

**U.21 : Analyse scientifique et technique
d' une installation**

Baccalauréat Professionnel

**TECHNICIEN DE MAINTENANCE
DES SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES
ET CLIMATIQUES**

Session 2023

**ELEMENTS DE
CORRECTION**

« Hôpital Bim »

Les situations professionnelles		Temps conseillé	Pages
S1	<input type="checkbox"/> Prise en charge de l'installation	50	2/12 et 3/12
S2	<input type="checkbox"/> Hydraulique	40	4/12 et 5/12
S3	<input type="checkbox"/> Efficacité énergétique des générateurs de chaleur.	30	6/12
S4	<input type="checkbox"/> Traitement d'air	45	7/12 à 9/12
S5	<input type="checkbox"/> Régulation	30	10/12
S6	<input type="checkbox"/> Électrotechnique	45	11/12 et 12/12

Sous-épreuve E.21 - Unité U.21

*L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.*

SITUATION PROFESSIONNELLE

L'étude portera sur les équipements d'un hôpital.

- La production de chaleur sera assurée par un système constitué de deux chaudières fioul à condensation avec évacuation des gaz brûlés par conduits verticales.
- La ventilation sera assurée par une centrale de traitement d'air. La CTA est de type double flux, elle est équipée d'une roue de récupération et d'une batterie chaude.
- Dans le but d'un confort thermique optimum, la batterie chaude de la CTA sera équipée d'une vanne 3 voies motorisée.



S1

PRISE EN CHARGE DE L'INSTALLATION

Contexte :

Afin de pouvoir expliquer le fonctionnement de l'installation et d'en expliquer les dysfonctionnements, il vous est demandé de prendre connaissance des éléments situés en chaufferie.

Vous disposez : (conditions ressources)

- De la maquette numérique IFC CVC
- Du logiciel Bim Vision

Vous devez : (travail demandé)

Selon l'exemple fourni :

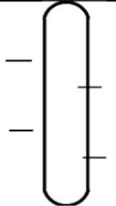
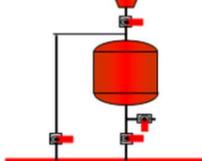
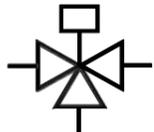
- 1) Indiquer le symbole et la fonction des éléments indiqués dans le tableau.
- 2) Rechercher les différentes informations de la chaufferie sur la maquette numérique.

Critères d'évaluation

Les symboles et les fonctions correspondent à l'élément repéré.

Les réponses apportées sont exactes.

1- Indiquer dans le tableau ci-dessous les symboles et les fonctions des éléments

Élément	Symbole	Fonction
Circulateur		Assure le débit nécessaire à l'installation en compensant les pertes de charge du réseau.
Vase d'expansion		Absorbe la dilatation d'eau due aux variations de température.
Bouteille de découplage		Désolidarise le circuit primaire du circuit secondaire.
Disconnecteur		Organe anti-pollution évitant le retour d'eau de chauffage polluée dans le circuit sanitaire.
Filtre à tamis		Filtre les impuretés du réseau.
Vanne d'équilibrage		Permet l'équilibrage du circuit en assurant précisément le débit nécessaire à l'installation.
Thermomètre		Indique la température de l'eau du réseau.
Bouteille injection		Permet d'injecter un produit dans le circuit de chauffage.
Vanne trois voies motorisée		Permet de faire varier la puissance de l'émetteur soit en faisant varier son débit ou sa température.

2- À partir de la maquette numérique, rechercher les informations suivantes :

a) Déterminer la surface au sol de la chaufferie	S m ² = 49.836
b) Déterminer les dimensions « hors tout » de la grille d'entrée d'air	Ht = 0.744 m Lg = 1.344 m
c) Déterminer la hauteur de la bouteille de découplage sans les fonds bombés	Ht = 1.30 m
d) Déterminer le volume du vase d'expansion.	V = 0.31 m ³
e) Quelle est la marque des brûleurs Fioul ?	Riello
f) Quel est le volume total des deux chaudières avec les 2 brûleurs ?	V = 4.409 m ³
g) Quel est le modèle du circulateur double situé sur le premier départ du collecteur ?	Grundfoss Magna 1D VLT 18 ref 6248475
h) Quel est le diamètre de la vanne d'équilibrage du circuit n°4 ?	Dn 50
i) Quelle est la longueur verticale du conduit de fumée ?	Lg = 9.30 m
j) Quel est le modèle des chaudières ?	LRP NT PLUS 12:Condenseco1:4773661

Contexte :

Afin de pouvoir expliquer le dysfonctionnement de l'alimentation du circuit radiateurs (problème d'alimentation sur une partie du réseau), vous décidez de vérifier les caractéristiques et programmation du circulateur puis le réglage de la vanne d'équilibrage. Le circulateur est actuellement programmé pour une hauteur manométrique de 10,5 [mCE], et la vanne d'équilibrage réglée sur 4.2 tours.

