

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**  
**FLUIDES ÉNERGIES DOMOTIQUE**

**U.41 ANALYSE ET DÉFINITION D'UN SYSTÈME**

**SESSION 2021**

**DUREE : 4 HEURES**

**COEFFICIENT : 4**

## **Eléments de correction**

<b>Partie</b>	<b>Décomposition du travail demandé</b>	<b>Temps conseillé</b>
	Lecture du sujet	15 minutes
<b>1</b>	Analyse de l'installation de chauffage et de rafraichissement	105 minutes
<b>2</b>	Analyse du circuit de pompes à chaleur sur boucle d'eau	80 minutes
<b>3</b>	Analyse de l'installation de production d'ECS	40 minutes

# PREMIÈRE PARTIE : Analyse de l'installation de chauffage et de rafraîchissement

Temps conseillé : (105 minutes)

## 1.1. ANALYSE DE LA CHAUFFERIE

1.1.1 Citer deux documents que l'on doit trouver obligatoirement dans une chaufferie.

- Le livret de chaufferie,
- Un schéma de principe complet des installations,
- La documentation technique du matériel présent,
- Les schémas électriques des installations.

1.1.2 À partir de l'étude du graphe de démarrage de la chaudière (page précédente), justifier le fait que lorsque les chaudières sont allumées, on les laisse en service en continu jusqu'à la fin du stock de plaquettes.

Il faut au minimum 8 heures pour autoriser le fonctionnement des chaudières à 100% de leur puissance. Il paraît difficile de les arrêter compte tenu de l'inertie thermique même si la température passe au-dessus de 5°C pour quelques heures.

1.1.3 À partir des informations données en introduction de la partie 1.1, expliquer le rôle de la vanne 3 voies numérotée 15 sur le schéma de principe du DT1 page 10.

La vanne 3 voies (15) est présente pour injecter une partie du débit en sortie de chaudière vers le retour de la chaudière afin de réchauffer au plus vite ces retours et les porter à une température de 70°C pour éviter la condensation. Elle fonctionne de façon progressive et fait varier ainsi le débit injecté. Elle est montée en répartition mais assure un mélange sur les retours.

1.1.4 Représenter sur le DR1 page 15, le schéma de régulation correspondant à cette vanne 3 voies numérotée 15. Le régulateur se trouve à l'intérieur de la chaudière mais vous pouvez le représenter à l'extérieur de celle-ci. Indiquer la légende des symboles utilisés.

Cf. DR n°1

1.1.5 À l'aide de l'extrait du CCTP n°1, surligner sur le DR2 page 16, le parcours de l'eau en hiver, pour une production d'eau chaude avec la chaufferie bois. Indiquer par des flèches le sens de circulation de l'eau.

Cf. DR2

1.1.6 Identifier le circuit secondaire qui est alimenté en été.

Seul le circuit CTA est alimenté par la PAC, les 3 autres ne le sont pas.

1.1.7 À partir de l'extrait du CCTP n°1, compléter le tableau de fonctionnement (Marche / Arrêt) des chaudières bois et de la PAC réversible en fonction de la température extérieure en mode hiver sur le DR3 page 17.

Cf. DR3

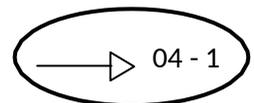
1.1.8 Le DT2 page 11 représente une partie de l'armoire électrique de la chaufferie bois au niveau du circuit puissance. Identifier les caractéristiques du réseau électrique qui alimente cette armoire.

Il s'agit d'un réseau triphasé plus neutre 230 V / 400 V – 50 Hz

1.1.9 À partir du même DT2, indiquer le nom et le rôle du composant repéré D2.

Il s'agit d'un disjoncteur moteur. Il assure la protection contre les surcharges du moteur et la protection contre les courts-circuits en aval de D2.

1.1.10 Quelles sont les informations données par le symbole entouré sur le n°2 page 11.



DT

Il s'agit d'un renvoi de folio. Nous retrouvons ce potentiel sur le folio 04 colonne 1

1.1.11 L'installation électrique est conforme au régime du neutre TT. Donner la signification de la première lettre T et de la seconde lettre T dans le terme régime du neutre TT et expliquer le rôle des régimes de neutre.

1<sup>er</sup> T : liaison du neutre à la terre côté alimentation (gérée par le fournisseur d'énergie)

2<sup>ème</sup> T : interconnexion des masses métalliques des récepteurs reliées à une terre distincte.

Assure la protection des personnes contre les contacts indirects.

1.1.12 Que faut-il ajouter au composant D1 représenté sur le DT1 page 10 pour qu'il assure également la protection des personnes ?

Il faut ajouter une fonction différentielle (DDR : dispositif différentiel à courant résiduel).

1.1.13 À partir du DT3 page 12, indiquer les conditions d'enclenchement en mode manuel de la pompe 1 chaudière 1, de la source au récepteur.

KAU : fermé (arrêt d'urgence)

ET SA2 fermé (bouton de commande mode manuel P1)

ET KM3 fermé (pas de demande de marche de la pompe 2)

ET D2 fermé (pas de déclenchement de la protection D2).

1.1.14 À partir du DT3 page 12, les pompes 1 et 2 de la chaudière 1 peuvent-elles fonctionner simultanément ? Justifier votre réponse.

Elles ne peuvent pas fonctionner simultanément.

Car contact KM3 à ouverture sur la bobine KM2 et contact KM2 à ouverture sur la bobine KM3.

Par exemple : Si bobine de KM3 alimentée (pompe 2 alimentée) => contact auxiliaire de KM3 s'ouvre => bobine de KM2 ne peut pas être alimentée (donc la pompe 1 ne peut pas fonctionner)

1.1.15 Le DT4 page 13 représente une partie de l'armoire électrique de la chaufferie bois. Le module TAC Xenta 421A/422A est un module d'entrées / sorties. Identifier les variables d'entrée, de sortie et le type (AI, DI, AO, DO) qui sont utilisées sur ce module.

Présenter les résultats sous forme de tableau, indiquer le total par type de variable.

