UMONS
Université de Mons

Analyse des résultats du monitoring d'une PAC haute température

Dr Ir Eric Dumont

Université de Mons
Faculté Polytechnique, Service de Thermodynamique
Contact : eric.dumont@umons.ac.be

POLYTECH MONS

energy
UMONS RESEARCH INSTITUTE FOR ENERGY

Contexte

energy
UMONS RESEARCH INSTITUTE FOR ENERGY

- Besoins de PAC avec cycle thermodynamique complexe pour augmenter le COP quand les PAC sont combinées avec des radiateurs (haute température)
- PAC avec cycle à injection sur le marché depuis environ 10 ans

Exemple :

PAC avec cycle à injection installée à Châtelet et monitorée par l'UMONS depuis mars 2010

avec ventilo-convecteurs, SPF = 2.8 à 3.0

- PAC avec cycle en cascade sur le marché depuis 3 à 4 ans
- Directive Européenne : SPF > 2.88 (avec $\eta_{CENTRALE} = 0.400$)

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

PAC : Introduction

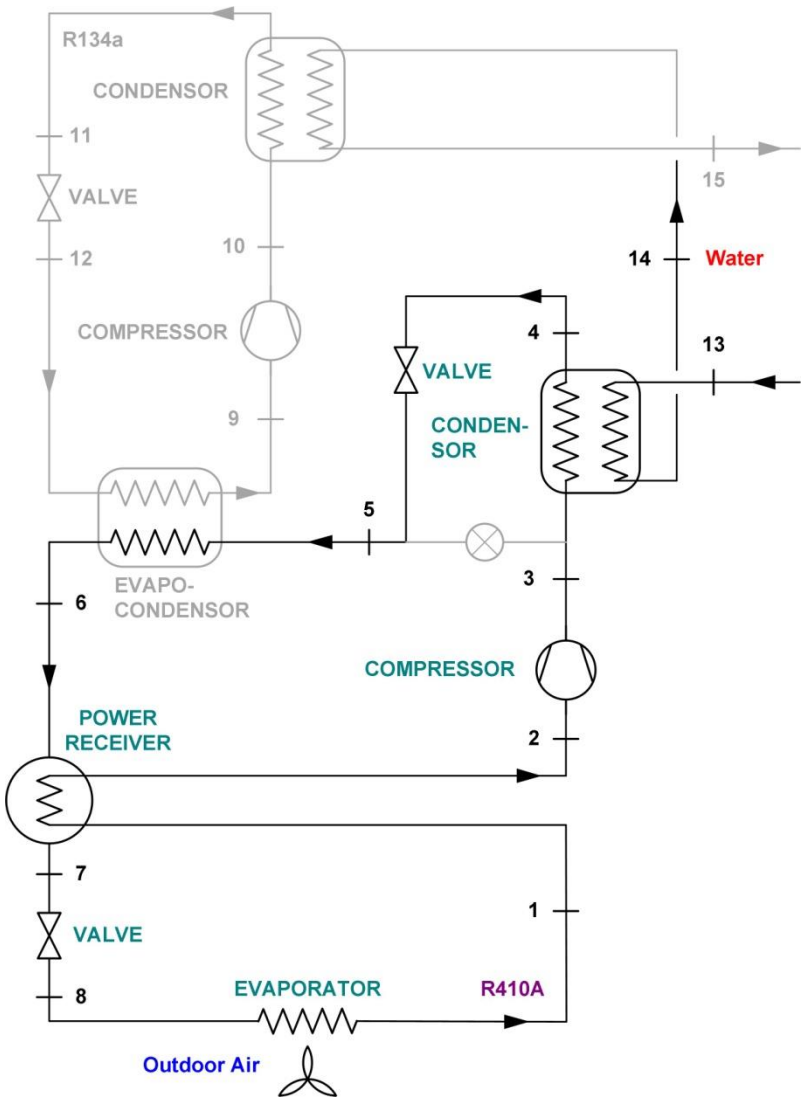
- Monitoring d'une PAC air-eau (AJ-Tech) qui utilise un cycle en cascade original avec compresseur à vitesse variable
- PAC installée dans une maison 4 façades non isolée bâtie en 1973 (K98) à Froyennes

PAC : Introduction

- La PAC est utilisée pour le chauffage (avec les radiateurs existants) et pour la production d'eau chaude sanitaire (ECS)
- Flux chaud nominal = 14.5 kW
- La chaudière au gaz a été conservée pour les jours les plus froids (fonctionnement séparé)
- La PAC a été complètement instrumentée pour des mesures détaillées en septembre 2013