Vous disposez : (conditions ressources)

- D'un extrait de la documentation technique du circulateur **DT 1- Page 2/14**
- Des données suivantes :
 - Des données techniques :
 - Puissance réseau = 190 [kW]
 - Diamètre nominal de la vanne d'équilibrage 80 [mm]
 - Chaleur massique de l'eau : $C = 4,185$ [kJ / kg. K]
 - Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000$ kg/m³
 - Régime d'eau : $\Delta T = 15$ [K]
 - Débit : Q_m (kg/s) = P (W) ÷ (C × ΔT × ρ)

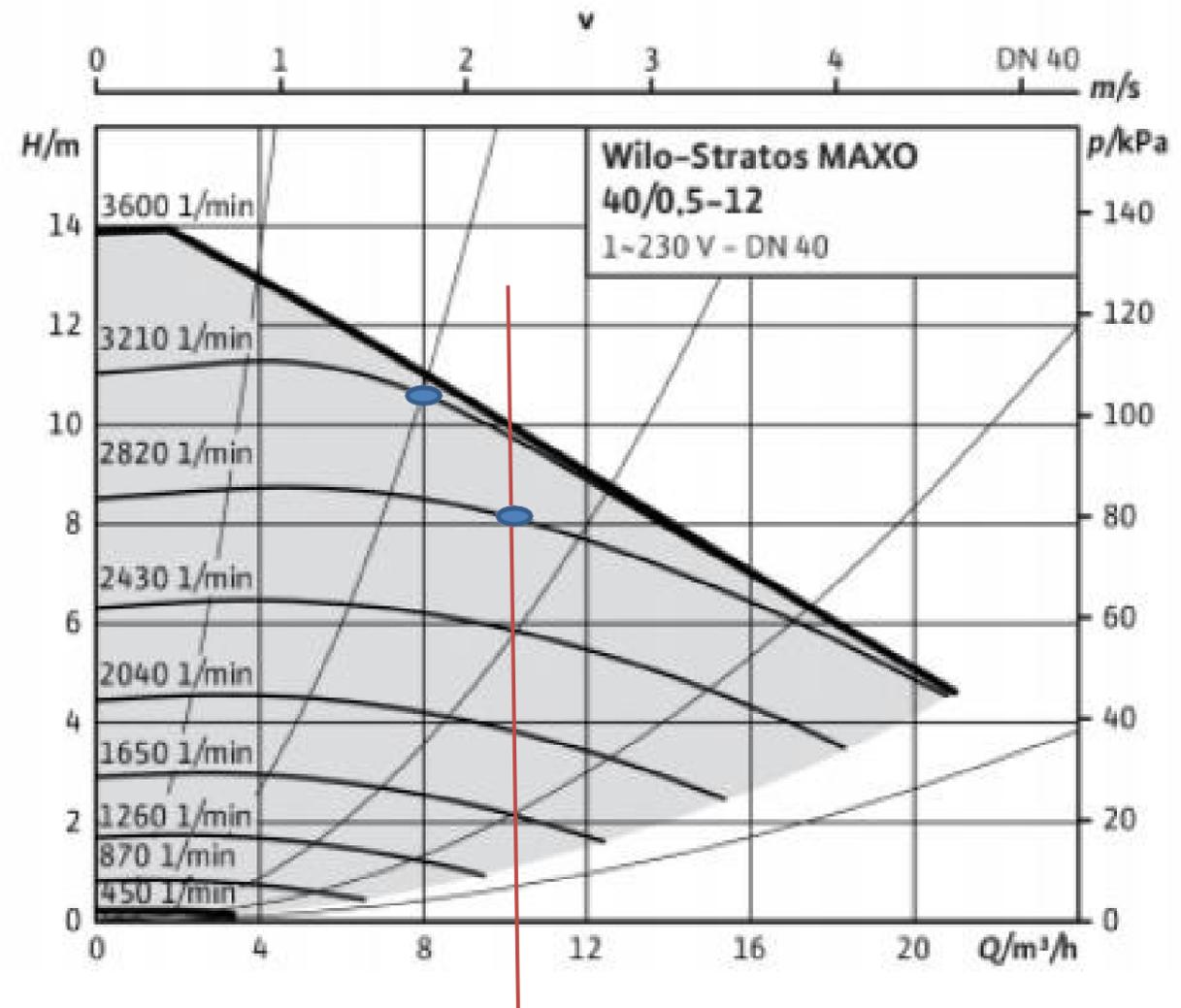
Vous devez : (travail demandé)	Critères d'évaluation
<p>Selon l'exemple fourni :</p> <p>3) Calculer le débit en [kg/s] puis en [m³/h] nécessaire en sortie du circulateur pour l'alimentation du circuit</p> <p>4) a) Tracer le point de fonctionnement actuel du circulateur. b) Le réglage actuel correspond-il au débit calculé ? Justifier la réponse.</p> <p>5) Indiquer le type de réglage à programmer dans le circulateur pour un circuit radiateurs.</p> <p>6) Indiquer la hauteur manométrique à régler pour un débit de 2820 l/mn.</p> <p>7) Déterminer le réglage à effectuer sur la vanne d'équilibrage.</p>	<p>Les calculs et les unités sont corrects.</p> <p>Le point de fonctionnement est bien placé. L'analyse permet le réglage du circulateur.</p> <p>La réponse est correctement justifiée.</p> <p>Le réglage effectué permet de régler la puissance souhaitée.</p> <p>Le tracé permet le bon réglage de la vanne</p>