Variable		Type			
		DI	AI	DO	AO
Entrée	Sonde température départ primaire chaudière 1		1		
Entrée	Sonde température retour primaire chaudière 1		1		
Entrée	Sonde température départ primaire chaudière 2		1		
Entrée	Sonde température retour primaire chaudière 2		1		
Sortie	Commande chaudière 1			1	
Sortie	Commande chaudière 2			1	
Sortie	Commande pompe désemboueur			1	
TOTAL		0	4	3	0

## 1.2. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HIVER / ÉTÉ

- 1.2.1 Justifier l'utilité des jeux de vannes 2 voies numérotées 17 sur le DR2 page 16, en amont et en aval du ballon numéroté 14.

Le ballon tampon sert aussi bien en hiver pour la pompe à chaleur qu'en été pour le groupe froid et la pompe à chaleur en mode froid. De ce fait, il est alimenté une partie de l'année en eau chaude et l'autre partie en eau froide. A cause de la stratification des températures, en hiver le ballon doit être alimenté par le haut, et par le bas en été. Les vannes permettent de modifier les circuits en fonction de la saison.

- 1.2.2 Sur le DR4 page 17, représenter par des flèches le parcours de l'eau en hiver et en été et noircir les vannes fermées.

Cf. DR4

## DEUXIÈME PARTIE : Analyse du circuit de pompes à chaleur sur boucle d'eau et des CTA

Temps conseillé : (80 minutes)

### 2.1. ANALYSE DU CIRCUIT HYDRAULIQUE

2.1.1 En demi-saison, indiquer deux situations pour lesquelles on peut avoir une demande simultanée de chauffage et de refroidissement.

Il est possible d'avoir une demande simultanée de chauffage et de refroidissement dans des locaux différents lorsque :

- Charges solaires différentes en fonction de l'orientation et de l'heure,
- Charges internes différentes (occupation, matériel).

2.1.2 Le DR5 page 18 représente le circuit des PAC sur boucle d'eau alimentant 3 pièces. En hiver, les 3 sont en demande de chaud. En demi-saison, la salle de formation demande encore du chaud alors que les 2 autres pièces demandent du froid. En été les 3 pièces sont en demande de froid.

Compléter le tableau du DR5 page 18 en indiquant l'élément de la PAC qui permet d'assurer le confort thermique (condenseur ou évaporateur) dans le local concerné en fonction de la saison. Sur la dernière ligne, indiquer l'échangeur qui est sollicité sur la boucle.

Cf. DR5

2.1.3 À partir de l'extrait du CCTP n°2, compléter le graphe de fonctionnement des équipements en fonction de la température de départ boucle d'eau sur le DR6 page 18 pour chacun des éléments indiqués.

Cf. DR6

2.1.4 Quelle est la période de fonctionnement la plus intéressante pour le maître d'ouvrage ? Justifier votre réponse.

La période de fonctionnement à privilégier est la demi-saison. En effet, pendant cette période, non seulement aucun des auxiliaires ne fonctionne (diminution de la consommation électrique) mais aussi, aucun apport d'énergie n'est nécessaire via la chaufferie. Le niveau de température de la boucle est favorable à de bonnes performances des PAC.

2.1.5 En mode été, la commande des étages de ventilateurs de l'aérorefrigérant se fait par un thermostat MS (Johnson controls). A partir du DT5 page 14, compléter le tableau du DR7 page 19 avec les valeurs manquantes et tracer le graphe de régulation des étages de ventilateurs d'un aérorefrigérant en fonction de la température d'entrée du fluide.

Cf. DR7

2.1.6 La pompe du circuit primaire (n°7) est une pompe Salmson SIRIUX D32-60 à vitesse variable. Placer sur le DR8 page 20 le point de fonctionnement nominal de la pompe : 2 m<sup>3</sup>/h ; 6 mCE. Puis relever graphiquement la puissance consommée.

Cf. DR8 pour le point de fonctionnement. +

Cf. DR8 pour la détermination de la puissance. P = 70 W

2.1.7 La vitesse de rotation de la pompe numérotée 7 est régulée en fonction de la température de l'eau dans la boucle d'eau. Quel est l'intérêt de réguler la puissance de l'échangeur ainsi ?

Cela permet de faire varier la puissance de l'échangeur du circuit boucle d'eau sans avoir recours à une vanne trois voies et en diminuant la consommation électrique de la pompe.

2.1.8 Tracer sur le DR7 page 19 le nouveau point de fonctionnement lorsque le débit de la pompe n°7 est réduit à 1 m<sup>3</sup>/h en précisant votre démarche. Déterminer la puissance consommée dans ces conditions et conclure.

Cf. DR7 pour la détermination du point X et de la puissance. P = 10 W

Il faut suivre la courbe de réseau jusqu'au débit demandé.

Economie substantielle de consommation électrique au circulateur.

y

## 2.2. : ÉTUDE DU TRAITEMENT D'AIR

2.2.1 L'ensemble des documentations utilisées dans ce sujet sont extraites du DOE, le Dossier des Ouvrages Exécutés. Quelle est l'utilité de ce DOE qui est remis au maître d'ouvrage par l'entreprise à la fin des travaux ?

Le DOE regroupe l'ensemble des documentations techniques, plans et fiches de mise en service des matériels installés par une entreprise et permet au maître d'ouvrage de connaître le matériel installé et d'en faciliter la maintenance ou le remplacement.

2.2.2 On souhaite contrôler le soufflage été du restaurant du personnel. Sur le DR9 page 21, 4 points de soufflage possibles sont indiqués. Choisir le point adapté à cette situation en justifiant votre réponse.

En été, il y a de gros besoins de refroidissement. De ce fait, le point de soufflage doit nécessairement se trouver à gauche du point intérieur. De plus, comme il n'est pas possible d'humidifier l'air avec cet appareil, c'est le point qui se trouve en-dessous du point intérieur qui est le bon, soit le point 1.

2.2.3 Indiquer toutes les caractéristiques de ce point.

Température sèche : 17 °C  
Hygrométrie : 76 %  
Volume spécifique : 0,834 m<sup>3</sup>/kg<sub>as</sub>  
Enthalpie : 41 kJ/kg<sub>as</sub>  
Humidité absolue : 0,0093 kg<sub>e</sub>/kg<sub>as</sub>  
Température de rosée : 12,8 °C  
Température humide : 14,5 °C

2.2.4 L'écart de soufflage est-il respecté ? Pourquoi est-il important de fixer un écart de soufflage maximum ?

Température de soufflage : 17°C  
L'écart de soufflage est de 9°C donc les conditions sont respectées.  
Il est important de fixer un écart maxi pour respecter des conditions de confort satisfaisantes pour les occupants.

