

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR  
FLUIDES ÉNERGIES DOMOTIQUE**

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

**SESSION 2018**

Durée : 4 heures

Coefficient : 4

# **CORRECTION**

<b>PARTIE</b>	<b>TITRE</b>	<b>Temps conseillé</b>
	Lecture du sujet	15 min
<b>1</b>	<b>Analyse de la sous station chauffage urbain / Piscine</b>	70 min
<b>2</b>	<b>Analyse de la déshumidification thermodynamique « halles bassins »</b>	85 mn
<b>3</b>	<b>Analyse de la CTA « vestiaires »</b>	70 min

CONDITIONS CLIMATIQUES DE BASE :

**○ Conditions extérieures :**

- Température sèche hiver -9°C
- Hygrométrie hiver 90%
- Température sèche été 28°C
- Température humide été 18,5°C
- Hygrométrie Eté 40%

**PREMIÈRE PARTIE : Analyse de la sous station chauffage urbain / Piscine**  
*Temps conseillé : (70 minutes)*

**APPEL D'OFFRES**

**Question 1.1. APPEL D'OFFRES**

Dans le cadre d'un appel d'offres quelle est la signification de « DPGF lot CVC ». Indiquer la fonction de ce document.

***DPGF : Décomposition du prix global et forfaitaire***  
***CVC : chauffage ventilation climatisation***

***Le DPGF est un document détaillant le montant d'un acte d'engagement (pièce administrative). Montant des travaux du lot CVC.***

**ANALYSE DE LA SOLUTION TECHNIQUE RETENUE POUR LA SOUS-STATION**

**Question 1.2.** (DT 1-1 et DT 1-2 page 9 et 10/21).

Donner, sous forme de tableau sur votre copie, la désignation et la fonction des éléments numérotés de 1 à 4 sur les schémas de principe des DT 1-1 et DT 1-2.

N°	Désignation	Fonction « s »
1	<b><i>Purgeur d'air automatique</i></b>	<b><i>Permet d'évacuer les gaz accumulés en partie haute de la bouteille de découplage hydraulique</i></b>
2	<b><i>Bouteille de découplage hydraulique</i></b>	<b><i>Permet une séparation hydraulique des réseaux. (montage casse pression ou mélange) +fonctions secondaires : dégazage désembouage</i></b>
3	<b><i>Compteur d'énergie</i></b>	<b><i>Permet de mesurer l'énergie consommée au niveau de la sous station (mesure T° et débit → volume)</i></b>
4	<b><i>Vanne de pression différentielle</i></b>	<b><i>Permet d'assurer un débit minimum au circulateur lorsque les vannes se ferment au niveau des émetteurs</i></b>

**Question 1.3.** (DT 1-2 page 10/21).

La sous station représentée au DT 1-2, est équipée de deux vases d'expansion. En cas de sous gonflage des vases ou de perforation des membranes, quels dysfonctionnements risquent d'apparaître ?

***L'absorption du volume de dilatation ne sera plus assurée. Les soupapes de sécurité vont évacuer le surplus d'eau. Risque de manque d'eau et besoin de réaliser des appoints en eau.***

**Question 1.4.** (DT 1-1 et DT 1-2 page 9 et 10/21).

La sous station est équipée de deux soupapes de sécurité « repère A ». Les soupapes de sécurité en « repère B » sont-elles nécessaires ? Justifier votre réponse.

***Oui car s'il y a une maintenance, et fermeture des vannes « bouteille » il y a un risque de surpression coté sous station chauffage urbain.***

**ANALYSE DE LA SOLUTION TECHNIQUE RETENUE POUR LA PRODUCTION D'ECS**

**Question 1.5.** (DT 1-2 page 10/21).

Indiquer sur votre copie quels sont:

- le type de production d'E.C.S. représenté sur le schéma ;

***Production instantanée***

- le montage hydraulique de la V3V ;

***Montage V3V en mélange***

- les éléments nécessaires à la régulation de puissance de l'échangeur et préciser leur fonction.

**Sonde de température côté secondaire ; fonction : acquérir la température de départ**  
**Servomoteur pour la V3V ; fonction : agir sur la position de la vanne**

**Régulateur ; fonction : gérer la température de départ ECS en fonction d'une consigne**

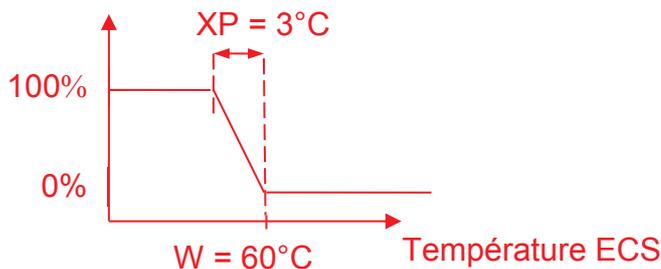
**(Thermostat de sécurité de surchauffe ; fonction : limiter la température de départ : réponse non obligatoire pour atteindre le niveau 3)**

**Question 1.6.**

Tracer sur votre copie le graphe de régulation de la V3V conformément aux préconisations du cahier des charges. (% ouverture V3V en fonction de la grandeur régulée).