3- Calculer le débit nécessaire en [kg/s] puis en [m³/h] pour assurer le besoin de l'installation.

Q_m [kg/s] = 3.02

Q_m [m³/h] = 10,89

4- a) Tracer sur l'abaque ci-dessous le point de fonctionnement actuel du circulateur indiquant une hauteur manométrique de 10,5 [m Ce] pour 3210 l/mn.



4-b) Le réglage actuel correspond-il au débit calculé ? Justifier la réponse.
 Le réglage actuel correspond à un débit de 8 m³/h or le besoin calculé est de 10,89 m³/h.
 La programmation doit être corrigée et adaptée selon le débit calculé.

5- En vous aidant de la documentation du constructeur, quel mode de régulation est-il conseillé pour une installation de type « radiateur ».

Mode pression différentielle variable

6- Indiquer la hauteur manométrique à régler pour un débit de 2820 l/mn.

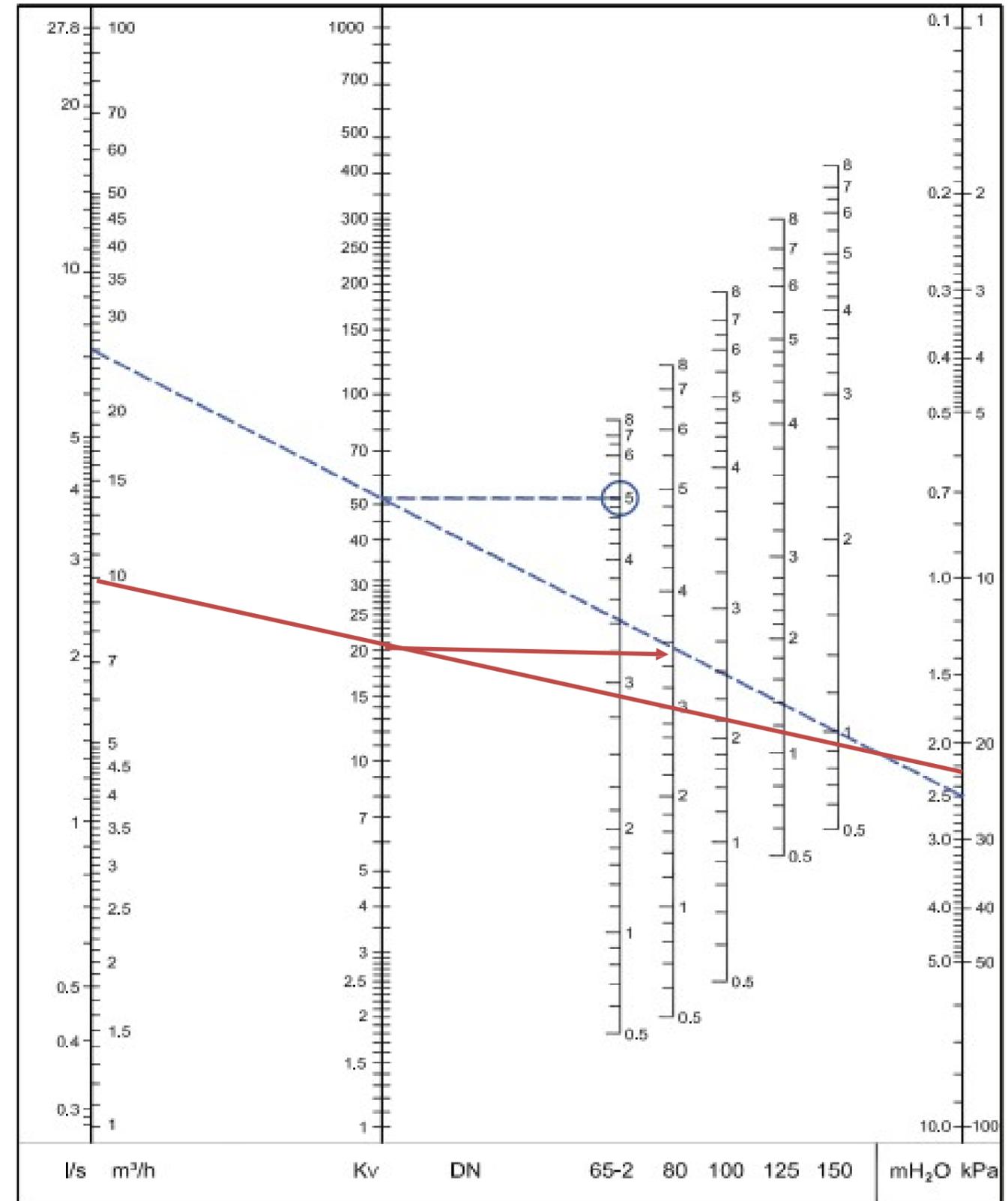
8 mCE

7- Déterminer le réglage de la vanne Dn 80 pour obtenir le débit de 11 [m³/h] en créant une perte de charge de 2 mCE.

Nombre de tours : 3.7

Nota : Exemple de réglage vanne TA :

Je souhaite un débit de 26 m³/h dans mon circuit et je dois créer une perte de 2,5 mCe.
 Je trace une droite entre les deux points.
 Je trouve le Kv de ma vanne et à partir de là, je trace une horizontale sur ma vanne (ici une vanne Dn 65-2).
 Je trouve la position de ma vanne à 5 tours.



Contexte :

La production de chaleur est assurée par deux chaudières fioul à condensation Atlantic modèle 12. Lors de l'entretien annuel vous vérifiez les performances énergétiques de la chaudière N°2 qui semblerait consommée plus que l'autre.

Vous disposez : (conditions ressources)

- De la documentation technique **DT 2 – Page 3/14**
- Rendement utile = Puissance utile nominale ÷ débit calorifique
- Rendement de combustion = $\eta_{\text{comb}} = 100 - f \times (T_{\text{fumées}} - T_{\text{amb}}) \div \%CO_2$
- $f = 0,57$ pour le fioul domestique
- Economie de CO₂ 270 [gr/ kWh]
- Consommation annuelle de combustible de la chaudière N°2 = 115 000 kWh

Vous devez : (travail demandé)	Critères d'évaluation