## TROISIÈME PARTIE : Analyse des productions d'énergies renouvelables

Temps conseillé : (60 minutes)

### 3.1. ÉTUDE ÉCONOMIQUE DE LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

Actuellement, l'eau chaude sanitaire est produite prioritairement par des panneaux solaires thermiques. L'appoint est assuré par une résistance électrique. Le schéma de principe de l'installation est représenté sur le DR n°10.

- 3.1.1 Sachant que l'eau froide alimente d'abord le ballon solaire puis le ballon électrique, représenter sur le DR10 page 22 le parcours de l'eau chaude sanitaire depuis le compteur 5 jusqu'aux mitigeurs lorsqu'il n'y a pas de production solaire. On vous demande de distinguer sur le schéma, les vannes normalement ouvertes (NO) des vannes normalement fermées (NF).

Cf. DR 10

- 3.1.2 À partir du tableau suivant, déterminer le taux de couverture solaire de l'installation de production d'ECS. Indiquer le risque possible si l'on augmente le nombre de capteurs de façon excessive.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Conso. d'ECS [kWh]	3261	2046	1726	1343	1598	1750	2174	2430	2302	1982	1854	2238	24804
Production solaire [kWh]	690	450	920	1120	1380	1250	1430	1300	1150	1020	590	240	11540

Taux de couverture :  $T = \text{Production solaire} / \text{consommation ECS} = 46,5 \%$

Si l'on augmente la surface exploitée, on va certes augmenter la production solaire mais au risque de multiplier les cas de surchauffe. En effet, entre mai et août, la production solaire est importante alors que les besoins en ECS sont les plus faibles.

Le local ECS étant situé dans la sous-station de chauffage, on envisage de remplacer l'appoint électrique par un appoint hydraulique depuis le réseau de chauffage **lorsque les chaudières bois fonctionnent de novembre à mars**. Pour cela, on va installer en sortie du 2<sup>e</sup> ballon un échangeur à plaques.

- 3.1.3 Calculer l'énergie à fournir par la chaudière pour la production d'ECS de novembre à mars. Quel est le gain financier annuel obtenu avec cette modification ?  
Coût du kWh électrique : 0,08 €  
Coût du kWh par la chaudière bois : 0,024 €

Energie produite électriquement entre novembre et mars : 8235 kWh

Coût électrique : 658,8 €

Coût chaudière bois : 197,64 €

Soit une économie annuelle de 461,16 €

3.1.4 La modification de l'installation a été chiffrée à 3 000 €. En admettant un gain financier annuel de 460 €, calculer le temps de retour sur investissement. Conclure sur la pertinence de la modification envisagée.

Temps de retour :  $3000 / 460 = 6,5$  ans  
 Temps de retour acceptable.

s

3.1.5 Indiquer une raison qui conduira à un temps de retour plus long que celui calculé précédemment.

- rendement de chaudière bois non pris en compte,
- consommation des circulateurs non pris en compte.

### 3.2. ÉTUDE DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU PHOTOVOLTAÏQUE

Le responsable du site a décidé d'implanter des panneaux photovoltaïques sur une grande partie de la toiture du bâtiment.

Ci-dessous le tableau d'une année d'exploitation

Mois	Energie électrique totale consommée [kWh]	Production Photovoltaïque [kWh]	Auto-consommation [kWh]	Injection réseau [kWh]
1	191 969	16 052	15 636	417
2	172 237	32 885	27 608	5 277
3	192 406	54 390	47 521	6 869
4	170 444	82 832	60 609	22 223
5	164 156	107 484	71 073	36 411
6	166 738	107 068	83 318	23 751
7	210 849	107 222	86 016	21 206
8	221 258	94 271	82 385	11 886
9	175 444	67 317	54 621	12 696
10	181 096	43 778	39 307	4 471
11	189 288	19 638	18 110	1 527
12	191 559	12 772	12 292	480
<b>Année</b>	<b>2 237 444</b>	<b>745 719</b>	<b>598 496</b>	<b>148 223</b>

3.2.1 Il existe 3 types d'installation :

- autonome,
- raccordée au réseau avec revente de la totalité,
- autoconsommation avec revente du surplus.

À partir du tableau ci-dessus, indiquer le type d'installation correspondant à la situation ? Justifier votre choix.  
Pourquoi toute la production photovoltaïque n'est pas consommée sur le site ?

Il s'agit donc d'une installation en autoconsommation avec revente du surplus.  
S'il s'agissait d'une installation autonome, il n'y aurait pas de colonne « injection réseau » et s'il s'agissait d'une installation raccordée avec revente, il n'y aurait pas de colonne « autoconsommation ».

La colonne injection réseau correspond à l'électricité produite en excès par rapport à l'autoconsommation (cet excès a lieu à un instant T et il n'y a pas de corrélation entre la colonne « production » et la colonne « autoconsommation »). Elle est injectée dans le réseau public avec revente car on ne stocke pas l'électricité produite (dimanche, périodes de congé).

3.2.2 Le diagnostic de performance énergétique avant la mise en place du photovoltaïque a donné le résultat suivant :

L'objectif de cette installation est d'améliorer l'étiquette énergétique afin d'atteindre l'étiquette B.

Rappel : le bâtiment a une surface totale (SHON<sub>RT</sub>) de 28 000 m<sup>2</sup>.

À partir du tableau ci-dessus, indiquer la quantité d'énergie électrique finale économisée par le site sur une année d'exploitation.

Déterminer la nouvelle étiquette énergétique en tenant compte de la présence du photovoltaïque.