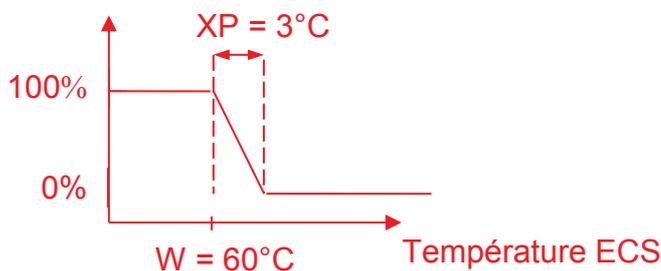
**$W=60^{\circ}\text{C}$   $XP=3^{\circ}\text{C}$  ouverture de 0 à 100%**

% Ouverture Vanne



Ou

% Ouverture Vanne



**Les deux schémas sont acceptés.**

**ANALYSE DE LA SOLUTION TECHNIQUE RETENUE POUR LA DISTRIBUTION « RESEAU RADIATEURS »**

**Question 1.7.**

Le D.C.E. indique pour le réseau « radiateurs » :

- Pompes doubles type Sirix D 32-60 ;
- $Q_v = 3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  ;
- $HM = 4 \text{ mCE}$ .

Placer ce point de fonctionnement nominal et le nommer « 1 » sur le DR 1-1 page 16/21.

Déterminer, par calcul ou par lecture à l'aide du DR 1-1, pour ce point de fonctionnement, les valeurs de :

- la puissance thermique distribuée ;
- la puissance absorbée au niveau du circulateur ;
- la puissance hydraulique du circulateur.

En déduire la valeur du rendement du circulateur.

On rappelle que :

$P_{thermique} = q_m \cdot C \cdot \Delta T$  ;  $P_{hydraulique} = q_v \cdot g \cdot Hm$  ;  $\eta = P_{utile} / P_{absorbée}$  ; Régime nominal radiateurs 60/40°C

<b>BTS FLUIDES ÉNERGIES DOMOTIQUE</b>		<b>Session 2018</b>
Analyse et définition d'un système	Code : xxxx	Page : 3/15

**la puissance thermique distribuée.**  $P = \frac{3000}{3600} \times 4,185 \times (60 - 40) = 69,75 \text{ kW}$   
**la puissance absorbée au niveau du circulateur. Avec abaque**  $P = 60 \text{ W}$   
**la puissance hydraulique**  $Phyd. = \frac{3000}{3600} \times 4 \times 9,81 = 32,7 \text{ W}.$   
**Rendement = 32,7 / 60 = 54,5%**

**Question 1.8.** (DT 1-2 page 10/21).

En mi-saison, des mesures sur site donnent les résultats suivants :

- T°départ = 40°C ;
- T°retour = 30°C ;
- Qv = 2 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup> ;
- HM = 0,4 bars.

Placer le nouveau point de fonctionnement et le nommer « 2 » sur le DR 1-1 page 16/21.  
 Indiquer le type de réglage adopté pour ce circulateur.

**$\Delta P = cst$**

**Question 1.9.**

En mi-saison, pour obtenir le débit Qv = 2 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>, les puissances sont :

Fonctionnement	à vitesse variable	à vitesse constante
Puissance thermique	23,25 kW	23,25 kW
Puissance absorbée	48 W	100 W

Indiquer en justifiant votre réponse, la meilleure solution de gestion de vitesse en termes de consommation énergétique.

**Meilleure solution : vitesse variable car Pabs plus faible pour une puissance thermique donnée**

**DEUXIÈME PARTIE : Analyse de la déshumidification thermodynamique « halles bassins » Temps conseillé : (85 minutes)**

**ANALYSE REGLEMENTAIRE**

**Question 2.1.** Pour une installation frigorifique, on définit le T.E.W.I. : Total Equivalent Warming Impact. Quelle est la fonction de cet indice ?

**Caractérise l'impact global d'une installation sur le réchauffement planétaire durant sa vie opérationnelle**

**Question 2.2.** En vous aidant de la formule du T.E.W.I. , identifier sur votre copie les trois termes de l'addition qui participent au calcul de cet indice. En analysant les résultats du calcul du TEWI, conclure sur l'intérêt de porter une attention particulière à l'étanchéité des installations.

$$TEWI = (GWP_{100} \times f \times m \times n) + [GWP_{100} \times m \times (1 - \alpha \text{ recovery})] + (n \times E \times A)$$

f : coefficient de fuite de la charge en R410A par an ; f = 0,03

m : quantité de fluide frigorigène à la mise en service en kg.

n : nombre d'années d'utilisation de la pompe à chaleur ; n = 20 ans.

