATION	42
LE CONTEXTE FRANÇAIS	11		
		LES CAPTEURS	44
LE BÂTIMENT, PREMIER CONSOMMATEUR D'ÉNERGIE	12	LE CHOIX DU CAPTEUR	46
LE BÂTIMENT ET LES ÉMISSIONS		LE CAPTEUR EXTÉRIEUR	46
DE GAZ À EFFET DE SERRE	12	QUELLE SOURCE DE CHALEUR ?	46
LE MARCHÉ DE LA PAC	13		
		LE CAPTEUR HORIZONTAL	48
		LE SYSTÈME EAU GLYCOLÉE	48
LA POMPE À CHALEUR	14	LE SYSTÈME SOL (DÉTENTE DIRECTE)	55
		LA POSE	59
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	16		
UN CYCLE DE CHALEUR SIMPLE	17	LE CAPTEUR VERTICAL (FORAGE SUR SONDE GÉOTHERMIQUE)	61
LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS		LA TEMPÉRATURE DU SOUS-SOL	61
D'UNE POMPE À CHALEUR	19	LA TEMPÉRATURE	
		DE FONCTIONNEMENT	62
LE RENDEMENT	30	LE MARCHÉ	63
LE COP (COEFFICIENT DE PERFORMANCE)	30	LA SONDE GÉOTHERMIQUE	64
LE SPF (FACTEUR DE PERFORMANCE SAISONNIÈRE)	34	LES ASPECTS ADMINISTRATIFS	70
LES MODES DE FONCTIONNEMENT	35	LES NORMES	71
		LE FORAGE OBLIQUE	72
		LA SONDE GÉOTHERMIQUE GAZ (DÉTENTE DIRECTE)	73

LE CAPTAGE SUR NAPPE PHRÉATIQUE	75	LE PLANCHER CHAUFFANT/ RAFRAÎCHISSANT	97
LES ASPECTS GÉNÉRAUX	75	UN PLANCHER CHAUFFANT POUR LA RÉNOVATION	99
LA CONSTITUTION D'UNE NAPPE PHRÉATIQUE	76	UN PLANCHER CHAUFFANT ÉCOLOGIQUE	100
LES TEMPÉRATURES DE FONCTIONNEMENT	77	LES RADIATEURS ET LES VENTILO-CONVECTEURS	102
LA DISTANCE ENTRE LE PUISAGE ET LE REJET	78	LES RADIATEURS	102
LE CALCUL DU DÉBIT DE PRÉLÈVEMENT	78	LES VENTILO-CONVECTEURS	106
LA RELATION PUISSANCE ET DÉBIT	78	LES PAC HAUTE TEMPÉRATURE EVI	107
LA FAISABILITÉ	79		
LE TEST DU DÉBIT	79	LES OPTIONS	110
LA QUALITÉ DE L'EAU	80		
LE MONTAGE HYDRAULIQUE	81	L'EAU CHAUDE SANITAIRE	112
LES ASPECTS ADMINISTRATIFS	83	DIMENSIONNEMENT	113
LE CODE DE L'ENVIRONNEMENT	83	LE SYSTÈME À ACCUMULATION	114
LES NORMES	84	LE SYSTÈME À SEMI-ACCUMULATION	115
LA CONDITION DE REJET DE L'EAU	84	LE SYSTÈME D'EAU CHAUDE INSTANTANÉE	116
LES AUTRES SOURCES DE CAPTAGE D'EAU	85		
LES ÉMETTEURS DE CHALEUR	86	LE CHAUFFAGE DE LA PISCINE	118
		LE RAFRAÎCHISSEMENT	120
QUEL MODE DE CHAUFFAGE CHOISIR ?	88	L'INVERSION DE CYCLE FRIGORIFIQUE	120
LA SENSATION DE BIEN-ÊTRE	88	LE SYSTÈME FREE-COOLING	120
INSTALLATION ET BALLON TAMPON	89	LA VENTILATION	122
LE PLANCHER CHAUFFANT	91	LA VENTILATION DOUBLE FLUX	122
POUR QUELS AVANTAGES ?	91	LE PUIS CANADIEN (OU PROVENÇAL)	124
LA RÉGULATION	92	LA VMC GÉOTHERMIQUE	125
LA MISE EN ŒUVRE	92		
LA PARTICULARITÉ DES PLANCHERS CHAUFFANTS « GAZ »	96		
LES NORMES	97		