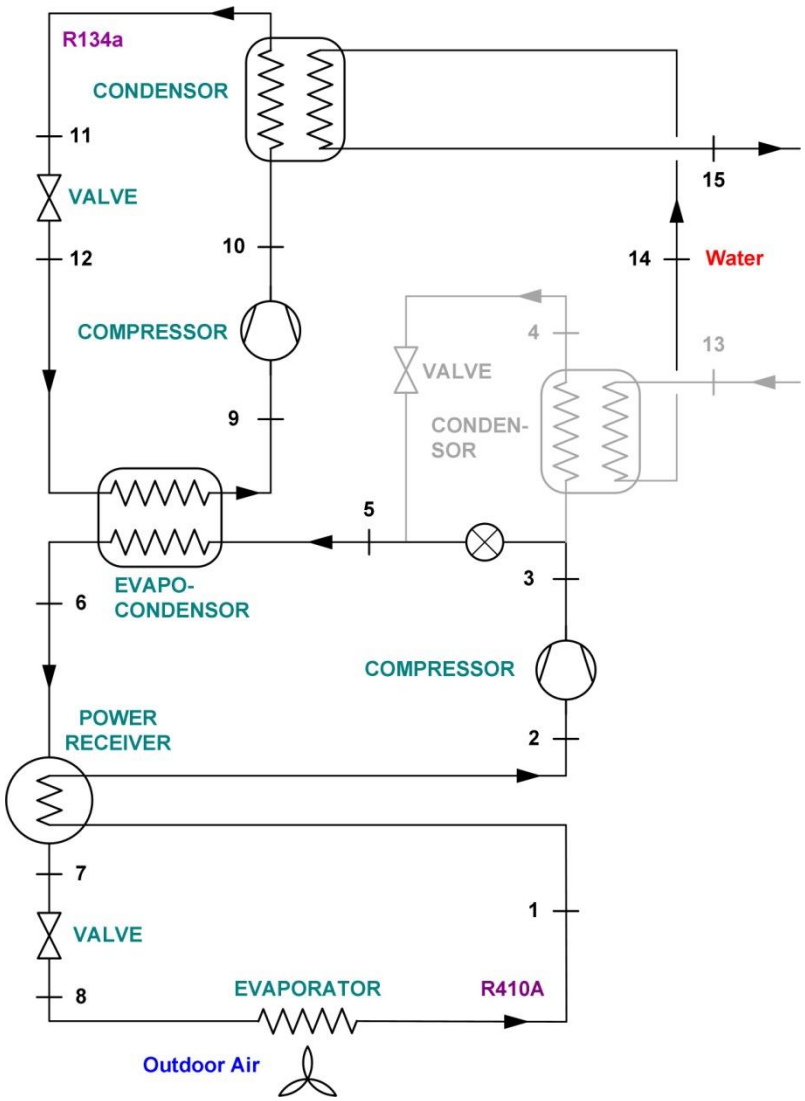
PAC : Fonctionnement

- Mode #1



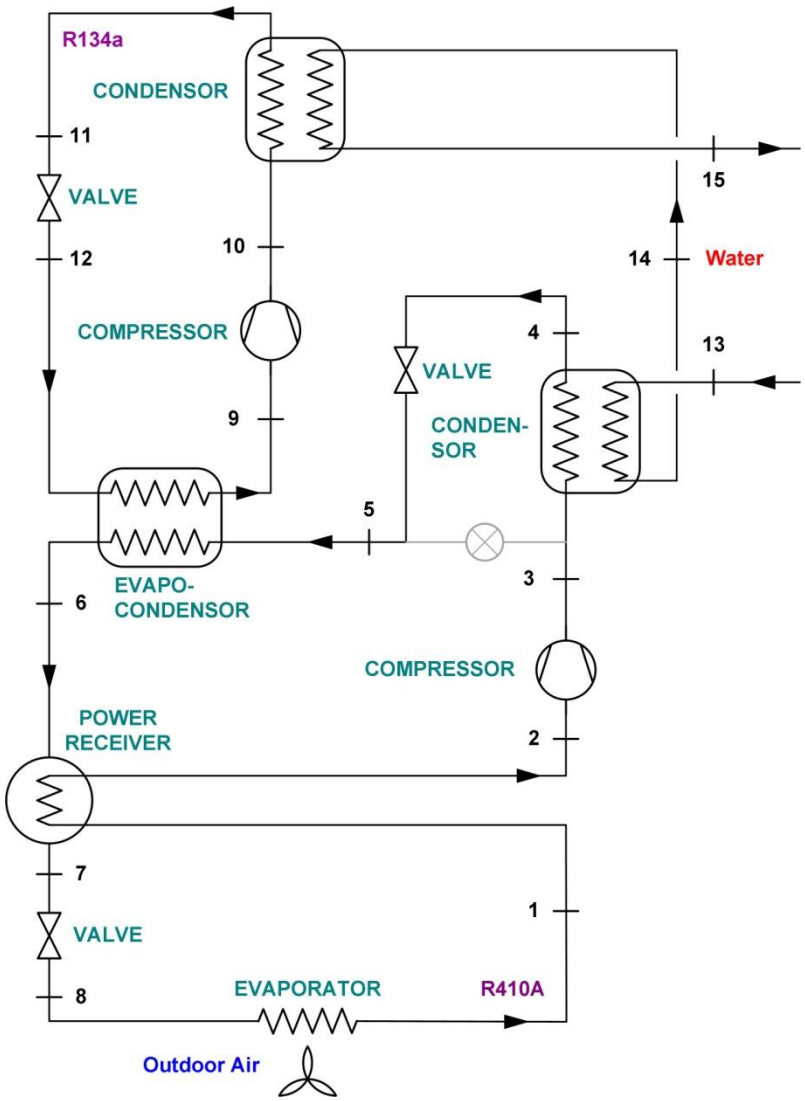
PAC : Fonctionnement

- Mode #3



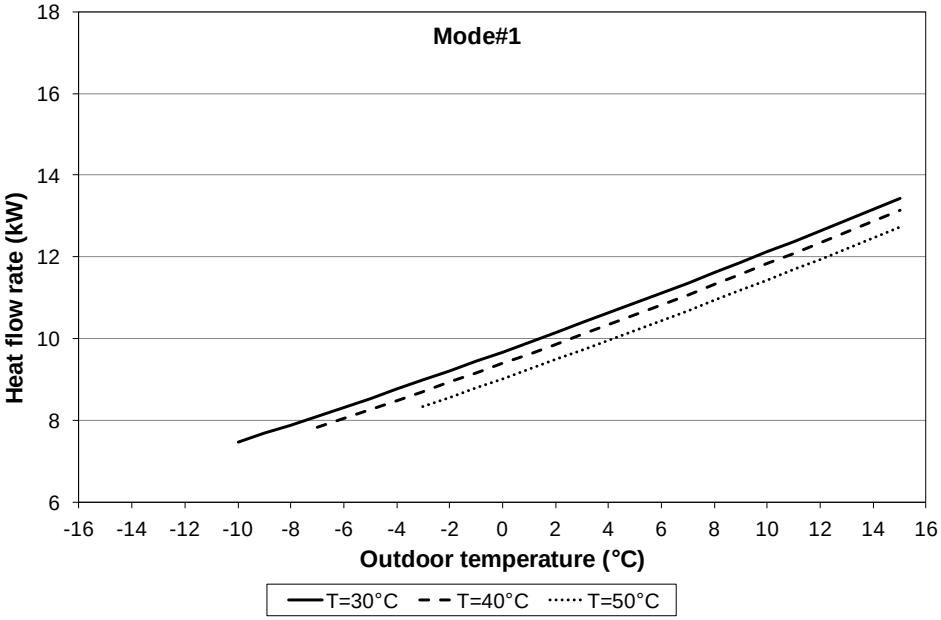
PAC : Fonctionnement

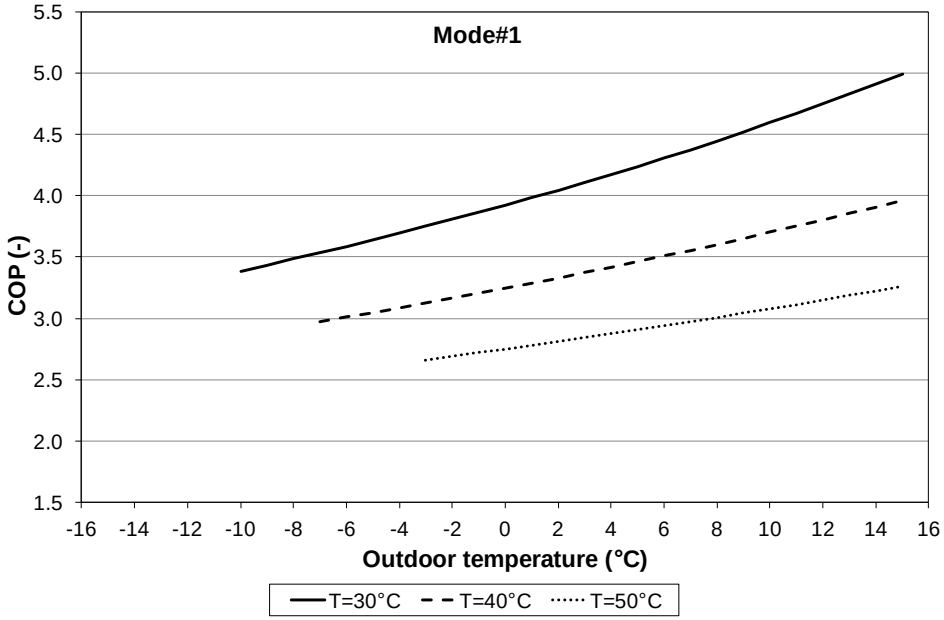
- Mode #2



PAC : Performance

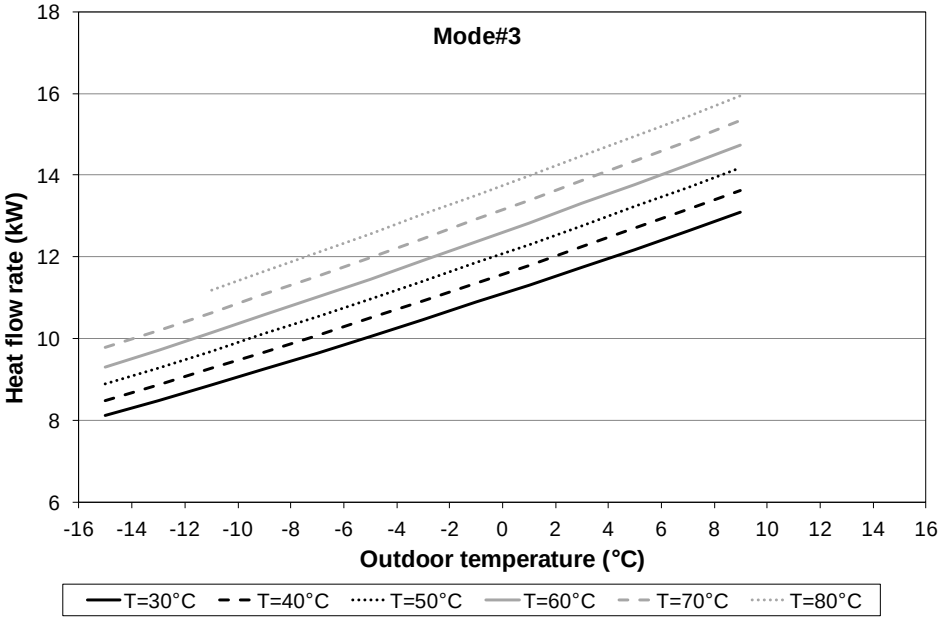
- Modèle du mode #1 (vitesse de compresseur nominale)

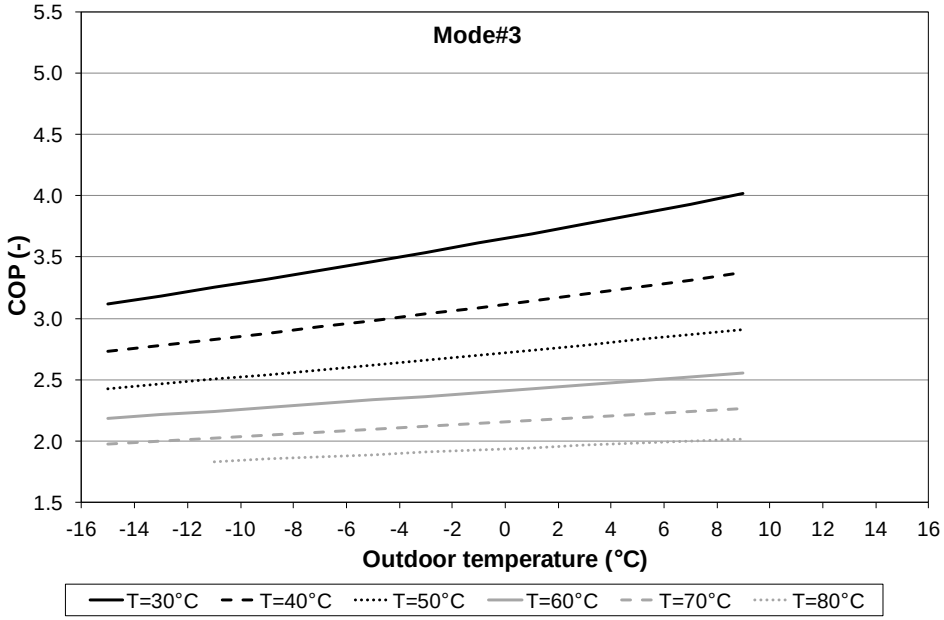




PAC : Performance

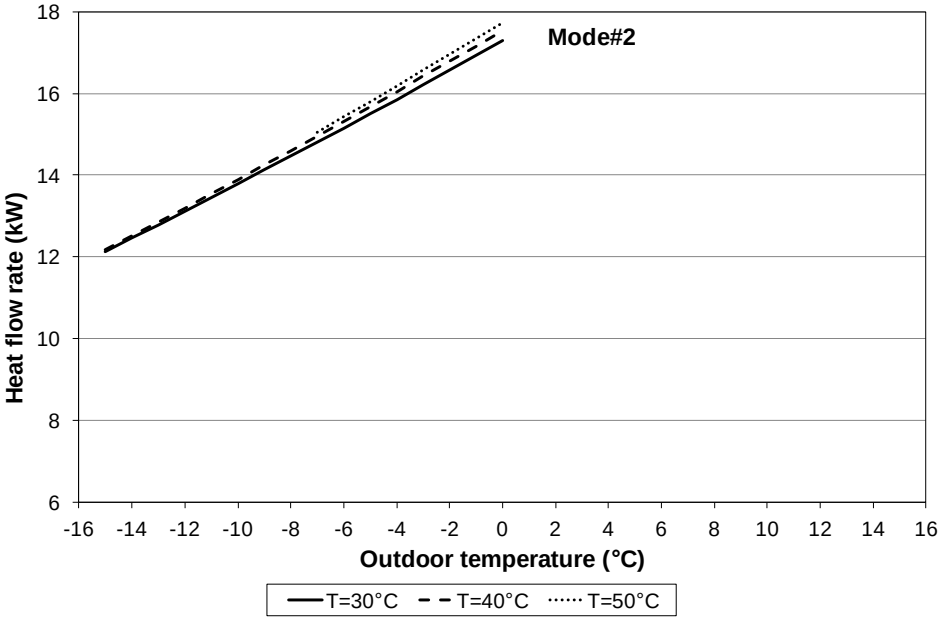
- Modèle du mode #3 (vitesse de compresseur nominale)

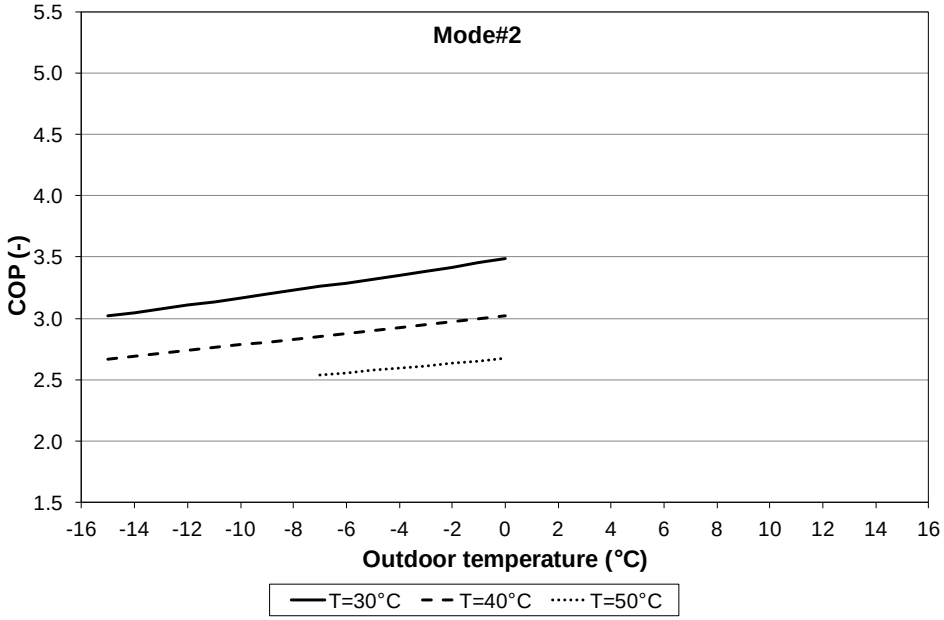




PAC : Performance

- Modèle du mode #2 (vitesse de compresseur nominale)





