

Brevet de technicien supérieur

Fluides Énergies Domotique

Épreuve E42

Physique et Chimie associées au système

Session 2024

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, 10 pages.
Le document réponse est à rendre avec la copie.

Rénovation du musée des Beaux-Arts de Dijon



Vue de l'extension du musée des Beaux-Arts de Dijon.
MBA Dijon.

Depuis 2010, le projet de rénovation du musée des Beaux-Arts de Dijon est en cours.

Le projet a été défini selon 3 tranches.

L'ensemble doit répondre à certains besoins dont :

- La distribution d'eau chaude à température pour le chauffage et les batteries des centrales.
- Le chauffage de certains locaux par radiateurs et par plancher chauffant.
- La climatisation des salles d'exposition par des centrales de traitement d'air.
- La gestion technique centralisée des installations techniques.
- L'équipement électrique de l'ensemble, raccordements, distribution, tableaux de commande et de protection d'asservissements et de télécommande.

Le sujet comporte 4 parties indépendantes :

A. Déperditions thermiques

B. Combustion

C. Dynamique des fluides dans une partie du circuit d'eau glycolée

D. Déminéralisation de l'eau pour les circuits de chauffage

BTS Fluides Énergies Domotique	SUJET	Session 2024
Épreuve E42 : physique et chimie associées au système	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 24FE42PCA		Page 2/11

A. Déperditions thermiques

L'objectif de cette partie est de justifier les choix techniques qui ont été faits lors de la rénovation en matière d'isolation thermique.

Les informations utiles sont données dans l'annexe 1.

1. Décrire les 3 modes de transferts thermiques et donner un exemple pour chacun.
2. Montrer que les pertes thermiques totales des différentes parties des bâtiments du musée sont de l'ordre de 330 kW.
3. Calculer la proportion des pertes à travers les parois par rapport au total des pertes thermiques et commenter le résultat.
4. On suppose que la température est constante à l'intérieur du bâtiment et que l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur $\Delta\theta$ est de 15 K.

Calculer la résistance thermique de la paroi 1 et compléter la première colonne du document réponse.

5. Pertes thermiques et isolation

5.1. On donne l'expression des pertes thermiques ϕ qui se produisent à travers les parois :

$$\phi = \frac{S \cdot \Delta\theta}{R}$$

Avec ϕ pertes thermiques en W

S surface en m^2

$\Delta\theta$ différence de températures en K entre l'intérieur et l'extérieur

R résistance thermique en $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$

On prend pour la suite la valeur $R = 4,79 \text{ m}^2 \cdot K \cdot W^{-1}$.

Calculer les pertes thermiques à travers les parois 1 et 5 puis compléter le document réponse.

5.2. Comparer les pertes à travers les 2 types de murs 1 et 5 et indiquer si les choix réalisés en terme d'isolation sont judicieux.

5.3. Les pertes à travers le mur 3 intérieur sont considérées nulles. Justifier la présence d'un isolant au niveau de ce mur.

B. Combustion du gaz de ville dans une chaudière

L'objectif de cette partie est de déterminer le débit d'air nécessaire au fonctionnement de la chaudière.

Les informations utiles sont données dans l'annexe 2.

La production de chaleur est assurée par une chaudière de puissance maximale $P_{max} = 830 \text{ kW}$.

BTS Fluides Énergies Domotique	SUJET	Session 2024
Épreuve E42 : physique et chimie associées au système	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 24FE42PCA		Page 3/11

1. La période de chauffe est de 210 jours. Montrer que l'énergie maximale E_{max} qui doit être produite par la combustion est environ égale à $1,5 \cdot 10^{13}$ J.
2. Calculer la masse de méthane $m_{méthane}$ qui doit être brûlée pour produire l'énergie E_{max}
3. Déterminer la quantité de matière de dioxygène n_{O_2} nécessaire à la combustion sur la période de chauffe.
4. En déduire le volume d'air V_{air} nécessaire pour le fonctionnement de cette chaudière à plein régime durant 1 heure.
5. Si la ventilation de la chaufferie ne permet pas l'arrivée de suffisamment d'air frais, il se forme du monoxyde de carbone par combustion incomplète.
En utilisant la fiche toxicologique INRS, rédiger une note (quelques lignes) pour montrer les risques liés à la combustion incomplète du méthane.