α recovery : Taux de récupération du fluide au démontage de la PAC ; α recovery = 0,75.

E : consommation en énergie électrique sur une année ; E = 120 000 kWh<sub>elec</sub>/an.

A : coefficient d'émission ; A = 0,13 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>électrique</sub>.

GWP<sub>100</sub> pour le R410A = 1924 kg équivalent CO<sub>2</sub>/kg

Le calcul du TEWI donne :

$$TEWI = 10966,8 + 4569,5 + 312\ 000 = 327\ 536 \text{ kg de CO}_2$$

**Les trois éléments sont : l'impact des fuites de fluide frigorigène en fonctionnement  
l'impact des fuites de fluide frigorigène lors de la récupération  
l'impact lié à la consommation en énergie électrique**

**Les fuites, sur cette installation, représentent 5% de l'impact global annuel de l'installation, ce qui n'est pas négligeable.**

**Question 2.3.** Quelle sera la fréquence des contrôles pour vérifier l'étanchéité de cette PAC ?

Contenance de l'équipement	Fréquence du contrôle sans détecteur fixe	Fréquence du contrôle avec détecteur fixe
Entre 5 et 50 tonnes équivalent CO <sub>2</sub>	Tous les ans	Tous les 2 ans
Entre 50 et 500 tonnes équivalent CO <sub>2</sub>	Tous les 6 mois	Tous les ans
Entre 5 et 50 tonnes équivalent CO <sub>2</sub>	Tous les 3 mois	Tous les 6 mois

**Pour 9,5 kg de R410A on a  $1924 \times 9,5 = 18\,278$  kg éq CO<sub>2</sub> donc un contrôle par an et un contrôle tous les 2 ans si l'on installe un détecteur de fuite fixe.**

## **ANALYSE DES BESOINS**

**Question 2.4.** Expliquer pourquoi maintenir en permanence une légère surpression dans les halles bassins ? Comment réaliser cette surpression ?

**Pour éviter les infiltrations d'air extérieur**

**Le débit d'air soufflé sera supérieur au débit d'air extrait**

**Question 2.5.** En vous aidant du diagramme de l'air humide (DR 3-1 page 19/21), déterminer la température à laquelle la vapeur d'eau contenue dans l'air de la halle bassin commence à se condenser sachant que les conditions intérieures sont 28°C et 65% d'humidité relative.

**La température de rosée est d'environ 21°C .**

**Question 2.6.** Justifier de l'intérêt et de l'importance de la fonction déshumidification pour ce type de projet en mode inoccupation et en mode occupation.

**Préservation du bâti, hygiène des locaux et qualité de l'air pour les nageurs et les spectateurs**

**Question 2.7.** (DR 3-1 page 19/21).

La quantité d'humidité à retirer en mode inoccupation est due au phénomène d'évaporation à la surface des bassins. La masse d'eau évaporée est estimée à 50 kg·h<sup>-1</sup>. Dans cette situation de fonctionnement :

- les conditions de l'air après la batterie froide sont : température 15 °C, humidité 91 % ;
- les conditions de l'air dans la halle bassin sont : température 28 °C, humidité 65 % ;
- le débit traversant la batterie est de 7500 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>.

Déterminer la puissance de la batterie froide et vérifier si la puissance frigorifique de la PAC est suffisante.

**Le volume spécifique de l'air sur le ventilateur de reprise est de : 0,874 m<sup>3</sup>·kgas<sup>-1</sup>.**

**Le débit masse d'air sec est alors :  $qm = 7500 / 0.874 / 3600 = 2,38$  kgas·s<sup>-1</sup>.**

**La puissance de la batterie froide est :  $P = qm \cdot \Delta h = 2,38 G ( 67,8 - 39,7) = 66,9$  kW.**

**La puissance frigorifique du groupe thermodynamique étant de 76 kW ; la PAC peut couvrir les besoin en déshumidification dans cette situation.**

## **ETUDE DU FONCTIONNEMENT DE LA PAC**

**Question 2.8.** (DR 2-1 page 17/21).

Sur le schéma DR 2-1, identifier le réseau d'eau glacée en le surlignant en bleu, le réseau d'eau chaude en le surlignant en rouge et indiquer les sens de circulation.

**Voir DR**

**Question 2.9.** (DR 2-1 page 17/21).

En vous appuyant sur le schéma DR 2-1, conclure sur l'intérêt de la solution PAC pour ce type de projet.

