

Institut de Recherche en Energie

4^{ème} Journée thématique

Etude théorique et expérimentale
d'une pompe à chaleur à haute température
pour la rénovation des bâtiments

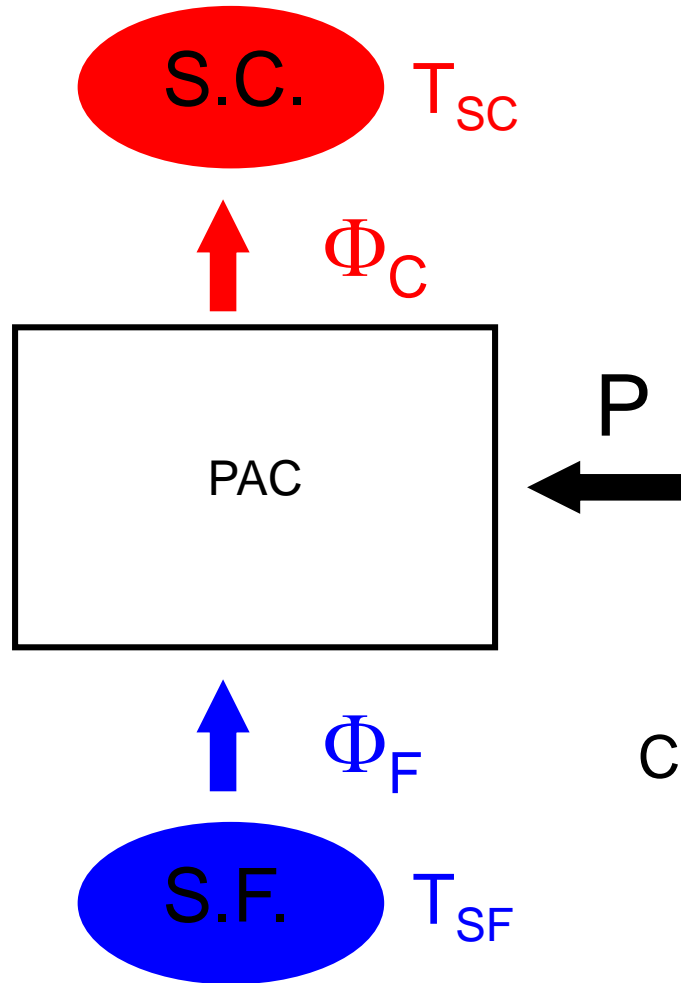
E. Dumont, R. Lepore, M. Frère

Mons, 28 mai 2014

Contexte

- Importance des pompes à chaleur (PAC) dans la production d'énergie renouvelable en Europe (perspective : 13% en 2020)
- Mais... directive européenne qui impose des conditions minimales d'efficacité pour que les PAC soient considérées renouvelables
- PAC efficace ? → économie de 15% d'énergie primaire
 - OK dans les nouveaux bâtiments
 - OK dans les bâtiments anciens ? (majorité du stock de bâtiments en Belgique)

Introduction

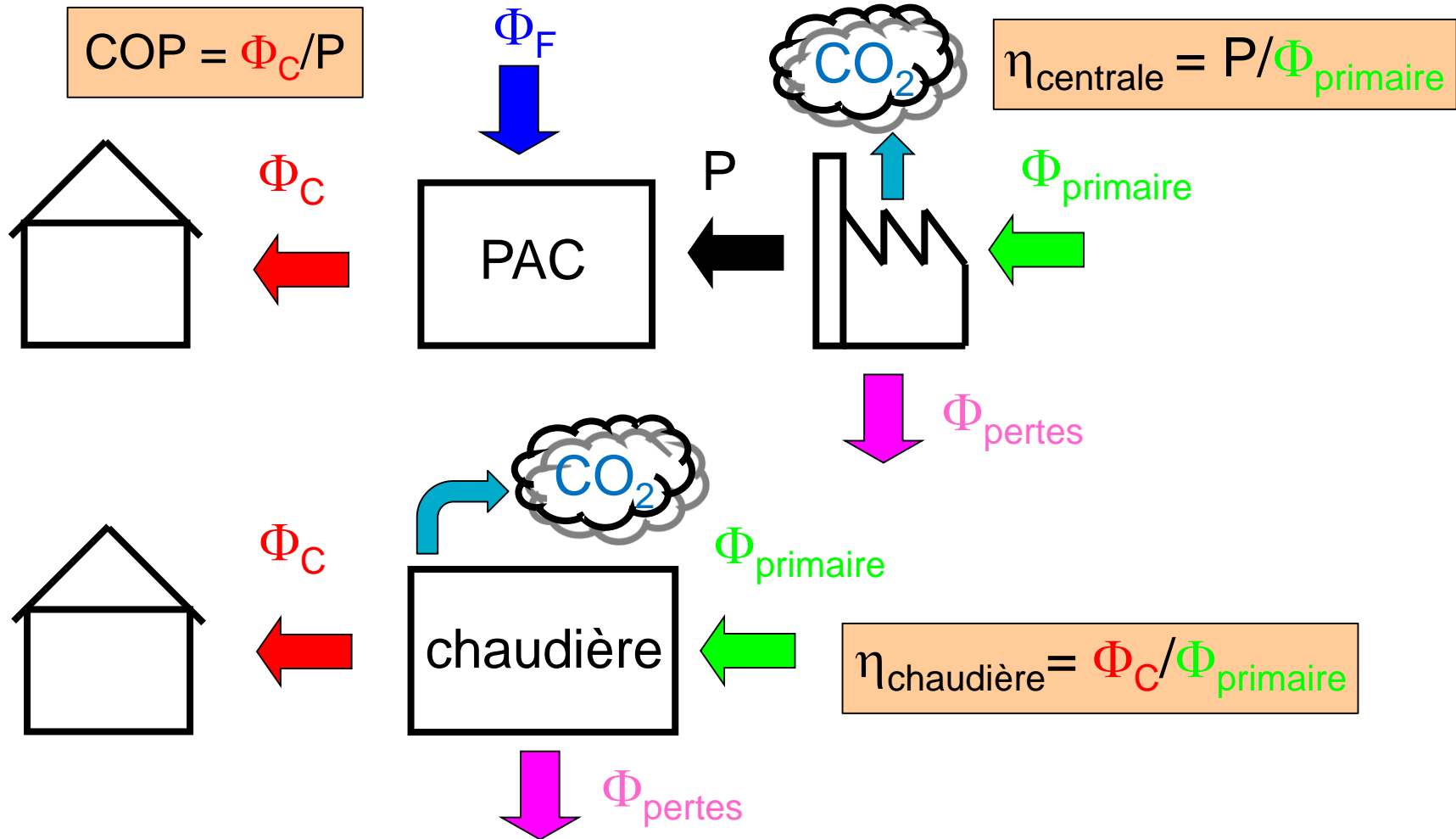


Utilisation assistée
d'une source
d'énergie gratuite

Coefficient de
performance :
 $COP = \Phi_C / P$

$$COP_{IDEAL} = T_{sc} / (T_{sc} - T_{sf})$$

Introduction



Introduction

- Intérêt énergétique (gain en énergie primaire) :

$$\Phi_{\text{primaire}} = \Phi_{\text{C}} / (\eta_{\text{centrale}} \text{COP})$$