C. Dynamique des fluides dans une partie du circuit d'eau glycolée

L'objectif de cette partie est de vérifier le type d'écoulement du fluide antigel dans le circuit de refroidissement.

Les informations utiles sont données dans l'annexe 3.

Le fluide caloporteur contient 30 % en volume de mono propylène glycol (MPG).
Sa viscosité dynamique μ est égale à $7,4 \times 10^{-3}$ Pa·s

1. Justifier l'emploi d'eau glycolée à 30 % dans le circuit hydraulique.

Les informations utiles sont données dans l'annexe 4.

2. Sur le circuit d'eau glacée primaire, relever la valeur du débit volumique q_v de fluide caloporteur de l'échangeur situé en terrasse.
3. Le diamètre intérieur D de la conduite vaut 131,7 mm.
Calculer la vitesse v de circulation du fluide à la sortie de l'échangeur en terrasse.
4. La masse volumique ρ_{fluide} déterminée expérimentalement vaut $1\,040$ kg·m⁻³.
Déterminer le régime d'écoulement du fluide à la sortie de l'échangeur en terrasse.

BTS Fluides Énergies Domotique	SUJET	Session 2024
Épreuve E42 : physique et chimie associées au système	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 24FE42PCA		Page 4/11

D. Déminéralisation de l'eau

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence la nécessité d'adoucir l'eau.

Les informations utiles sont données dans l'annexe 5.

1. Calculer les concentrations molaires $[Ca^{2+}]$ et $[Mg^{2+}]$ en $mol \cdot L^{-1}$ des ions calcium et magnésium de l'eau brute du réseau de la ville de Dijon.
2. Montrer alors que la valeur du TH de l'eau du réseau d'eau brute de la ville de Dijon est proche de $29 \text{ }^\circ f$.
3. Donner les raisons principales à l'utilisation d'eau adoucie dans le circuit de chauffage.
4. Une résine échangeuse de cations présente 3 phases de "fonctionnement" :
 - phase adoucissement
 - phase saturation
 - phase régénération

Décrire ce qu'il se passe au cours de ces différentes phases.

BTS Fluides Énergies Domotique	SUJET	Session 2024
Épreuve E42 : physique et chimie associées au système	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 24FE42PCA		Page 5/11

Annexe 1

Document A1 : déperditions thermiques dans les différentes parties des bâtiments

Parois	Ventilation	Autres	CTA
226 343 W	38 613 W	36 086 W	32 238 W

Document A2 : métrage et détail des différentes parois des bâtiments

Numéro	Paroi (composition)	Surface en m ²
1	Mur de pierre extérieur de 0,80 m Isolant 0,15 m PlacoStill 0.026 m	1 108
2	Mur de pierre extérieur de 0,30 m Isolant 0,15 m PlacoStill 0.026 m	66
3	Mur de pierre intérieur de 0,30 m Isolant 0,15 m PlacoStill 0.026 m	35
4	Toiture	1 128
5	Mur extérieur pierre nu 0,90 m	475

Document A3 : conductivité thermique des matériaux :

Matériau	conductivité thermique λ en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
Pierre	1,400
Isolant	0,038
PlacoStill	0,250

Document A4 : résistance thermique

La résistance thermique $R_{th} = \frac{e}{\lambda}$

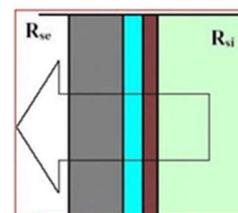
avec e en m, λ en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ et R_{th} en $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$.

La résistance thermique d'une paroi composée de plusieurs matériaux superposés est égale à la somme des résistances thermiques de chaque couche.