**La P.A.C. permet d'utiliser simultanément la puissance frigorifique et la puissance calorifique restituée par l'unité thermodynamique**

**Éliminer la quasi-totalité des dégagements de vapeur d'eau des plans d'eau (inoccupation – mode recyclage maxi sur batterie froide issue de la PAC)**

- **Participer au réchauffage de l'air ambiant**
- **Participer au réchauffage de l'eau des bassins**
- **Assurer en période estivale une température de soufflage inférieure de 3 à 4°C par rapport à la température extérieure**

**Question 2.10.** (DR 2-1 page 17/21).

Donner la fonction du ballon tampon implanté sur le circuit d'eau glacée et expliciter la démarche de dimensionnement de celui-ci.

**Éviter les courts cycles**

$$V = (P \cdot t) / (C \cdot \Delta\theta)$$

**Question 2.11.** (DR 2-1 page 17/21).

Justifier la présence d'un vase d'expansion sur le circuit d'eau glacée. Le D.C.E. précise que ce vase d'expansion sera totalement calorifugé. Expliciter l'intérêt de ce calorifugeage.

**Pour permettre la dilatation de l'eau à l'arrêt de l'installation**

**Pour éviter la condensation**

**Question 2.12.** A partir du document constructeur (DT 2-1 page 11/21), vérifier si le régime d'eau glacée et le débit d'eau ont été correctement choisis par le bureau d'étude.

**$T_{EG} = 5^{\circ}\text{C}$ , régime 5/11°C, donc  $\Delta T = 6^{\circ}\text{C}$  donc OK**

**$P_f = 76\text{kW}$  donc  $q_{mEG} = 76 / (4,18 \times 6) = 3 \text{ kg/s} = 10\text{m}^3/\text{h}$  donc OK**

**Question 2.13.** Il est précisé que l'eau glacée ne sera pas glycolée. En vous aidant du document constructeur (DT 2-2 page 12/21), citer les avantages de ce choix.

**Avantages : performance énergétique car la chaleur massique chute avec le glycol, et les pertes de charges augmentent avec le glycol (viscosité)**

**Écologique : le glycol est toxique**

**Économique : le glycol est cher**

**Technique : risque de fuites, compatibilité avec les composants et matériaux.**

**Question 2.14.** Identifier les composants frigorifiques de la pompe à chaleur repérés de 1 à 4 sur le document réponse DR 2-2 page 18/21.

**Voir DR**

La production frigorifique de la PAC est assurée par deux compresseurs scroll équipés de moteurs asynchrones. La gestion de la cascade de puissance est de 100% - 50% - 0% et se fait en démarrage direct.

**Question 2.15.** Expliquer le principe de fonctionnement de cette régulation, puis proposer une autre solution de régulation des compresseurs.

**La puissance frigorifique est fractionnée sur deux compresseurs montés en parallèle qui fonctionnent en TOR en cascade.**

**Proposition : Variation de vitesse des compresseurs entraînant une variation du débit de fluide frigorigène**

BTS FLUIDES ÉNERGIES DOMOTIQUE		Session 2018
Analyse et définition d'un système	Code : xxxx	Page : 6/15

### TROISIÈME PARTIE : Analyse de la CTA « vestiaires / douche »

Temps conseillé : (70 minutes)

#### ETUDE DU FONCTIONNEMENT DE LA CTA

**Question 3.1.** A partir des indications précédentes, pour les conditions nominales « hiver », tracer l'évolution de l'air neuf dans la CTA et en sortie « batteries de zones », sur le DR 3.1 page 19/21. Repérer sur le tracé les éléments traversés.

**Voir DR**

**Question 3.2.** Le D.O.E. indique une puissance batterie chaude CTA de 15 kW. Vérifier la validité de cette valeur.

On rappelle que :  $P_{thermique} = q_m \cdot \Delta h$

$$P = qm \cdot \Delta h = \frac{5200}{0,84 \times 3600} \times (28 - 19) = 15,47 \text{ kW}$$

**Question 3.3.** Vous souhaitez consulter la notice de mise en service de la CTA, ce document est-il présent dans le D.C.E. ou le D.O.E. ? Justifier votre réponse.