$$\Phi_{\text{primaire}} = \Phi_{\text{C}} / (\eta_{\text{chaudière}})$$

$$\eta_{\text{centrale}} \text{COP} > \eta_{\text{chaudière}}$$

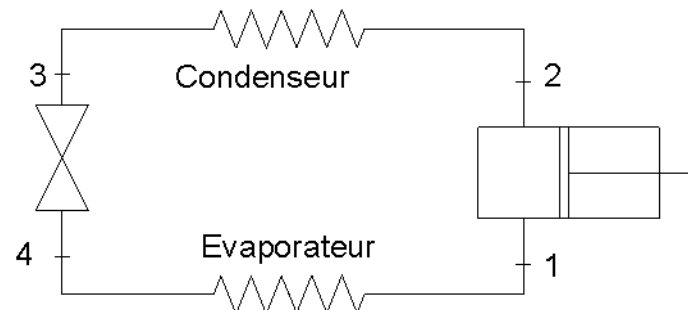
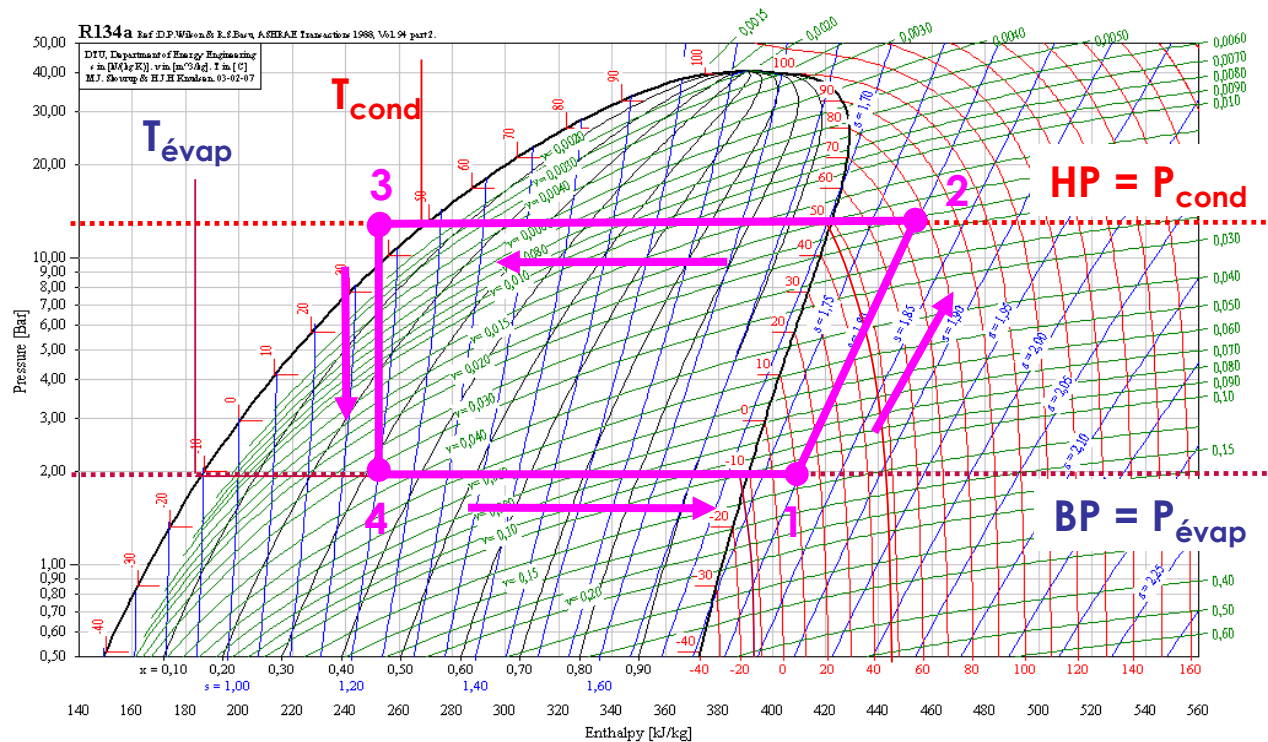
$$\eta_{\text{centrale}} \text{COP} > 1.15 \text{ (Directive européenne)}$$

- Comme le COP varie au cours de l'année en fonction de la température des sources, on utilisera le COP moyen d'une saison de chauffe : **SPF (seasonal performance factor)**

Directive européenne : $\text{SPF} > 2.88$ (avec $\eta_{\text{centrale}} = 0.400$)

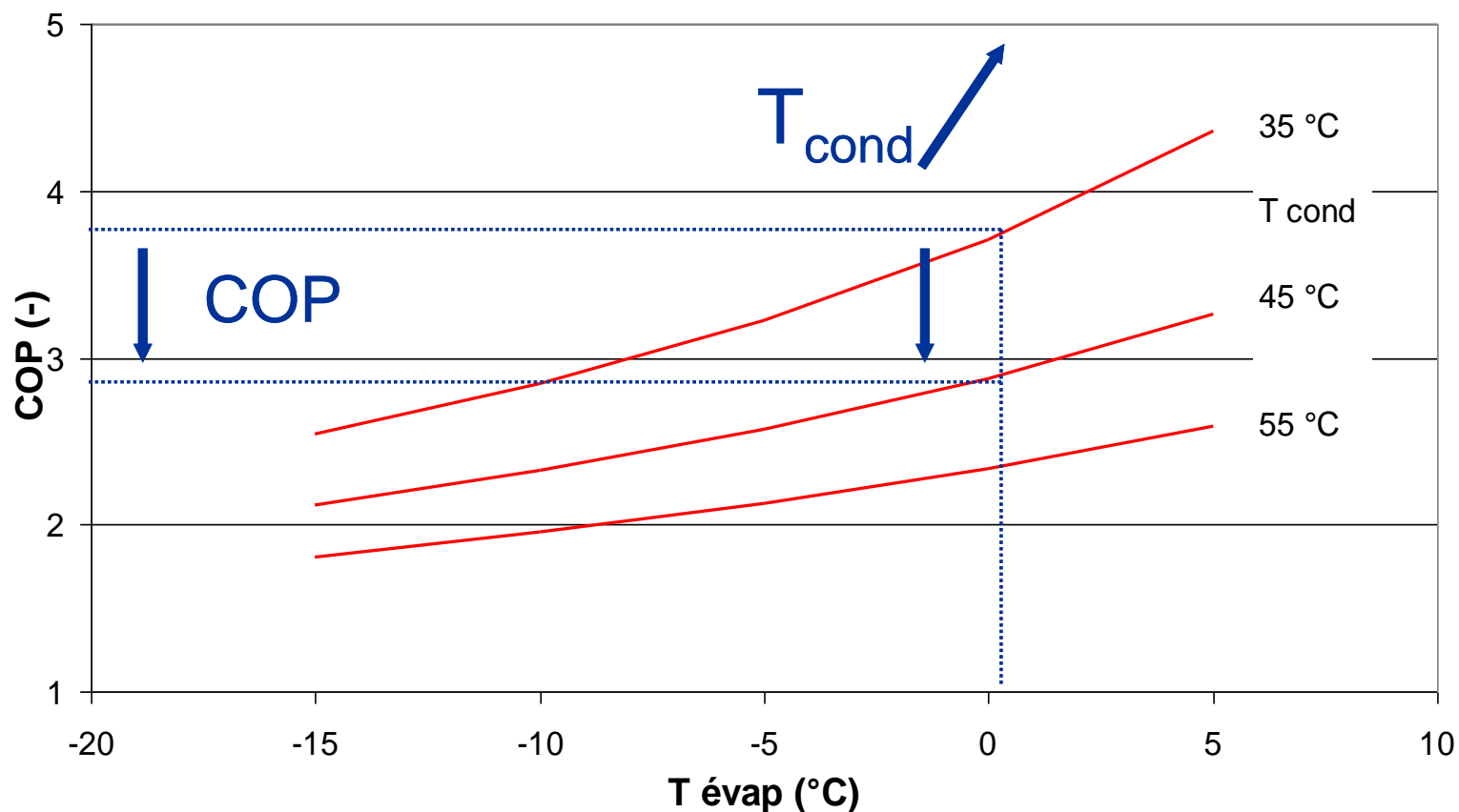
$\text{SPF} > 2.53$ (avec $\eta_{\text{centrale}} = 0.455$)

PAC classique



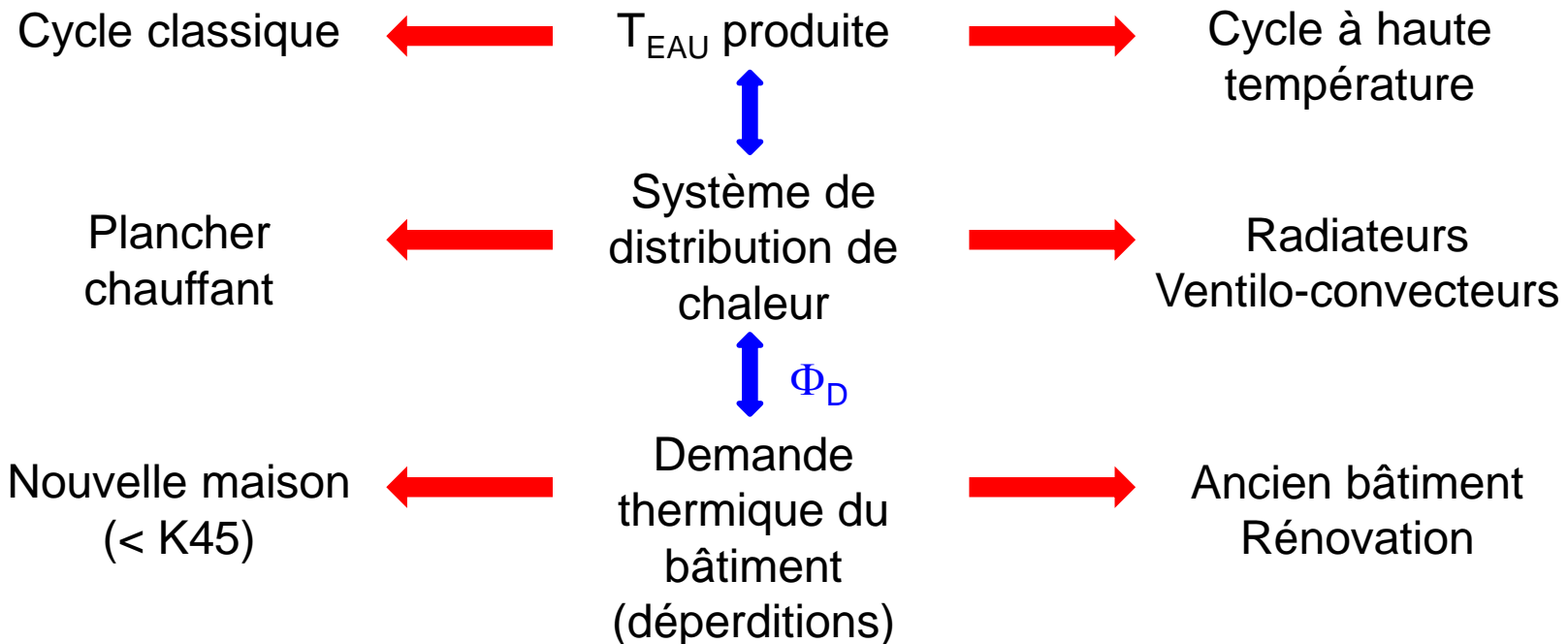
PAC classique

Courbes caractéristiques de fonctionnement d'une PAC



PAC haute température

- C'est la combinaison PAC - système de distribution de chaleur qui fixera la température de l'eau produite !
- Si la température de l'eau produite n'est pas suffisante pour le niveau d'isolation de la maison, la température intérieure de confort ne sera pas atteinte !