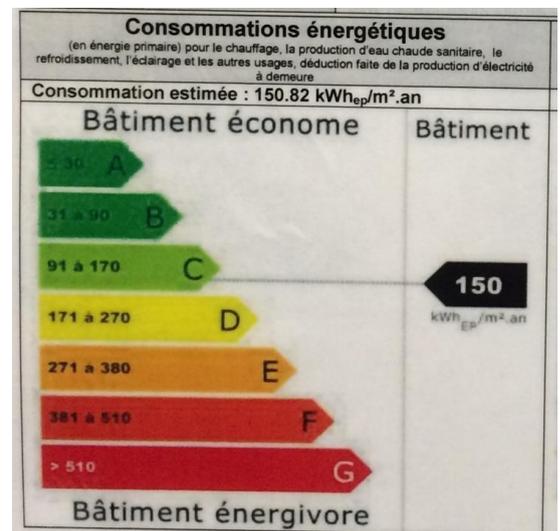
L'objectif est-il atteint ?

L'autoconsommation sur une année d'exploitation représente : 598496 kWh en énergie finale.

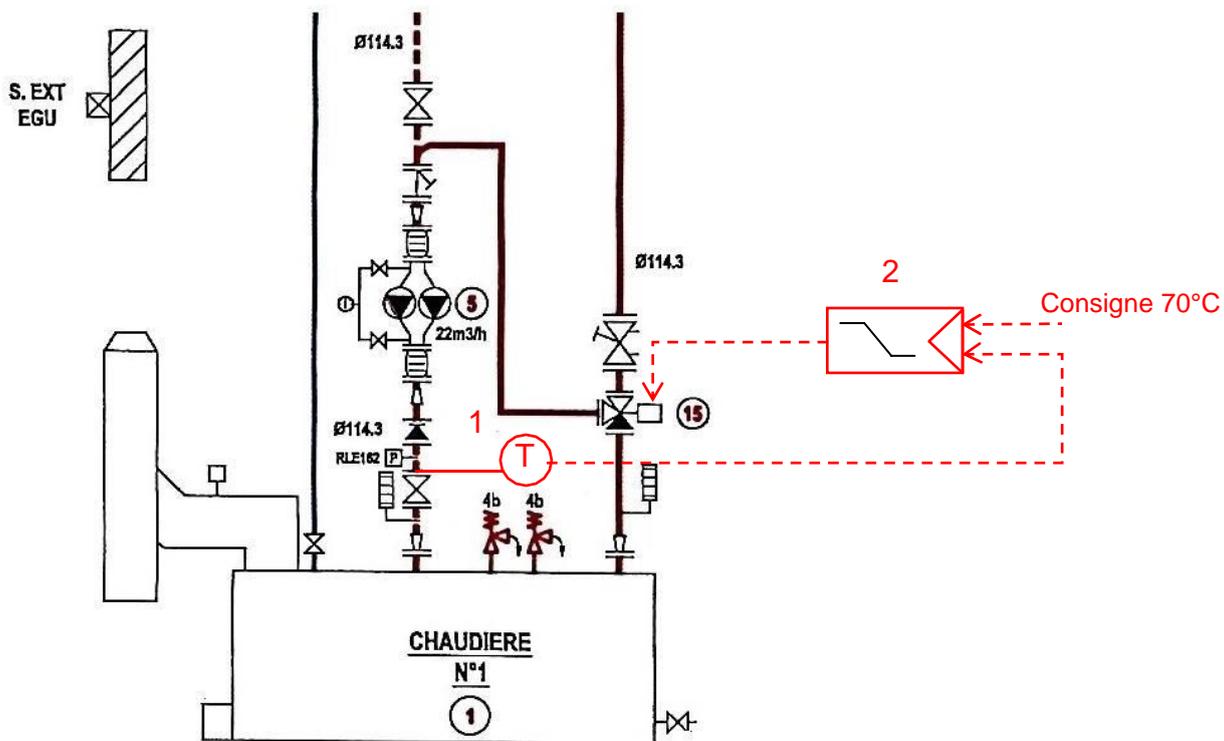
L'équivalent en énergie primaire économisée est de 598497 x 2,58 soit 1544122 kWh<sub>ep</sub> donc un gain de 55,15 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an

De ce fait, l'étiquette énergétique passe de 150,8 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an à 95,7 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an

L'objectif d'obtenir la classe B n'est pas atteint mais de peu.

