

Brevet de technicien supérieur

Fluides Énergies Domotique

Épreuve E42

Physique et Chimie associées au système

Session 2020

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

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

Important

Ce sujet comporte, en plus de cette page de garde, 7 pages.

Rénovation d'un immeuble

La réhabilitation d'un immeuble de bureaux, situé à Ecully, dans le Rhône, nécessite des travaux de chauffage, de ventilation et de climatisation.

La rénovation comprend un bâtiment de bureaux d'une surface de 6 288 m² en R+2. Au sous-sol, des vestiaires et un parking sont aménagés.

La production d'eau chaude et d'eau glacée est réalisée à partir d'une pompe à chaleur réversible du type "air-eau" pour assurer le chauffage en hiver et le rafraîchissement en été. Le fluide frigorigène est le R410A.



Le sujet comporte 4 parties :

- A. Ventilation d'une salle de réunion du bâtiment
- B. Coefficient de performance de la pompe à chaleur
- C. Rendement du moteur du compresseur
- D. Traitement d'eau du circuit des plafonds rayonnants

Ces quatre parties sont indépendantes.

A. Ventilation d'une salle de réunion du bâtiment

L'objectif de cette partie est de dimensionner la gaine arrivant à la bouche de ventilation afin de limiter les nuisances sonores.

Le volume d'air neuf nécessaire par occupant pour une salle de réunion est de 30 m³ par heure et par personne.

On s'intéresse à une salle de réunion du bâtiment d'une surface de 200 m² et pouvant accueillir 20 personnes.

1. Déterminer le débit de soufflage nécessaire q_v , en m³·h⁻¹, de la bouche de ventilation de la salle.

2. Pour minimiser le bruit dans la pièce, la vitesse de l'air ne doit pas excéder la valeur de 3,0 m·s⁻¹. Calculer le diamètre minimum d de la gaine arrivant à la bouche de ventilation.

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E42 : physique et chimie associées au système	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 20FE42PCA		page 1/7

B. Coefficient de performance de la pompe à chaleur

L'objectif de cette partie est de déterminer le coefficient de performance de la pompe à chaleur.

1. Composition du fluide utilisé

En vous appuyant sur la composition du R410A donnée dans l'annexe 1 et sur l'extrait de la nomenclature donné dans l'annexe 2.

1.1. Donner la signification de la lettre R.

1.2. Donner la formule brute du R125.

Le fluide frigorigène R410A, circulant dans la pompe à chaleur, décrit le cycle donné dans l'annexe 3 sur le diagramme fourni par le constructeur.

2. Travail fourni par le compresseur

2.1. Indiquer la température en fin de compression, θ_f .

2.2. Déterminer la variation d'enthalpie massique du fluide au cours de la compression, Δh_{comp} .

2.3. En déduire le travail du compresseur par unité de masse du fluide lors de cette compression adiabatique, w_{comp} .

3. Chaleur fournie par le fluide au condenseur

3.1. Préciser si le condenseur, pendant la saison hivernale, se trouve à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments à chauffer.

3.2. Nommer les différentes étapes ayant lieu dans le condenseur.

3.3. Déterminer la variation d'enthalpie massique du fluide dans le condenseur, Δh_{cond} .

3.4. En déduire la quantité de chaleur massique fournie par le fluide à la source chaude, q_{cond} .

4. Titre en vapeur du fluide à la sortie du détendeur

4.1. Préciser le rôle du détendeur.

4.2. Déterminer le titre en vapeur x à la sortie du détendeur.

5. Chaleur reçue par le fluide dans l'évaporateur

5.1. Nommer les différentes étapes ayant lieu dans l'évaporateur et indiquer le rôle de la surchauffe.

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E42 : physique et chimie associées au système	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 20FE42PCA		page 2/7

5.2. Déterminer la variation d'enthalpie massique du fluide au cours de son passage dans l'évaporateur, Δh_{evap} .

5.3. En déduire la quantité de chaleur massique reçue par le fluide de la source froide, q_{evap} .

6. Coefficient de performance

Donner l'expression du coefficient de performance (COP) thermodynamique COP_{Thermo} , en mode chaud, c'est à dire en utilisation hivernale ; faire l'application numérique.