PAC haute température

- Il est nécessaire de réaliser des PAC utilisant des cycles plus complexes que le cycle classique pour améliorer les COP lorsqu'on couple une PAC avec des radiateurs
- Il existe depuis une dizaine d'années des PAC avec cycle dit à injection

Exemple :

PAC installée à Châtelet suivie par la FPMs depuis mars 2010
ventilo-convecteurs, SPF = 2.8 à 3.0

PAC haute température

- Suivi d'une PAC Air-Eau utilisant un cycle plus complexe, supposée avoir un meilleur SPF, installée dans une maison des années 1980 non isolée

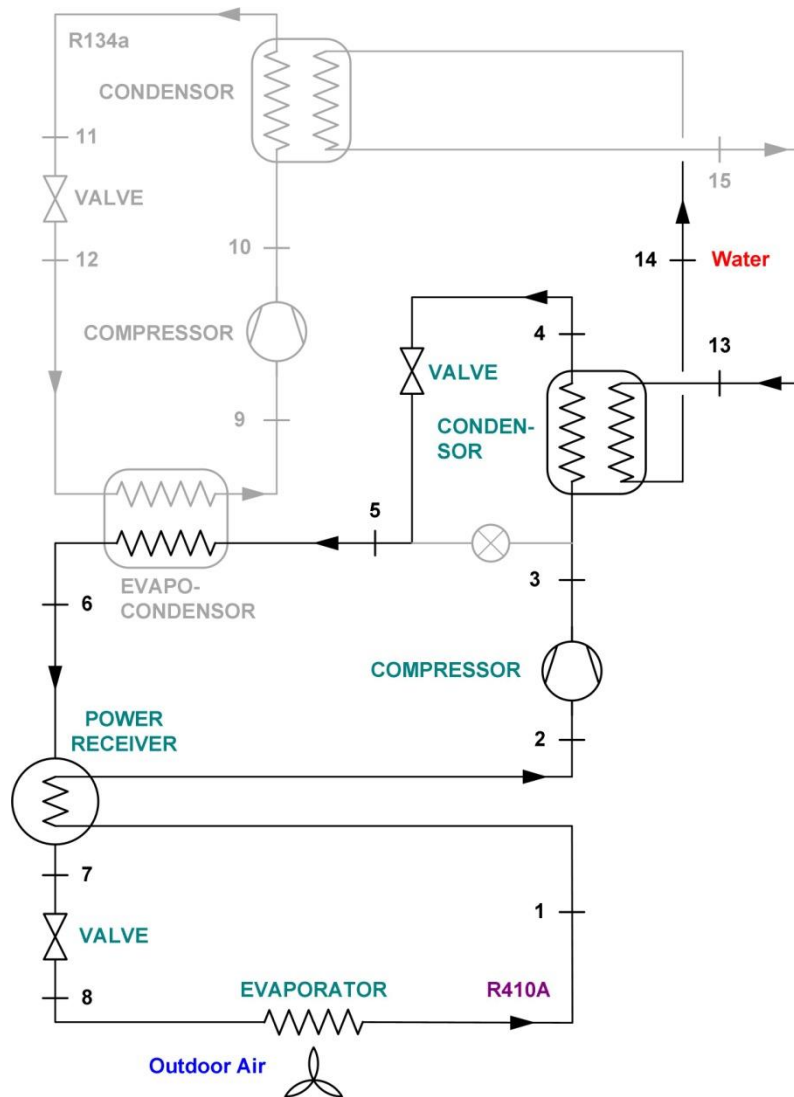
PAC servant au chauffage de la maison via les radiateurs existants et à la production d'eau chaude sanitaire (ECS),

Flux chaud nominal = 18 kW

- Instrumentation complète de la PAC et suivi des performances depuis octobre 2013
- Développement d'un modèle de la PAC afin d'optimiser les performances