8) Déterminer le rendement utile de la chaudière.	Le calcul est détaillé et exact.
9) a) Calculer le rendement de combustion. b) Le rendement de combustion calculé correspond-il à la valeur donnée dans la documentation du constructeur	Le calcul est juste. La réponse apportée est cohérente et justifiée.
10) a) Renseigner dans le tableau l'évolution des valeurs. b) Indiquer le réglage à apporter pour améliorer les performances.	Les évolutions sont justes. Le réglage proposé est adapté à la situation.
11) Calculer le gain de CO ₂ suite à votre réglage ?	Le gain estimé est juste.

8- Calculer à partir des informations de la documentation constructeur le rendement utile des chaudières.

$$R \text{ chaud} = Pu \div Q_n = 439 \div 451,3 = 0,97$$

$$R \text{ chaud} = 97\%$$

9- Lors de l'entretien de l'appareil vous réalisez une analyse de combustion afin de vérifier les performances du générateur. **D T 2- page 3/14**

a) Calculer le rendement de combustion selon les valeurs enregistrées sur l'analyseur.

$$\text{Rendement de combustion} = 100 - 0,57 ((88 - 18) \div 9,3) = 95,70\%$$

b) Le rendement de combustion actuel correspond-il à la valeur du rendement PCI à la puissance nominale du constructeur. Justifier la réponse.

Non le rendement actuel est inférieur à la donnée du constructeur qui est de 97,5%.

10- Afin d'expliquer l'action que vous vous apprêtez à réaliser sur le volet d'air pour améliorer les performances de combustion compléter le tableau suivant par des flèches (Flèche vers le haut = augmentation, Flèche vers le bas = diminution).

a) Vous devez renseigner l'évolution des valeurs mesurées à partir des actions effectuées sur le volet d'air.

Action sur le volet d'air	Excès d'air	O ₂	CO ₂	Temp. des fumées	Pertes fumées	Rendement de combustion
Ouverture	↗	↗	↘	↗	↗	↘
Fermeture	↘	↘	↗	↘	↘	↗

b) À partir des valeurs de combustion mesurées et des données du constructeur, entourer la réponse qui permettra d'améliorer les performances de combustion.