PAC : Régulation

UMONS RESEARCH INSTITUTE FOR ENERGY

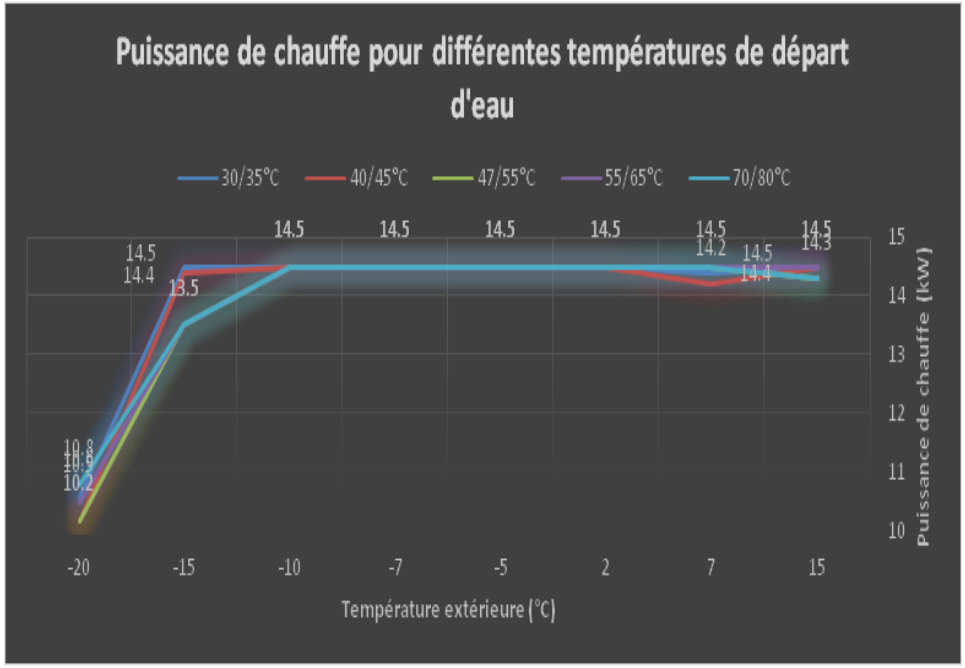
- La vitesse du compresseur au R410A est régulée pour adapter le flux chaud aux besoins de l'habitation et/ou maximiser le COP

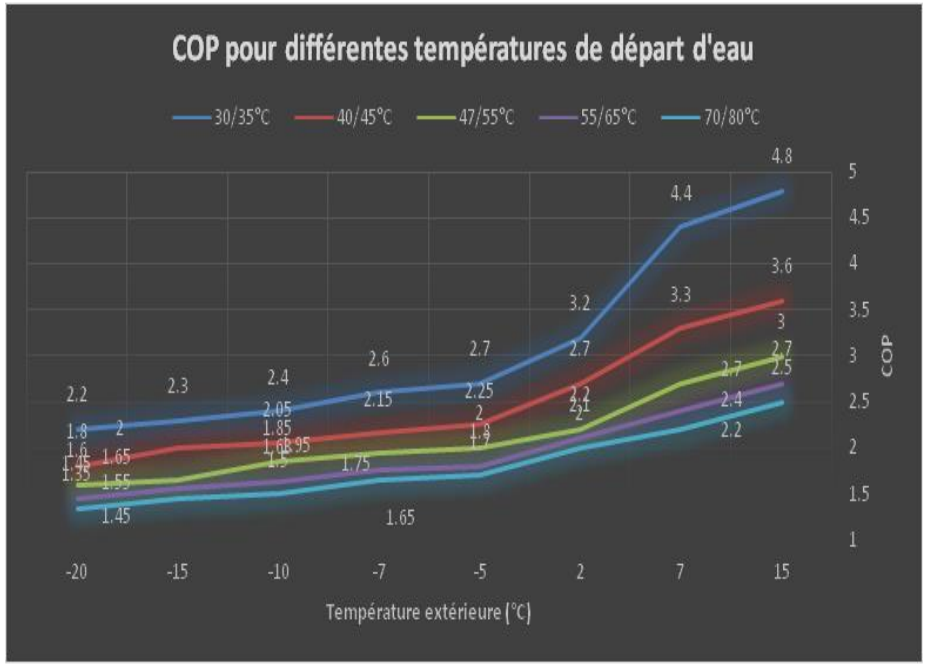
T outdoor (°C) \ Water temperature (°C)	<25	25-35	36-45	46-55	56-65	66-75	76-85
<-15	Mode 2	Mode 2	Mode 3	Mode 3	Mode 3	Mode 3	Mode 3
-15 to -10	Mode 2	Mode 2	Mode 3	Mode 3	Mode 3	Mode 3	Mode 3
-9 to -5	Mode 2	Mode 2	Mode 2	Mode 3	Mode 3	Mode 3	Mode 3
-4 to 0	Mode 1	Mode 1 or 2	Mode 1 or 2	Mode 2	Mode 3	Mode 3	Mode 3
1 to 5	Mode 1	Mode 1 or 2	Mode 1 or 2	Mode 1 or 2	Mode 3	Mode 3	Mode 3
6 to 10	Mode 1	Mode 1 or 2	Mode 1 or 2	Mode 1 or 2	Mode 3	Mode 3	Mode 3
11 to 15	Mode 1	Mode 1	Mode 1	Mode 1	Mode 3	Mode 3	Mode 3
>15	Mode 1	Mode 1	Mode 1	Mode 1	Mode 3	Mode 3	Mode 3

Mode 1 | Mode 1 or 2 | Mode 2 | Mode 3

PAC : Régulation

- Courbes de performance du fabricant (régulation à vitesse variable)





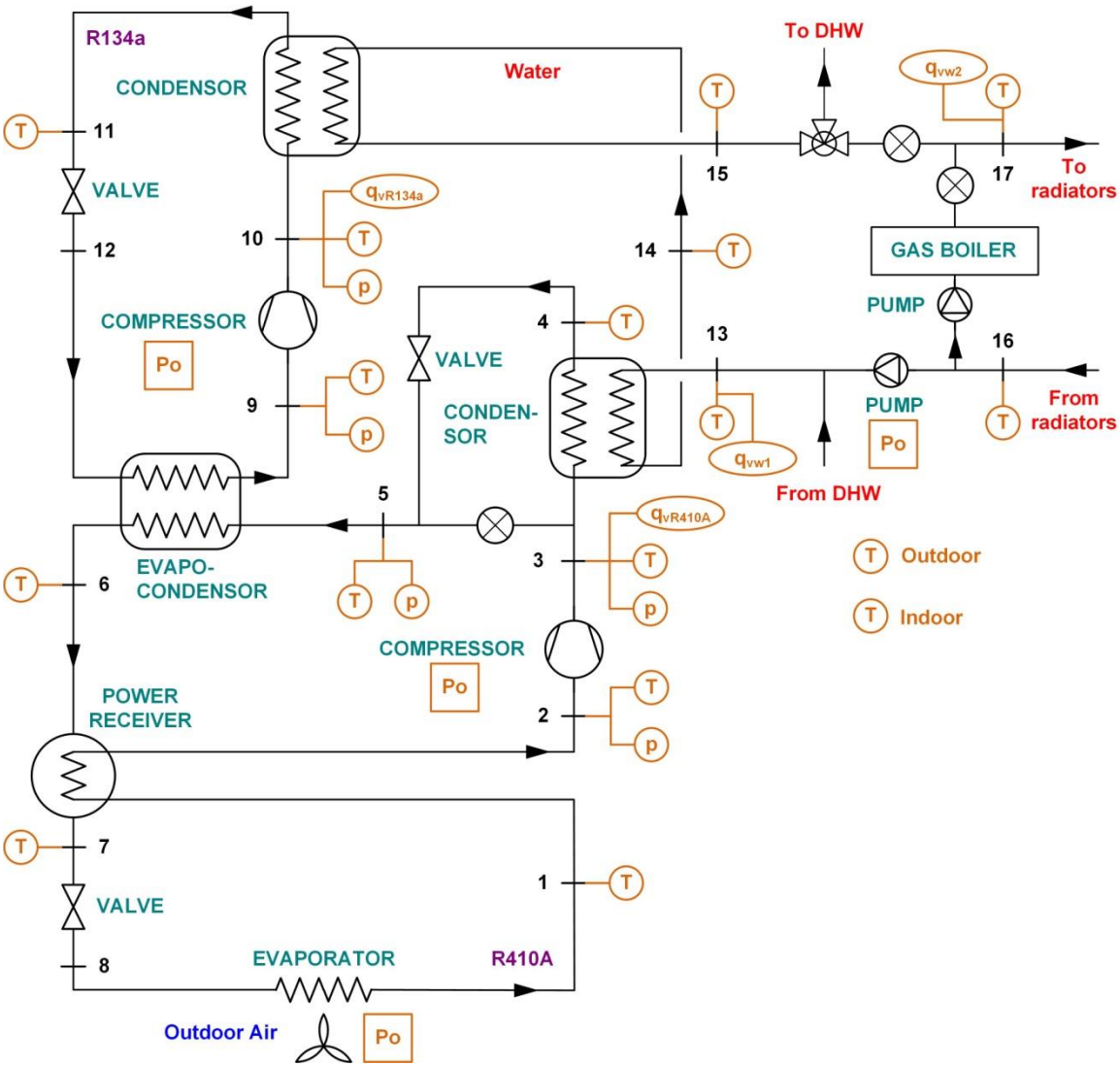
PAC : Régulation

- Combinaison des modes de la PAC et de la température d'eau à l'entrée des radiateurs (♦)
- Loi d'eau : $T_{EAU} = 60-1.75*T_{EXT}$