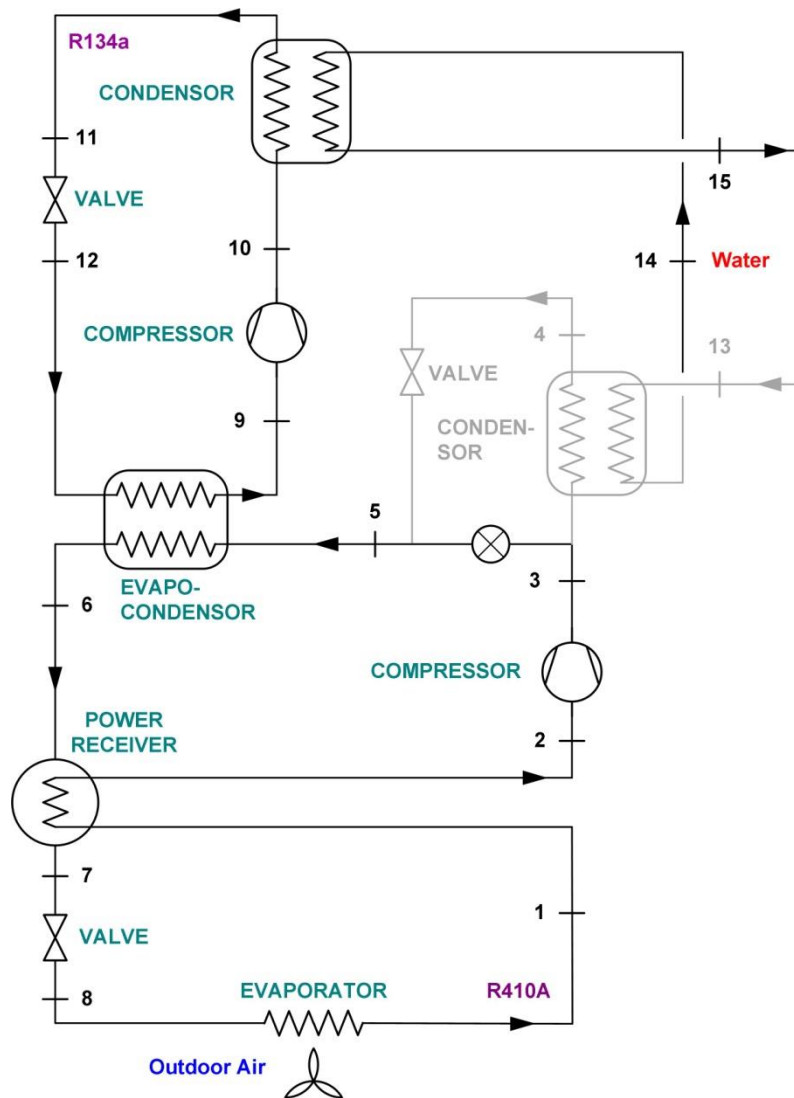
PAC haute température

- Mode 1



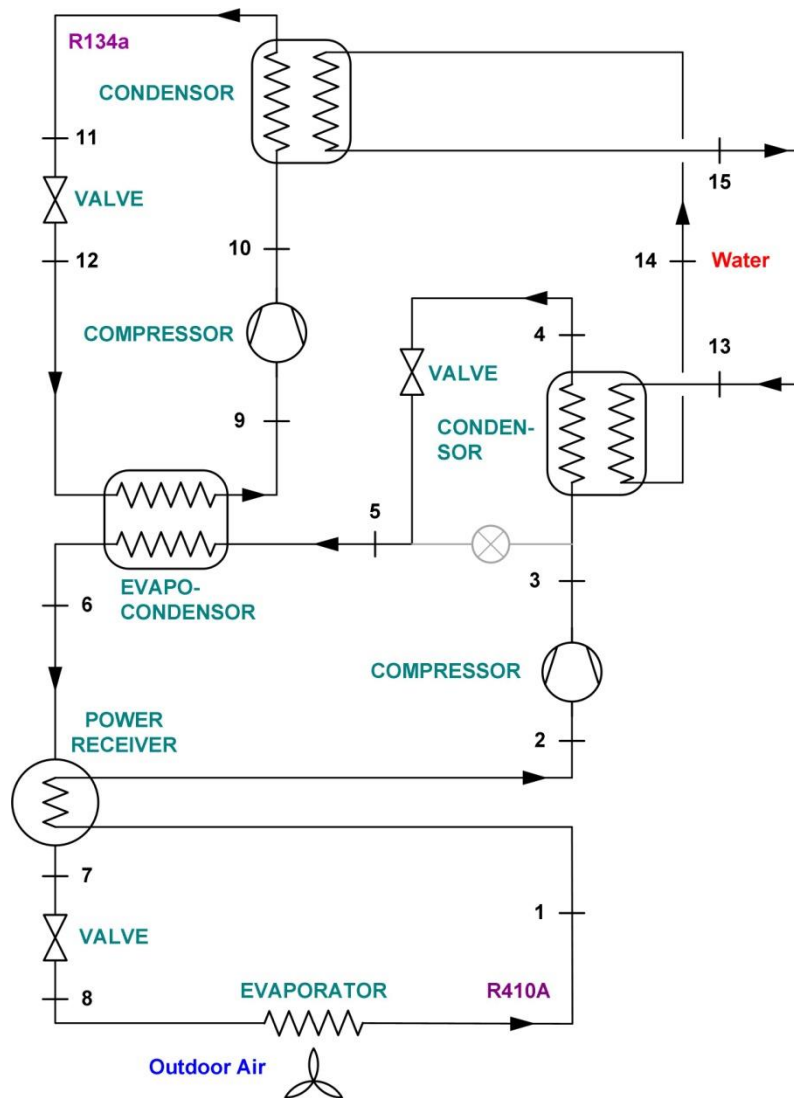
PAC haute température

- Mode 3



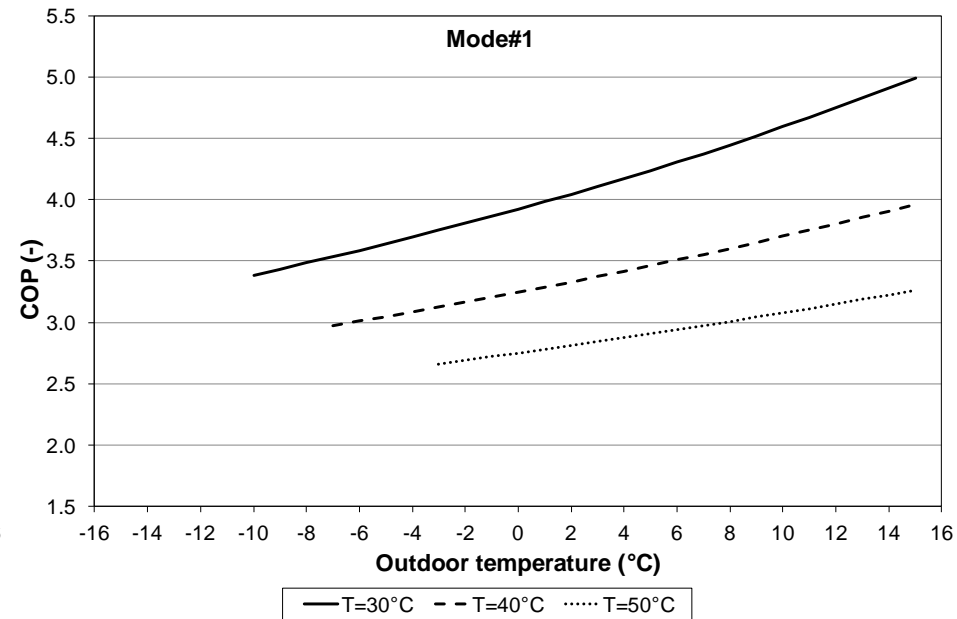
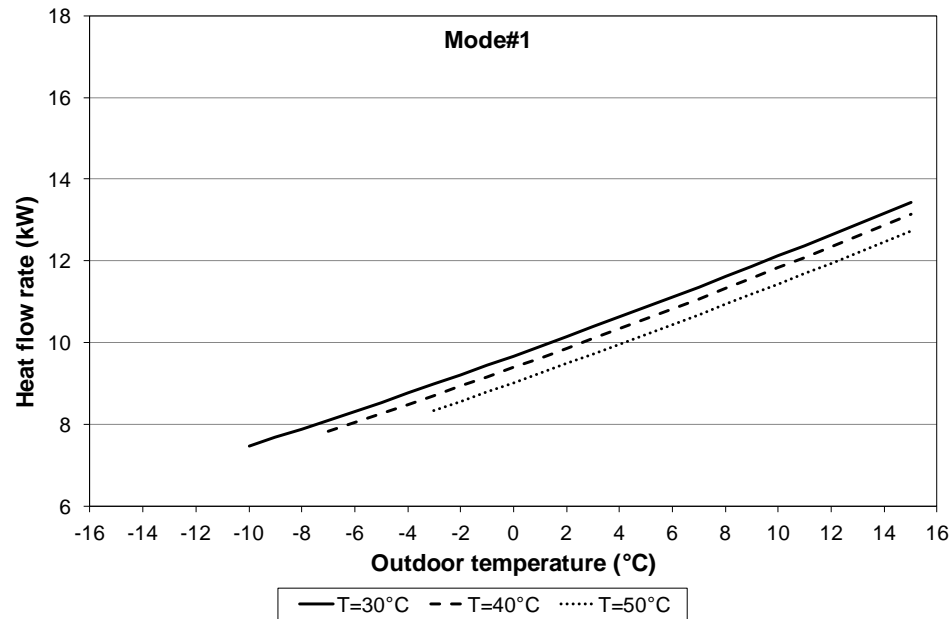
PAC haute température

■ Mode 2



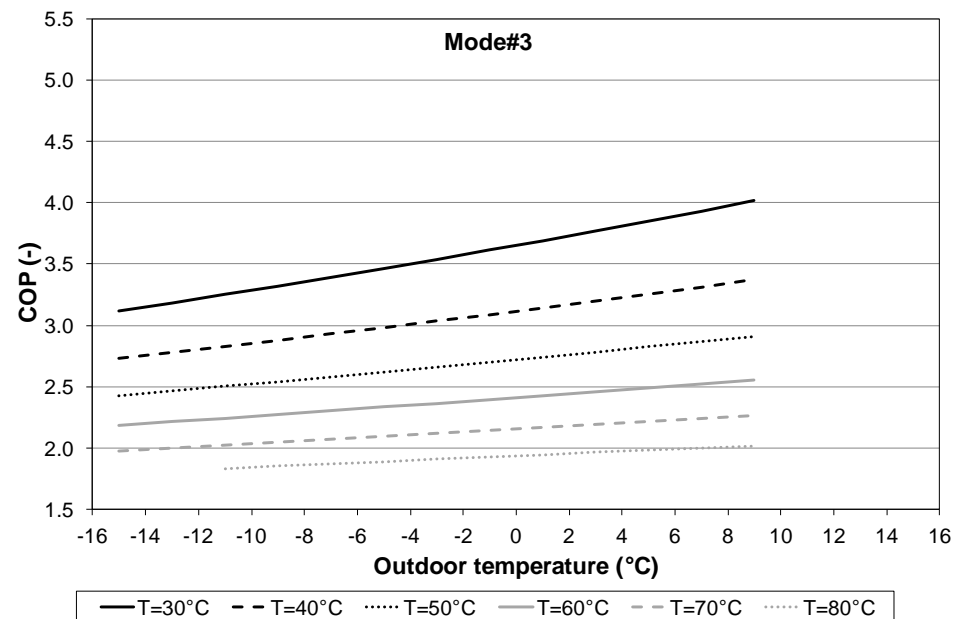
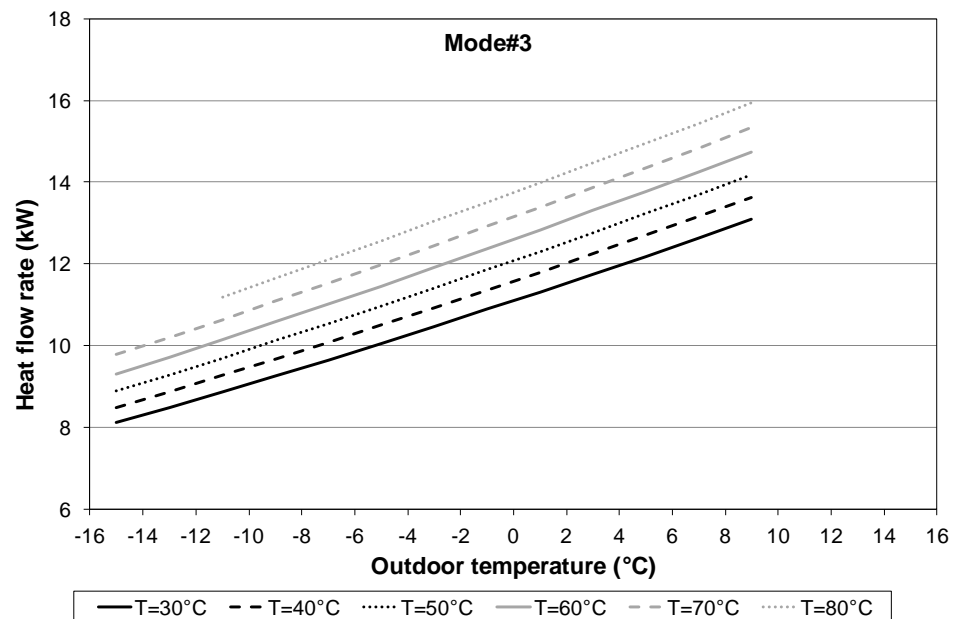
PAC haute température