GARANTIES ET ENTRETIEN	126	LA POMPE À CHALEUR SOL/EAU À CAPTEUR HORIZONTAL	151
LA MISE EN SERVICE ET L'ENTRETIEN	128	LES SUBVENTIONS DE L'ANAH	152
LA RÉGLEMENTATION	128	L'ÉCOSUBVENTION	152
LA MISE EN SERVICE	129	L'ÉCO-PRÊT À TAUX ZÉRO	153
MAINTENANCE/ENTRETIEN	131	L'ÉCO-PRÊT « DÉVELOPPEMENT DURABLE »	154
LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE	132	ANNEXES	156
LA RT DANS LE NEUF	132	ASSOCIATION GÉOTHERMIE	158
LA RT 2012	134	LE BUT DE L'AFPG	158
LA RT DANS L'EXISTANT	136	LES MEMBRES DE L'ASSOCIATION UN RÉSEAU RÉGIONAL	159
LE DPE	139	LES SITES UTILES	160
LABELS DE PERFORMANCE ET QUALIFICATION	140	LES INSTITUTIONNELS	160
LES LABELS DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE	140	LES DIVERS ORGANISMES	160
LES QUALIFICATIONS	143	QUELQUES FABRICANTS	160
LES AIDES FINANCIÈRES	145	AUTRES SITES INTERNET INTÉRESSANTS	161
LE CRÉDIT D'IMPÔT	145	DOCUMENTS SOURCES	162
LA POMPE À CHALEUR À EAU GLYCOLÉE ET CAPTEUR VERTICAL	147	GLOSSAIRE	163
LA POMPE À CHALEUR À EAU GLYCOLÉE ET CAPTEUR HORIZONTAL	148	INDEX	168
LA POMPE À CHALEUR EAU/EAU	149	REMERCIEMENTS	170
LA POMPE À CHALEUR SOL/SOL À CAPTEUR HORIZONTAL	150		

AVANT-PROPOS

Au vu de l'envolée des prix des énergies, il est aujourd'hui naturel, ou plutôt indispensable voire urgent, de s'interroger sur le mode de chauffage de sa maison.

Nous percevons tous les jours le changement climatique et, malheureusement, des images viennent régulièrement nous confirmer l'influence néfaste de l'homme sur sa planète.

On peut ainsi naturellement s'interroger sur l'impact environnemental de notre façon de consommer, de se déplacer, de se chauffer, etc., bref sur notre façon de vivre ensemble.

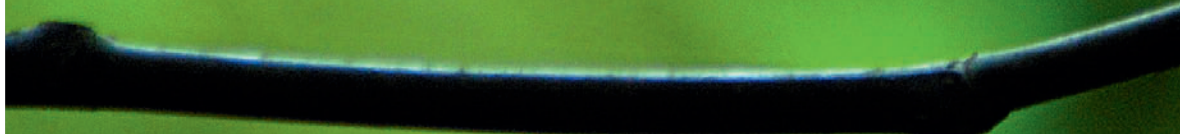
Cet ouvrage va donc, dans un premier temps, évoquer les enjeux environnementaux. Nous analyserons l'impact sur notre planète des choix énergétiques que nous devons faire pour nous et les générations futures.

Ensuite, nous étudierons les pompes à chaleur, leur mode de fonctionnement, leur mise en œuvre, leur coût. Nous nous attarderons plus précisément sur les choix techniques, et les besoins de votre habitat, l'installation et l'entretien.

Enfin nous vous donnerons toutes les clés pour une meilleure garantie de vos choix.

PARTIE 2

LA POMPE À CHALEUR





CHAPITRE 3

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



Exemple de chaufferie: pompe à chaleur Waterkotte + ballon d'eau chaude sanitaire

On devrait plutôt parler de «pompe de chaleur», car elle va d'abord puiser (ou pomper) de la chaleur.

Une pompe à chaleur extrait les calories (l'énergie) contenues dans un milieu froid (appelé source de chaleur) pour les transporter vers un autre milieu (émetteur de chaleur: plancher chauffant, radiateur, ventilo-convecteurs, etc.).

Pour prélever des calories dans un «milieu froid», il suffit de le refroidir. L'inverse est valable pour restituer les calories dans les émetteurs de chaleur: il faut les réchauffer.

En France, presque tout le monde possède une pompe à chaleur chez lui sans forcément le savoir: c'est le réfrigérateur!

🎯 PETITE EXPLICATION PHYSIQUE

Quand votre peau est mouillée, vous avez froid. En effet, dans ce cas, l'eau qui se trouve dessus s'évapore, et, pour cela, elle a besoin de chaleur. Chaleur qu'elle vous prend: vous avez froid. C'est comme cela que la sueur peut rafraîchir.

Quand au contraire de l'eau redevient liquide, elle cède de la chaleur. C'est la chaleur latente, et c'est ce qui explique qu'il fasse plus doux en général quand il pleut: la pluie est de la vapeur d'eau qui se transforme en liquide. Ce faisant, elle libère de la chaleur. Pour une pompe à chaleur, on utilise ces deux phénomènes.

