

# BTS FED Physique et chimie associées au système 2016

## Complexe cinématographique

### Présentation

Un nouveau complexe cinématographique, situé dans le département du Tarn, propose aux spectateurs quatre salles de projection (rez-de-chaussée 90 et 150 places, étage 90 et 250 places), équipées d'une technologie très pointue et d'un confort physique, acoustique et visuel optimal tout en consommant le moins d'énergie possible.

Le chauffage et le rafraîchissement de l'air sont assurés grâce des pompes à chaleur de type air/eau (PAC). Chaque salle de projection et de régie possède son propre circuit de conditionnement d'air.

Les équipements thermiques sont les suivants :

- une pompe à chaleur réversible multi-compresseurs et des émetteurs réversibles adossés à un réseau de canalisations,
- une ventilation mécanique centralisée et des ventilations spécifiques aux régies.

L'étude, scindée en trois parties distinctes, consiste à étudier les solutions techniques adoptées :

**Partie A** : le réseau d'acheminement des flux nécessaires au chauffage et au refroidissement :

- choix du fluide caloporteur.
- limitation des nuisances sonores.
- optimisation de l'écoulement du fluide.

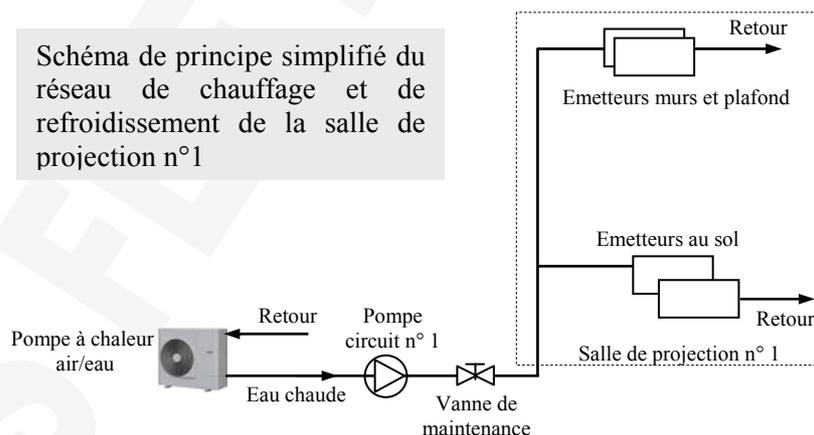
**Partie B** : la PAC.

**Partie C** : l'adoucissement de l'eau.

Des informations pouvant être utiles sont données dans l'annexe.



### A - Circuit de chauffage/refroidissement



**I.** - Le fluide caloporteur est un liquide antigel type Mono Propylène Glycol (MPG). Ce fluide a été choisi afin de protéger les installations du gel.

A partir du document n°1 donné en annexe, montrer qu'un pourcentage volumique en glycol de 40 % dans la solution aqueuse de type MPG peut convenir compte tenu :

des températures extérieures hivernales pouvant atteindre  $-15^{\circ}\text{C}$  ;

qu'une marge de sécurité de 30 % au niveau de la température extérieure minimale doit être prise en compte ;

de l'incertitude sur les températures de congélation du fluide dans les conditions standards de pression.

## II. - Limitation des nuisances sonores

Afin d'éviter des nuisances sonores, il est nécessaire de limiter la vitesse du fluide dans les canalisations à environ  $0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Pour assurer une bonne diffusion dans les différentes parties du circuit, le débit massique  $q_M$  du fluide caloporteur doit être égal à  $7,75 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ .

1. Déterminer le débit volumique  $q_V$  du fluide caloporteur.

2. Calculer la valeur de la vitesse du fluide dans le circuit de la salle de projection n°1. Cette valeur permet-elle d'éviter les nuisances sonores ?

*Données :*

- Diamètre intérieur des tuyaux du circuit :  $D = 2,80 \text{ cm}$ .
- Masse volumique moyenne du fluide caloporteur :  $\rho = 1,04 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

## III. - Optimisation de l'écoulement du fluide

Les pertes de charge linéiques  $\Delta p$  dans le réseau de distribution doivent être inférieures à  $50 \text{ Pa}\cdot\text{m}^{-1}$  afin de faciliter l'écoulement.

1. A l'aide du document n°2, vérifier que le régime est laminaire.

2. Calculer les pertes de charge linéiques  $\Delta p$  à l'aide de la loi de Poiseuille. Conclure.

*Données :*

- Viscosité cinématique du fluide :  $\nu = 2,90 \times 10^{-6} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
- Viscosité dynamique du fluide :  $\eta = 3,00 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
- Vitesse du fluide :  $v = 0,200 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- Diamètre des tuyaux :  $D = 2,80 \text{ cm}$
- Débit volumique :  $q_V = 1,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$

## B - Fonctionnement de la PAC

Le groupe de production d'eau chaude et d'eau glacée est de marque CIAT type Aquaciat 2 (\*)

Cette partie porte sur la production d'eau glacée.