L'ouverture du volet d'air

La fermeture du volet d'air

11- Nous estimerons que le réglage apporté permettra une diminution de la consommation annuelle de 1,2% de combustible. Calculer l'économie de CO₂ non émis dans l'atmosphère annuellement en kg.

$$115\,000 \times 1,2/100 = 1380 \text{ kWh économisé}$$

$$1380 \times 0,27 = 372,6 \text{ kg}$$

L'économie de CO₂ représente 372,6 kg/an.

Contexte :

Dans le cadre d'une maintenance préventive, on vous demande de vérifier l'état de la CTA VEX 270 double flux ALDES, d'analyser la roue de récupération et de déduire un temps d'amortissement par rapport à un autre système.

Vous disposez : (conditions ressources)

- Conditions extérieur AN : température (θ_{AN}) - 4 [°C] , hygrométrie 90 [%]
- Température sèche de soufflage AS (θ_{AS}) : 28 [°C]
- Température sortie roue (θ_{SR}) : 5 [°C]
- Débit volumique mesuré à l'aspiration (extérieur) (q_v) : voir doc
- De la documentation technique de la CTA VEX 270 de chez ALDES DT 3 - Page 4/14 et 5/14

Formulaire :

- $P = q_{mas} \times (\Delta h)$ avec P en [kW], q_{mas} en [kg as/s] et Δh en [kJ/kg as]
- Efficacité = $(h_{AN} - h_{AS}) / (h_{AN} - h_{ES})$
avec h_{AN} : Enthalpie de l'air extérieur [°C],
 h_{AS} : Enthalpie de l'air de soufflage en [°C]
 h_{ES} : Enthalpie à la surface de la batterie froide [°C]
- $q_{mas} = q_v / V_m$ AN avec V_m AN : Volume massique de l'air neuf en [m³/kg as]
- Consommations énergétiques sur une saison
 $C_{ch} = 24 \times D_j \times P / COP$
Cch en Kw.h
Dj Degrés jour sur une saison de chauffe en °C/j
P en Kw

COP électrique = 1
Coût = Cch × prix kWh

<u>Vous devez : (travail demandé)</u>	<u>Critères d'évaluation</u>
12) À l'aide du document technique, expliquer en quelques lignes le fonctionnement de la roue de récupération équipant cette CTA.	Les explications sont claires et précises.
13) Tracer l'évolution de l'air passant dans la roue de récupération puis dans la batterie chaude de la CTA.	Le tracé est juste, propre et symbolise le sens de l'air dans la CTA.
14) Déterminer les caractéristiques de chaque point.	Les points sont correctement relevés.
15) Déterminer le débit volumique maximum annoncé par la documentation technique	Le débit volumique est correct.
16) Calculer le débit massique q_{mas} en [kgas/s]	Formule appliquée et résultats corrects.
17) Calculer la puissance récupérée de la batterie chaude.	Formule appliquée et résultat correct.
18) Soit une batterie chaude électrique à la place de la roue de récupération, calculer la consommation électrique pour le préchauffage sur une saison hivernale ainsi que le prix de revient.	Formule appliquée et résultats corrects.
19) Conclusion.	Une conclusion claire et exacte.

12- La roue de récupération permet de récupérer des calories dans l'air "chaud" en faisant transiter cette chaleur par un accumulateur. Ce matériau accumulateur est ensuite soumis à un flux d'air "froid" et lui cède sa chaleur par convection. Les 2 flux d'air sont à contre-courant, chaque flux traversant une moitié de roue dans des directions opposés.

13- Tracer l'évolution de l'air passant dans la roue de récupération puis dans la batterie chaude de la CTA sur la page DSR 9/12.

14- Déterminer les caractéristiques de chaque point :

Noms	Température sèche θ_s [°C]	Degré hygrométrique [%]	Enthalpie h [kJ/kgas]	Volume spécifique V [m³/kgas]	Teneur en eau r [kg/kgas]
AN	- 4°C	90	2.5	0.765	0.0023
AS	28	18	39	0.859	0.0043
SR	5	80	16.5	0.793	0.0043

15- Déterminer le débit volumique à l'aide de la documentation DT 3

$$q_v = 9120 \text{ m}^3/\text{h}$$

16- Calculer le débit massique q_{mas} en [kg as/s] dans la CTA , en prenant un débit volumique de 9100 m³/h.

$$Q_{mas} = (q_v / 3600) \times (1 / v'AN) = (9100 / 3600) \times (1 / 0.765) = 3.3 \text{ kg / s}$$

17- Calculer la puissance de la batterie chaude.

$$PBC = q_{mas} \times (h_S - h_{SR}) = 3.31 \times (39 - 16.5) = 474.50 \text{ kW}$$

18- Calculer la consommation électrique pour le préchauffage ainsi que le prix de revient de système si le kWh = 0,11 €.

