

Nom :

Prénom :

Date :

## Livret d'exercices

Thème	Rubrique	Sous-rubrique	Sous sous-rubrique
Energie renouvelable			

## Performances, installation des pompes à chaleur

Auteurs: Patrick Delpech, Francis Candas

<http://formation.xpair.com/essentiel-genie-climatique/lire/pompes-chaleur-performances-installation.htm>

### Principe d'utilisation du livret d'exercices

Ce livret vous permettra de rédiger vos réponses aux exercices du dossier d'Eformation Xpair.com. Vous alternerez ainsi lecture ou audition du dossier en ligne et rédaction dans le livret.

Pour chaque exercice, vous rédigerez votre réponse, puis vous en étudierez la correction en ligne avant de passer à l'exercice suivant.

Si vous ne savez pas traiter un exercice, vous pourrez directement en étudier la correction, mais aussi souvent que possible obligez-vous à une rédaction.

Notez qu'entre 2 exercices, il pourra être nécessaire d'étudier le cours. Pour vous en prévenir, vous trouverez parfois, dans le livret l'indication :

« Étudiez le cours en ligne avant de passer à l'exercice suivant » ou « Étudiez le cours en ligne avant de passer au § suivant ».

N'étudiez que les paragraphes et les exercices relatifs au niveau de difficulté égal ou inférieur à celui prévu pour votre formation.

- Niveau 3 : difficulté CAP
- Niveau 4 : difficulté Bac
- Niveau 5 : difficulté Bac+2

Puis, lorsque vous aurez terminé un dossier, vous pourrez vous évaluer en ligne par un test QCM dans lequel vous ne traiterez que les questions relatives aux thèmes que vous aurez étudiés.

Bon travail.

Les auteurs.

**NB : Si vous détectez une coquille ou une erreur dans le présent livret ou dans le dossier en ligne, nous vous serons très reconnaissants de l'indiquer à Xpair sur la messagerie [mq@xpair.com](mailto:mq@xpair.com).**

## N°1 - Les performances énergétiques des pompes à chaleur - niv 5

Etudiez le cours en ligne.

Depuis 2013, le COP est remplacé par le SCOP.

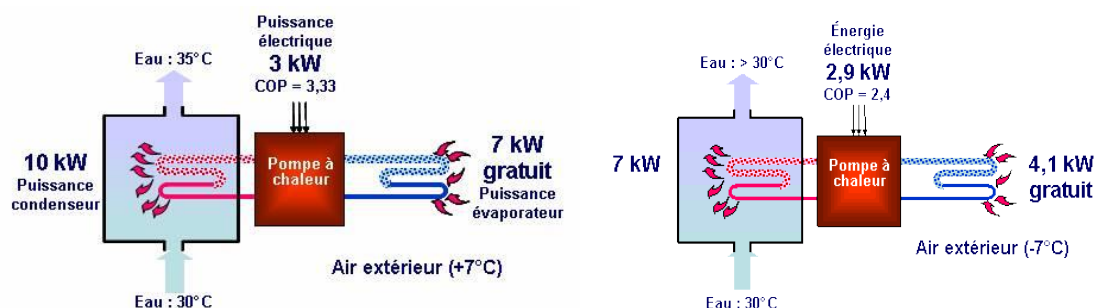
Le COP est le coefficient de performance fourni à l'instant « t », **selon des conditions extérieures et intérieures de températures bien définies.**

En fait, la performance globale générant des économies d'énergie réelle se mesure selon les différents régimes variables, et en tout état de cause sur la saison de chauffe.

Le SCOP (coefficient de performance global de la PAC) est le coefficient de performance saisonnière en mode chauffage (SCOP). Le SCOP est donc représentatif **de l'ensemble de la saison de chauffage.**

Il est calculé en divisant la demande annuelle de chauffage de référence par la consommation d'électricité correspondante du climatiseur en mode chaud.