Le fluide supposé parfait suit le cycle de fonctionnement suivant :

- ✦ Point A : vapeur saturée à  $T = 0^{\circ}\text{C}$  environ et  $p = 3,00 \text{ bar}$ .
- ✦ Du point A au point B : compression isobare jusqu'à  $T = 10,0^{\circ}\text{C}$ .
- ✦ Du point B au point C : compression isentropique jusqu'à  $p_C = 10,0 \text{ bar}$ .
- ✦ Du point C au point D : refroidissement isobare jusqu'à la vapeur saturée.

- ✦ Du point D au point E : condensation complète.
  - ✦ Du point E au point F : isenthalpique jusqu'à  $p = 3,00 \text{ bar}$ .
  - ✦ Du point F au point A : vaporisation complète.
1. Positionner les points A, B, C, D, E et F sur le document réponse n°1. Le cycle est-il moteur ou récepteur ? Justifier.
  2. Compléter le tableau du document réponse n°2.
  3. Calculer le COP théorique sachant qu'il est égal au rapport de la quantité de chaleur  $q_{FB}$  reçue entre les points F et B par le travail de transvasement  $w_{BC} = h_C - h_B$  mis en jeu lors de la compression isentropique entre les points B et C.
- Le fabricant donne un COP de 3,0. Comment peut-on expliquer cette différence ?
- \* fonctionne avec du R410 a et non du R134a !

### C - Adoucissement l'eau

Dans le dossier technique, il est indiqué dans la partie « traitement de l'eau » :

« Sera prévu la mise en place d'un adoucisseur pour le remplissage des réseaux de distribution hydraulique. L'adoucisseur chimique à résine sera de type adoucisseur industriel. L'eau sera re-durcie en sortie d'adoucisseur à environ  $7^\circ\text{f}$  par l'intermédiaire d'une vanne proportionnelle de réglage de dureté. »

On analyse l'eau de ville arrivant jusqu'au réseau hydraulique du cinéma afin de déterminer sa dureté.

On prélève un volume  $V = 500 \text{ cm}^3$ . Les concentrations massiques en ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$  et magnésium  $\text{Mg}^{2+}$  sont respectivement  $C_m(\text{Ca}^{2+}) = 60,3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  et  $C_m(\text{Mg}^{2+}) = 36,6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .

1. A l'aide du document n°3 donné en annexe, calculer le titre hydrotimétrique total noté TH, exprimé en degrés français.
2. Conclure sur la nécessité d'installer un adoucisseur.
3. Décrire le fonctionnement d'une résine échangeuse d'ions.
4. A la sortie de l'adoucisseur, l'eau est re-durcie à  $7^\circ\text{f}$ . Déterminer la concentration totale  $c_T$  de cette eau en ions calcium et magnésium pour que la condition imposée soit vérifiée.

*Données* :  $M(\text{Ca}) = 40,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{Mg}) = 24,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

## Annexe

### Document n° 1 : Caractéristiques du fluide caloporteur

Pourcentage volumique de glycol en fonction de la protection antigel souhaitée

Mono Ethylène Glycol formule brute $C_2H_6O_2$						
% de Mono Ethylène Glycol en volume (MEG)	25	30	35	40	45	50
Point de congélation (en °C) ( $\pm 2$ °C)	-12	-16	-21	-26	-32	-38

Mono Propylène Glycol formule brute $C_3H_8O_2$						
% de Mono Propylène Glycol en volume (MPG)	25	30	35	40	45	50
Point de congélation (en °C) ( $\pm 2$ °C)	-10	-13	-18	-22	-30	-34

### Document n°2 : Ecoulement d'un fluide

<p>Nombre de Reynolds Re</p> $Re = \frac{v D}{\nu}$	<p><math>\nu</math> : viscosité cinématique (en <math>m^2 \cdot s^{-1}</math>)</p> <p><math>\eta</math> : viscosité dynamique (en Pa.s)</p> <p>D : diamètre du tuyau (en m)</p> <p>r : rayon du tuyau (en m)</p>
<p>Loi de Poiseuille en régime linéaire :</p> $q_v = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8 \eta}$	<p><math>q_v</math> : débit volumique du fluide (en <math>m^3 \cdot s^{-1}</math>)</p> <p><math>\Delta p</math> : pertes de charge linéique (en Pa.m<sup>-1</sup>)</p> <p>v : vitesse du fluide (en m.s<sup>-1</sup>)</p>

Ecoulement	Nombre de Reynolds
Laminaire	Re < 2000
Intermédiaire	2000 < Re < 3000
Turbulent	Re > 3000