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

Mode 1 | Mode 1 or 2 | Mode 2 | Mode 3

PAC : Monitoring



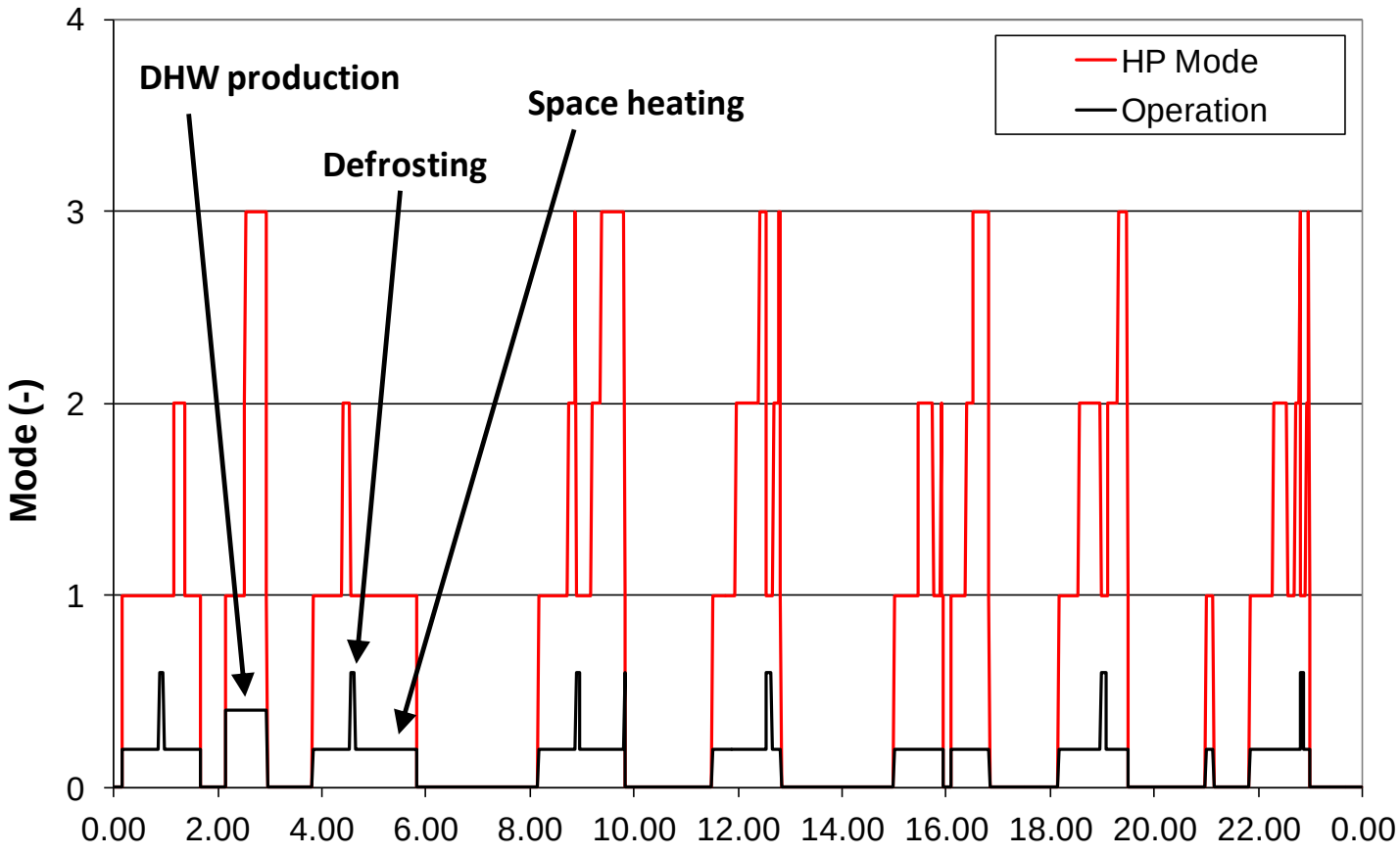
Monitoring :

- mesure de T, p, débits volumiques de R410A, de R134a et d'eau au condenseur
- mesure de la consommation électrique des deux compresseurs, du ventilateur extérieur et des pompes de circulation
- mesure des températures intérieure et extérieure

Mesures effectuées chaque seconde, moyennées sur une minute et stockées dans un enregistreur (durée : 2 ans)

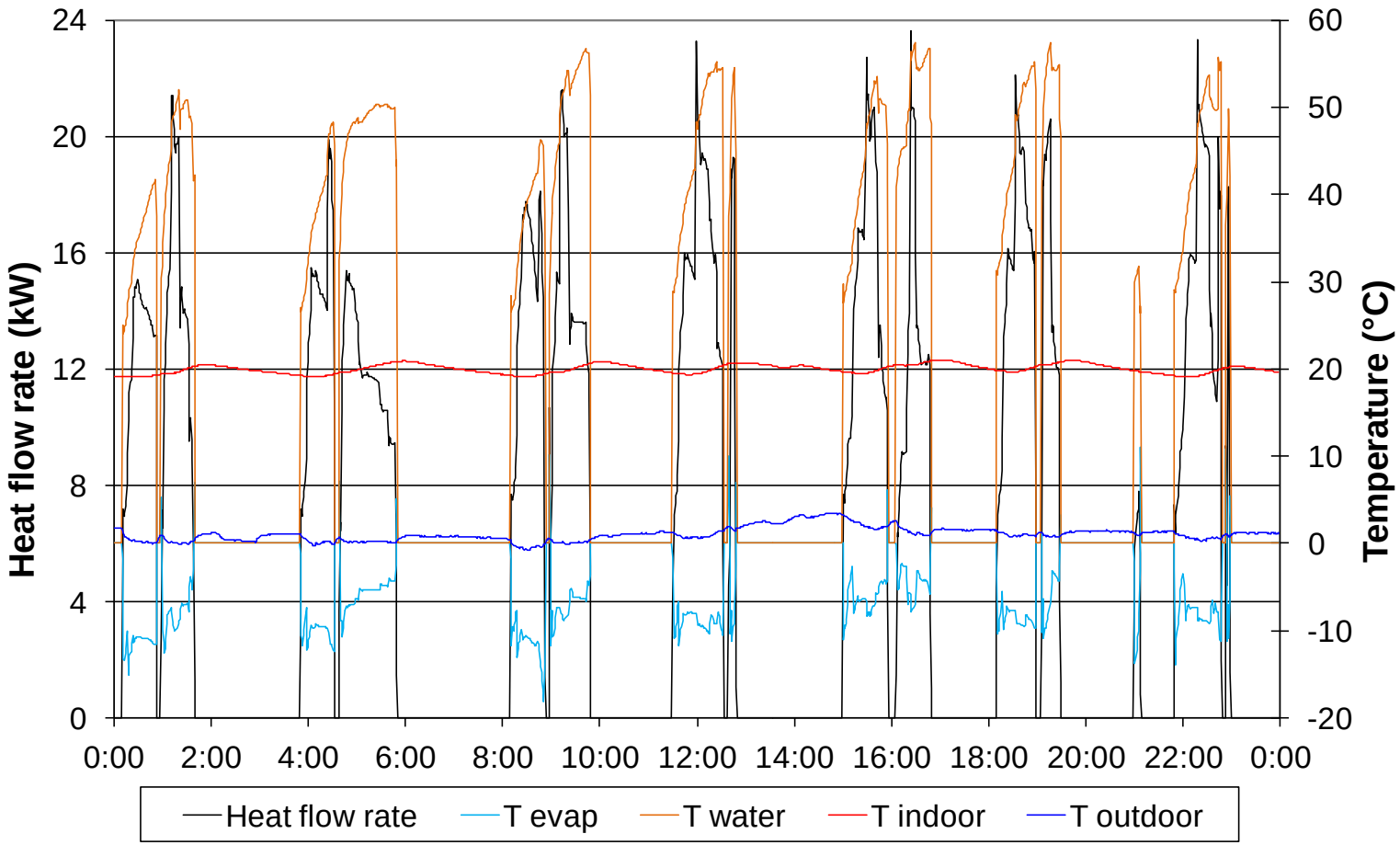
PAC : Résultats

- 12 décembre 2013



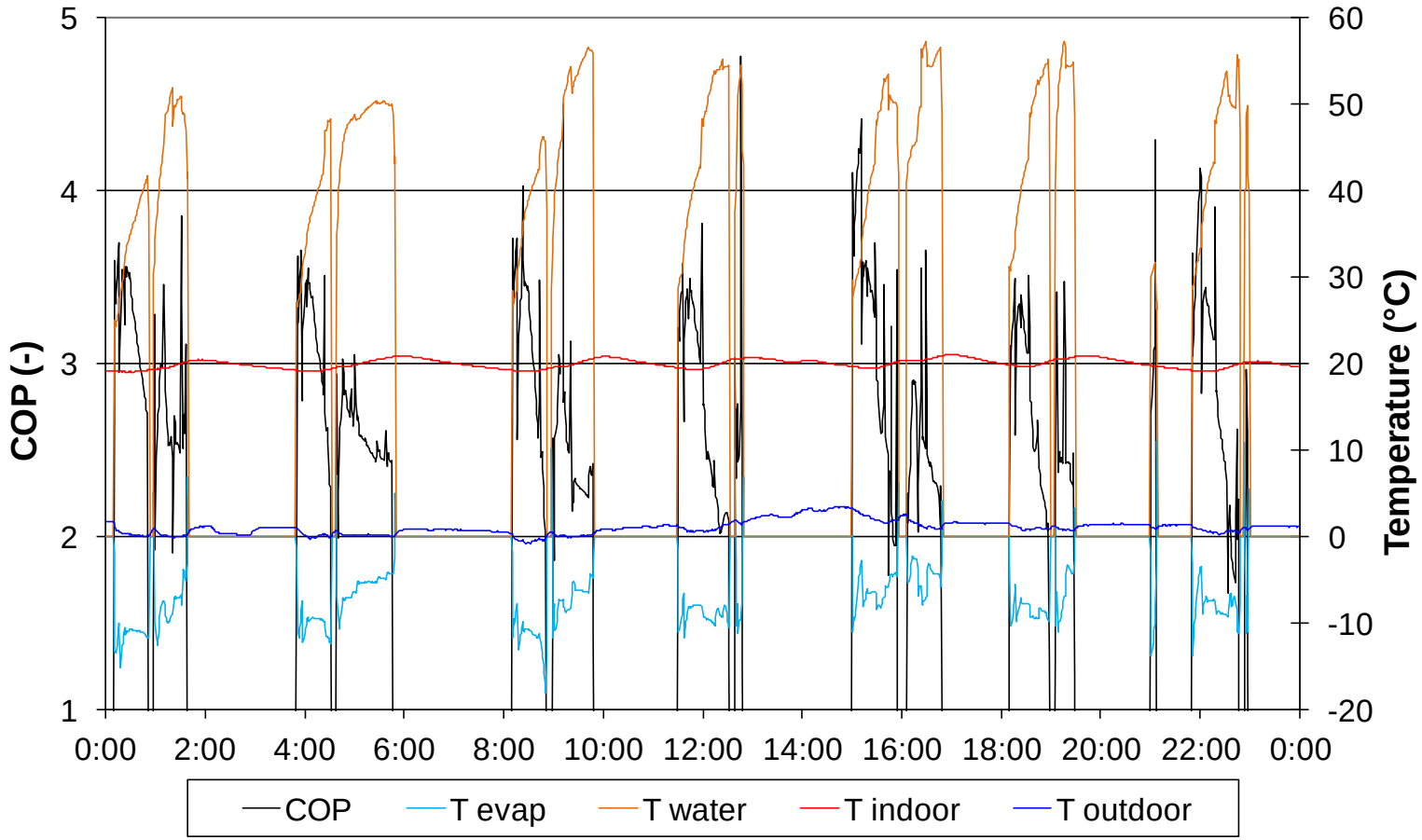
PAC : Résultats en chauffage

- 12 décembre 2013 (chauffage)