- Modèle mode 1



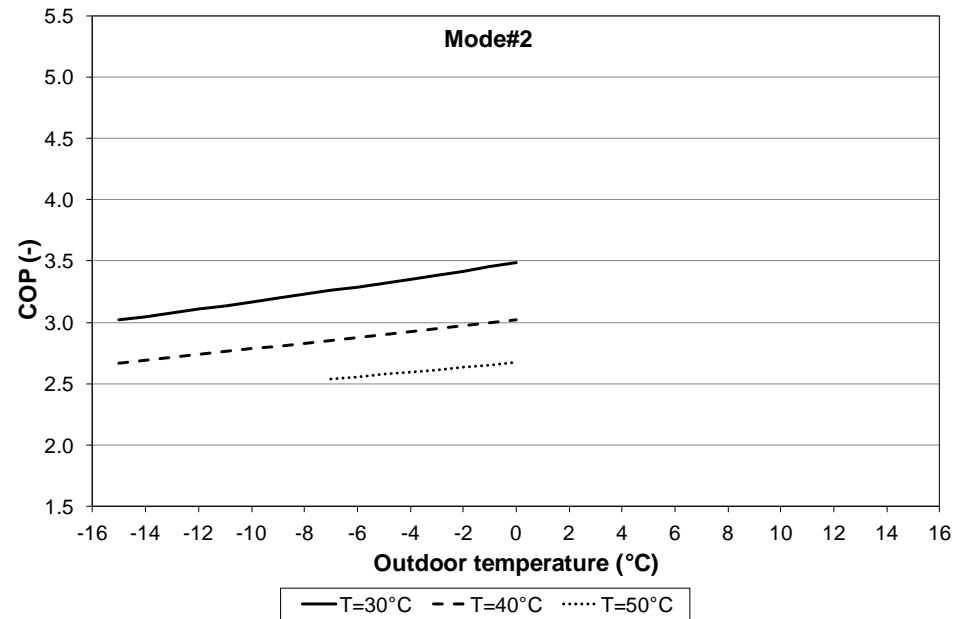
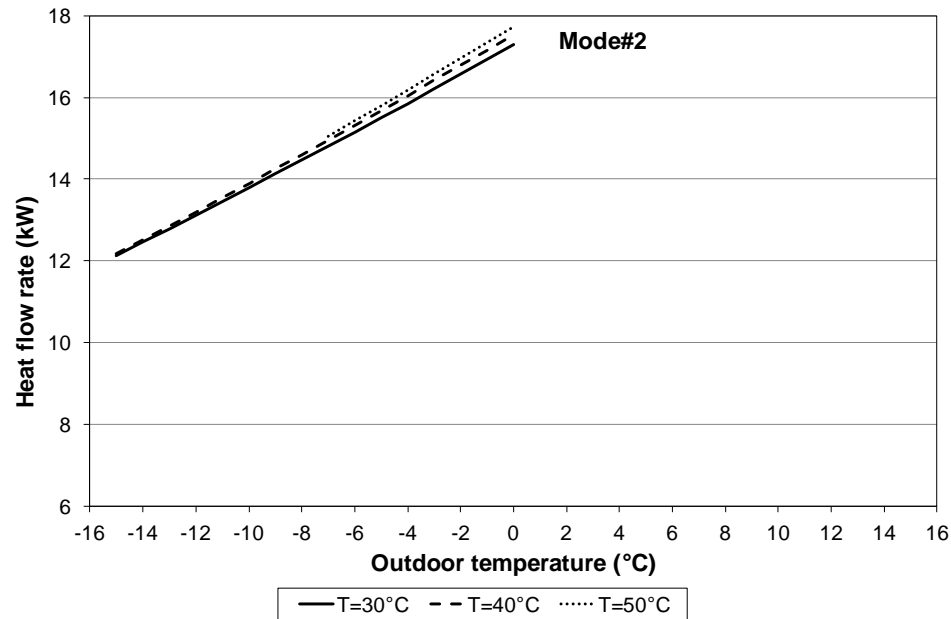
PAC haute température

■ Modèle mode 3



PAC haute température

- Modèle mode 2



PAC haute température

- Le modèle permet de prédire le meilleur mode à utiliser selon les conditions extérieures et la température de l'eau à produire :

		Water temperature (°C)						
		<25	25-35	36-45	46-55	56-65	66-75	76-85
T outdoor (°C)	<-15							
	-15 to -10			2				
	-9 to -5				2			
	-4 to 0		2	2				
	1 to 5				2			
	6 to 10							
	11 to 15							
	>15							