C. Rendement du moteur du compresseur

L'objectif de cette partie est de déterminer le rendement du moteur du compresseur.

Les besoins en chauffage du bâtiment d'une surface de 6 288 m², une fois l'étude de l'isolation effectuée, ont été estimés, à la température de 7,0 °C, à 55 W·m⁻².

On prendra dans la suite du problème un COP thermodynamique de 5,4.

1. Calculer la puissance que doit fournir le condenseur pour chauffer l'ensemble du bâtiment de bureaux, P_{cond} .

Expliquer si le résultat est en accord avec ce que préconise le CCTP donné en annexe 4.

2. En déduire la puissance mécanique utile fournie par le compresseur, $P_{méca}$.

3. Le coefficient de performance réel, en tenant compte des pertes du moteur, défini comme le rapport de la puissance chaude par la puissance électrique absorbée par le moteur est noté $COP_{réel}$ et vaut 3,85.

Déterminer la valeur de la puissance électrique absorbée par le moteur, P_{elec} .

4. En déduire le rendement du moteur seul, η_{moteur} .

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E42 : physique et chimie associées au système	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 20FE42PCA		page 3/7

D. Traitement d'eau du circuit des plafonds rayonnants

L'objectif de cette partie est de déterminer la masse de chlorure de sodium NaCl m_{NaCl} à rajouter tous les ans pour recharger la résine.

Bien que le circuit d'eau alimentant les panneaux du plafond rayonnant soit en circuit fermé, le constructeur demande que l'eau y circulant ait un T.H. nul (Titre Hydrotimétrique).

La dureté d'une eau est essentiellement due à la présence d'ions calcium Ca^{2+} et d'ions magnésium Mg^{2+} .

On rappelle la définition du T.H. d'une eau, en degré français :

$$T.H.(^{\circ}f) = 10 ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]) \text{ avec } [X] \text{ en } mmol \cdot L^{-1}.$$

On donne :

- masse molaire du calcium : $M(Ca) = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- masse molaire du magnésium : $M(Mg) = 24 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Avant de pénétrer dans les panneaux, l'eau traverse une résine échangeuse d'ions.

En raison d'un mauvais dimensionnement du vase d'expansion, il est nécessaire d'apporter quotidiennement un volume de 50 L d'eau par jour aux panneaux rayonnants.

Avant la résine, on mesure un titre massique de $80 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ pour l'ion Ca^{2+} et un titre massique de $24 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ pour l'ion Mg^{2+} .

1. Calculer les concentrations molaires $[Ca^{2+}]$ et $[Mg^{2+}]$, en $mmol \cdot L^{-1}$, des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} .

2. En déduire le titre hydrotimétrique $T.H.$ de l'eau avant son passage dans la résine et montrer que la quantité totale d'ions Ca^{2+} et Mg^{2+} échangée chaque jour dans la résine, notée n_{tot} , vaut 0,15 mol.

3. L'adoucissement de l'eau se traduit par le remplacement des ions de calcium et de magnésium par les ions sodium.

La résine perd deux ions Na^+ pour chaque ion Ca^{2+} ou Mg^{2+} capté.

Après avoir présenté la démarche pour déterminer la masse de chlorure de sodium NaCl à rajouter tous les ans pour recharger la résine, notée $m_{NaCl \text{ année}}$, calculer cette masse.

On indiquera les différentes étapes du raisonnement en précisant les données ou connaissances à mobiliser.

On donne

- $M(Na) = 23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $M(Cl) = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E42 : physique et chimie associées au système	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 20FE42PCA		page 4/7

ANNEXES

Annexe 1 - caractéristiques du fluide R410A

Le **R410A** est un fluide frigorigère remplaçant le R22 selon le protocole de Montréal pour des applications de froid positif (au-dessus de 0 °C) comme la climatisation ou les sècheurs d'air comprimé.