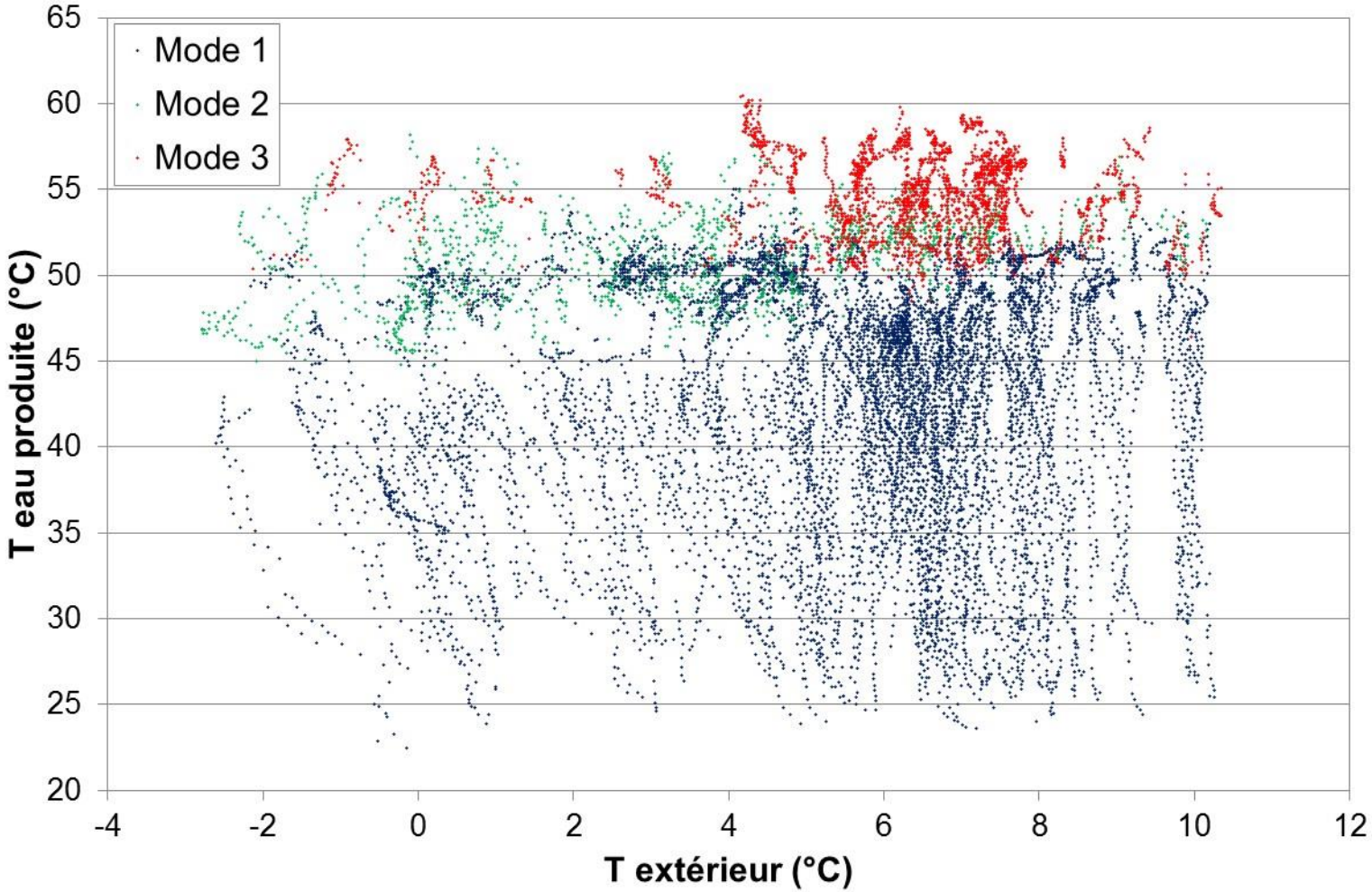
PAC : Résultats en chauffage

- 12 décembre 2013 (chauffage)



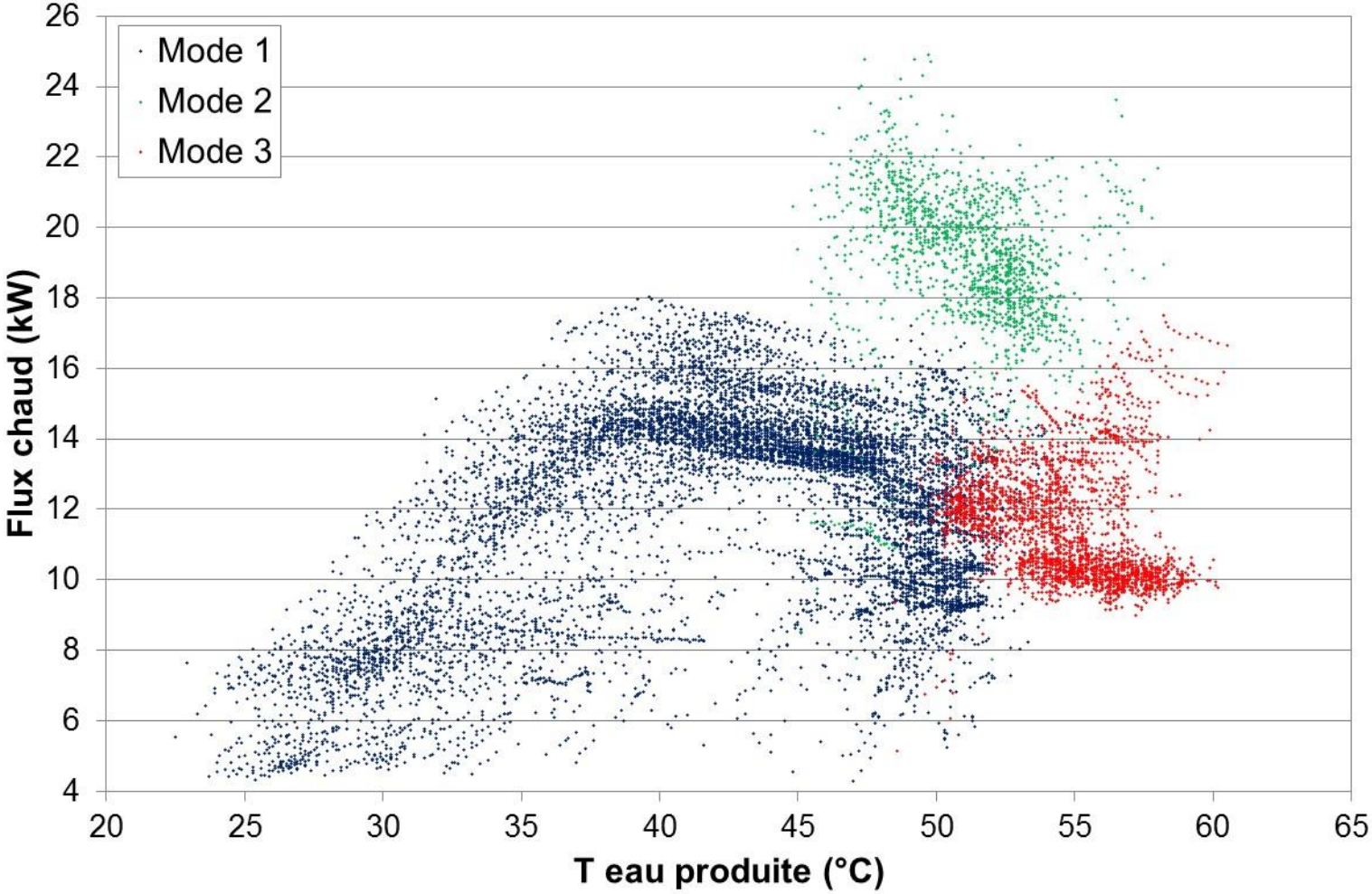
PAC : Résultats en chauffage

- Décembre 2013 (chauffage)



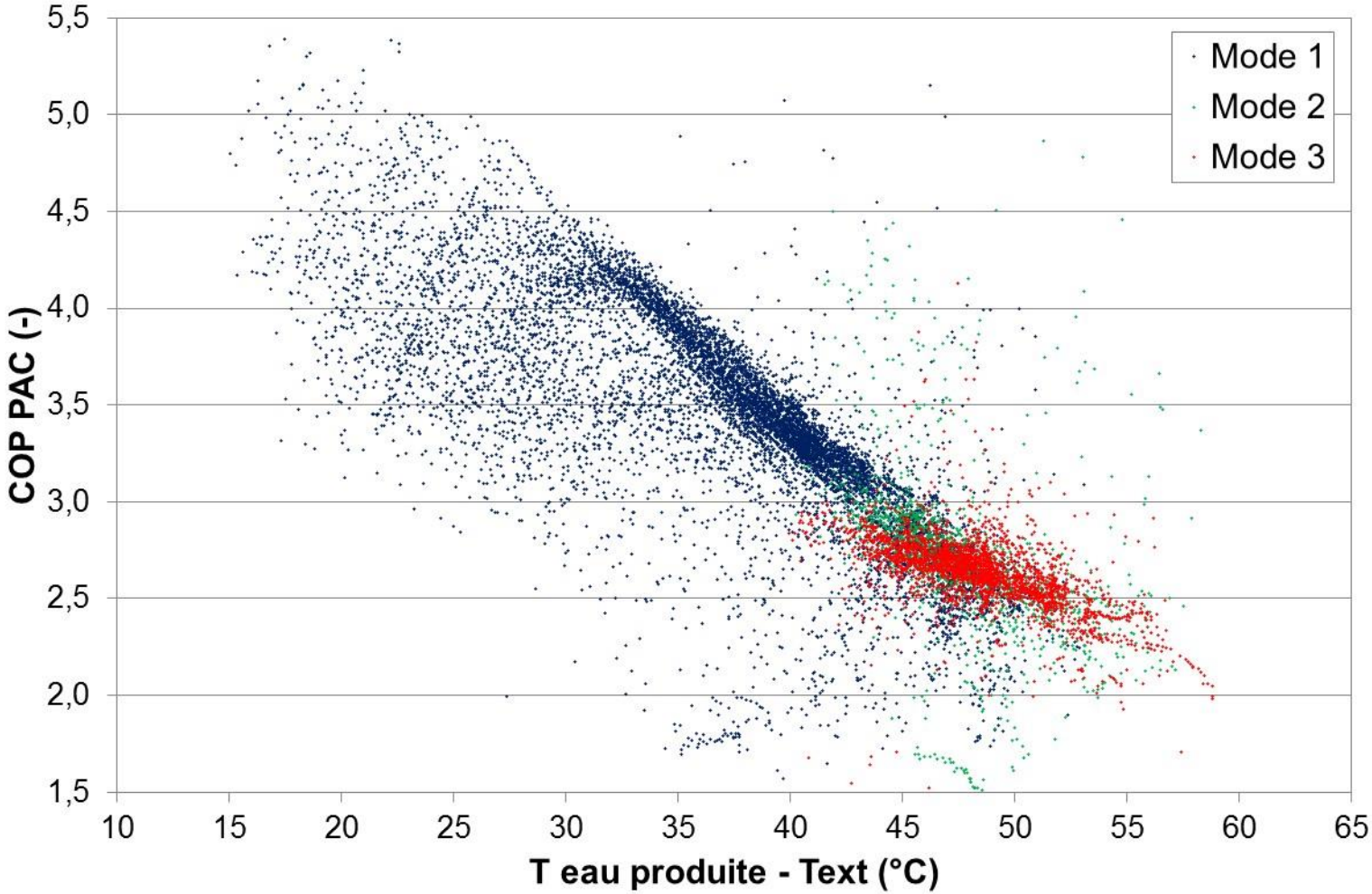
PAC : Résultats en chauffage

- Décembre 2013 (chauffage)