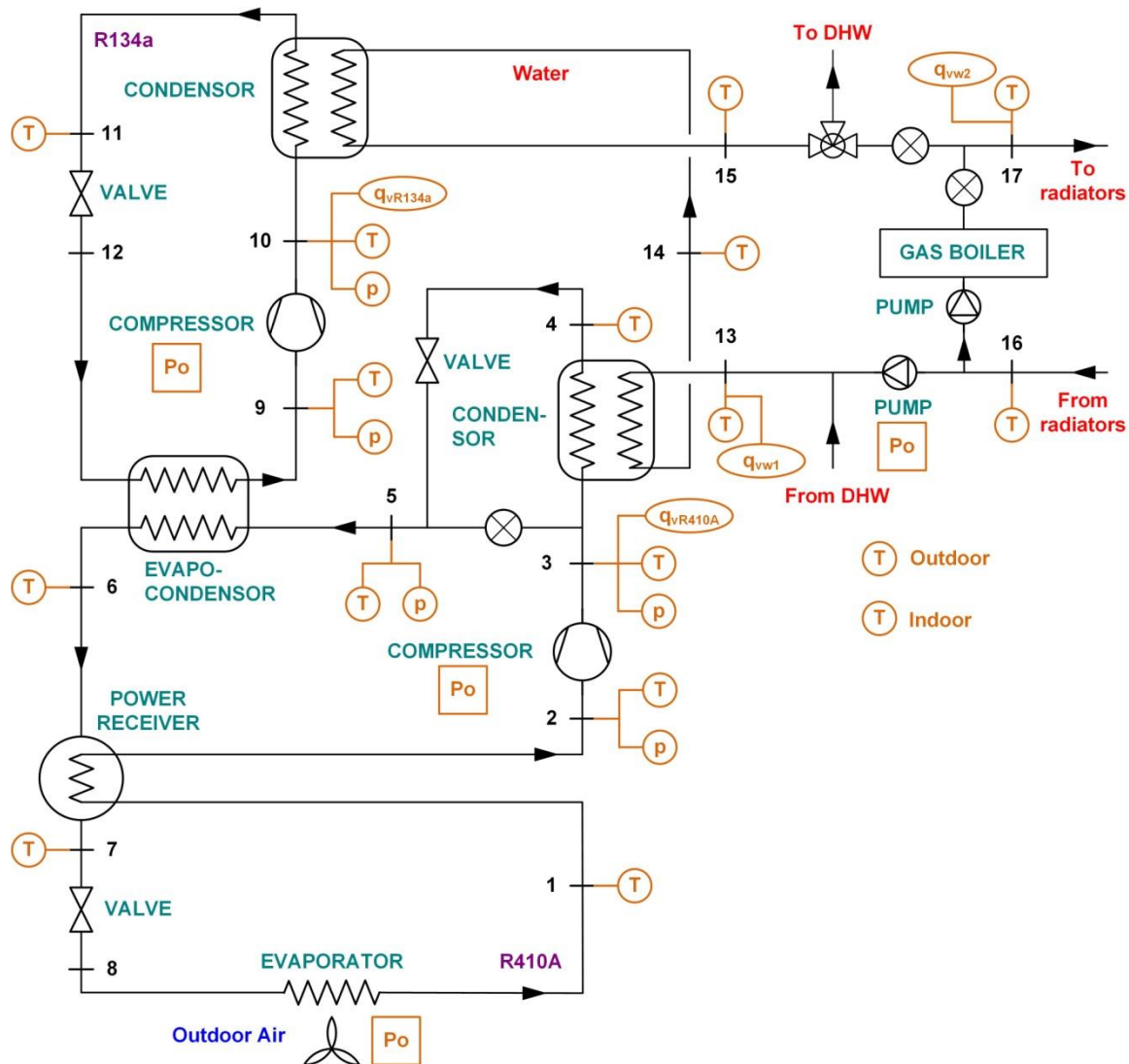
Mode 1

Mode 1 ou 2

Mode 2

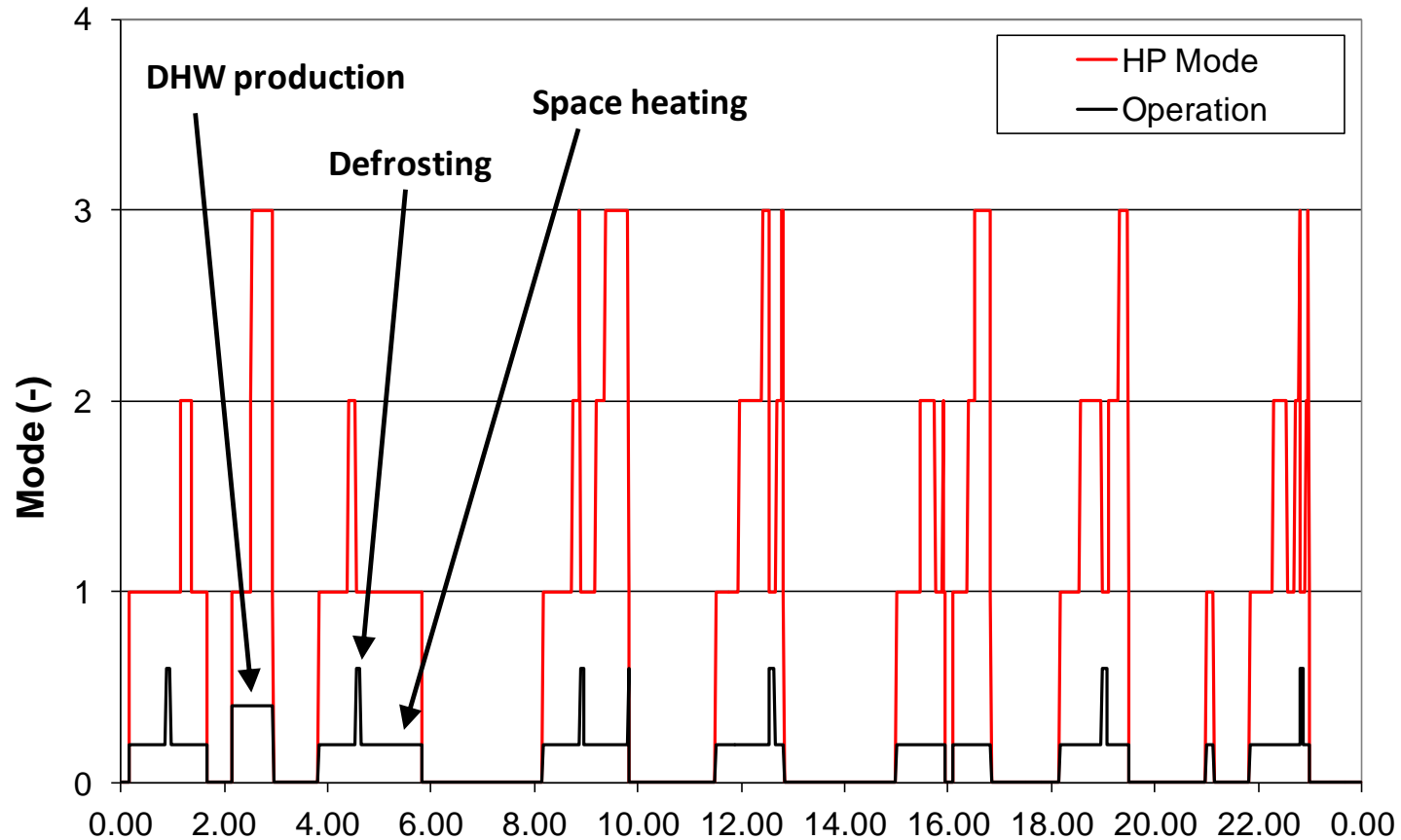
Mode 3

PAC haute température



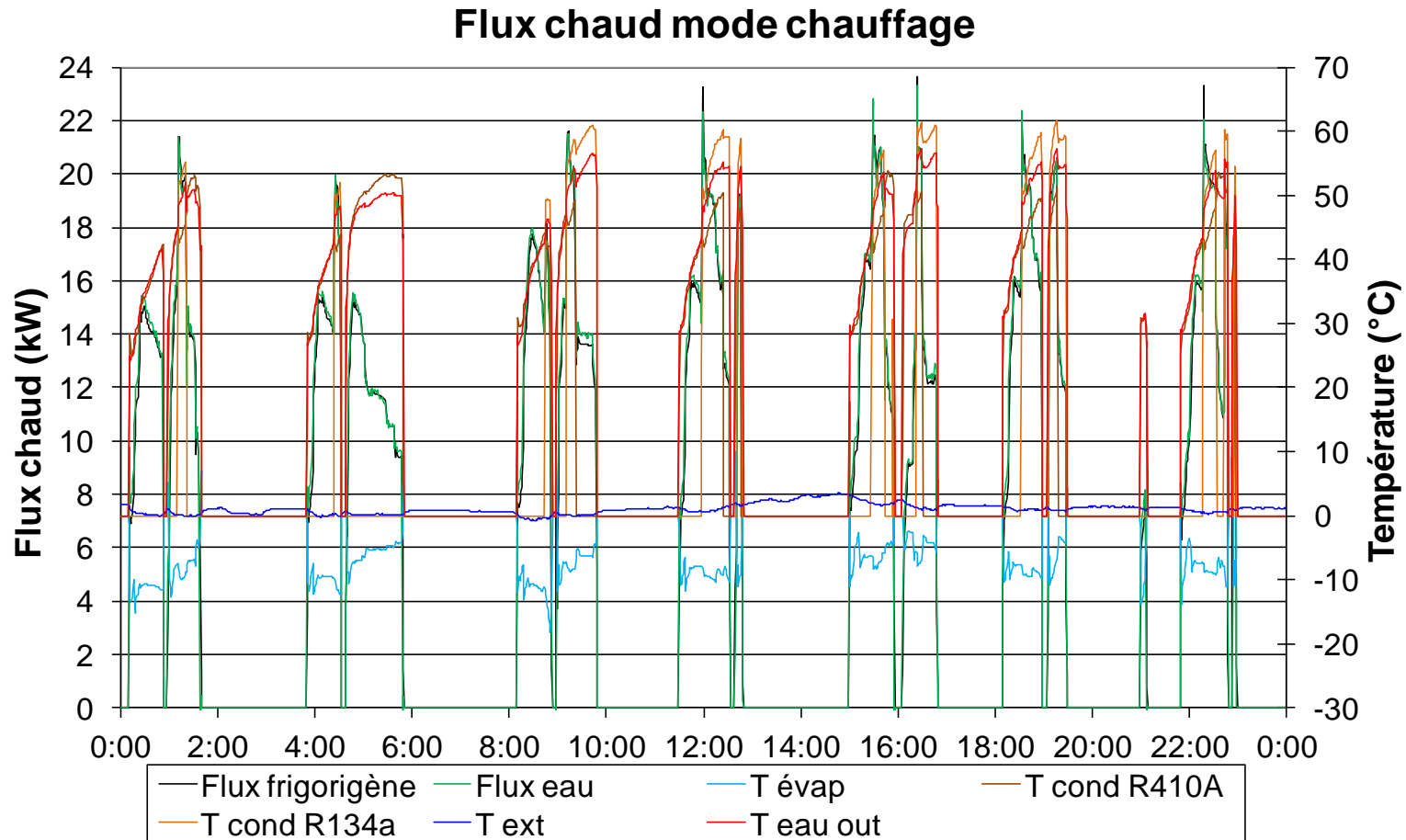
PAC haute température

- Mesures du 12 décembre 2013 : modes de fonctionnement



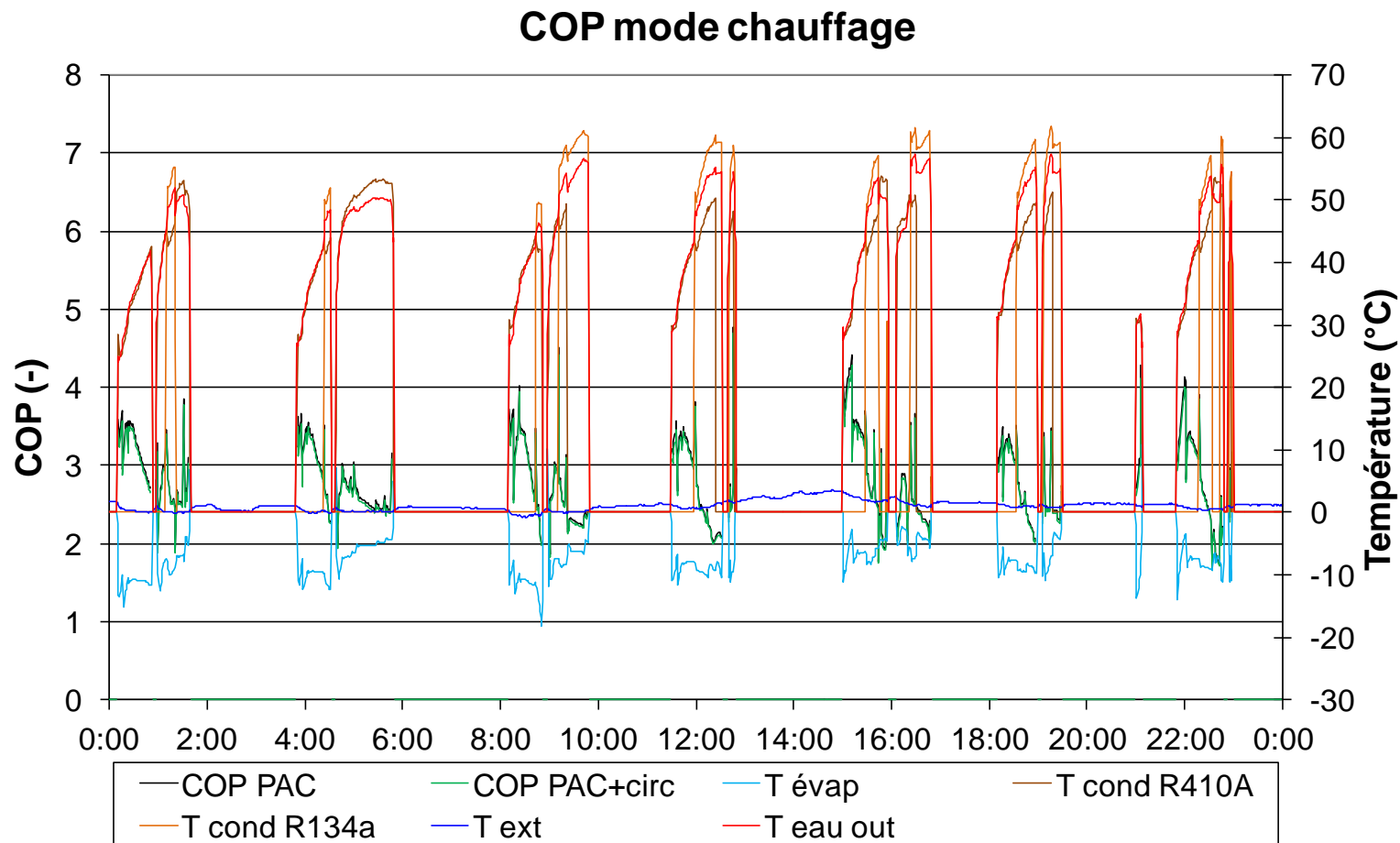
PAC haute température

- Mesures du 12 décembre 2013 : chauffage



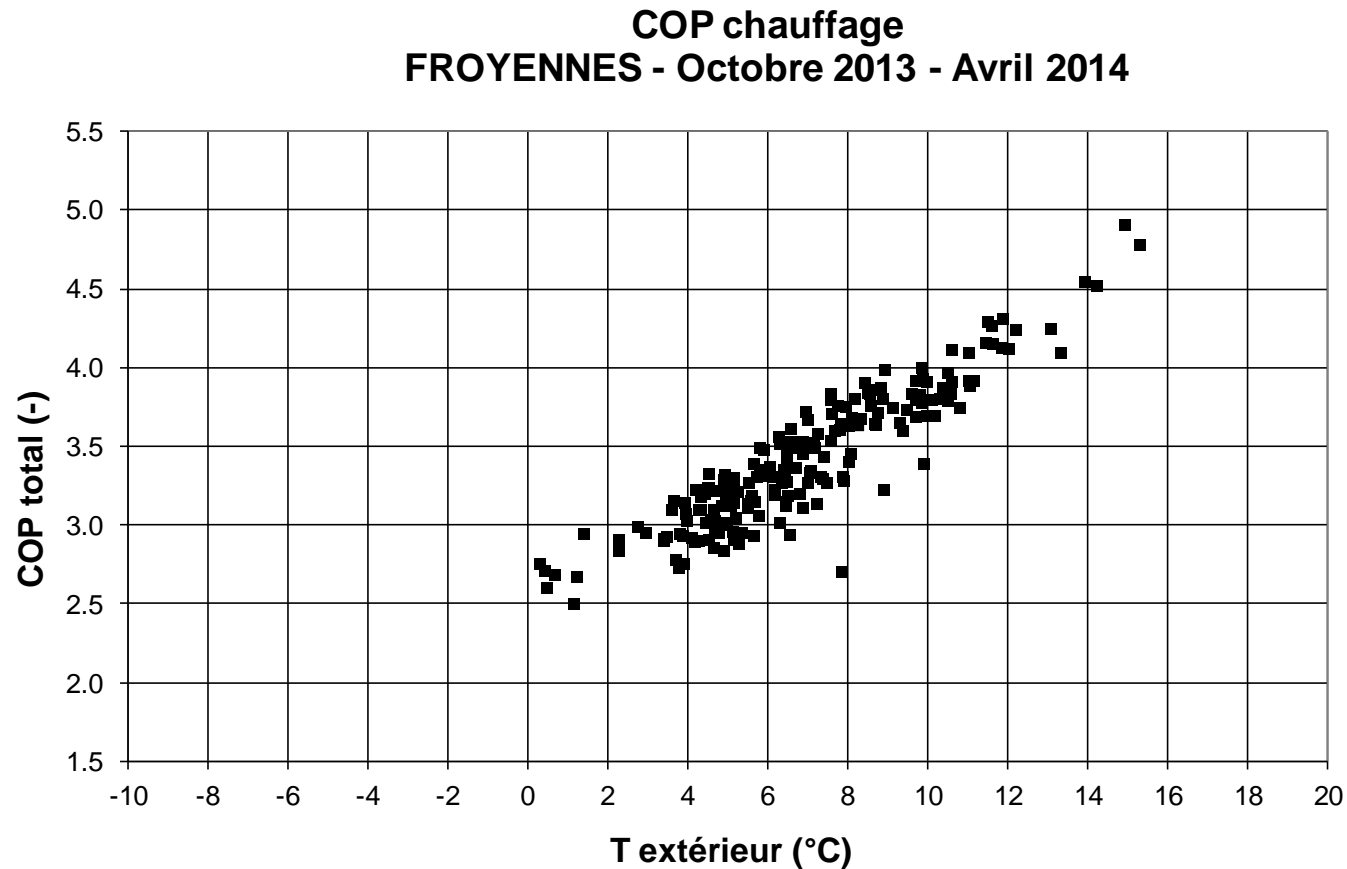
PAC haute température

- Mesures du 12 décembre 2013 : chauffage



PAC haute température

- Résultats journaliers sur la période octobre 2013 – avril 2014 : chauffage