Nous prendrons une puissance P = 46 kW et un Dj de 2163°C/jour.

$$C_{ch} = (24 \times D_j \times P) / COP = (24 \times 2163 \times 46) / 1 = 2387952 \text{ kW.h}$$

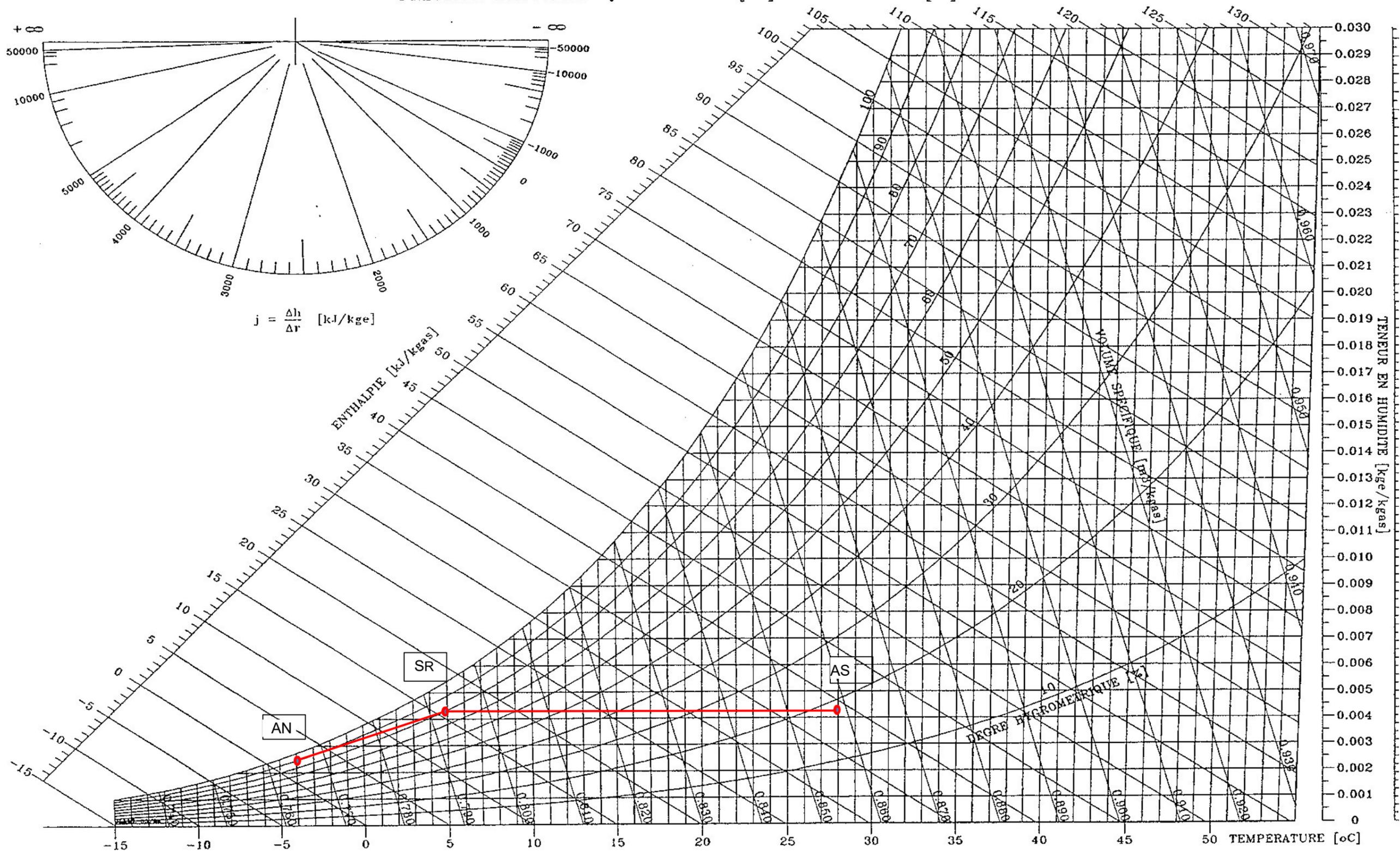
$$\text{Prix} = C_{ch} \times \text{kWh} = 2387952 \times 0.11 = 262674.72\text{€}$$

19- L'investissement d'une roue de récupération pour cette CTA est de 250000€. Déterminer le temps d'amortissement de la roue. Conclusion.

Moins d'1 an. Investissement très vite rentabilisé.