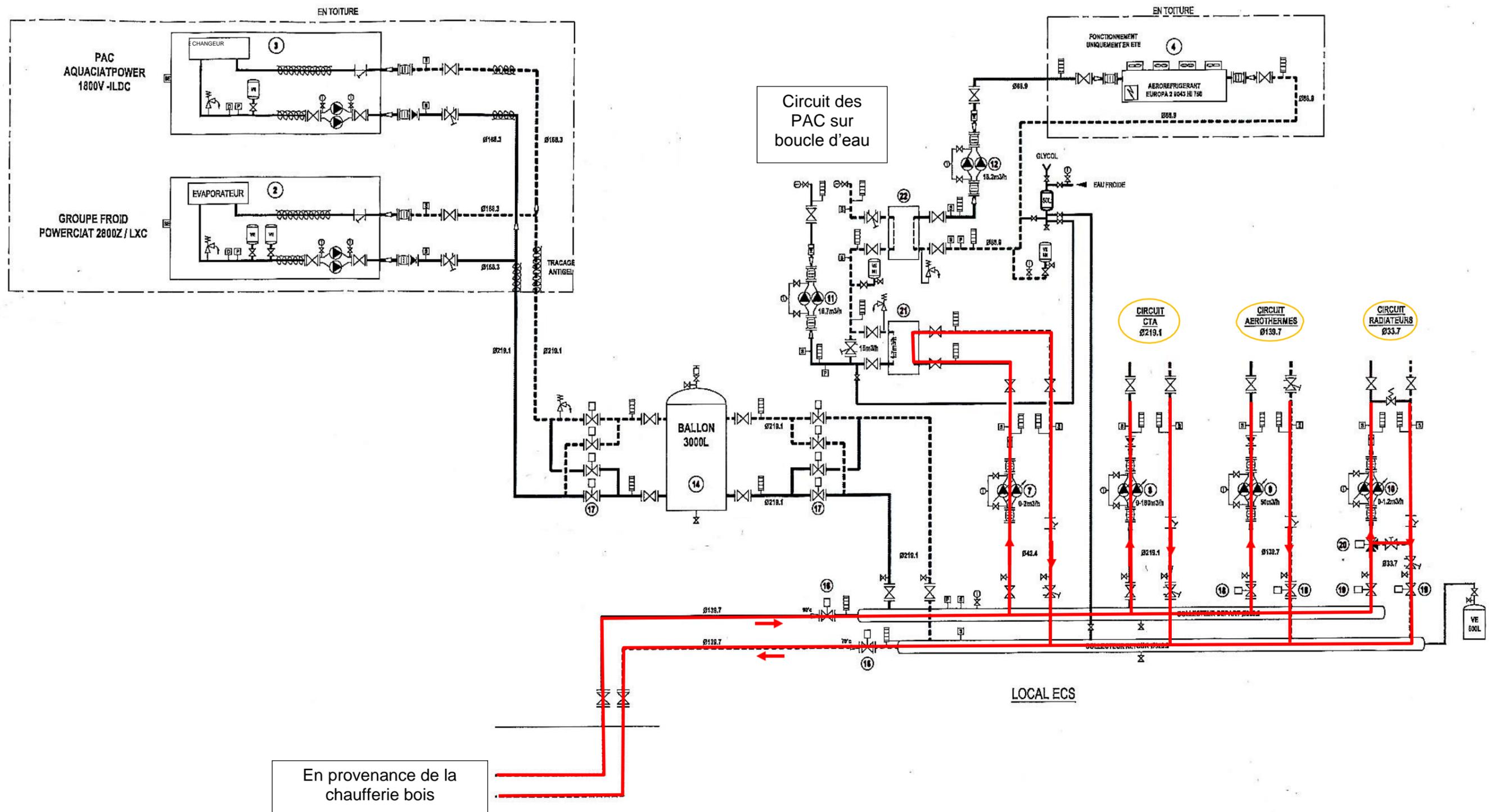


LOCAL CHAUFFERIE



- 1 : sonde de température
- 2 : régulateur avec 2 entrées : consigne, température de retour

DR2 : Schéma de principe de la sous-station et de la production de froid

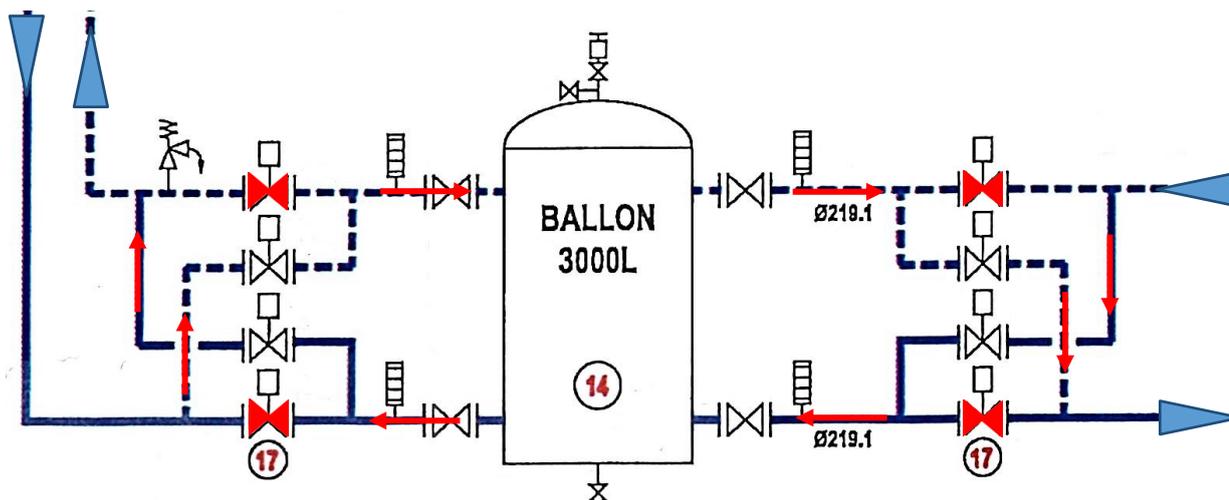


**DR3 : Tableau de fonctionnement des chaudières et de la PAC réversible**

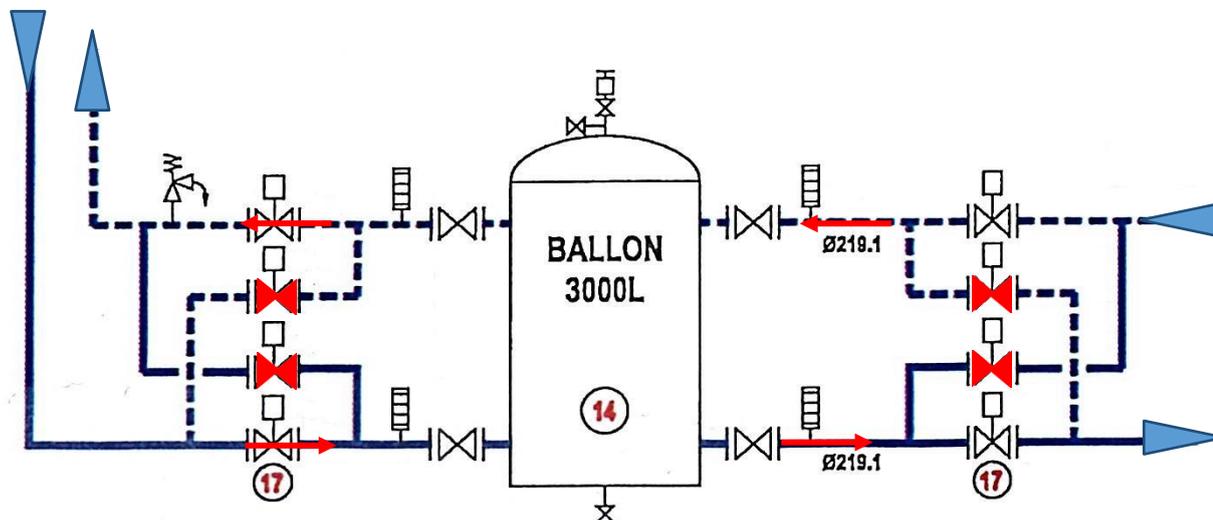
Générateur	Température extérieure $\leq 5^{\circ}\text{C}$	Température extérieure $> 5^{\circ}\text{C}$
Chaudière bois	<b>Marche</b>	<b>Arrêt</b>
PAC réversible	<b>Arrêt</b>	<b>Marche</b>