UN CYCLE DE CHALEUR SIMPLE

LE CYCLE THERMODYNAMIQUE

Une pompe à chaleur est composée de plusieurs éléments dont les quatre principaux sont l'évaporateur, le compresseur, le condenseur et le détendeur.

Le cycle thermodynamique des pompes à chaleur se décompose en quatre étapes principales.

1 – Compression

La vapeur du fluide frigorigène est comprimée à une pression supérieure au moyen du compresseur électrique, ce qui entraîne une élévation de la température.

2 – Condensation

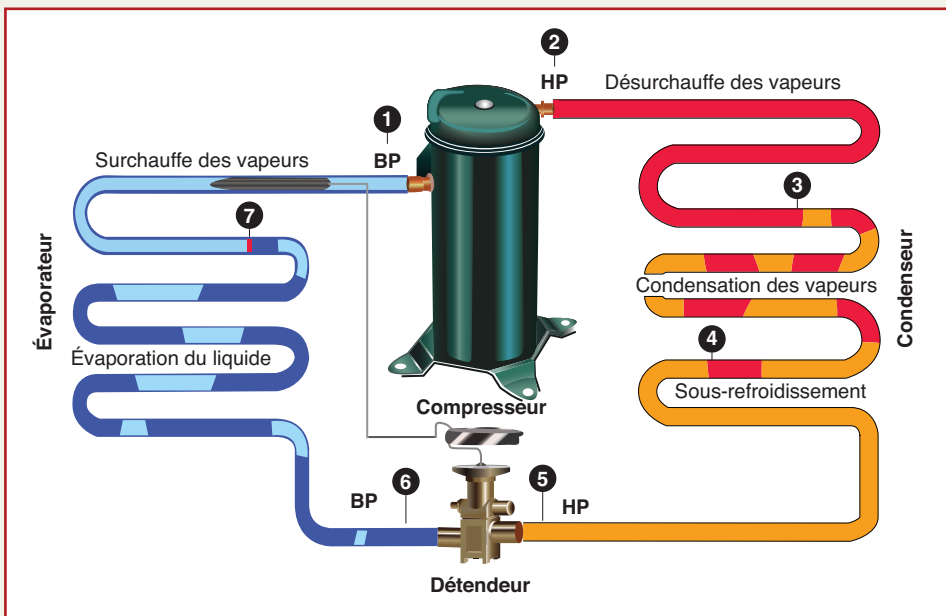
La vapeur du fluide frigorigène à haute pression (HP) est condensée à haute température par dissipation de sa chaleur dans l'émetteur (plancher chauffant, radiateurs, ventilo-convecteurs, etc.).

3 – Détendeur

Le fluide frigorigène liquide est détendu depuis une pression élevée (HP) à une pression basse (BP). Il s'en suit une chute de la température.

4 – Évaporation

Le fluide frigorigène est évaporé à basse pression (BP) et à basse température, en utilisant l'énergie de la source de chaleur (capteur horizontal, forage, eau de nappe).



Circuit frigorifique standard

LE DIAGRAMME DE MOLLIER

Le diagramme de Mollier permet de visualiser le cycle complet en fonction du fluide frigorigène utilisé par la pompe à chaleur. On l'appelle aussi le diagramme d'enthalpie car il représente une variation d'enthalpie (chaleur) sur l'axe des abscisses et une variation de pression sur l'axe des ordonnées.

L'ensemble du cycle peut être représenté dans le diagramme enthalpie-pression. Sous la courbe en cloche se situent les états de mélange liquide-vapeur :

- à gauche des points 4-5, le fluide est à l'état liquide ;
 - à droite des points 7-3, le fluide est à l'état vapeur ;
 - à l'intérieur de la cloche, le fluide frigorigène est dans un mélange d'états (liquide-gazeux).
- Grâce à ce diagramme, il est possible de mesurer le rendement d'une pompe à chaleur.
- Points 1-2 : puissance absorbée par le compresseur.
 - Points 6-1 : puissance frigorifique.
 - Points 2-5 : puissance calorifique.