**Dans le DOE : dossier des ouvrages exécutés.**

#### ETUDE DES ELEMENTS DE REGULATION DE LA CTA

**Question 3.4.** Conformément au descriptif de la CTA fourni par le D.C.E., ajouter sur le DR 3.2 page 20/21, les éléments suivants :

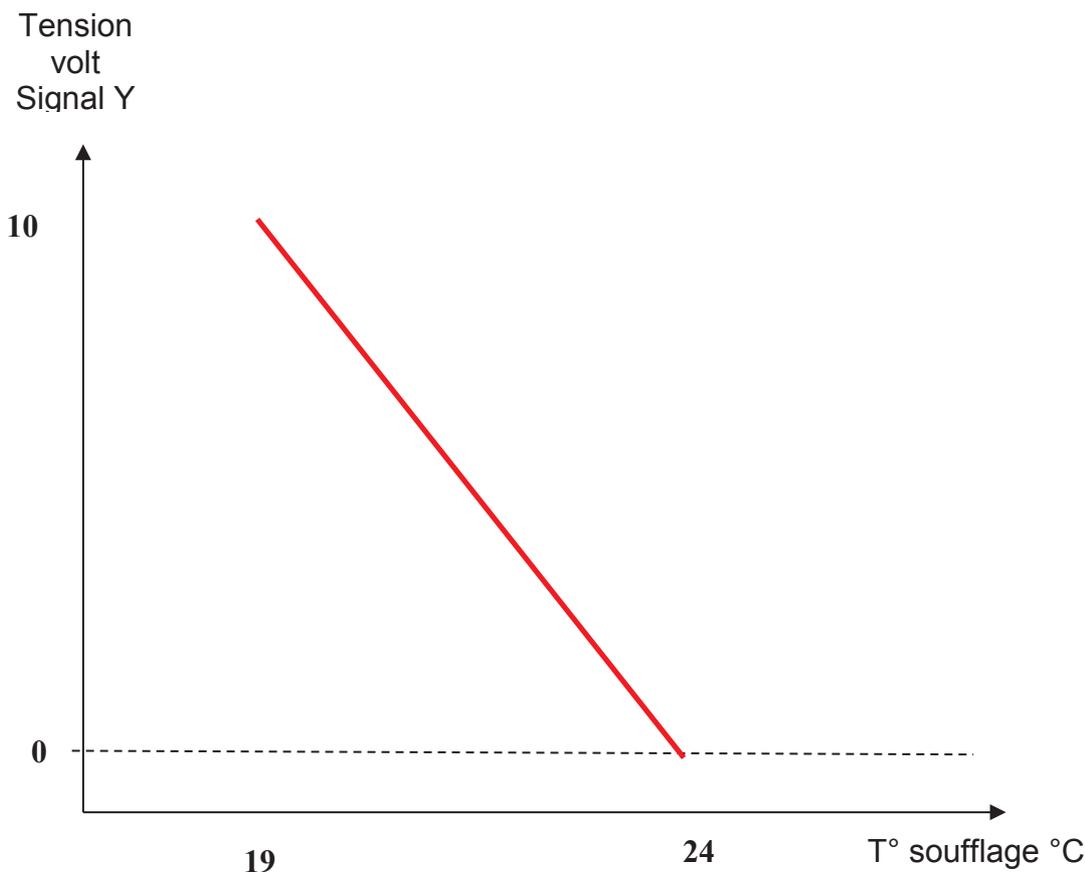
- les sondes et capteurs ;
- les actionneurs ;
- la descente de points.

**Voir DR**

**Question 3.5.** Indiquer sur votre copie, sous forme de tableau, le nombre «d'entrées sorties» (AI, DI, AO, DO) à prévoir sur le régulateur.

Eléments	AI	AO	DI	DO	Points GTB pour la question 3.7 (colonne non attendue dans la copie des candidats)
Registre air neuf				X	TC
Sonde de T° air neuf	X				TM
DP filtre N°1			X		TA
DP filtre N°2			X		TA
Registre bipasse				X	TC
Servomoteur V2V		X			TR
Thermostat anti-gel			X		TA
Variateur ventilateur soufflage		X			TR
Sonde de T° soufflage	X				TM
Sonde de T° reprise	X				TM
DP filtre reprise			X		TA
Variateur ventilateur		X			TR
Registre air extrait				X	TC
TOTAL	3	3	4	3	

**Question 3.6.** La vanne deux voies de la batterie chaude est pilotée à partir d'un signal 0 - 10V, une bande proportionnelle XP de 5°C est préconisée. Tracer sur votre copie le graphe de régulation, permettant d'assurer les conditions de soufflage définies en sortie de batterie chaude, pour le cas hiver.



**Question 3.7.** Afin d'alimenter la supervision de la G.T.C. l'ensemble des points physiques raccordés au régulateur seront exploités. On peut classer ces points dans 4 catégories :

- TM : télémessure ;
- TC : télécommande ;
- TA : téléalarme ;
- TR : télé réglage.

En vous appuyant sur les entrées/sorties définies à la question 3.5, donner pour chaque catégorie un exemple de point physique exploitable par la supervision.

**Voir correction exemples possibles colonne de droite tableau question 3.5**

### ETUDE DU RACCORDEMENT ELECTRIQUE DE LA CTA

**Question 3.8.** Dans le cadre de la préparation et du suivi des travaux de raccordement électrique de la CTA, vous devez vérifier la conformité des installations électriques, citer un des documents réglementaires sur lequel vous pourriez vous appuyer pour valider le choix des protections électriques.