**DR4 : Raccordement du ballon tampon**

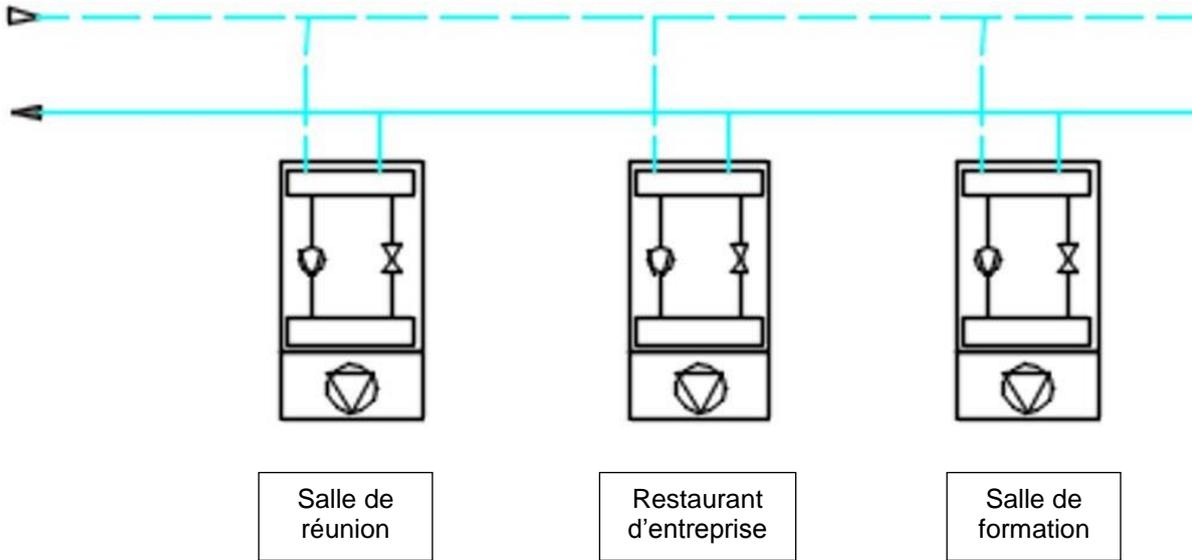
Fonctionnement en hiver :



Fonctionnement en été :