Il est composé à 50 % de R32 et à 50 % de R125.

C'est un gaz à effet de serre puissant (PRG = 2 087,5).

Il ne contribue pas à la destruction de la couche d'ozone stratosphérique.

(Wikipédia : <https://fr.wikipedia.org/wiki/R410A>)

Annexe 2 - extrait de la nomenclature des fluides frigorigères

Le code d'identification comprend un préfixe constitué d'une lettre et un suffixe constitué de chiffres.

Un fluide frigorigère est caractérisé par un préfixe R (pour le R du mot anglais Refrigerant) suivi de plusieurs chiffres (WXYZ) : R-WXYZ.

Les suffixes qui suivent le préfixe sont définis comme suit suivant la nature du fluide :

- ▶ le premier en partant de la droite (chiffre des unités), Z, indique le nombre d'atomes de fluor. L'absence d'atome de fluor conduit à zéro (cas des hydrocarbures, par exemple le propane : R-290) ;
- ▶ le second chiffre en partant de la droite (chiffre des dizaines), Y, indique le nombre d'atomes d'hydrogène (H) plus 1. En l'absence d'hydrogène, on obtient Y = 1 (cas du R-12) ;
- ▶ le troisième chiffre en partant de la droite (chiffre des centaines), X, indique le nombre d'atomes de carbone (C) moins un. Lorsqu'il n'y a qu'un carbone, il est nul et n'est pas indiqué (cas des R-12, R-22, R-32, etc.) ;
- ▶ enfin le quatrième chiffre en partant de la droite (chiffre des milliers), W, indique le nombre de liaisons carbone-carbone insaturées. En l'absence de double ou triple liaison, il est égal à zéro et n'est pas indiqué. C'est le cas pour les HFC et les hydrocarbures saturés. En revanche, pour les HFC et les hydrocarbures insaturés dotés d'une double liaison, il est égal à 1 ;
- ▶ de plus, dans le cas d'isomères, l'adjonction d'un indice représenté par une lettre minuscule permet de distinguer les isomères suivant leur asymétrie.

Le R-0134a (1,1,2-Tétrafluorométhane, $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$)