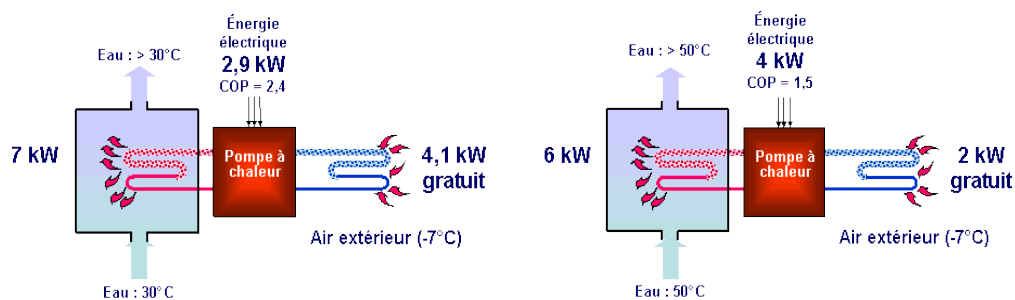
Les dossiers d'Eformation Xpair rédigés avant 2013 continueront d'utiliser la notion de COP dont la valeur n'est, sous nos climats, pas très éloignée de la valeur du SCOP.



**Question Q1:** Comparez sous forme de tableau les performances indiquées pour la pompe à chaleur décrite ci-dessus pour des températures extérieures de +7 [°C] et de -7 [°C].

Température extérieure	+7 [°C]	-7 [°C]
Écart de température entre la source de chaleur et le milieu à réchauffer (extérieur et retour d'eau)		
Puissance calorifique de la PAC		
Puissance électrique absorbée		
Coefficient de performance		

Etudiez le cours en ligne avant de traiter l'exercice suivant



**Question Q2:** Comparez sous forme de tableau les performances indiquées pour la pompe à chaleur décrite ci-avant pour une température extérieure de  $-7$  [°C] et des températures de retour d'eau à 30 [°C] et à 50 [°C].

Température de retour d'eau	30 [°C]	50 [°C]
Écart de température entre la source de chaleur et le milieu à réchauffer (extérieur et retour d'eau)		
Puissance calorifique de la PAC		
Puissance électrique absorbée		
Coefficient de performance		

## N°2 - Les climatiseurs réversibles - niv 5

Etudiez le cours en ligne.

### Exemple de performances de climatiseur réversible Source Carrier

TAILLE	PERFORMANCE EN MODE FROID								
	Puissance frigorifique			Puissance absorbée			E.E.B. W/W	Classe Énerg.	C.E.A.* kW/h
	Nominal kW	Min kW	Max kW	Nominal W	Min W	Max W			
09	2,60	1,40	3,30	810	420	1467	3,21	A	405
12	3,50	1,80	3,70	1163	537	1831	3,01	B	582

\* Consommation énergétique annuelle

TAILLE	PERFORMANCE EN MODE CHAUD							
	Puissance calorifique			Puissance absorbée			C.O.P. W/W	Classe Énerg.
	Nominal kW	Min kW	Max kW	Nominal W	Min W	Max W		
09	3,20	1,50	4,00	928	395	1550	3,45	B
12	4,00	1,90	5,10	1286	506	2100	3,21	C

#### Conditions nominales :

- Puissance frigorifique basée sur : air ambiant = 27°C bulbe sec, 19°C bulbe humide; air ext. = 35°C bulbe sec, 24°C bulbe humide
- Puissance calorifique basée sur : air ambiant = 20°C bulbe sec, 15°C bulbe humide; air ext. = 7°C bulbe sec, 6°C bulbe humide

#### Conditions mini/maxi :

- Puissance frigorifique :
  - conditions maximales : condition ext. = 43°C, condition int. = 32°C T° sèche et 23°C, T° humide
  - conditions minimales : condition ext. = 10°C (15°C pour 38VYM-18), condition int. = 21°C T° sèche et 15°C, T° humide
- Puissance calorifique :
  - conditions maximales : condition ext. = 24°C T° sèche et 18°C, T° humide, condition int. = 27°C T° sèche
  - conditions minimales : condition ext. = -10°C

**Question Q1:** A partir de l'extrait de documentation ci-avant complétez les tableaux ci-dessous (pour le modèle en taille 09).

