Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

Épreuve E42 - BTS Fluides Énergies Domotique

Session 2016 • Code sujet : **16-FE42PCA1** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Circuit de chauffage et de refroidissement** (5 questions) — **Page 3**
2. **Fonctionnement de la pompe à chaleur** (3 questions) — **Page 5**
3. **Adoucissement de l'eau** (4 questions) — **Page 7**
4. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 9**

Sujet officiel (PDF) : https://bts-fed.fr/assets/annales/bts-fed/E4.2 - Étude des systèmes - Physique-Chimie associées au système/2016/BTS FED - E4.2 - Étude des systèmes - Physique-Chimie associées au système - Session 2016 - 1-Sujet.pdf

1. Circuit de chauffage et de refroidissement

Dans le complexe cinématographique, une pompe à chaleur air/eau alimente les émetteurs réversibles des salles par un réseau hydraulique. L'étude porte sur le choix du fluide antigel MPG, la limitation du bruit par le contrôle de la vitesse et l'optimisation de l'écoulement.

Fluide caloporteur

Question I. À partir du document n° 1, montrer qu'un pourcentage volumique de 40 % de MPG convient pour protéger l'installation, en tenant compte des températures hivernales pouvant atteindre -15 °C, de la marge de sécurité de 30 % demandée et de l'incertitude sur la température de congélation.

La marge de sécurité de 30 % conduit à retenir une température minimale de −15 × 1,30 = −19,5 °C. Pour 40 % de MPG, le tableau indique une température de congélation de −22 °C avec une incertitude de ±2 °C. Le cas défavorable est donc −22 + 2 = −20 °C. Comme cette température de congélation est plus basse que −19,5 °C, le mélange reste liquide au seuil de sécurité retenu. Le taux de 40 % convient donc pour protéger l'installation.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> 40 % de MPG convient : la congélation reste au plus tôt à −20 °C, pour une température de sécurité de −19,5 °C.

II. Limitation des nuisances sonores

Question 1. À partir du débit massique de 7,75 kg·min⁻¹ et de la masse volumique moyenne du fluide, déterminer son débit volumique q_v.

On convertit le débit massique en unités SI : $q_m = 7{,}75/60 = 0{,}1292$ kg·s⁻¹. La relation entre débits massique et volumique est $q_v = q_m/\rho$. Avec $\rho = 1{,}04 \times 10^3$ kg·m⁻³, on obtient $q_v = 7{,}75/(60 \times 1{,}04 \times 10^3) = 1{,}24 \times 10^{-4}$ m³·s⁻¹. En litres par minute, cela correspond à environ 7,45 L·min⁻¹.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $q_v = 1{,}24 \times 10^{-4}$ m³·s⁻¹, soit environ 7,45 L·min⁻¹.

Question 2. Calculer la vitesse du fluide dans le circuit de la salle de projection n° 1, puis déterminer si elle permet de respecter la limite d'environ 0,25 m·s⁻¹ destinée à éviter les nuisances sonores.

Le diamètre intérieur vaut D = 2,80 cm = 0,0280 m. La section du tuyau est $S = \pi D^2/4$, donc la vitesse moyenne vaut $v = q_v/S$. Avec le débit volumique calculé à la question précédente, $v = 1{,}24 \times 10^{-4}/[\pi \times (0{,}0280)^2/4] \approx 0{,}202$ m·s⁻¹. Cette vitesse est inférieure à la valeur limite d'environ 0,25 m·s⁻¹. Le débit prévu respecte donc le critère de limitation des nuisances sonores.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $v \approx 0{,}202$ m·s⁻¹ : la limite d'environ 0,25 m·s⁻¹ est respectée.

III. Optimisation de l'écoulement du fluide

Question 1. À l'aide du document n° 2 et des données fournies, vérifier que le régime d'écoulement du fluide est laminaire.