**La NFC 15-100**

**Question 3.9.** (DR 3-3 page 21/21).

Indiquer sur votre copie les bornes utilisées sur le régulateur pour :

- piloter la V2V de la batterie chaude. **AO12 « out12 et com12 »**
- piloter le variateur du ventilateur de soufflage. **AO14 « out 14 et com 14 »**
- brancher la sonde de température de reprise. **UI1 « 15V IN1 et com1 »**

**Question 3.10.** A partir du DT 3.1 et du DR 3.3, indiquer les conditions de mise en fonctionnement du moteur du ventilateur de reprise.

**Fermeture « D2 / contact KA11 / coupure de proximité », signal 0 10v variateur.**

**Question 3.11.** La référence de la sonde de température de reprise est TS-9101-8322. A partir de l'extrait de notice technique issue du DOE (DT 3.3 page 15/21), indiquer les principales caractéristiques de cet élément.

**Sonde à réponse rapide / 200mm de longueur de sonde / plage -20 à 40°C / signal 0 10v avec alimentation 15 V cc.**

**Question 3.12.** Ajouter sur le schéma électrique (DR 3.3 page 21/21) la sonde de « température soufflage », la technologie retenue étant identique à la sonde de température de reprise.

**Voir DR**

**Question 3.13.** Indiquer la référence du disjoncteur installé sur la ligne d'alimentation du ventilateur de reprise (DT 3.1 page 13/21 ).

**D2 : A9F77316 (16A courbe C)**

**Question 3.14.** Justifier que le calibre et la courbe du disjoncteur du ventilateur de reprise sont adaptés. (DT 3.3 page 15/21) (on considère un cos phi = 0,8).

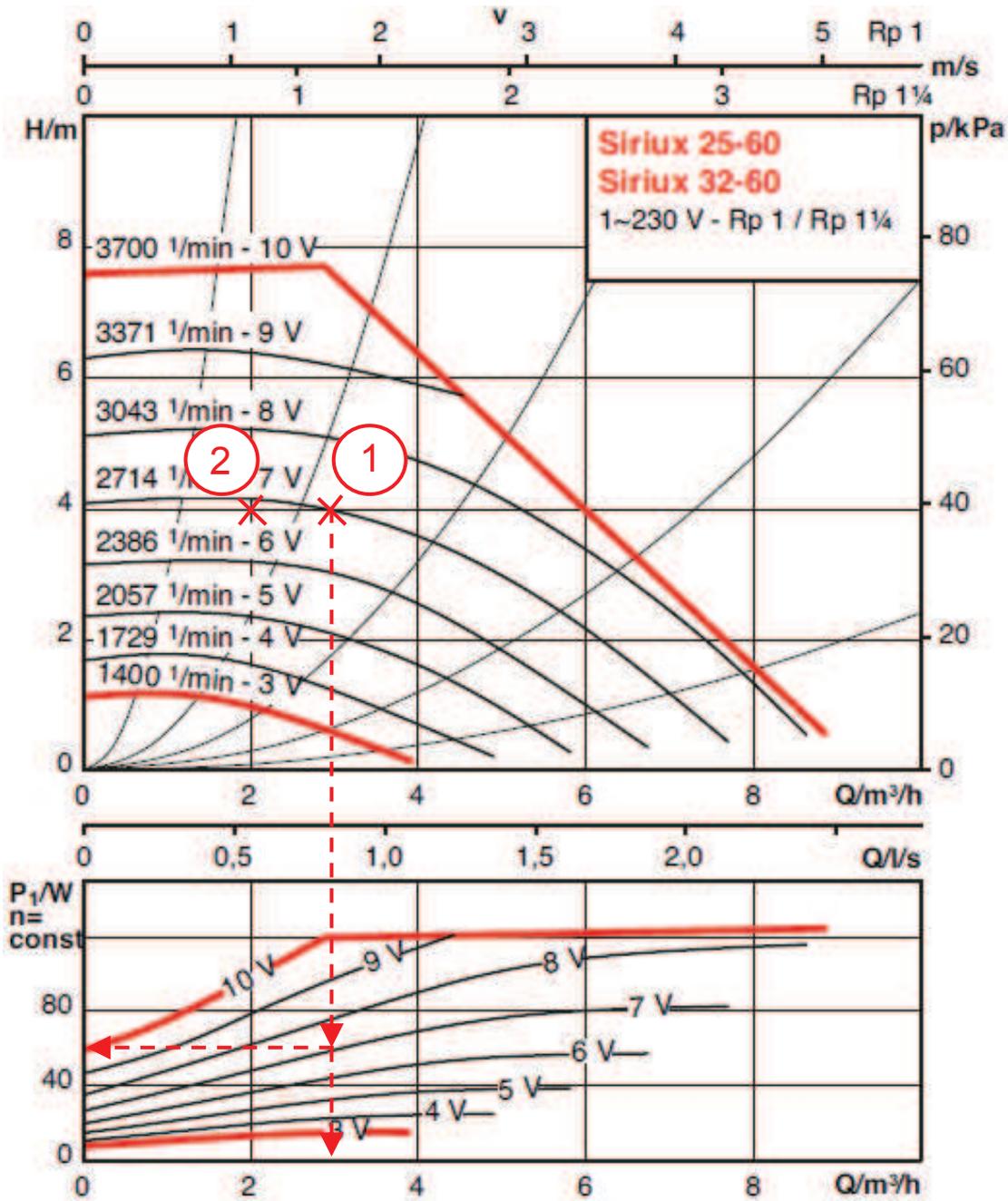
$$I = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \phi} = \frac{7500}{400 \times \sqrt{3} \times 0,8} = 13,5 A$$