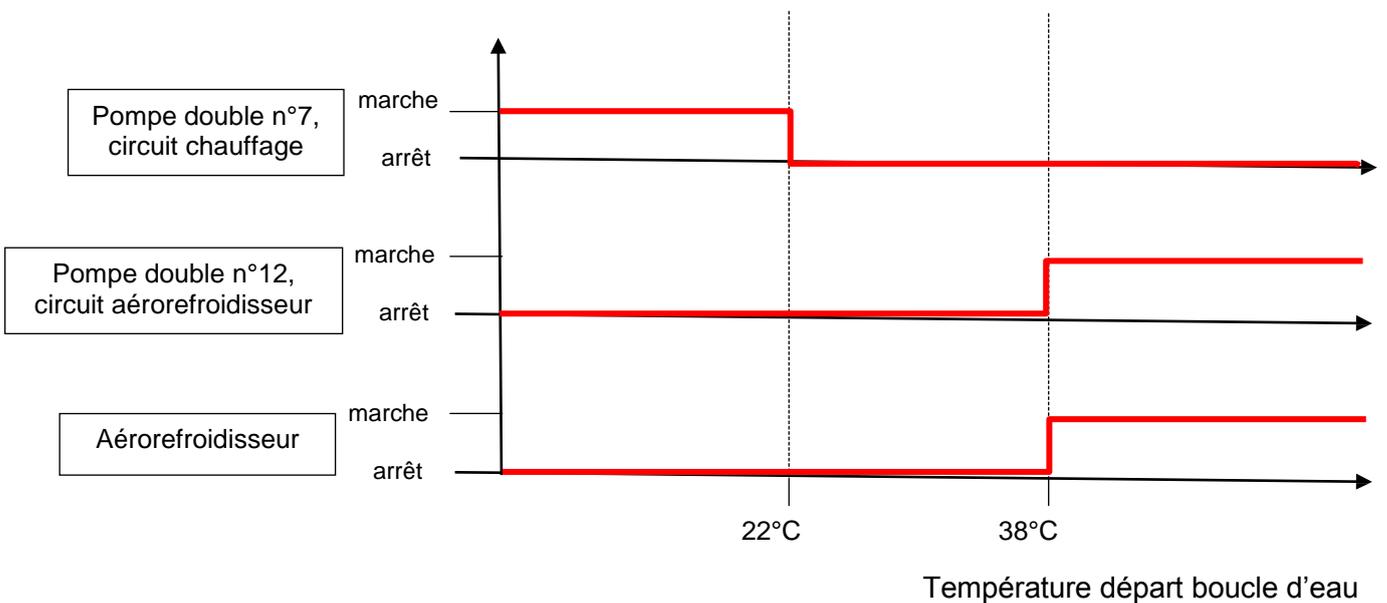


**DR5 : Schéma de principe des PAC sur boucles d'eau**



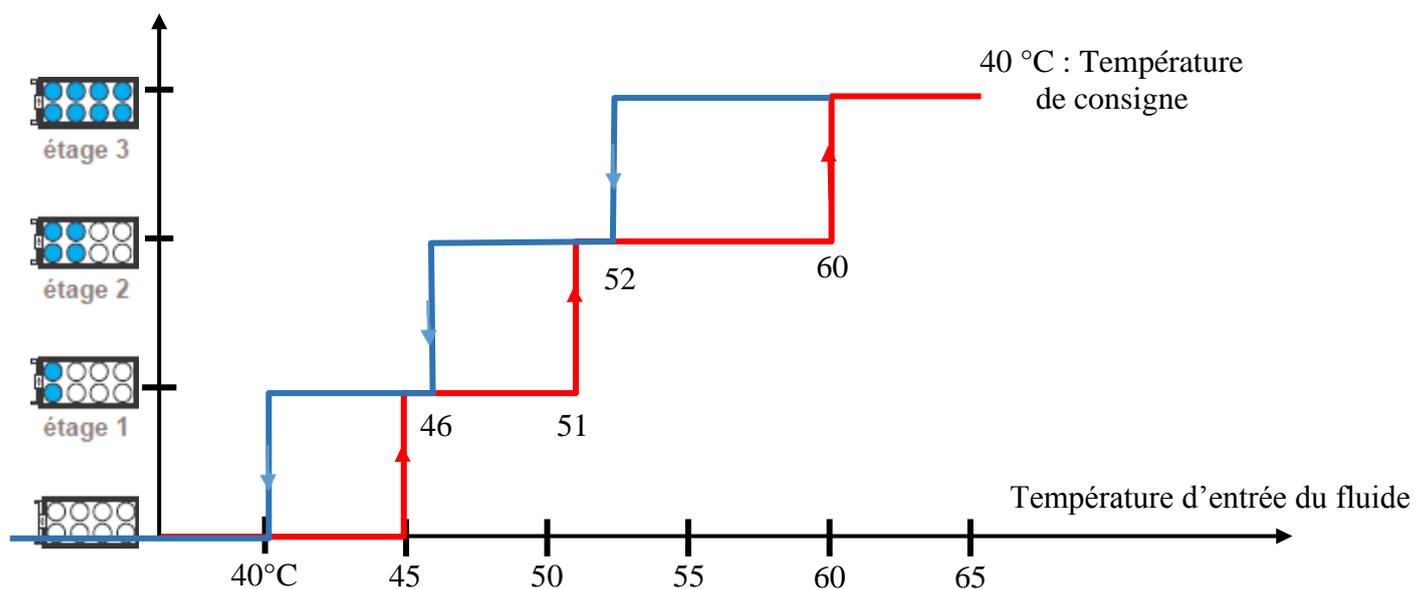
Local	Hiver	Demi-saison	Eté
Salle de réunion	Condenseur	Evaporateur	Evaporateur
Restaurant d'entreprise	Condenseur	Evaporateur	Evaporateur
Salle de formation	Condenseur	Condenseur	Evaporateur
Numéro de l'échangeur en service (21 ou 22)	21	aucun	22

**DR6 : Graphe de fonctionnement relatif à la boucle d'eau**

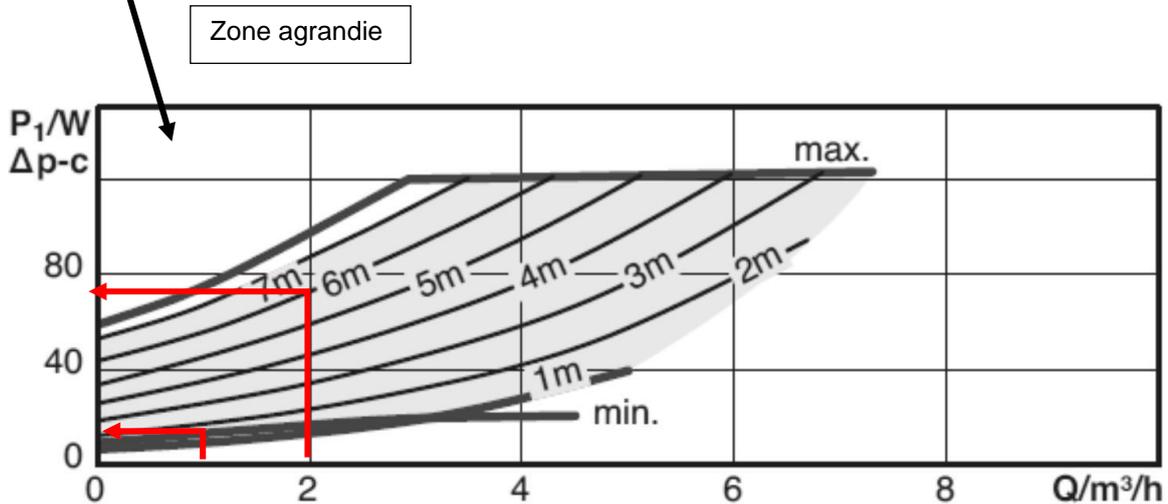
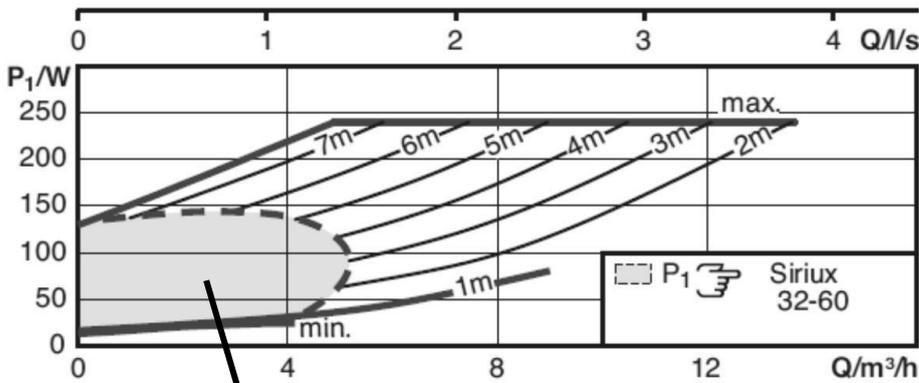
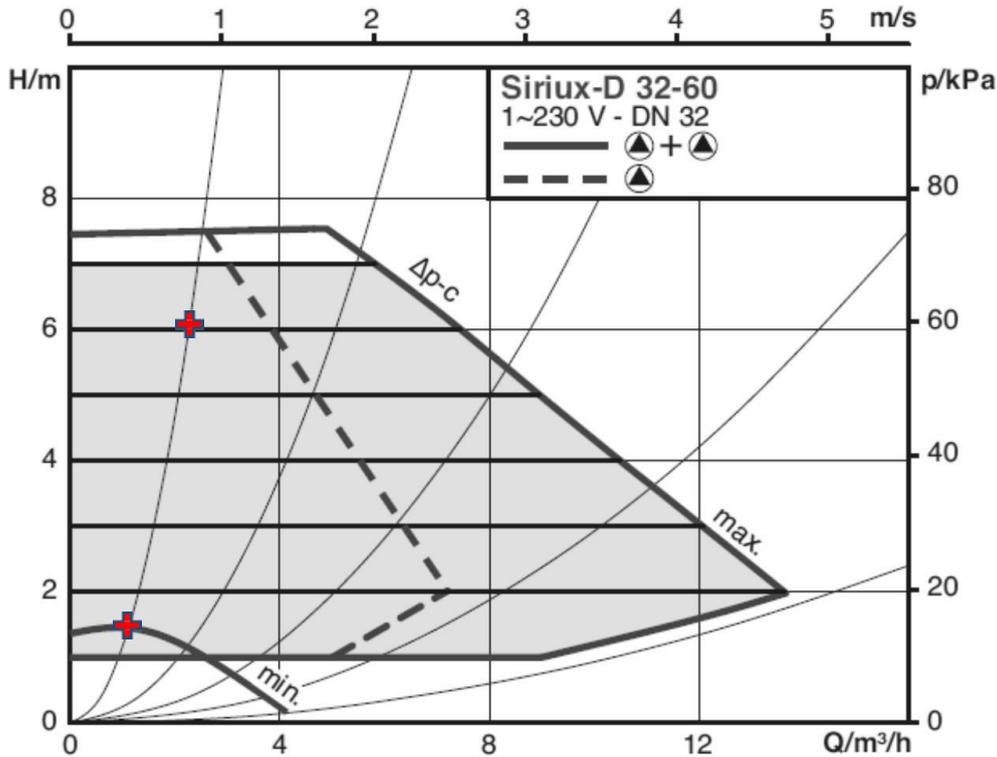