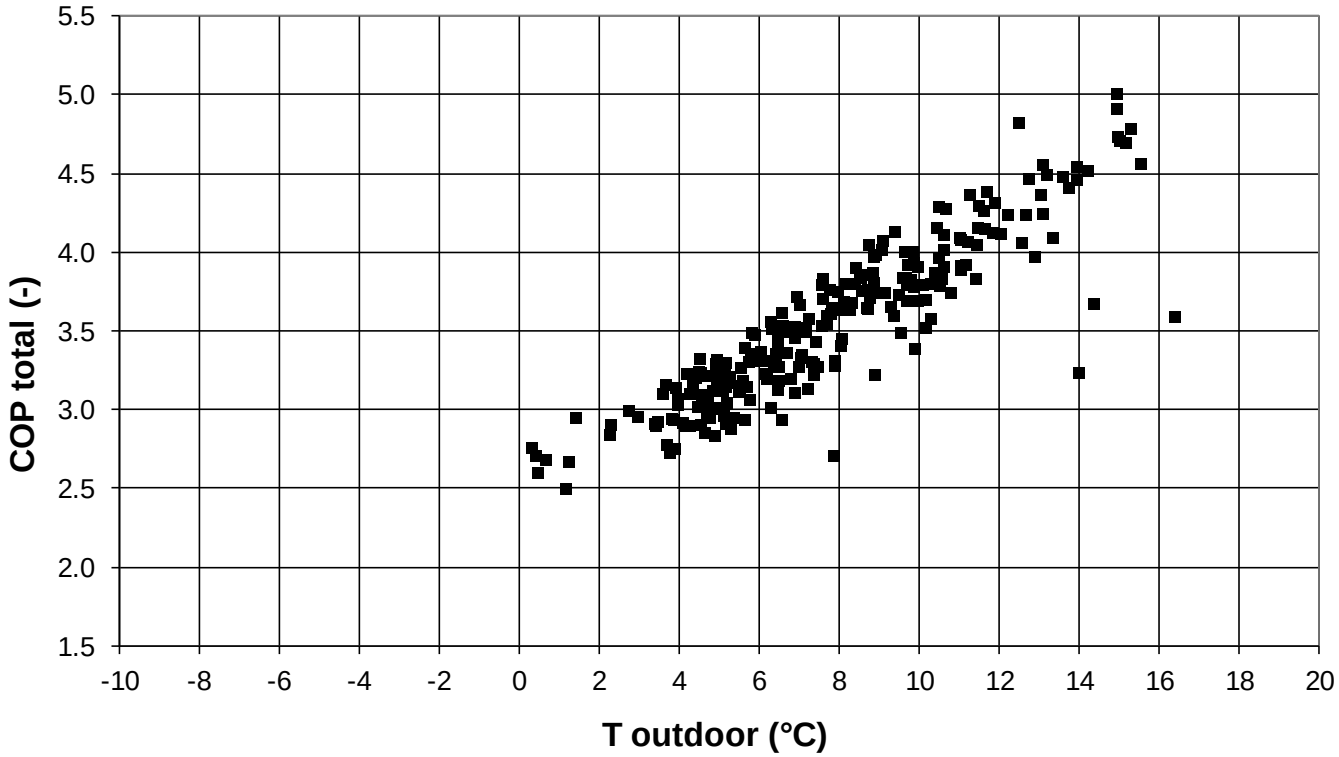
PAC : Résultats en chauffage

- Décembre 2013 (chauffage)



PAC : Résultats en chauffage

- COP journalier pour la période Octobre 2013 – Août 2014 (chauffage)
- Loi d'eau : $T_{EAU} = 60-1.75*T_{EXT}$



PAC : Résultats en chauffage

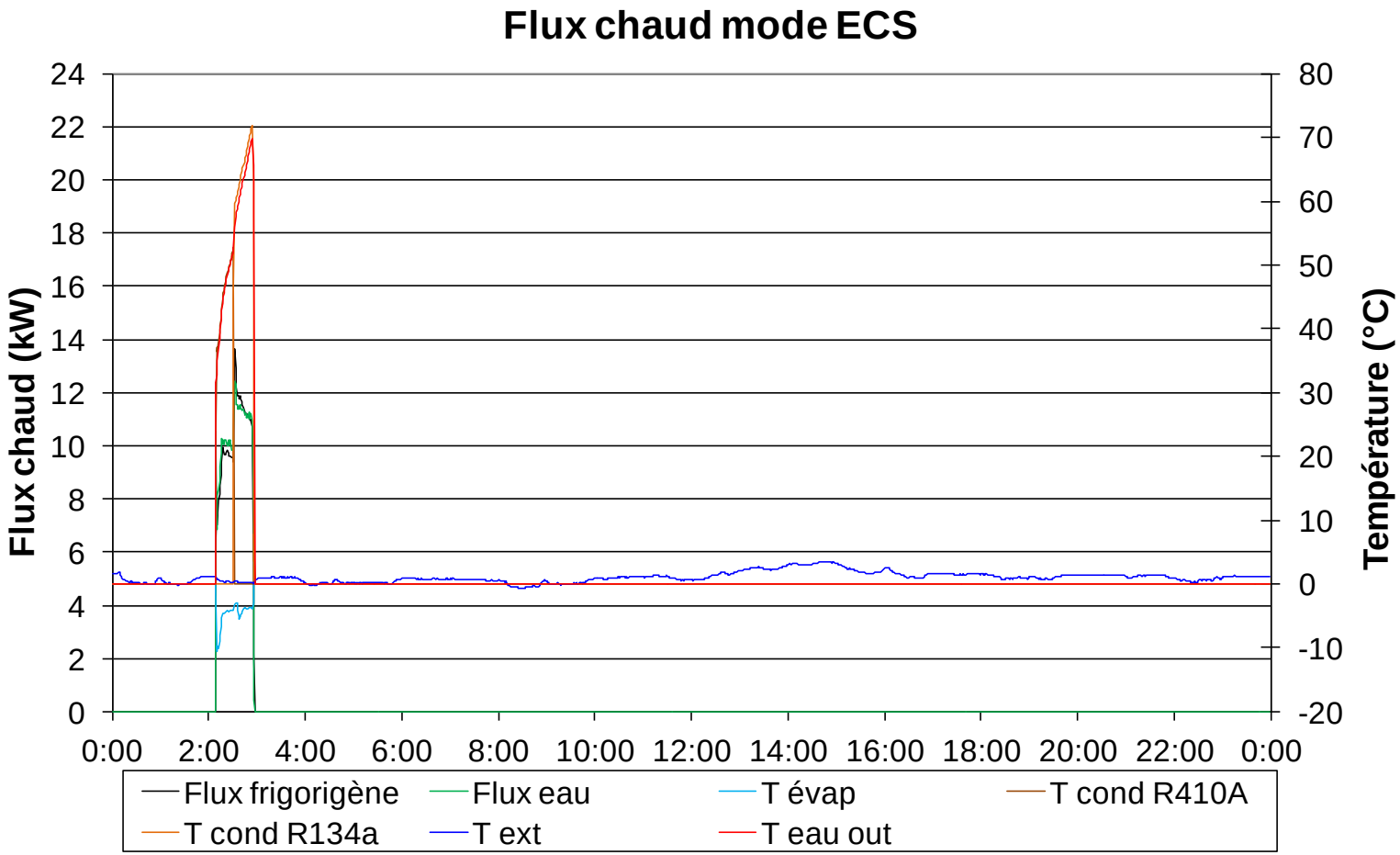
energy
UMONS RESEARCH INSTITUTE FOR ENERGY

- Résultats mensuels pour la période Octobre 2013 – Août 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	313.7	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
May	154.8	5.1	0.0	14.5	612.1	3.83	3.51
June	34.3	1.3	0.0	12.8	132.4	3.71	2.74
July	8.6	0.4	0.0	10.2	42.1	4.65	2.19
August	14.4	0.5	0.0	15.2	66.3	4.44	2.21
Year	4201.1	98.3	4.9	158.5	14064.2	3.27	3.15
	94.1%	2.2%	0.1%	3.6%			
	PAC	Circ.	Dégivrage	Stand-by			