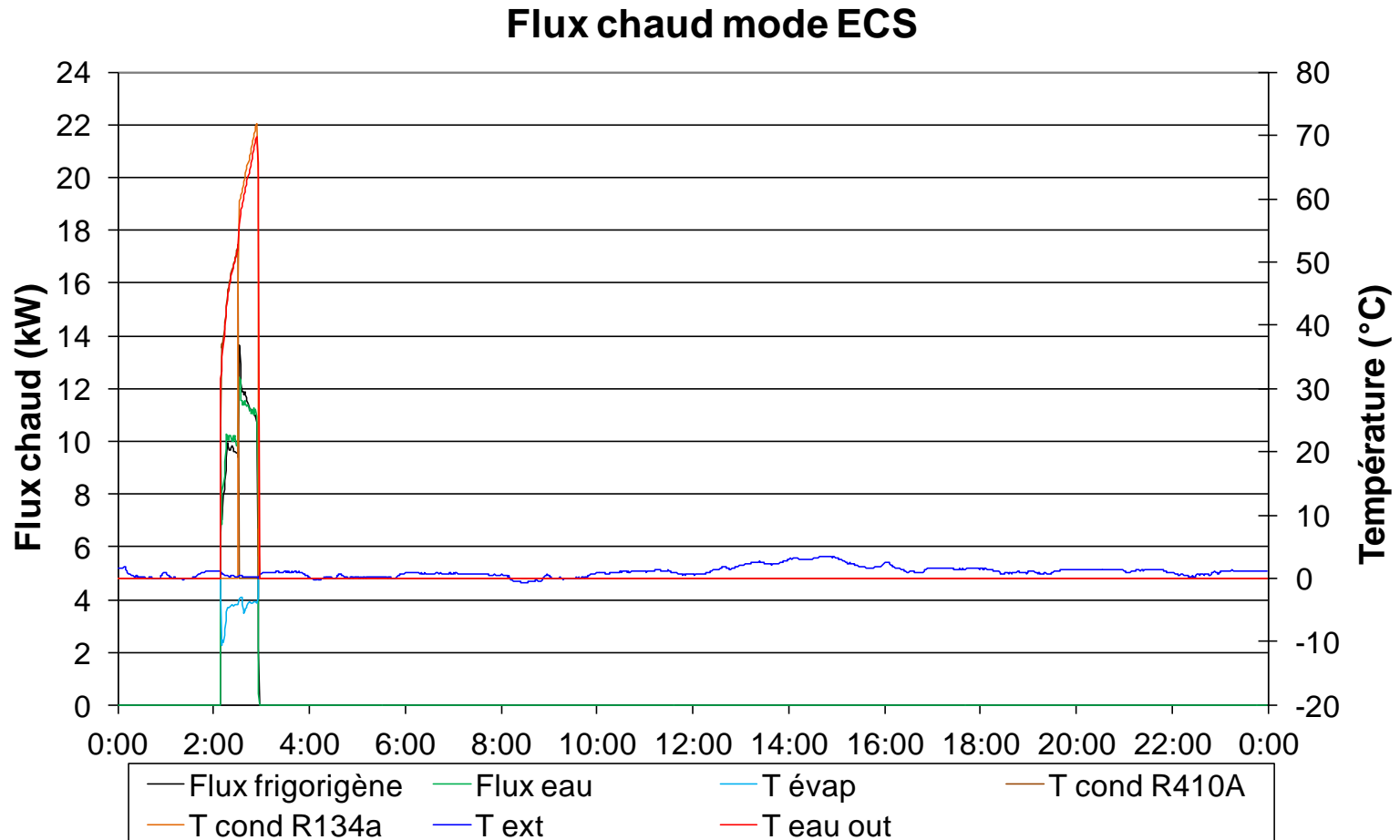
PAC haute température

- Résultats mensuels sur la période octobre 2013 – avril 2014 : chauffage

Month	E_{HP} (kWh)	E_{WP} (kWh)	E_{DEF} (kWh)	E_{SB} (kWh)	Q (kWh)	$COPM_{SYS}$ (-)	$COPM_{TOT}$ (-)
October	135.1	4.0	0.0	7.0	521.5	3.75	3.57
November	650.9	15.5	1.2	15.9	2229.2	3.35	3.26
December	963.2	18.5	2.0	17.3	2953.3	3.01	2.95
January	942.4	19.9	1.1	16.2	3039.4	3.16	3.10
February	795.6	18.5	0.4	14.2	2679.1	3.29	3.23
March	313.6	8.4	0.2	19.9	1074.3	3.34	3.14
April	188.3	6.1	0.0	15.6	714.6	3.68	3.40