**Ampérage conforme aux besoins.**

**Démarrage moteur progressif car variateur, Courbe C adaptée.**

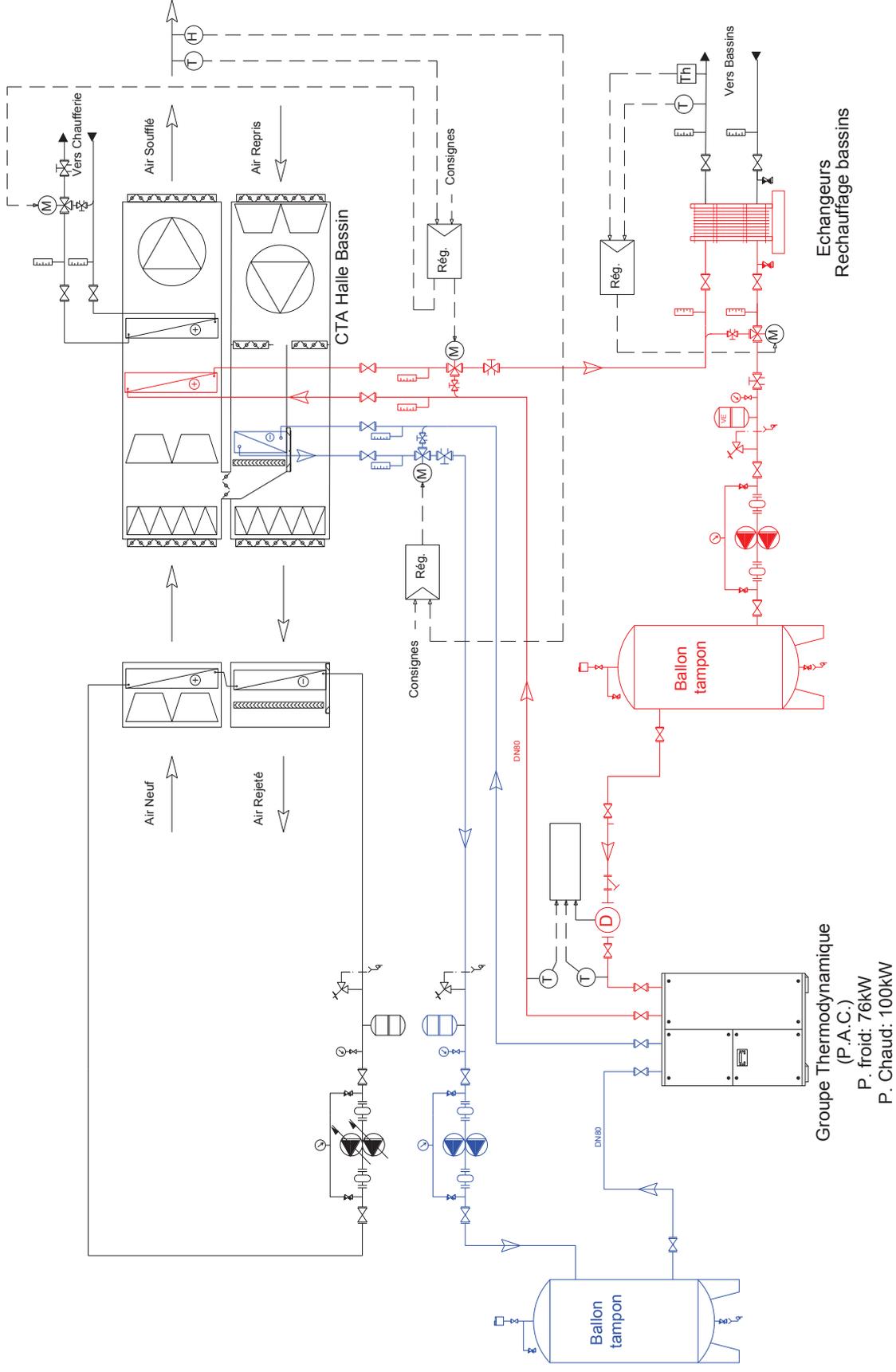
# DR 1.1 Circulateur SIRIUX MASTER

(À rendre avec votre copie)