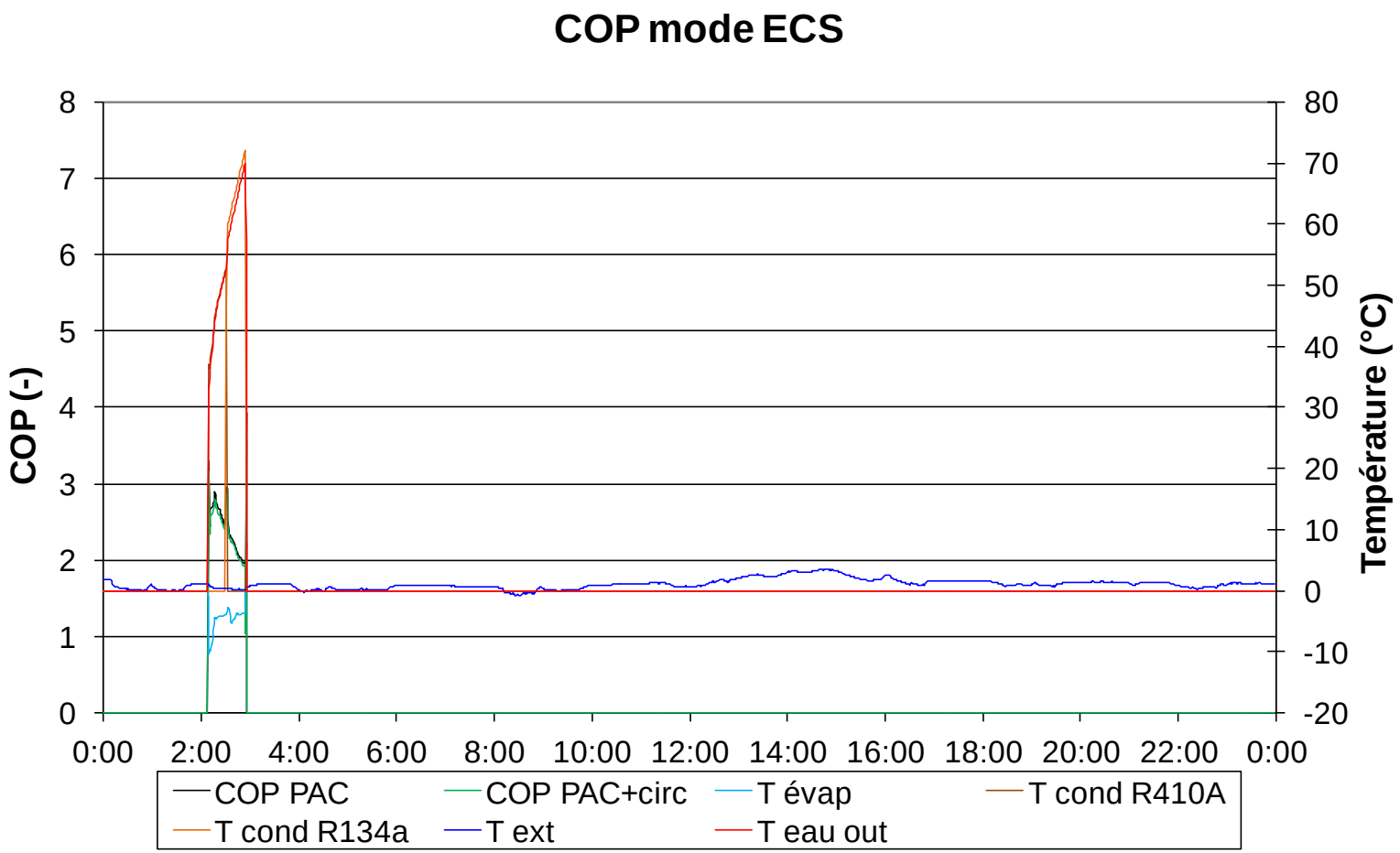
PAC : Résultats production ECS

- 12 décembre 2013 (ECS)



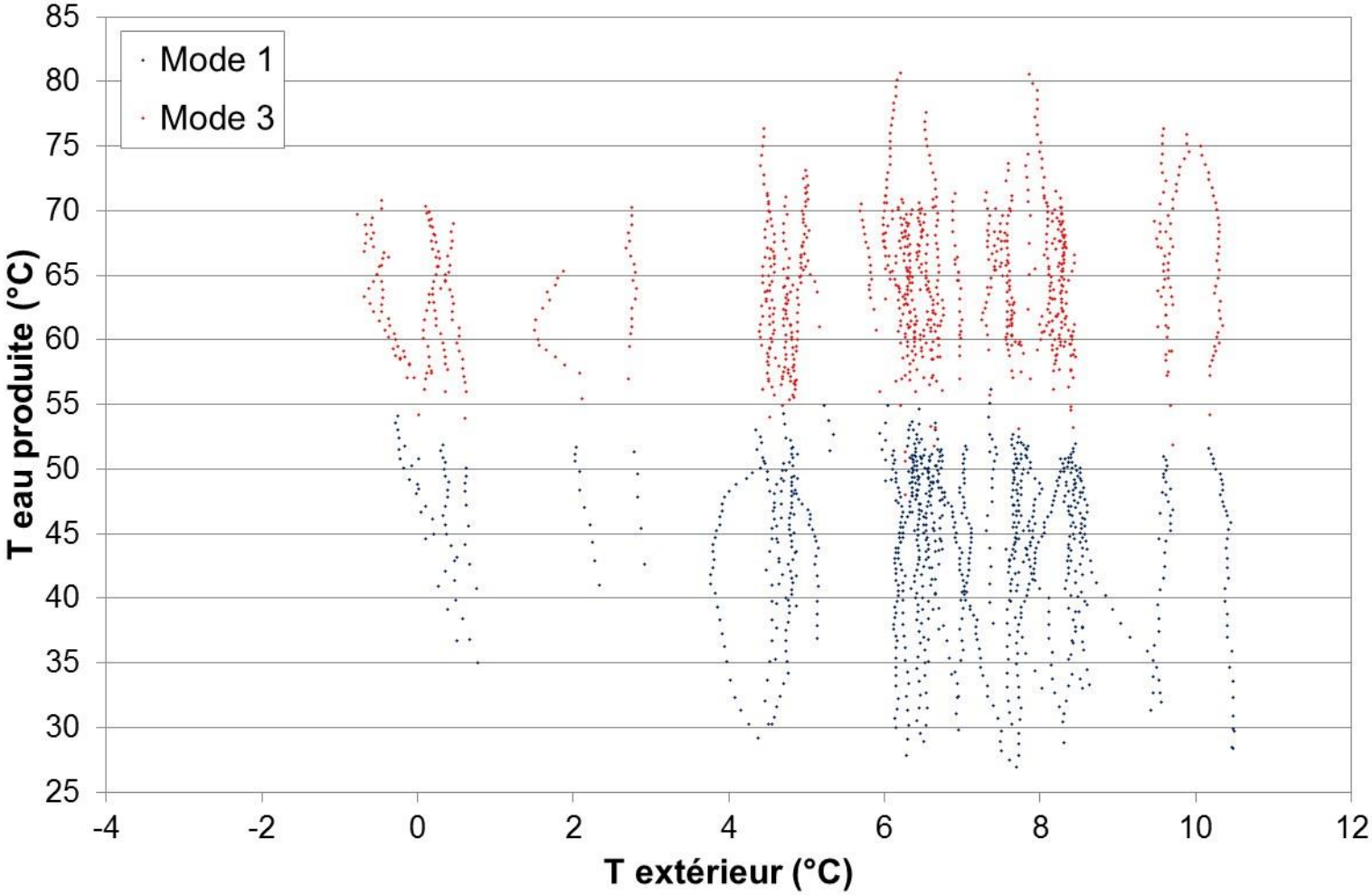
PAC : Résultats production ECS

- 12 décembre 2013 (ECS)



PAC : Résultats production ECS

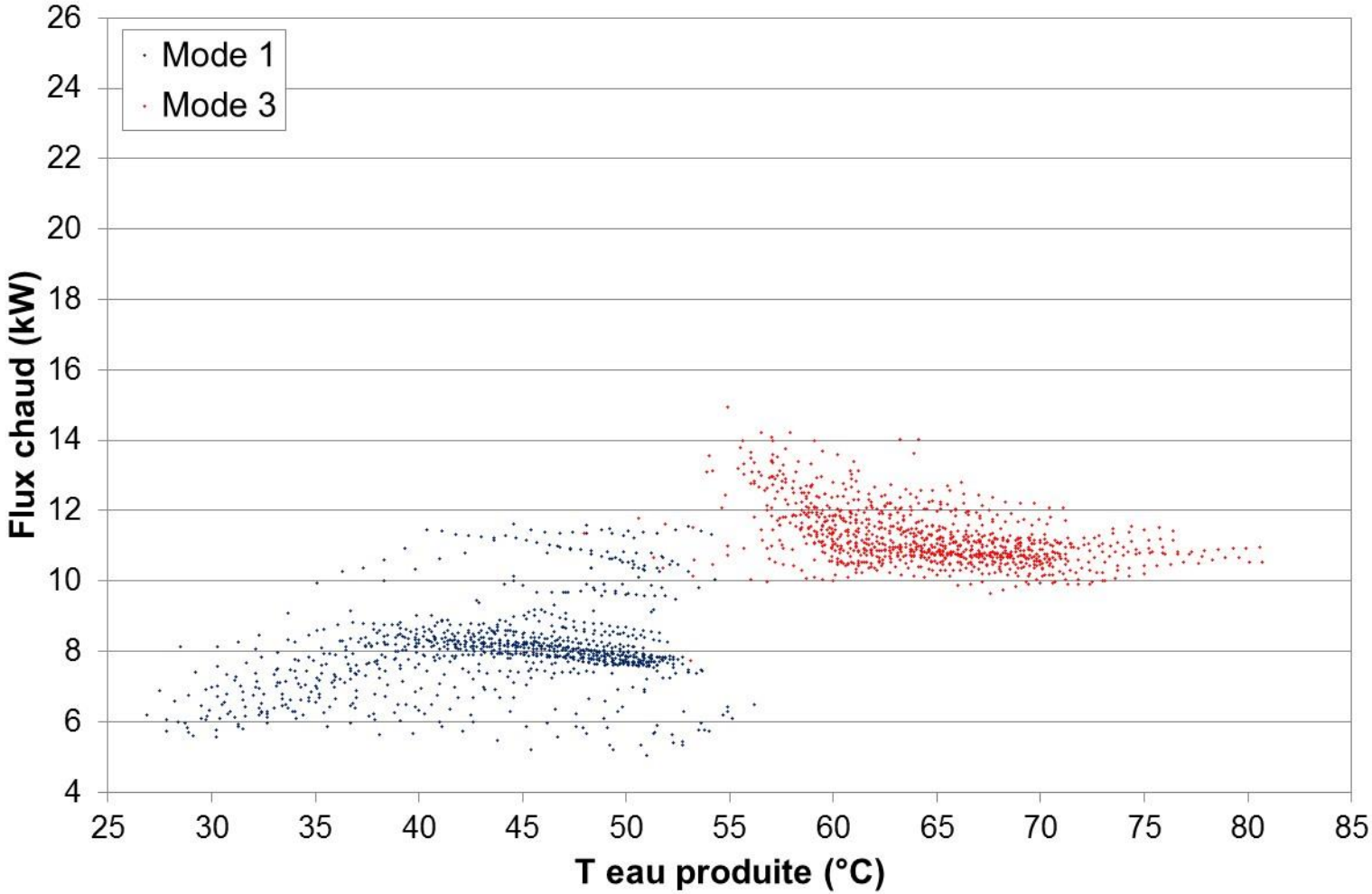
- Décembre 2013 (ECS)