Taille 09	Puissance nominale [kW]	Puissance minimale [kW]	Puissance maximales [kW]
Puissance frigorifique			
Puissance calorifique			

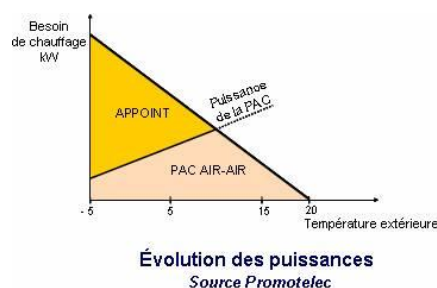
Condition de fonctionnement	Température intérieure sèche	Température extérieure sèche
Nominales en mode froid		
Nominales en mode chaud		
Maximales en mode froid		
Minimales en mode froid		
Minimales en mode chaud		
Maximales en mode chaud		

### N°3 - Le système inverter - niv 5

*Etudiez le cours en ligne.*

### N°4 - Les pompes à chaleur sur Air extérieur - Air intérieur - niv 5

*Etudiez le cours en ligne.*



**Question Q1:** Comment expliquer qu'une pompe à chaleur capable d'assurer 50 % de la puissance de chauffage nécessaire (en [kW]) puisse fournir 80% des besoins énergétiques (en [kWh])?

## N°5 - Les PAC air extérieur-eau - niv 5

Etudiez le cours en ligne.

**Question Q1:** On se propose d'assurer partiellement par la PAC définie ci-dessous le chauffage d'un bâtiment dont les déperditions par  $-7$  [°C] sont de 18 [kW]. Il est équipé de radiateurs nécessitant une température d'alimentation de 65 [°C] par  $-7$  [°C].

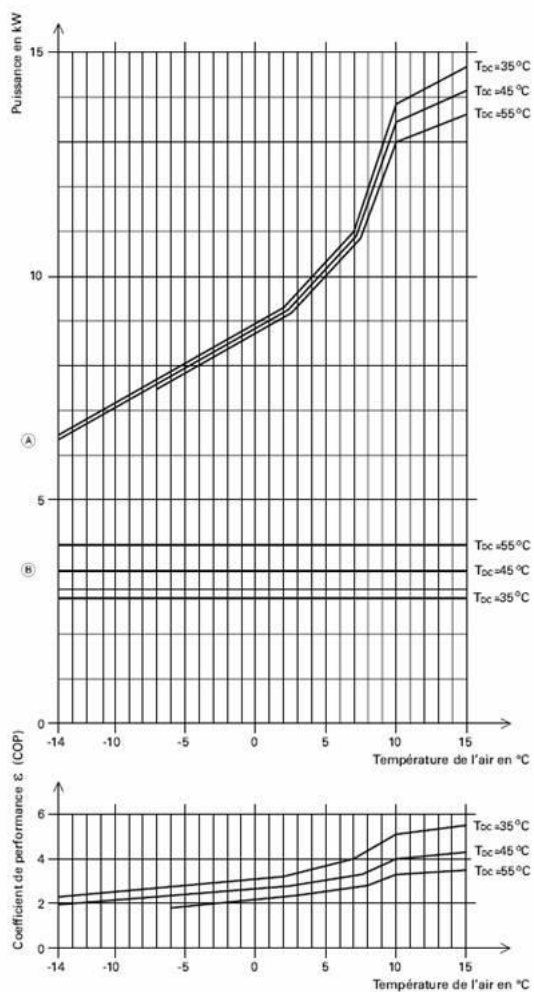
Vérifiez avec précision si la pompe à chaleur AW 110 de Viessmann définie ci-dessous est capable d'assurer l'intégralité des besoins par  $+5$  [°C] extérieur.

### Exemple d'abaque de performance de pompe à chaleur Viessmann

Type AW110 triphasé

#### Performances

Point de fonctionnement		A-7/ W35	A-5/ W45	A-3/ W45
Puissance calorifique	kW	11,0	8,00	7,50
Puissance frigorifique	kW	8,2	4,60	4,10
Puissance électrique absorbée	kW	2,80	3,40	3,40
Coefficient de performance $\epsilon$ (COP)		3,93	2,33	2,18