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

PRESSION ATMOSPHERIQUE : 101325 [Pa] ALTITUDE : 0 [m]



Contexte :

Suite à un dysfonctionnement sur la régulation de la batterie chaude, on vous demande de rechercher les caractéristiques techniques de la vanne 3 voies à partir de la maquette dans le dossier technique, d'analyser son fonctionnement et de dimensionner celle-ci.

Vous disposez : (conditions ressources)

- Du plan de situation de la vanne trois voies sur la maquette numérique **DT 4 A - Page 6/14**
- De la documentation technique et de sélection de la vanne 3 vois DANFOSS. **DT 4 B - Page 7/14**
- De la chaleur massique de l'eau $C = 4.18 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{c}$

Formulaire :

$a = \Delta P_v / (\Delta P_v + \Delta P_r)$ avec ΔP_v et ΔP_r en bar
 Rappel 1 bar = 100000 Pa = 10 mCE

Vous devez : (travail demandé)	Critères d'évaluation
20) Déterminer le montage de la vanne 3 voies en vous aidant de la maquette dans le dossier technique. <u>L'entrée de l'eau chaude se situe sur le piquage en haut de la batterie.</u>	Le montage de la vanne 3 voies est correctement identifié.
21) Quel est le rôle de la vanne 3 voies dans le circuit hydraulique alimentant la batterie chaude.	Le rôle de la vanne 3 voies est exacte.
22) Déterminer la marque, le type, et le DN de la vanne 3 voies, à l'aide du dossier technique, DT 4(B) - Page 7/13.	Les données énoncées sont exactes.
23) Déterminer le débit en m ³ /h ainsi que le ΔP_v (perte de charge vanne) pour un Δt de 20°C et une puissance de batterie chaude de 75 Kw sur le diagramme DT 4 (B) - Page 7/13.	Les données énoncées sont exactes
24) Calculer l'autorité de la vanne 3 voies sélectionnée pour une perte de charge réseau $\Delta P_r = 3.5 \text{ mCE}$.	Formule appliquée et résultat correct.
25) L'autorité calculée vous semble-t-elle satisfaisante, justifier la réponse.	Une préconisation claire et précise.

20- Déterminer le montage de la vanne 3 voies :

Décharge inversée

Souligner la bonne réponse

Débit : Fixe / Variable Température : Fixe / Variable

21- Quel est le rôle de la vanne 3 voies dans ce circuit hydraulique ?

Réguler la puissance de la batterie chaude en faisant varier le débit dans la batterie.

22- À l'aide du dossier technique, déterminer les caractéristiques de la vanne trois voies.

Marque : **DANFOSS**

Type : **HS 20 Type**

DN : **20**

23- Déterminer le débit en m³/h et le Δp pour un Kv de 6,1:

Le débit est de 3.25 m³/h

Le ΔP_v est de 0.26 bar

24- Calculer l'autorité de la vanne 3 voies en prenant un Δp_v de 0,26

$$a = \Delta P_v / (\Delta P_v + \Delta P_r) = 0.26 / (0.35 + 0.26) = 0.426$$

25- L'autorité calculée vous semble-t-elle satisfaisante ? justifier la réponse.

Oui puisqu'elle est comprise entre 0.33 et 0.60

Contexte :

Vous devez intervenir sur une production d'eau glacée située sur le toit de l'hôpital.
À votre arrivée, vous remarquez déjà qu'une alarme est enclenchée ainsi que la température extérieure affichée par le régulateur n'est pas bonne

Vous disposez : (conditions ressources)

La production d'eau glacée possède deux compresseurs
 D'un extrait du fonctionnement de régulateur **DT 5A - Page 8/14**
 D'un extrait de la documentation technique Carrier (nomenclature) **DT 5B - page 8/14**
 D'un extrait du schéma électrique et sa nomenclature **DT 5C - page 9/14**
 Du principe d'un démarrage étoile triangle **DT 5D - page 10/14**
 La sonde de température extérieure affiche une valeur fautive (38°C au lieu de 22°C)

Vous devez : (travail demandé)	Critères d'évaluation
26) Écrire la procédure afin d'afficher les alarmes en cours sur le régulateur. (Suivre le même modèle que l'exemple)	La procédure est correcte.
Le code alarme indique un défaut de fonctionnement sur les compresseurs	
27) Indiquer le nom des disjoncteurs alimentant les deux compresseurs sur le schéma électrique.	Les deux disjoncteurs sont bien repérés.
28) Après vérifications, vous constatez à l'aide du mégohmmètre que le compresseur N°1 présente un défaut de masse. Par chance vous avez en possession un compresseur (puissance et volume balayé identiques) À partir du schéma de principe d'un démarrage étoile triangle, effectuer le schéma de puissance.	Le schéma de puissance permet le bon fonctionnement.
29) Réaliser le couplage pour des bobines pour un démarrage étoile triangle.	Les barrettes de couplages sont parfaitement positionnées.
30) Donner les tensions aux bornes d'un enroulement en fonction du couplage réalisé pour un réseau triphasé 400 V.	Les tensions sont exactes.
Défaut température extérieure :	
31) Il est possible de recalibrer la sonde mais pour ne pas prendre de risque vous décidez de la remplacer. Indiquer le repère de la sonde et où la raccorder sur le régulateur.	Le repère de la sonde et son emplacement sont corrects.