Le nombre de Reynolds se calcule par $Re = vD/\nu$, avec la viscosité cinématique $\nu = 2{,}90 \times 10^{-6}$ m²·s⁻¹. Après conversion du diamètre, $D = 2{,}80$ cm $= 0{,}0280$ m. Ainsi, $Re = (0{,}200 \times 0{,}0280)/(2{,}90 \times 10^{-6}) \approx 1{,}93 \times 10^{3}$. D'après le document n° 2, l'écoulement est laminaire pour $Re < 2000$. La valeur obtenue est inférieure à cette limite : le régime est laminaire.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $Re \approx 1{,}93 \times 10^{3} < 2000$: l'écoulement est laminaire.

Question 2. Calculer les pertes de charge linéiques Δp à l'aide de la loi de Poiseuille, puis conclure en les comparant à la limite de 50 Pa·m⁻¹.

La loi de Poiseuille, $q_v = \pi r^4 \Delta p/(8\eta)$, donne $\Delta p = 8\eta q_v/(\pi r^4)$. Le rayon intérieur est $r = D/2 = 2{,}80 \times 10^{-2}/2 = 0{,}0140$ m. En utilisant $\eta = 3{,}00 \times 10^{-3}$ Pa·s et $q_v = 1{,}24 \times 10^{-4}$ m³·s⁻¹, on obtient $\Delta p \approx 24{,}7$ Pa·m⁻¹. Cette valeur est inférieure à la limite de 50 Pa·m⁻¹ : les pertes de charge respectent le critère fixé.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\Delta p \approx 24{,}7$ Pa·m⁻¹, inférieur à 50 Pa·m⁻¹ : le critère est respecté.

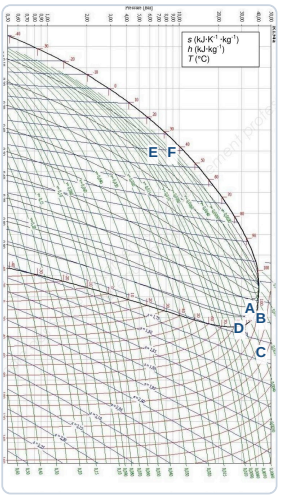
2. Fonctionnement de la pompe à chaleur

La partie étudie la production d'eau glacée par une pompe à chaleur CIAT de type Aquaciat 2, selon le cycle thermodynamique du fluide représenté sur le diagramme fourni. Les candidats doivent placer les états du cycle, compléter leurs propriétés et calculer le COP théorique.

Question 1. Positionner les points A, B, C, D, E et F sur le document réponse n° 1 en respectant les transformations décrites, puis indiquer si le cycle est moteur ou récepteur et justifier la réponse.

Sur le diagramme, placer A à la vapeur saturée, vers 0 °C et 3 bar, puis B à 10 °C sur cette même isobare. De B à C, suivre l'isentropique jusqu'à 10 bar. C rejoint D par refroidissement isobare jusqu'à la vapeur saturée, puis D rejoint E par condensation. La détente E→F est isenthalpique jusqu'à 3 bar, et F→A correspond à la vaporisation. Le cycle est récepteur : le compresseur doit recevoir un travail pour faire fonctionner la PAC.

Cycle de la PAC sur le diagramme



✓ RÉPONSE À RETENIR

Cycle récepteur : le compresseur reçoit un travail.

Question 2. Compléter le tableau du document réponse n° 2 en indiquant, pour les états A à F, l'enthalpie h, la pression P et la température T.

Les propriétés sont estimées par lecture du diagramme de Mollier R134a. A et B sont à 3,00 bar, tandis que C, D et E sont à 10,0 bar. B→C est isentropique ; D est la vapeur saturée et E le liquide saturé. La détente E→F conserve l'enthalpie. Les valeurs lues, notamment les enthalpies et températures, sont graphiques et donc approximatives.