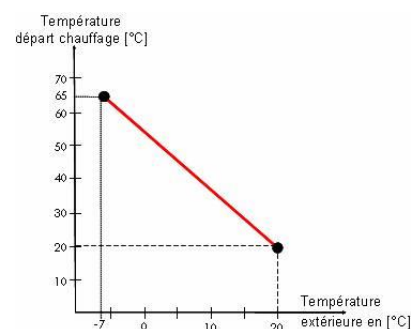


(A) Puissance calorifique  
(B) Puissance électrique absorbée

TDC : Température d'eau, sortie du condenseur

3121-F

Loi de chauffe du réseau de chauffage étudié :



**Question Q2:** Dans le bâtiment étudié ci-dessus (déperditions par  $-7$  [°C] de  $18$  [kW], radiateurs nécessitant une température d'alimentation de  $65$  [°C] par  $-7$  [°C]), la pompe à chaleur AW 110 de Viessmann fournit par  $+5$  [°C] l'intégralité des besoins de chauffage.

Quel est à ce moment le coefficient de performance de la PAC et la puissance absorbée par son compresseur?

**Question Q3:** Dans le bâtiment étudié ci-dessus (déperditions par  $-7$  [°C] de  $18$  [kW], radiateurs nécessitant une température d'alimentation de  $65$  [°C] par  $-7$  [°C]), la pompe à chaleur AW 110 de Viessmann fournie par  $+5$  [°C] l'intégralité des besoins de chauffage.

La température limite de production de la pompe à chaleur est de  $55$  [°C].

Déterminez grossièrement la température extérieure à laquelle la PAC doit être mise à l'arrêt, le réseau de chauffage étant à une température trop élevée. Quels sont à ce moment :

- La puissance fournie par la PAC
- Le coefficient de performance de la PAC
- La puissance fournie par la chaudière ?

**Etudiez le cours en ligne avant de traiter l'exercice suivant**

## N°6 - Sélection des PAC géothermiques - niv 5

Etudiez le cours en ligne.

