

## Corrigé du BTS FED : Physique et chimie associées au système (2019)

### A - Pompe à chaleur

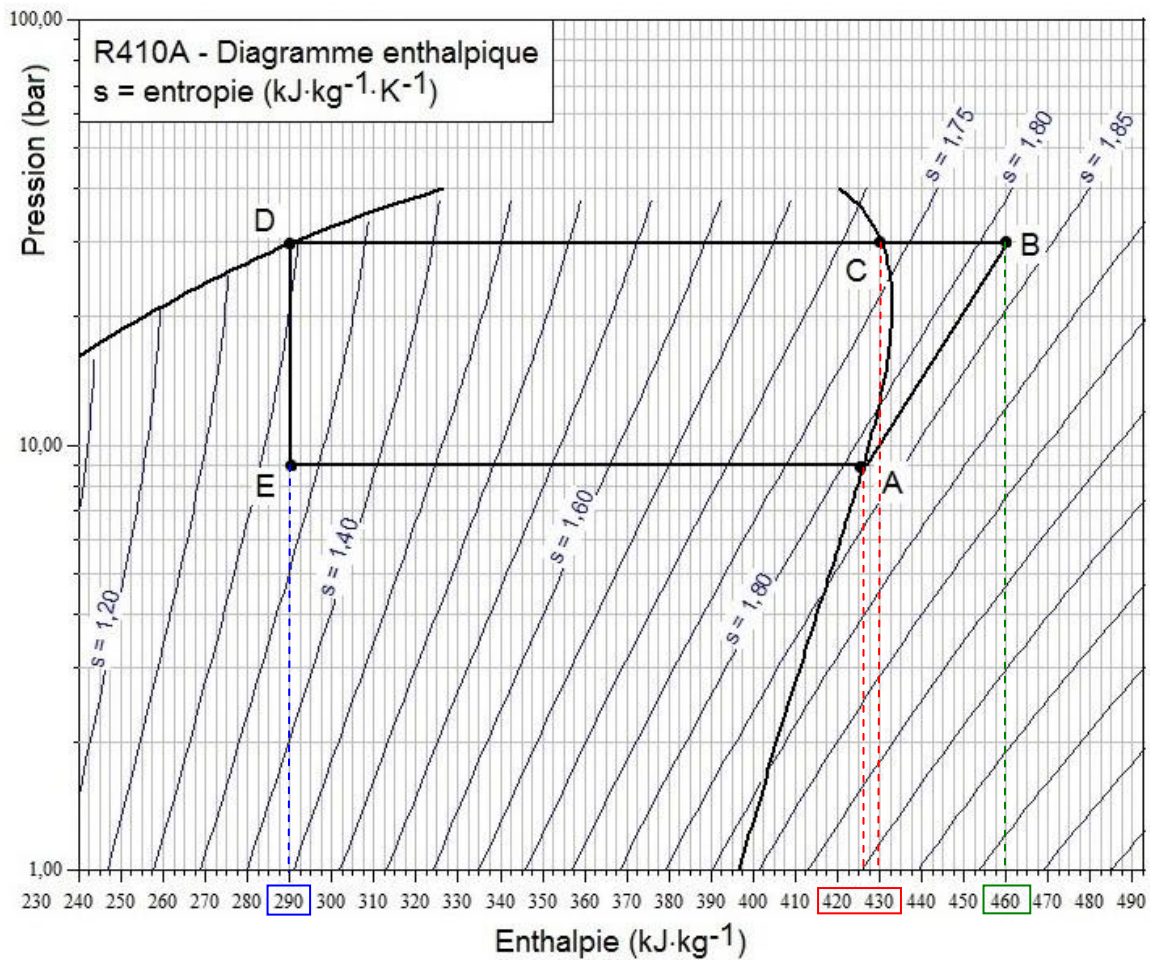
#### I - Cycle de la pompe à chaleur

1. Nature des transformations AB, BC, CD, DE et EA :

AB	BC	CD	DE	EA
Compression isentropique	Refroidissement isobare	Liquéfaction isobare et isotherme	Détente isenthalpique	Vaporisation isobare et isotherme

2. Valeurs des enthalpies massiques :

A	B	C	D	E
$h_A = 425 \text{ kJ.kg}^{-1}$	$h_B = 460 \text{ kJ.kg}^{-1}$	$h_C = 430 \text{ kJ.kg}^{-1}$	$h_D = 290 \text{ kJ.kg}^{-1}$	$h_E = 290 \text{ kJ.kg}^{-1}$



3. L'évolution du fluide, dans le compresseur est isentropique donc adiabatique ( $q_{AB} = 0$ ) et réversible.

Le travail massique fourni par le compresseur au fluide s'écrit :  $w + \underbrace{q_{AB}}_{\text{nulle}} = h_B - h_A$ , d'après le premier principe pour les fluides en écoulement permanent.