État	h (kJ·kg⁻¹)	P (bar)	T (°C)
A	≈ 400	3,00	≈ 0
B	≈ 410	3,00	10,0
C	≈ 440	10,0	≈ 60
D	≈ 420	10,0	≈ 40
E	≈ 260	10,0	≈ 40
F	≈ 260	3,00	≈ 0

Tableau réponse complété

	h	*P*	*T*
Unités	kJ·kg^{-1}	bar	°C
A	≈400	3,00	≈0
B	≈410	3,00	10,0
C	≈440	10,0	≈60
D	≈420	10,0	≈40
E	≈260	10,0	≈40
F	≈260	3,00	≈0

Enseignement profes

✓ RÉPONSE À RETENIR

A : (≈400 ; 3,00 ; ≈0) • B : (≈410 ; 3,00 ; 10,0) • C : (≈440 ; 10,0 ; ≈60) • D : (≈420 ; 10,0 ; ≈40) • E : (≈260 ; 10,0 ; ≈40) • F : (≈260 ; 3,00 ; ≈0), avec h en kJ·kg⁻¹.

Question 3. Calculer le COP théorique, défini comme le rapport de la quantité de chaleur qFB reçue entre F et B au travail de transvasement wBC = hC - hB lors de la compression isentropique. Comparer le résultat au COP de 3,0 annoncé par le fabricant et expliquer l'écart.

La chaleur reçue entre F et B est la variation d'enthalpie : $q_{FB} = h_B - h_F = 410 - 260 = 150\ \mathrm{kJ\,kg^{-1}}$. Le travail de compression vaut $w_{BC} = h_C - h_B = 440 - 410 = 30\ \mathrm{kJ\,kg^{-1}}$. Donc $COP = q_{FB}/w_{BC} = 150/30 = 5,0$. Le COP constructeur est inférieur car le fonctionnement réel comporte des pertes thermiques, mécaniques et électriques, absentes du modèle idéal.

✓ RÉPONSE À RETENIR

COP théorique ≈ 5,0, contre 3,0 annoncé par le fabricant.

3. Adoucissement de l'eau

L'eau de ville alimentant le réseau hydraulique du cinéma est analysée pour déterminer sa dureté, tandis que le dossier technique prévoit un adoucisseur à résine et une dureté réglée à environ 7 °f en sortie. Les questions portent sur le calcul du titre hydrotimétrique, le fonctionnement de la résine et la concentration totale en ions calcium et magnésium après traitement.

Question 1. À l'aide du document n° 3, calculer le titre hydrotimétrique total TH de l'eau, exprimé en degrés français, à partir des concentrations massiques mesurées en ions calcium et magnésium.

Convertir les concentrations massiques de mg·L⁻¹ en g·L⁻¹, puis diviser chacune par la masse molaire correspondante donne les concentrations molaires. Le prélèvement de 500 cm³ n'intervient pas, car les concentrations sont déjà données par litre. Le document n° 3 donne la relation $TH = ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]) \times 10^4$, avec les concentrations en mol·L⁻¹.

$TH = \left(\frac{60{,}3\times10^{-3}}{40{,}1} + \frac{36{,}6\times10^{-3}}{24{,}3}\right) \times 10^4 = 30{,}1\ °\text{f}.$

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $TH = 30{,}1\ °\text{f}.$

Question 2. À partir du titre hydrotimétrique calculé, conclure sur la nécessité d'installer un adoucisseur.

Le document n° 3 classe l'eau selon son titre hydrotimétrique. La valeur calculée, $30{,}1\ °\text{f}$, appartient à l'intervalle de 30 à 40 °f, classé « dure ». Elle est aussi nettement supérieure à la dureté de sortie visée, environ 7 °f. Le traitement prévu doit donc réduire la dureté avant le remplissage du réseau hydraulique.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'eau est dure (30,1 °f) : l'installation d'un adoucisseur est nécessaire.

Question 3. Décrire le fonctionnement d'une résine échangeuse d'ions utilisée dans un adoucisseur.

1. La résine porte des sites échangeurs initialement associés à des ions sodium. Au passage de l'eau, elle capte les ions calcium et magnésium responsables de la dureté et libère des ions sodium.
2. Pour le calcium, l'échange s'écrit $2\,R{-}Na + Ca^{2+} \rightarrow R_2{-}Ca + 2Na^{+}$. Le magnésium est retenu de façon analogue.
3. Lorsque la résine est saturée, une saumure concentrée en chlorure de sodium la régénère : les ions sodium remplacent les ions calcium et magnésium retenus. Ceux-ci sont ensuite évacués avec les eaux de régénération.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La résine capte Ca^{2+} et Mg^{2+}, libère Na^{+}, puis se régénère avec une saumure.