PAC : Résultats production ECS

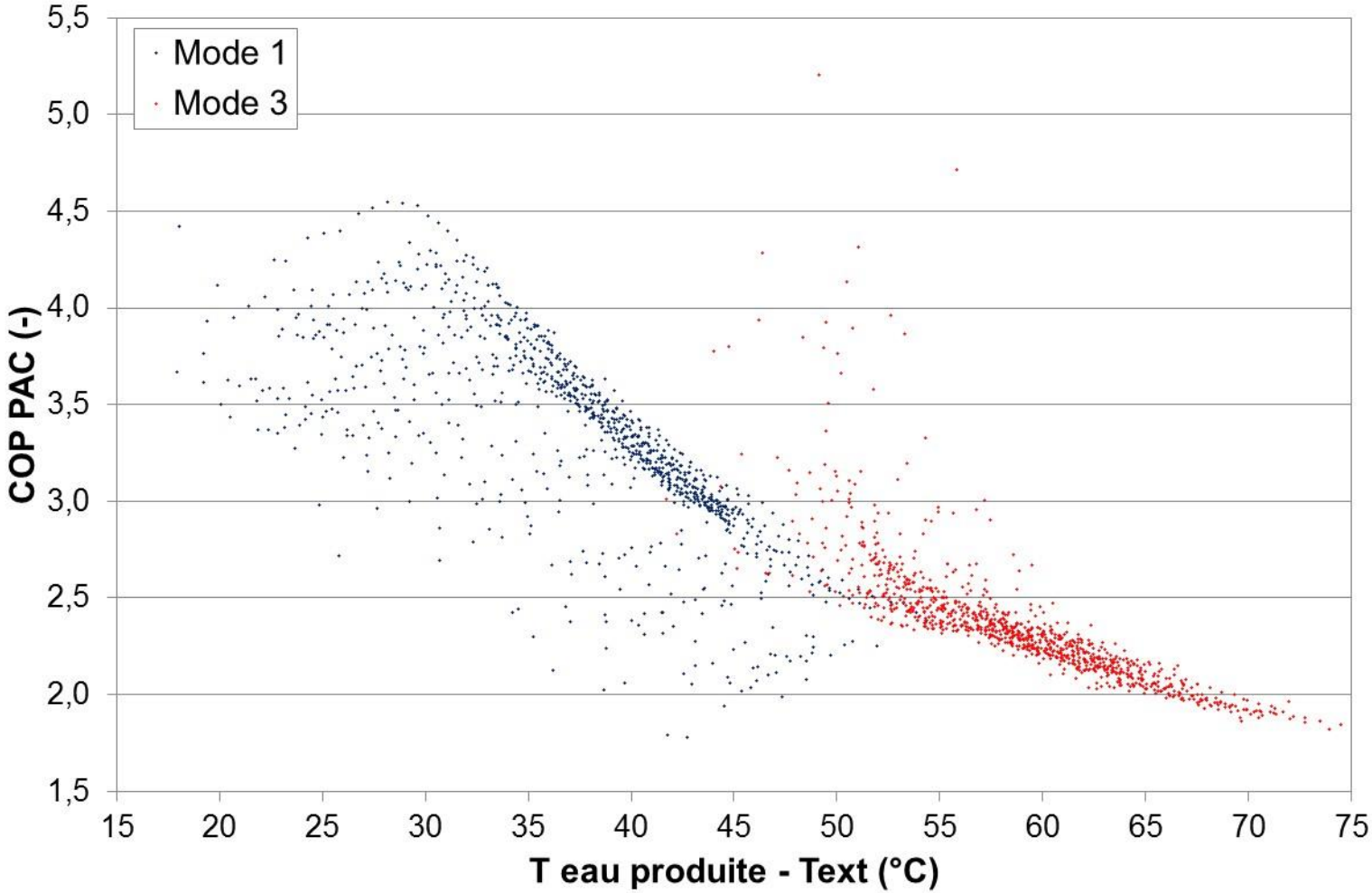
energy
UMONS RESEARCH INSTITUTE FOR ENERGY

- Décembre 2013 (ECS)



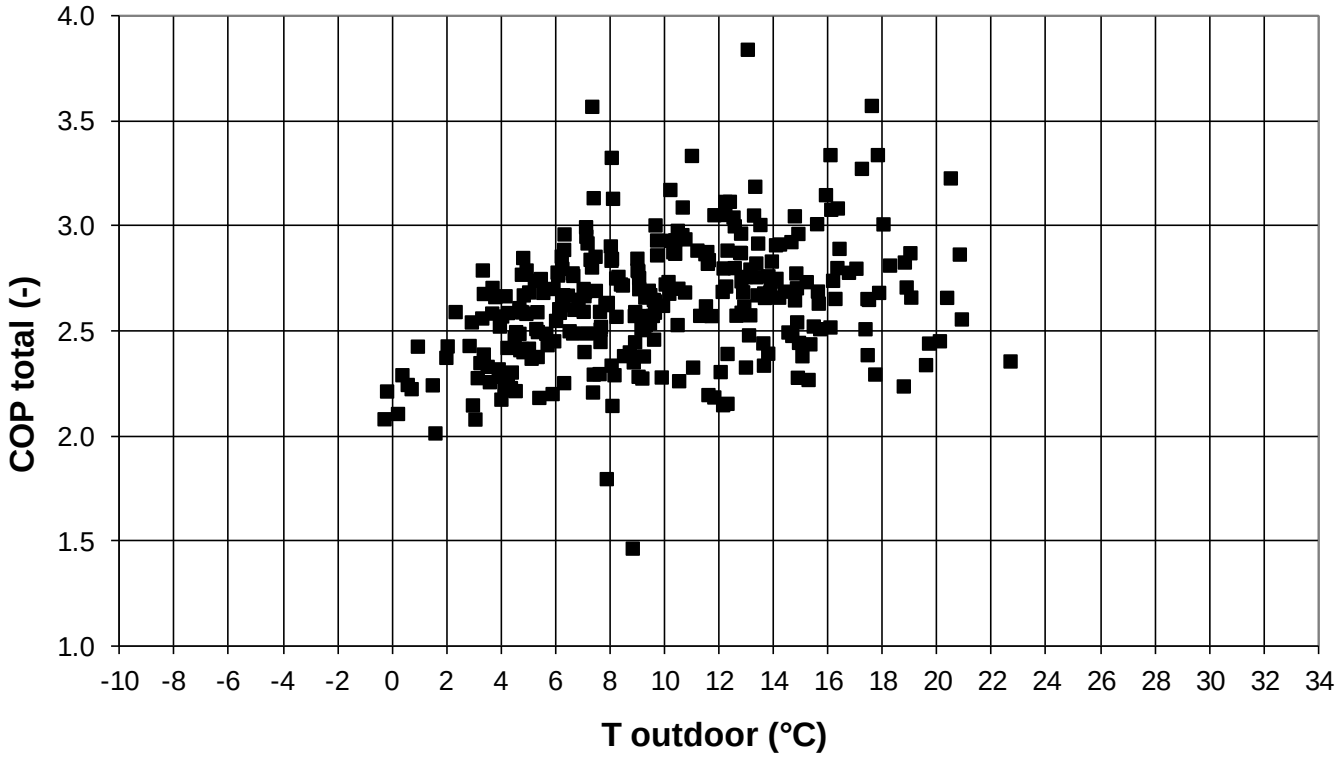
PAC : Résultats production ECS

- Décembre 2013 (ECS)



PAC : Résultats production ECS

- COP journalier pour la période Octobre 2013 – Août 2014 (ECS)
- T_{ECS} = 55°C (semaine) ou 65°C (week-end)



PAC : Résultats production ECS

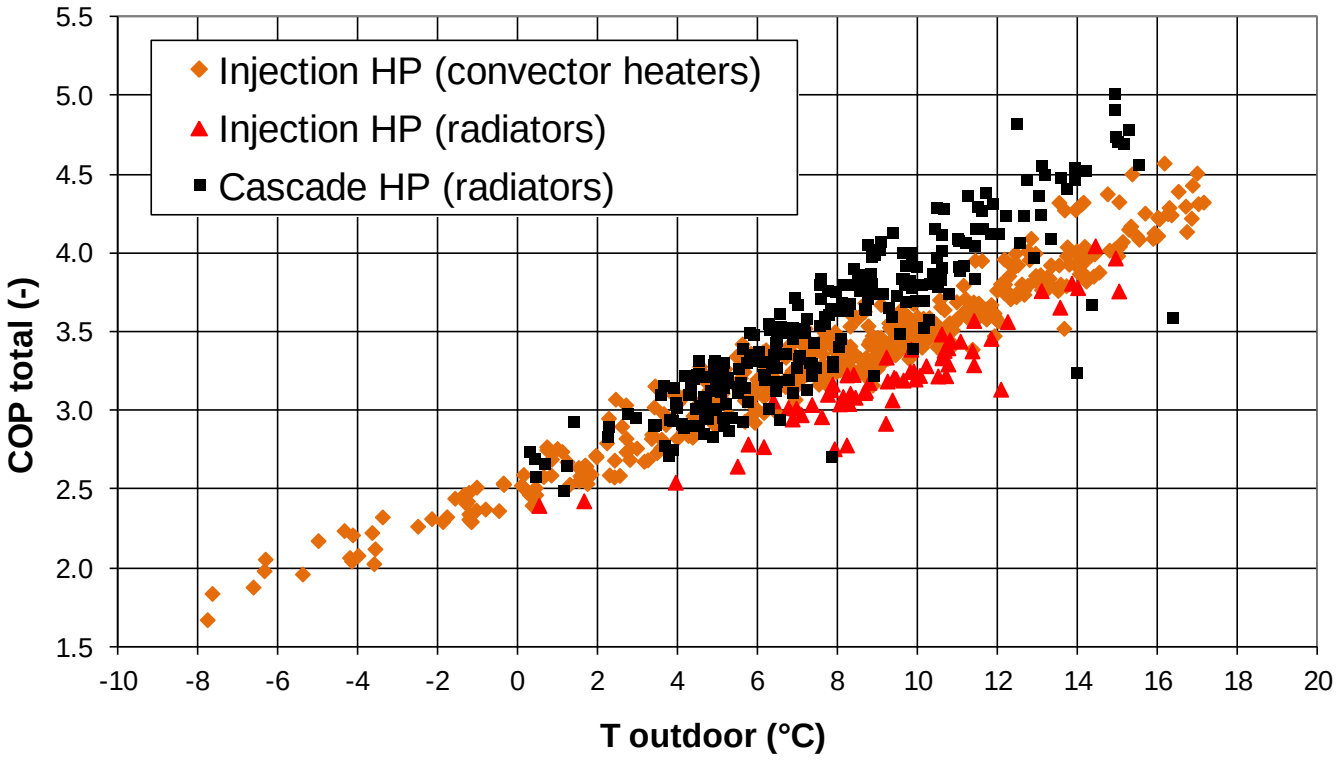
energy
UMONS RESEARCH INSTITUTE FOR ENERGY

- Résultats mensuels pour la période Octobre 2013 – Août 2014 (ECS)
- T_{ECS} = 55°C (semaine) ou 65°C (week-end)

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	209.7	2.72
April	79.7	2.7	228.2	2.77
May	97.5	3.4	285.9	2.83
June	79.6	2.9	233.8	2.84
July	79.0	2.7	220.0	2.70
August	76.5	3.1	223.3	2.80
Year	992.8	31.9	2738.6	2.67
	96.9% PAC	3.1% Circ.		

PAC : Cascade vs Injection

- COP journalier (sans énergie de Stand-by, chauffage)
- PAC avec cycle en cascade meilleur que PAC avec cycle à injection



Conclusion

energy
UMONS RESEARCH INSTITUTE FOR ENERGY

- Résultats expérimentaux prometteurs :

SPF (chauffage)	> 2.53 ? Oui !
	> 2.88 ? Peut-être…
SPF (ECS)	> 2.6-2.7 ? Peut-être aussi !

- La PAC sera suivie pendant au moins 2 ans
- La régulation de la PAC peut être optimisée grâce au modèle développé et au modèle thermique de la maison développé sous TRNSYS

Merci de votre attention !