On obtient bien :  $w = 35 \text{ kJ.kg}^{-1}$

## II - Efficacité de la pompe à chaleur

Rappel de l'énoncé :

On donne les valeurs des échanges énergétiques suivants :

- chaleur massique reçue par le fluide au condenseur :  $q_c = -170 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ .
- chaleur massique reçue par le fluide à l'évaporateur :  $q_e = 135 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

**1. Attention ! Il y a, dans l'énoncé, deux chaleurs reçues par le fluide ...**

La définition de  $e$  donnée dans l'énoncé n'est pas correcte !

Définition proposée : L'efficacité  $e$  est la valeur absolue du rapport de la quantité de chaleur **fournie** par le fluide à l'utilisateur par le travail fourni par le compresseur.

On écrit donc :  $e = \left| \frac{q_c}{w} \right|$  puis :  $e = \frac{170 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}}{35 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}} \cong 4,9$

**2. L'efficacité énergétique permet de connaître le coefficient théorique par lequel il faut multiplier la puissance électrique fournie par le compresseur (et donc payée par l'utilisateur) afin d'obtenir la puissance calorifique reçue par l'utilisateur de la PAC:**  $P_{\text{cal}} = P_{\text{élec}} \times e$

## B - Echanges thermiques de l'enveloppe du bâtiment

### I - Description des trois modes de transfert thermique

Le transfert thermique par **conduction** se fait sans mouvement apparent de matière ; il est lié aux « chocs » internes des constituants du milieu matériel dans lequel le transfert thermique s'effectue. Ce mode de propagation concerne essentiellement les matériaux solides.

Dans les liquides et les gaz, le mode de propagation de la chaleur se fait, par contre, essentiellement par **convection** et par **rayonnement**.

La convection est liée à l'agitation des particules constituant le liquide ou le gaz dans lequel ce type de transfert thermique a lieu.

Le rayonnement est lié à l'émission d'ondes électromagnétiques (les infrarouges, par exemple) ; les ondes électromagnétiques peuvent se propager dans le vide.

### II - Calcul du flux thermique à travers la paroi

**1.**  $R = \frac{1}{S} \left( \frac{e}{\lambda} + r_{si} + r_{se} \right)$   $R \cong 4,9 \times 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$

**2.** La valeur du flux thermique  $\Phi$  à travers la surface totale  $S$  des parois verticales lorsque la différence de température est  $\Delta\theta = 24 \text{ }^\circ\text{C}$  s'écrit :  $\Phi = \frac{\Delta\theta}{R}$   $\Phi \cong 4,9 \times 10^3 \text{ W}$

## C - Adoucisseur d'eau

### I - Principe de fonctionnement de la résine échangeuse d'ions

**1.** Une eau dure entartre les canalisations. Le chauffage central et le fonctionnement de certains appareils ménagers sont moins efficaces.

Une eau dure mousse mal ce qui incite à une surconsommation de produits de lavage.

Dans une collectivité, en particulier, il faut surveiller la température de l'eau sanitaire pour éviter la légionellose dont le développement est favorisé par l'entartrage des canalisations.

L'installation d'un adoucisseur permet d'éviter ces problèmes.

**2.** Les ions responsables de la dureté d'une eau sont, le plus souvent, les ions calcium et magnésium. Le

carbonate de calcium et le carbonate de magnésium sont peu solubles dans l'eau.

Dans un adoucisseur à résine échangeuse d'ions, les ions calcium et les ions magnésium sont remplacés par des ions sodium qui ne participent pas à l'entartrage des canalisations ; le carbonate de sodium est soluble dans l'eau.

## II - Etude quantitative de l'adoucissement et de la régénération de la résine

L'eau traitée a une dureté initiale  $TH_i$  égale à  $25^\circ f$  à l'entrée du circuit d'adoucissement et une dureté finale  $TH_f$  égale à  $10^\circ f$  à la sortie du circuit.

Le technicien souhaite déterminer la masse  $m$  de chlorure de sodium  $NaCl$  nécessaire pour régénérer la résine lorsqu'un volume  $V$  de  $100\text{ m}^3$  d'eau a été traité.