### Caractéristiques techniques

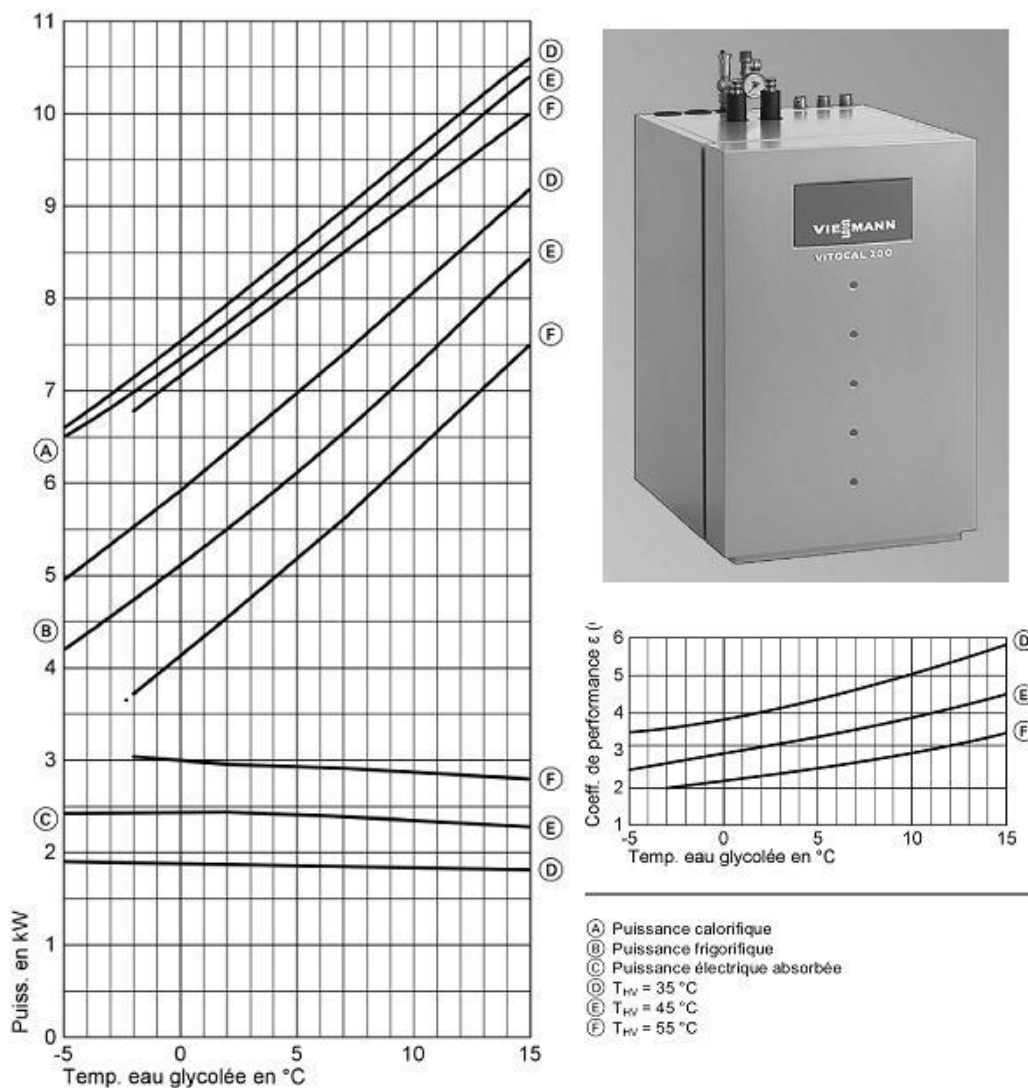
Vitocal 200, 230 V		type	BWP 106M	BWP 108M	BWP 110M
<b>Performances de la pompe à chaleur<sup>*1</sup></b>					
Module de pompes à chaleur	type	200/106	200/108	200/110	
Puissance calorifique	kW	6,2	7,6	9,7	
Puissance frigorifique	kW	4,6	5,7	7,3	
Puissance électr. absorbée	kW	1,6	1,9	2,4	
Coefficient de performance c (COP) en mode chauffage		3,9	4,0	4,0	
<b>Caractéristiques appoint électrique (accès-soire)</b>					
Puissance calorifique	kW	sur allure 3/6/9			
<b>Eau glycolée (primaire)</b>					
Capacité	Litres	1,6	2,1	2,6	
Débit mini.*2	litres/h	1200	1400	1800	
Pertes de charge externes maxi.	mbar	400	480	380	
Température d'entrée maxi.	°C	25	25	25	
Température d'entrée mini.	°C	-5	-5	-5	
<b>Eau de chauffage (secondaire)</b>					
Capacité, pompe à chaleur	Litres	1,6	1,8	2,0	
Capacité, totale	Litres	7,0	7,2	7,4	
Débit mini.*2	litres/h	800	800	800	
Pertes de charge externes maxi.	mbar	450	450	450	
Température de départ maxi.	°C	60	60	60	

Source Wiessmann

(1) Pour une température d'eau glycolée de 0°C et une température d'eau chauffée à 35°C.

**Question Q1:** Sélectionnez une pompe à chaleur géothermique avec capteur horizontal pour un pavillon de 130 [m<sup>2</sup>] chauffé par émetteurs régime 55/45 [°C] et dont les déperditions sont de 50 [W/m<sup>2</sup>].

**Question Q2:** A partir de la documentation de la PAC BWP 108 M de Viessmann ci-dessous, vérifiez la sélection effectuée à l'exercice précédent.





## N°7 - Calcul des débits d'irrigation de la PAC géothermique - niv 5

Etudiez le cours en ligne.

- Débit d'eau glycolée

Le débit d'alimentation de la boucle de captage est constant et de l'ordre de:

$$q_v = \frac{\text{Puissance frigorifique}}{1,03 \times \Delta T}$$

Avec:

$q_v$  en  $[m^3/h]$

$P$  en  $[kW]$

$\Delta T = 3 [K]$

1,03 : Chaleur volumique de l'eau glycolée 25 % en  $[kWh/m^3.K]$

- Débit d'irrigation du condenseur:

Le débit d'irrigation du condenseur est constant et de l'ordre de:

$$q_v = \frac{\text{Puissance calorifique}}{1,16 \times \Delta T}$$

Avec:

$q_v$  en  $[m^3/h]$

$P$  en  $[kW]$

$\Delta T = 5 \text{ à } 10 [K]$

1,16 : Chaleur volumique de l'eau en  $[kWh/m^3.K]$


**Question Q1:** On envisage l'installation d'une PAC de puissance calorifique 45 [kW].

Sur la base d'un COP de 3,33 et d'écart de températures respectivement de 3 [°C] sur l'évaporateur et 5 [°C] sur le condenseur. Déterminez les débits à prévoir sur l'évaporateur et le condenseur.