## DR 2-1 Schéma de principe traitement d'air des halles bassin

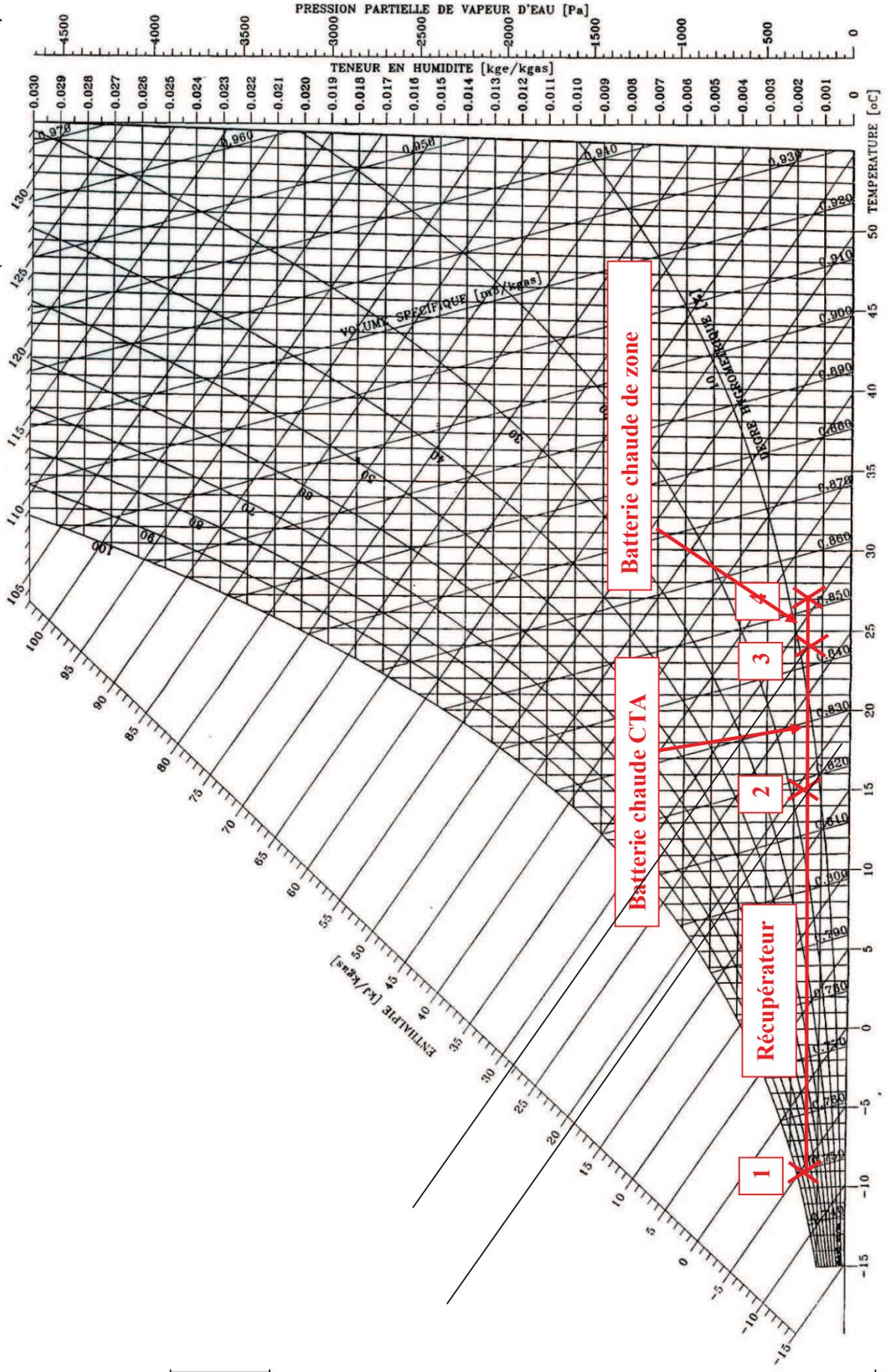
(À rendre avec votre copie)





DR 3.1

(À rendre avec votre copie)





## DR 3.4 Schéma de commande CTA vestiaires

(À rendre avec votre copie)