**DR7 : Graphe d'enclenchement des étages de ventilateurs d'un aérorefrigérant**

	TEMPERATURE DE COUPURE	TEMPERATURE D'ENCLenchEMENT
1 <sup>ER</sup> ETAGE	40 °C	45 °C
2 <sup>E</sup> ETAGE	46 °C	51 °C
3 <sup>E</sup> ETAGE	52 °C	60 °C

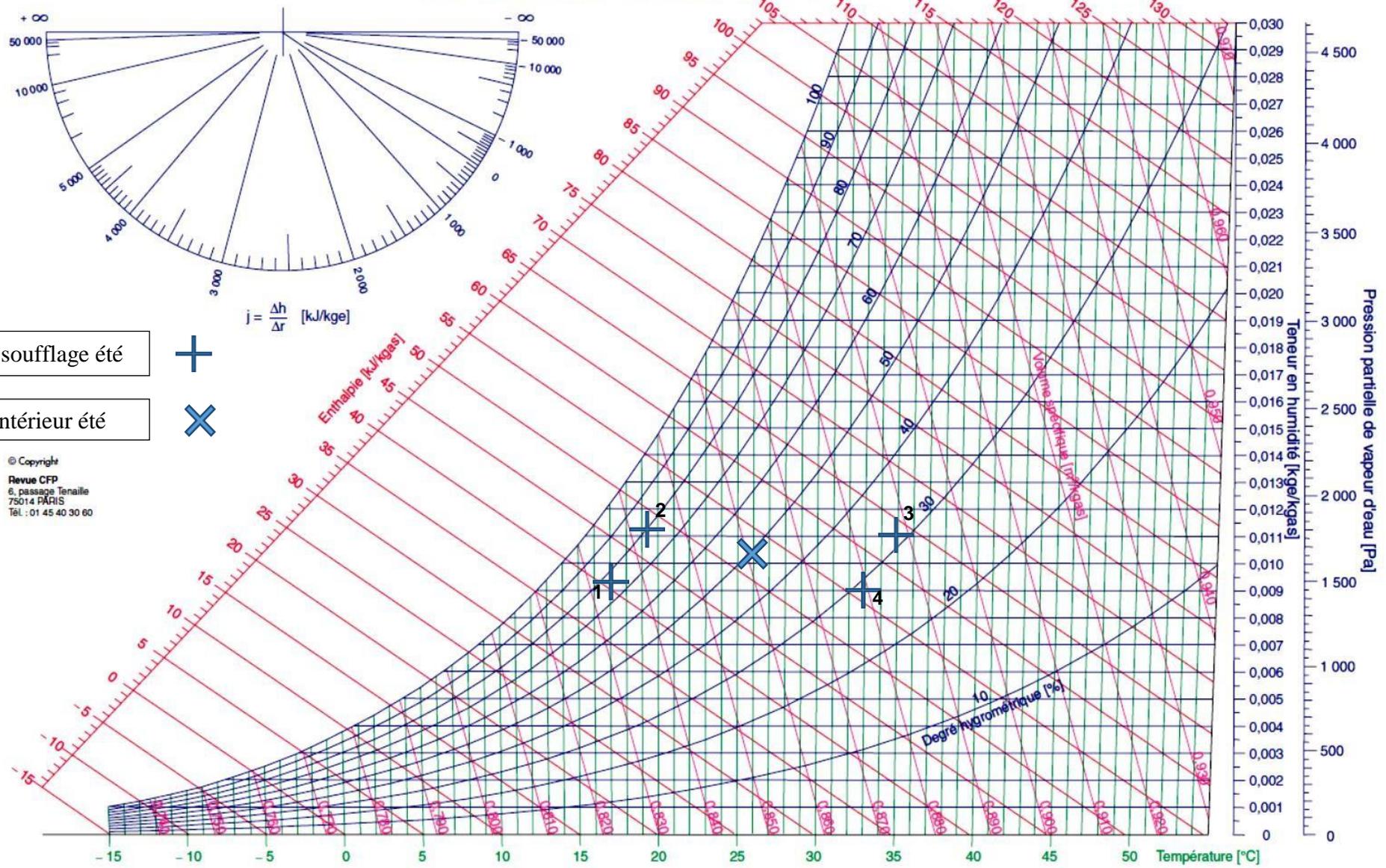


DR8 : caractéristiques techniques de la pompe SALMSON SIRIUX



# DR9 : diagramme de l'air humide

Pression atmosphérique : 101 325 [Pa] Altitude : 0 [m]



Points soufflage été



Point intérieur été



© Copyright  
Revue CFP  
6, passage Tenaille  
75014 PARIS  
TÉL : 01 45 40 30 60

DR10 : schéma de principe de l'installation de production d'ECS