## N°8 - Eléments de dimensionnement des capteurs et puisage géothermique - niv 5

Etudiez le cours en ligne.

### Capteurs horizontaux

 <p>Source Wavin</p>	<p>On compte une récupération de l'ordre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 [W/m] de tube pour les sols sablonneux</li> <li>• 20 [W/m] de tube pour les sols argileux</li> </ul>
---	--

**Question Q1:** Pour une puissance moyenne récupérée de 15 [W/m] de tube et un écartement de 0,6 [m], quelle puissance peut être récupérée par [m<sup>2</sup>] ?

*A cette récupération, s'ajoute la puissance du compresseur, ce qui conduit à une fourniture de chaleur de l'ordre de 35 [W/m<sup>2</sup>].*

**Question Q2:** Dans l'hypothèse d'un COP de 3,33 et d'un puisage de 25 [W/m<sup>2</sup>], démontrez que la fourniture de la pompe à chaleur sera de l'ordre de 35 [W/m<sup>2</sup>].

	Puissance frigorifique de la PAC		Puissance calorifique de la PAC	
	Précupérée en [W/m] de tube	Précupérée en [W/m <sup>2</sup> ] (pour 1 pas de 0,6 [m])	Pcalorique fournie en [W/m] de tube	Pcalorique fournie en [W/m <sup>2</sup> ] (pour 1 pas de 0,6 [m])
Sols sablonneux	10	16	14	23
Moyenne	15	25	20	35
Sols argileux	20	33	33	47

**Question Q3:** On envisage le chauffage intégral par PAC d'un pavillon dont la surface habitable est de 140 [m<sup>2</sup>]. Les déperditions sont estimées à 50 [W/m<sup>2</sup>].

Déterminer grossièrement :

- La surface libre nécessaire à l'installation d'un capteur horizontal dans un sol argileux.
- La longueur de tube et le nombre de boucles à prévoir pour un pas (écartement des tubes) de 0,6 [m].

**Question Q4:** On envisage le chauffage intégral par PAC d'un immeuble comportant 10 logements dont la surface habitable est 80 [m<sup>2</sup>]. Les déperditions sont estimées à 35 [W/m<sup>2</sup>].

Déterminer grossièrement :

- La surface libre nécessaire à l'installation d'un capteur horizontal
- La longueur de tube et le nombre de boucles à prévoir pour un pas 0,6 [m]
- Le débit d'alimentation du capteur horizontal pour un écart de température de 3 [°C]
- Le débit d'irrigation du condenseur de la PAC pour un écart de température de 5 [°C]

**Etudiez le cours en ligne avant de passer un test final.**

#### **Capteurs verticaux**

Les capteurs verticaux sont alimentés par de l'eau glycolée et réalisés par une ou plusieurs boucles de tube de diamètre d'environ 30 [mm], placés verticalement et scellés dans du ciment.

La récupération varie de 25 à 80 [W/m] de sonde (et non de tube) selon la nature géologique et hydrogéologique du sous-sol. L'association avec une société de forage expérimentée est donc indispensable.

Le débit d'eau glycolée est à calculer pour un écart de température de l'ordre de 3 à 5 [°C] et une chaleur volumique de 1,03 [kWh/m<sup>3</sup>°C].

#### **Puisages en nappe phréatique**

Selon la profondeur de puisage, l'eau pourra être refroidie de 5 à 10 [°C]. La puissance récupérable pour un débit de 1 [m<sup>3</sup>/h] est donc de l'ordre de 6 à 12 [kW].

**Après avoir étudié en ligne ce dossier, évaluez-vous par un test.**

<http://formation.xpair.com/essentiel-genie-climatique/lire/pompes-chaleur-performances-installation.htm>

Résultat Test 1	/10
Résultat éventuel Test 2	/10
Résultat éventuel Test 3	/10