26- Écrire la procédure afin d'afficher les alarmes en cours sur le régulateur.

Exemple pour afficher les températures :
 ÉCRANS PAR DÉFAUT > MOT DE PASSE > TEMP

Votre réponse :

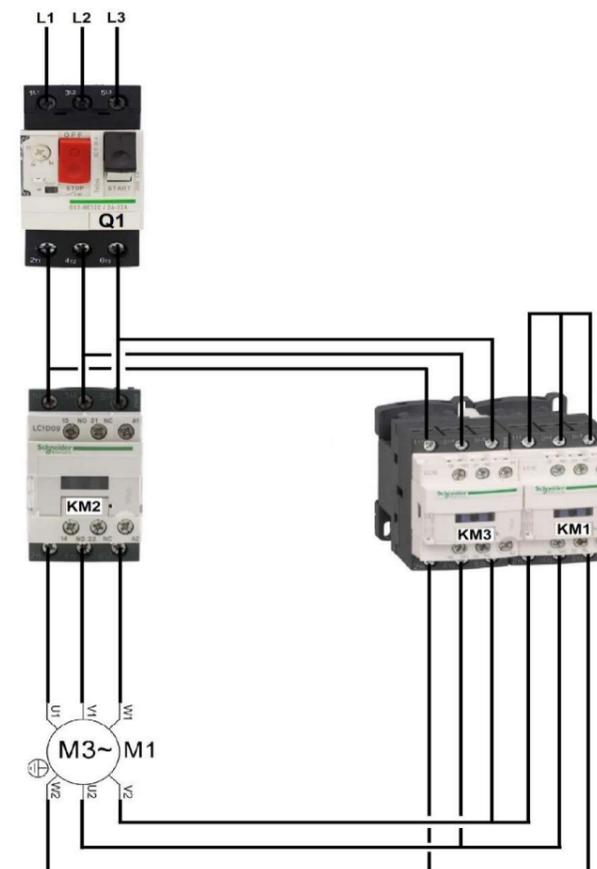
ÉCRANS PAR DÉFAUT > **MOT DE PASSE > ALARMS > CUR_ALARM**

27- Indiquer le nom des disjoncteurs alimentant les deux compresseurs sur le schéma électrique

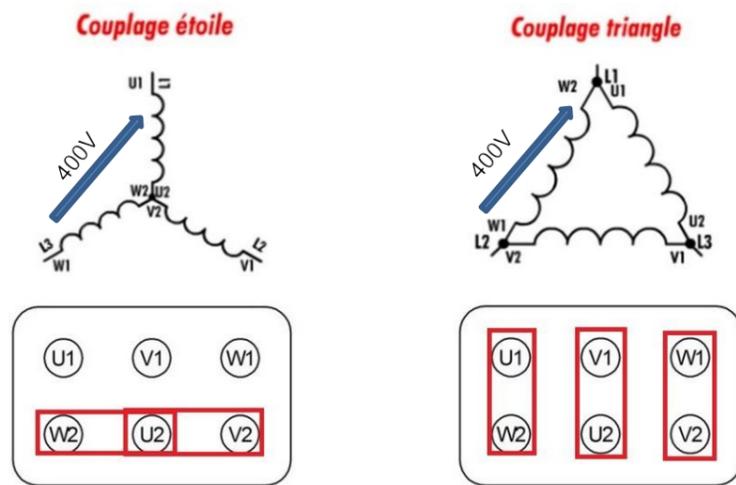
Repère du disjoncteur du compresseur N°1 : **QM1**

Repère du disjoncteur du compresseur N°2 : **QM2**

28- Effectuer le schéma de puissance du nouveau compresseur : (démarrage étoile triangle)



29-Indiquer les tensions aux bornes du moteur en fonction du couplage Y et Δ .



30-Donner les tensions aux bornes d'un enroulement en fonction du couplage réalisé pour un réseau triphasé 400 V.

Tension aux bornes d'un enroulement pour un couplage étoile : **230 V**

Tension aux bornes d'un enroulement pour un couplage triangle : **400 V**

31-Repère de la sonde extérieure sur le schéma électrique : **RT 10**

Emplacement pour le câblage de la sonde extérieure : **CH4**