PAC haute température

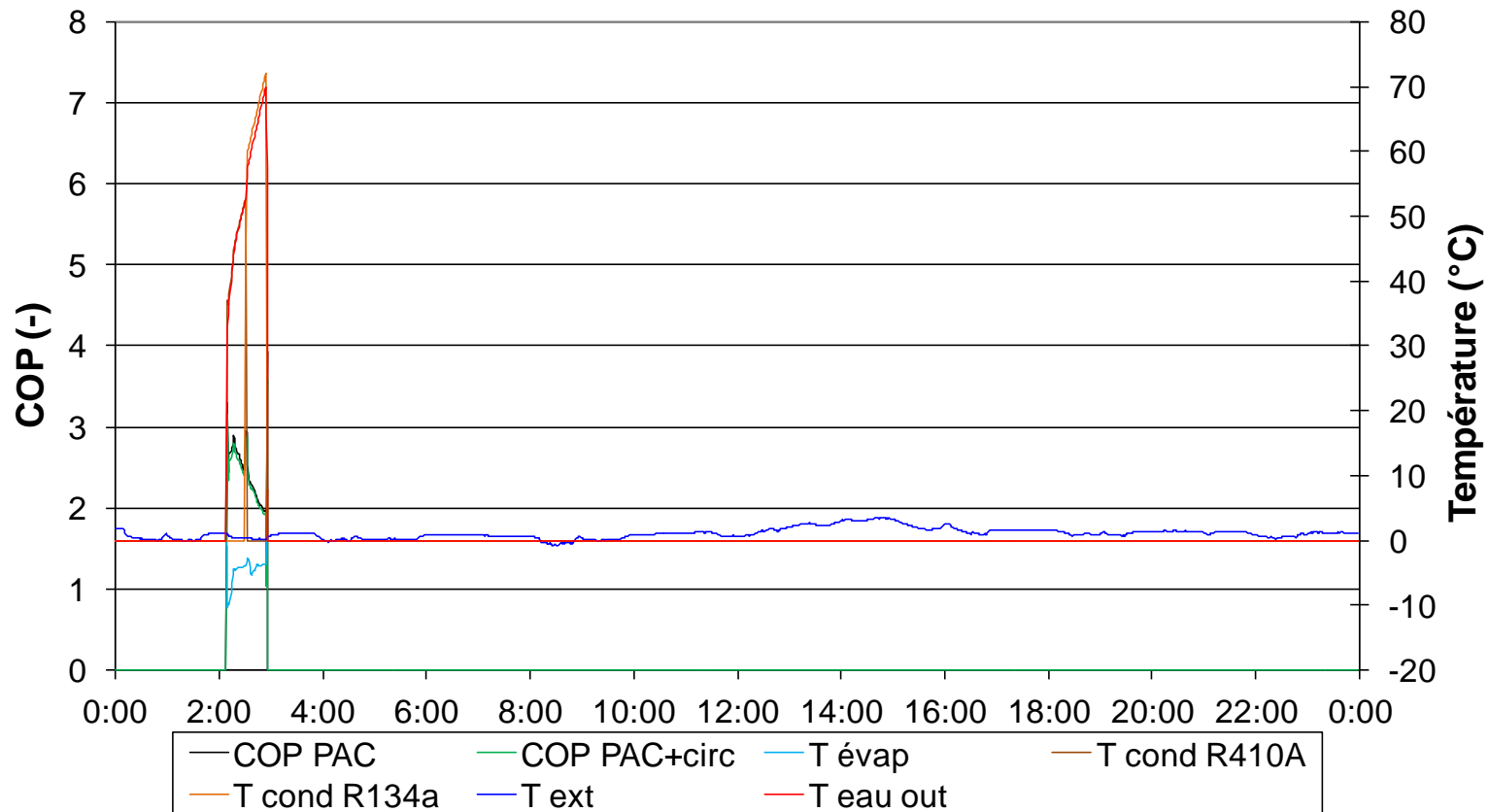
- Mesures du 12 décembre 2013 : ECS



PAC haute température

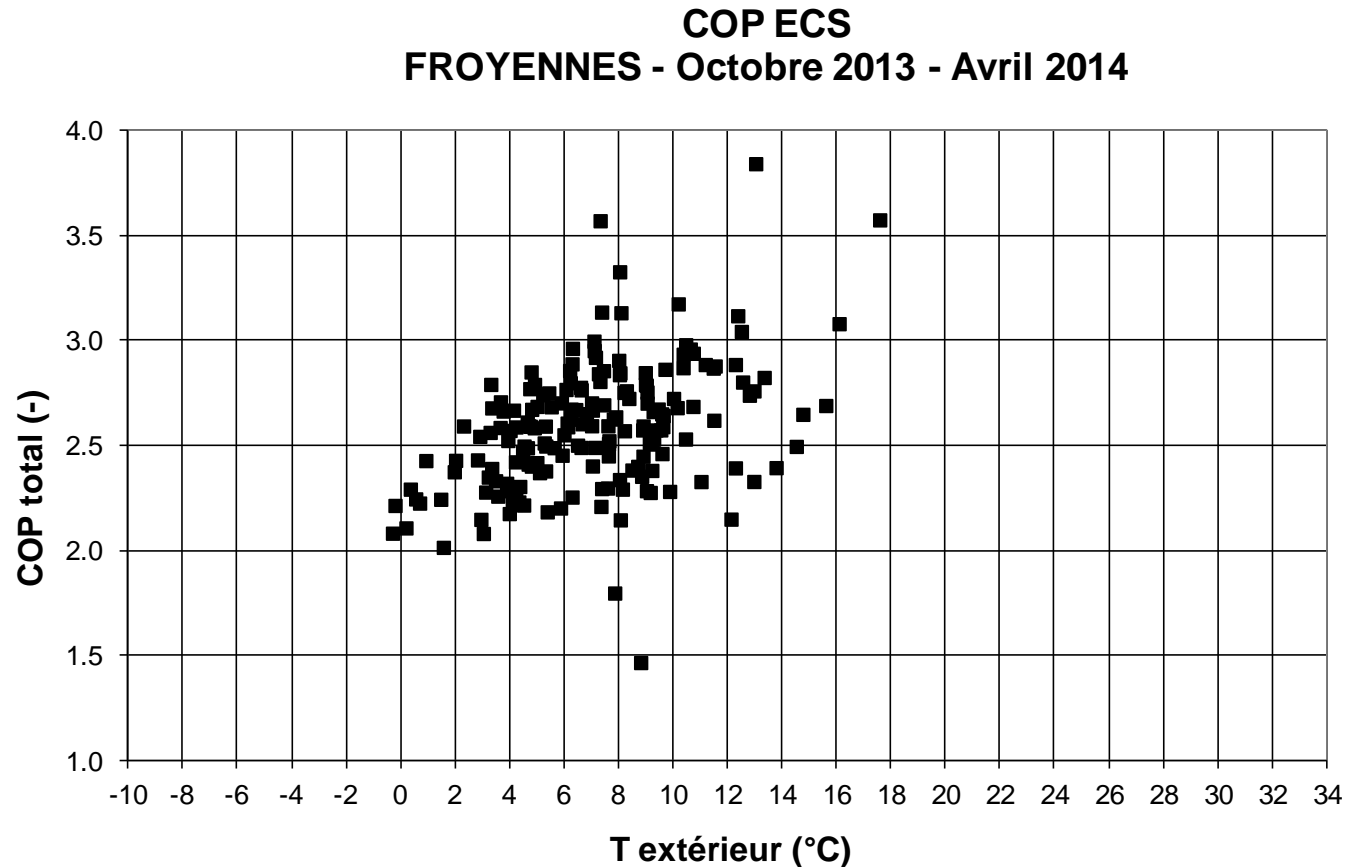
- Mesures du 12 décembre 2013 : ECS

COP mode ECS



PAC haute température

- Résultats journaliers sur la période octobre 2013 – avril 2014 : ECS



PAC haute température

- Résultats mensuels sur la période octobre 2013 – avril 2014 : ECS

Month	E_{HP} (kWh)	E_{WP} (kWh)	Q (kWh)	$COPM_{SYS}$ (-)
October	49.9	1.5	125.5	2.45
November	110.0	3.2	285.5	2.52
December	128.8	3.8	338.5	2.55
January	102.7	3.0	271.2	2.57
February	114.5	3.5	317.1	2.69
March	74.8	2.4	209.6	2.72
April	79.7	2.7	227.8	2.77

Conclusions & Perspectives

- Continuation des mesures pendant 2 ans
- Modification des paramètres du modèle grâce à l'analyse des mesures
- Optimisation de la régulation pour la maison grâce à un modèle thermique de la maison
- Résultats prometteurs :

SPF chauffage > 2.53 ? Oui !

> 2.88 ? Peut-être...

SPF ECS > 2.6-2.7 ? Peut-être aussi !