Question 4. Pour une eau re-durcie à 7 °f à la sortie de l'adoucisseur, déterminer la concentration totale cT en ions calcium et magnésium nécessaire pour respecter cette dureté.

Donnée	Valeur
Dureté en sortie	$TH = 7\ ^\circ\text{f}$
Relation du document n° 3	$TH = c_T \times 10^4$
Concentration totale recherchée	$c_T = TH / 10^4$

La concentration totale est la somme des concentrations molaires en ions calcium et magnésium. On isole cette somme dans la relation donnée par le document n° 3, puis on substitue la dureté imposée à la sortie de l'adoucisseur. Le résultat est exprimé en mol·L⁻¹.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$c_T = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] = 7{,}0 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2016)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve E42 de BTS Fluides Énergies Domotique, session 2016, code 16-FE42PCA1, dure 2 heures et a un coefficient 2. À partir du cas d'un complexe cinématographique, elle étudie le réseau hydraulique, le cycle d'une PAC produisant de l'eau glacée et l'adoucissement de l'eau. Elle évalue les calculs de débit, d'écoulement, de thermodynamique et de dureté.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour vérifier la protection antigel du MPG, comparer son point de congélation, incertitude comprise, à la température minimale en tenant compte de la marge de sécurité.
- Le débit volumique vaut $q_v = qM/\rho$ et la vitesse vaut $v = q_v/S$, avec $S = \pi D^2/4$.
- $Re = vD/\nu$; le régime est laminaire si $Re < 2000$. En régime laminaire, $q_v = \pi r^4 \Delta p/(8\eta)$.
- $TH = ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]) \times 10^4$, avec les concentrations en $mol \cdot L^{-1}$; le COP compare la chaleur reçue au travail de compression.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les débits massiques en $kg \cdot s^{-1}$ et les diamètres en mètres avant les calculs.
- Prendre en compte l'incertitude de ± 2 °C du tableau MPG et expliciter l'application de la marge de sécurité demandée.
- Sur le diagramme de la PAC, respecter les transformations isobares, isentropiques et isenthalpiques avant de relever les états.
- Convertir les concentrations massiques en concentrations molaires avant de calculer le TH ou la concentration totale cT.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer la vitesse du fluide dans une canalisation ?

Convertissez d'abord le débit massique en débit volumique avec $q_v = qM/\rho$. Calculez ensuite la section intérieure $S = \pi D^2/4$, puis la vitesse $v = q_v/S$. Exprimez le diamètre en mètres et le débit en $m^3 \cdot s^{-1}$.

Q : Comment vérifier que l'écoulement est laminaire et appliquer la loi de Poiseuille ?

Calculez $Re = vD/\nu$ avec des unités cohérentes. Le document classe l'écoulement comme laminaire lorsque $Re < 2000$. Dans ce cas, utilisez $q_v = \pi r^4 \Delta p/(8\eta)$ et isolez Δp pour calculer les pertes de charge linéiques.

Q : Le sujet donne-t-il un barème ou une répartition des points ?

Aucun barème détaillé ni aucune répartition des points par partie ou question ne sont imprimés dans le sujet. L'épreuve dure 2 heures et son coefficient est 2. Les documents réponse n° 1 et n° 2 sont à rendre avec la copie.

Q : Quelles précautions prendre pour les calculs de dureté et l'étude du cycle de la PAC ?

Pour la dureté, convertissez les concentrations massiques en $mol \cdot L^{-1}$ avant d'appliquer la formule du TH. Pour la PAC, suivez les propriétés constantes de chaque transformation et inscrivez dans le tableau les valeurs de h, P et T avec leurs unités.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bts-fed.fr/assets/annales/bts-fed/E4.2 - Étude des systèmes - Physique-Chimie associées au système/2016/BTS FED - E4.2 - Étude des systèmes - Physique-Chimie associées au système - Session 2016 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Fluides Énergies Domotique : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.