### Document n°3 : Définition du titre hydrotimétrique

Le titre hydrotimétrique TH, ou dureté de l'eau est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Cette minéralisation est surtout due aux ions calcium et magnésium. Le titre hydrotimétrique s'exprime en France en degrés français (symbole °f) et se calcule comme suit :

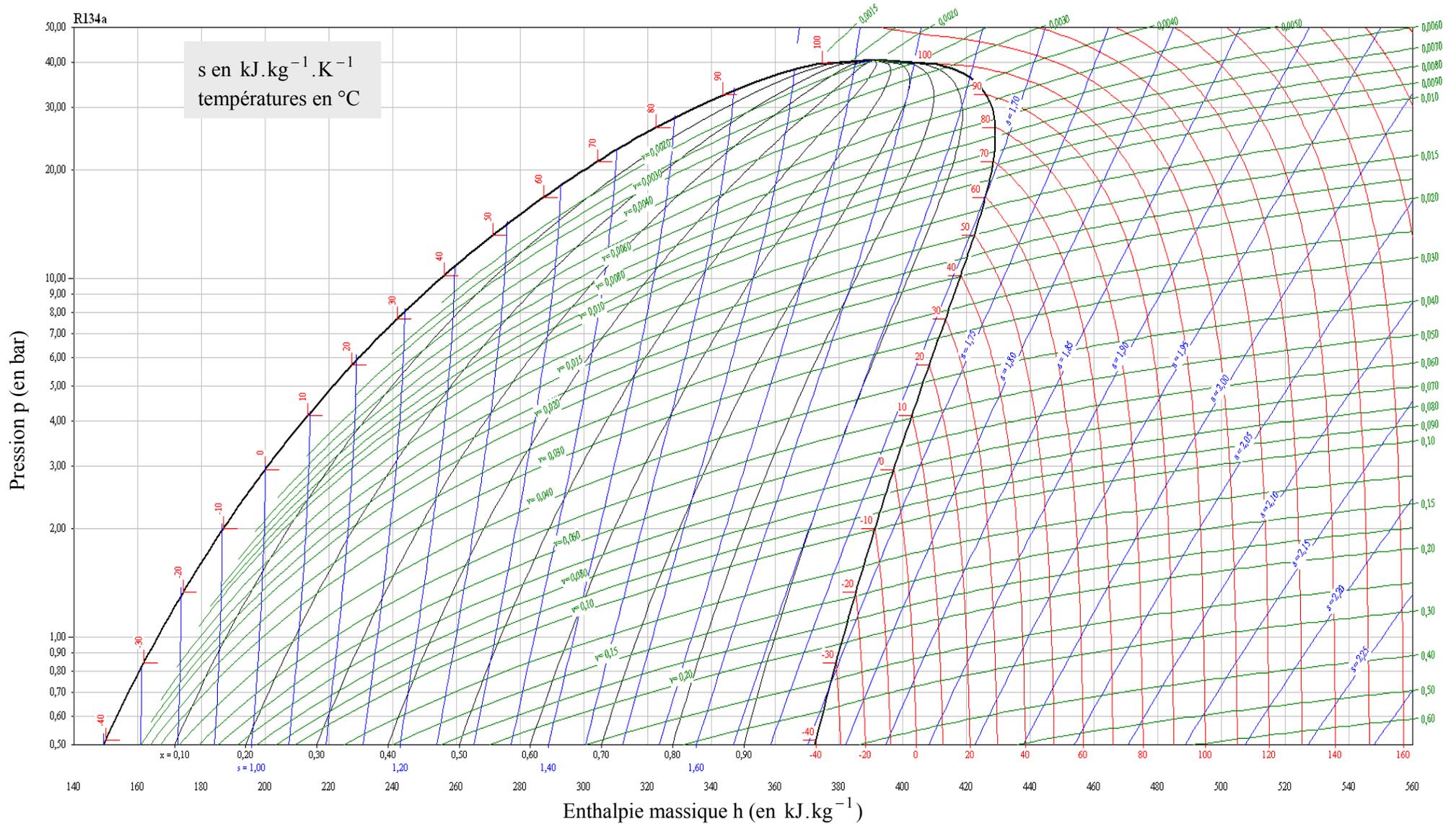
$$TH = ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]) \times 10^4$$

$$[Ca^{2+}] \text{ et } [Mg^{2+}] \text{ en mol.L}^{-1}$$

Plage de valeurs du titre hydrotimétrique :

TH (en °f)	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	Plus de 40
eau	Très douce	Douce	Plutôt dure	Dure	Très dure

## Document-réponse n° 1 à rendre avec la copie



## Document-réponse n°2 à rendre avec la copie

	h	p	T
Unités	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	bar	$^{\circ}\text{C}$
A			
B			
C			
D			
E			
F			