0 : nombre de doubles liaisons

1 : nombre d'atomes de carbones moins 1

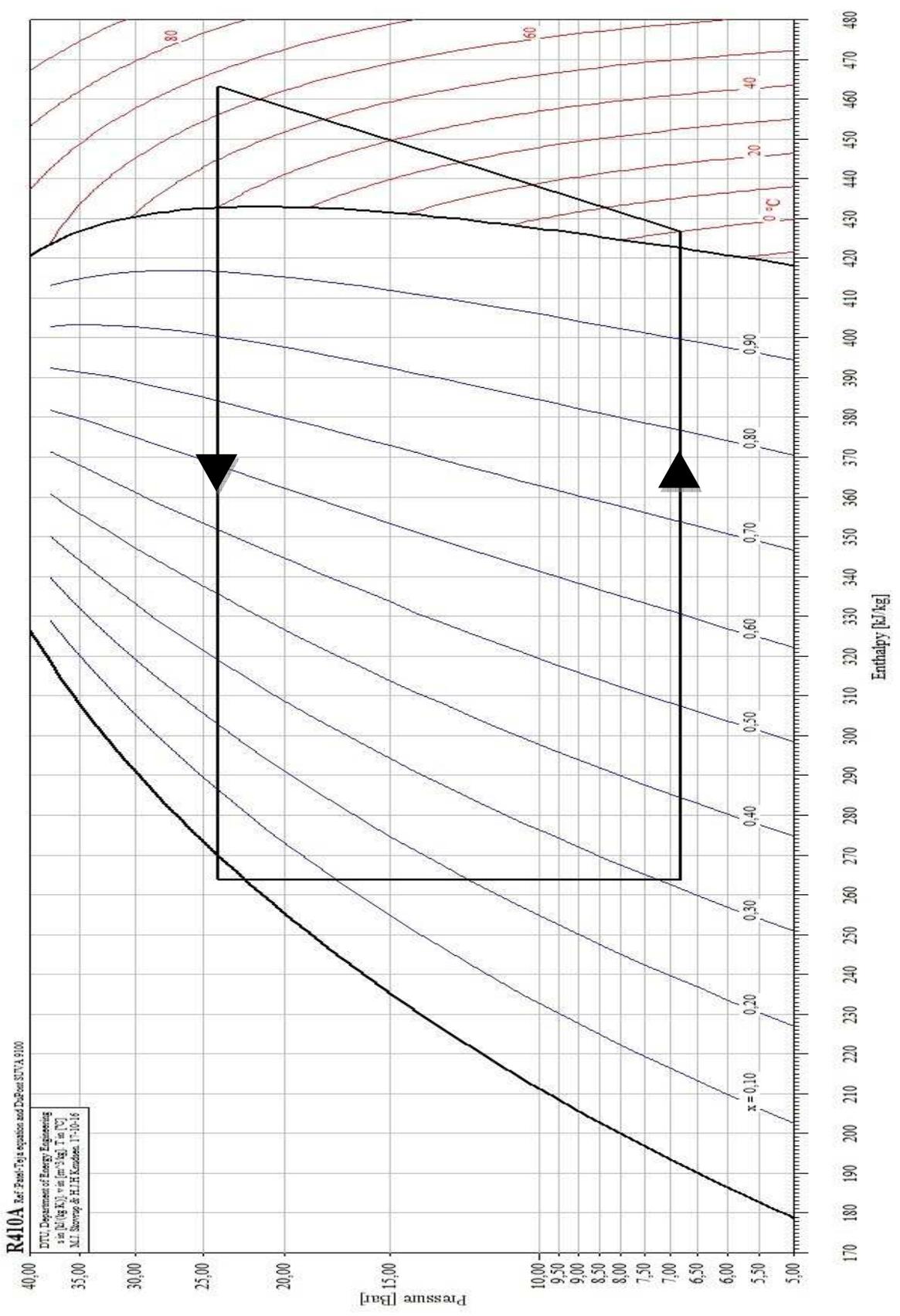
3 : nombre d'atomes d'hydrogène plus 1

4 : nombre d'atomes de fluor

a : asymétrie la moins importante des isomères existant

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E42 : physique et chimie associées au système	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 20FE42PCA		page 5/7

Annexe 3 - Cycle suivi par le fluide dans le diagramme enthalpique



BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E42 : physique et chimie associées au système	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 20FE42PCA		page 6/7

Fourniture et pose de :

A) Unités de production

- 1 unité de production d'eau glacée à condensation par air, de caractéristiques unitaires suivantes :
Marque CIAT ou équivalent
 - Type d'unité AQUACIATPOWER ILD 1200V Xtra Low Noise
 - Réfrigérant R410A
 - Nombre de compresseur(s) 4
 - Nombre d'étage(s) de puissance 0-25-50-75-100 %

Mode froid

- Puissance froide 322 kW
- Température d'entrée d'air 35 °C
- Température de sortie d'eau 7.0 °C
- Température d'entrée d'eau 12.0 °C
- Ecart de température sur l'eau 5.00 °C
- Débit d'eau (mode froid) 55.4 m3/h

Mode chaud

- Puissance chaude 346 kW
- Température d'entrée d'air +7 °C
- Température de sortie d'eau 35 °C
- Température d'entrée d'eau 30 °C
- Débit d'eau (mode chaud) 55.4 m3/h

Informations électriques

- Tension d'alimentation 400 V
- Nombre de phase(s) 3
- Fréquence 50 Hz
- Puissance absorbée unité en mode froid 113 kW
- Puissance absorbée unité en mode chaud ... 91 kW
- Intensité maximum unité 250 A
- Intensité de démarrage unité 364 A (option softstart)

Performances énergétiques

- COP à + 7°C ≥ 3.81 Valeurs certifiées
- EER à + 35°C ≥ 2.84 Valeurs certifiées

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E42 : physique et chimie associées au système	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 20FE42PCA		page 7/7