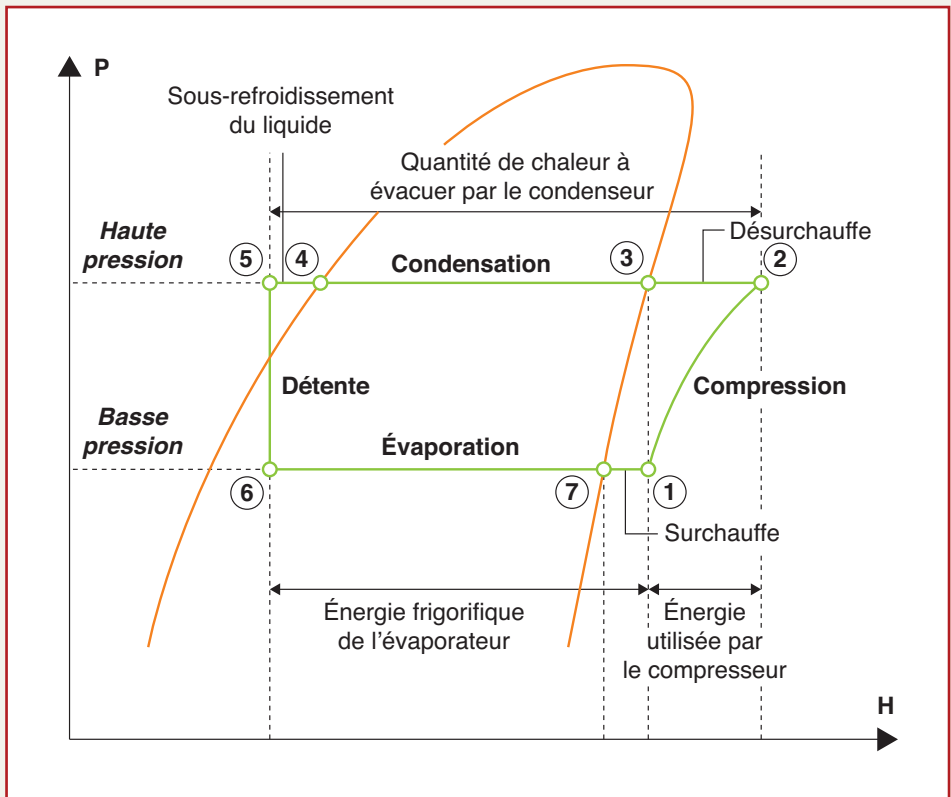


Diagramme d'enthalpie du cycle frigorifique

LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS D'UNE POMPE À CHALEUR

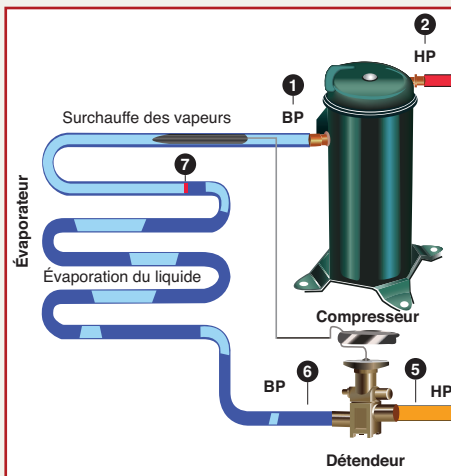
LES ÉLÉMENTS INCONTOURNABLES

L'évaporateur

C'est un échangeur de chaleur dans lequel circule d'un côté le fluide frigorigène et de l'autre le fluide caloporteur du capteur extérieur qui puise les calories.

En passant dans l'évaporateur, le fluide frigorigène est évaporé à basse pression et à basse température (80 % de l'énergie se situe à cet endroit).

La fonction de l'évaporateur est d'extraire la chaleur de la source froide (capteur extérieur) et de transférer cette chaleur vers le fluide frigorigène afin de la diffuser par évaporation.



Détail de la partie évaporateur

Le fluide frigorigène liquide entre en ébullition et s'évapore en absorbant la chaleur du fluide extérieur. Dans un deuxième temps, le gaz formé est encore légèrement réchauffé par le fluide extérieur. C'est ce qu'on appelle la phase de surchauffe (entre 7 et 1).

Le compresseur

Il aspire le fluide frigorigène à l'état gazeux puis le comprime, ce qui permet d'élever sa température et sa pression (il passe en haute pression).

Dans les pompes à chaleur destinées aux maisons individuelles et aux petits immeubles résidentiels, les compresseurs sont généralement de type **hermétique**, c'est-à-dire que le moteur électrique et le compresseur sont montés ensemble dans la même enveloppe qui est ensuite soudée.

De cette manière, le fluide frigorigène ne peut pas s'échapper dans l'atmosphère.

Les compresseurs utilisant la **technologie « scroll »** sont les compresseurs les plus courants pour les pompes à chaleur. Ces compresseurs à spirale présentent plusieurs avantages significatifs sur les autres types de compresseurs : ils comportent peu de pièces mobiles, ce qui permet une longévité supérieure et surtout un comportement du compresseur relativement silencieux. Les compresseurs à spirale ont donc permis l'installation de pompes à chaleur dans des endroits où elles auraient autrement été « interdites » en raison du