Sachant que la résine perd deux ions  $Na^+$  pour chaque ion  $Ca^{2+}$  ou  $Mg^{2+}$  capté, le technicien commence par déterminer la quantité de matière totale d'ions  $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$  captés par la résine lors du traitement du volume  $V$  d'eau.

1. Définition du Titre Hydrotimétrique (TH) exprimé en degré français ( $^\circ f$ ) :

$$TH(^\circ f) = 10^4 \times \{ [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] \} ; \text{ les concentrations sont exprimées en mol.L}^{-1}.$$

On en déduit : 
$$\underbrace{\{ [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] \}}_{\text{en mol.L}^{-1}} = \frac{TH(^\circ f)}{10^4}$$

■ Quantité initiale  $x_i$  d'ions calcium et magnésium (en mol) dans le volume  $V = 100\text{ m}^3 = 10^5\text{ L}$  d'eau (en

amont de l'adoucisseur : 
$$x_i = \frac{TH_i(^\circ f)}{10^4} \times V$$

■ Quantité finale  $x_f$  d'ions calcium et magnésium dans le volume  $V = 100\text{ m}^3 = 10^5\text{ L}$  d'eau (en aval de

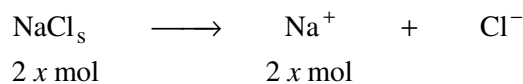
l'adoucisseur : 
$$x_f = \frac{TH_f(^\circ f)}{10^4} \times V$$

■ Quantité d'ions calcium et magnésium échangés dans l'adoucisseur :

$$x = x_i - x_f = \frac{V}{10^4} \times \{ TH_i(^\circ f) - TH_f(^\circ f) \} \quad x = 150\text{ mol}$$

2. Pour remplacer **un** ion calcium ou magnésium, il faut **deux** ions sodium ; la quantité d'ions sodium fournie par la résine est donc égale à :  $2x = 300\text{ mol}$

Pour obtenir 300 mol d'ions sodium, il faut disposer de la même quantité de chlorure de sodium.



La masse recherchée  $m$  s'écrit donc :  $m = 2x\text{ mol} \times M(NaCl)$  avec :  $M(NaCl) = 58,5\text{ g.mol}^{-1}$

$$m = 17,55 \times 10^3\text{ g}$$

## D - Panneaux solaires thermiques

### I - Condition de pression pour le remplissage du système à l'arrêt

On applique la relation fondamentale de l'hydrostatique entre les points A et P :  $p_A - p_P = \rho_{\text{MPG } 30\%} g h$

On obtient :  $p_P = p_A - \rho_{\text{MPG } 30\%} g h$   $p_P \cong 1,8 \times 10^5 \text{ Pa}$  La condition est remplie.

*Rappel* :  $p_{\text{atm}} = 1,0 \text{ bar} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$

### II - Rendement des trois panneaux solaires

La surface absorbante nette des trois panneaux solaires est :  $S = 3 \times 1,8 \text{ m}^2$ .

		BLUETECH 2500	TITANIUM	TITANIUM O	TITANIUM XL
REF		08193	07481	08832	08621
Dimensions	mm	2150 x 1170 x 83	2005 x 1000 x 102	1000 x 2005 x 102	2005 x 1290 x 102
Poids	kg	42	38	38	50
Diamètre tubes collecteurs	mm	22	22	22	22
Chassis		aluminium	aluminium	aluminium	aluminium
Epaisseur de verre	mm	3,2	4	4	4
Surface absorbante nette	m <sup>2</sup>	2,31	1,8	1,8	2,31
Type d'absorbeurs		cuivre	cuivre	cuivre	cuivre

La puissance reçue  $P_{\text{reçue}}$  par les trois panneaux est donc :  $P_{\text{reçue}} = S \times P_{\text{solaire}}$

Le rendement des panneaux solaires est donc :  $\eta = \frac{P_r}{P_{\text{reçue}}}$   $\eta \cong 61\%$

## E - Nuisances sonores

Le niveau sonore à proximité de la PAC en fonctionnement est de 90 dBA.

**1.** L'oreille humaine n'entend pas de la même façon deux sons de même intensité sonore mais de fréquences différentes ; sa sensibilité dépend de la fréquence.

Pour reconstituer au plus juste l'effet d'un son sur l'oreille humaine, on pondère les intensités sonores dans différentes gammes de fréquences.

La mesure du niveau sonore en dBA indique que celle-ci a été pondérée.

**2.** L'intensité sonore pondérée est supérieure au seuil VLE.

Il faut donc protéger la ou les personnes situées à proximité de la PAC par l'édification d'un écran acoustique autour de la PAC ou par le port de casques antibruit.