Les résistances thermiques d'échanges superficielles intérieures et extérieures :

$$R_{se} = 0,130 \text{ m}^2 \cdot K \cdot W^{-1}$$

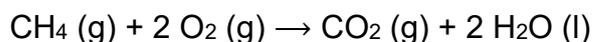
$$R_{si} = 0,040 \text{ m}^2 \cdot K \cdot W^{-1}$$



BTS Fluides Énergies Domotique	SUJET	Session 2024
Épreuve E42 : physique et chimie associées au système	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 24FE42PCA		Page 6/11

Annexe 2

Équation de combustion complète du gaz de ville ou méthane :



Pouvoir Calorifique du méthane : $PC = 52 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Masses molaires :

du méthane : $M_{\text{CH}_4} = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

du dioxygène : $M_{\text{O}_2} = 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

du dioxyde de carbone : $M_{\text{CO}_2} = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

de l'eau : $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Volume molaire : $V_M = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

Proportion de dioxygène dans l'air : 20 %

Extrait de la fiche toxicologique INRS



Monoxyde de carbone CO



Danger :

- H220 – Gaz extrêmement inflammable
- H280 – Contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur
- H281 – Contient un gaz réfrigéré ; peut causer des brûlures ou blessures cryogéniques
- H331 – Toxique par inhalation
- H360 D – Peut nuire au fœtus
- H372 – Risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée

Conduites à tenir en cas d'urgence

- En cas d'intoxication aigue, appeler rapidement un centre anti poison. Transporter la victime en dehors de la zone polluée en prenant les précautions nécessaires pour les sauveteurs. Si la victime est inconsciente, la placer en position latérale de sécurité et mettre en œuvre, s'il y a lieu, les manœuvres de réanimation. Si la victime est consciente, la maintenir au maximum au repos. Mettre en œuvre le plus rapidement possible une assistance respiratoire comprenant l'administration d'oxygène, et transférer dès que possible en milieu hospitalier à l'aide des organismes de secours d'urgence.

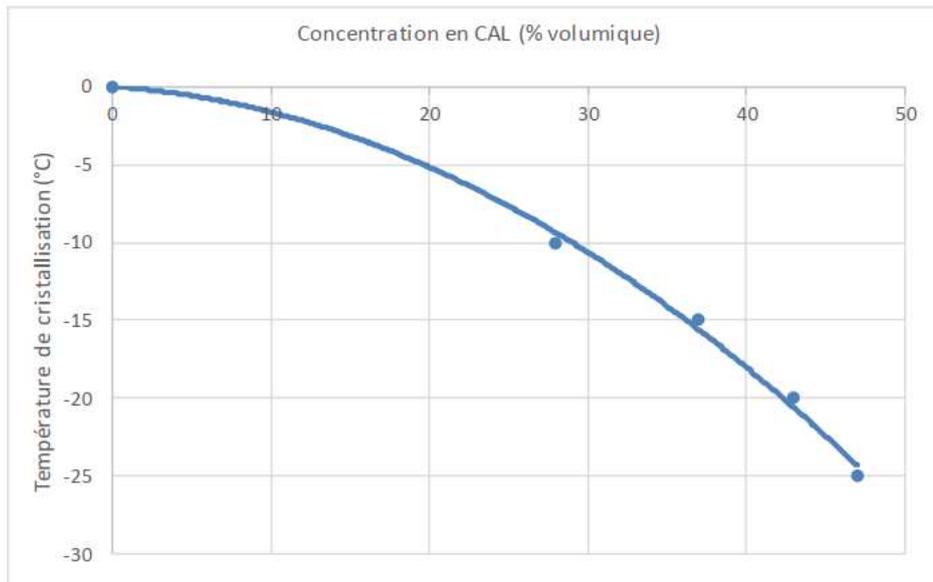
BTS Fluides Énergies Domotique	SUJET	Session 2024
Épreuve E42 : physique et chimie associées au système	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 24FE42PCA		Page 7/11

Annexe 3

Caractéristiques climatologiques de la ville de Dijon

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU SITE: DIJON										
Caractéristiques										
Nom du site	Situation	Latitude	Hémisph.	Altitude	Mer	Protection	T. hiver	Corr. lum.	Site conso	
DIJON	CÔTE-D'OR	47.27	NORD	227 m	-	Très abrité	-11.0 °C	1.00	CSTB 2012 : Zone H1c	
Données calculées - CÔTE-D'OR										
EN 12831-NF-P52-612/CN			Réglementation				Compléments			
T extérieure base: -10.0 °C Température corrigée (altitude): -11.0 °C Température moyenne annuelle: 10.1 °C			Zone climatique de base: H1c Température ext conventionnelle: -9 °C Correction altitude: 0 °C				Durée chauffage: 5040 h Degrés.heures: 59717 h.°C Ensoleillement: 365400 Wh/m²			

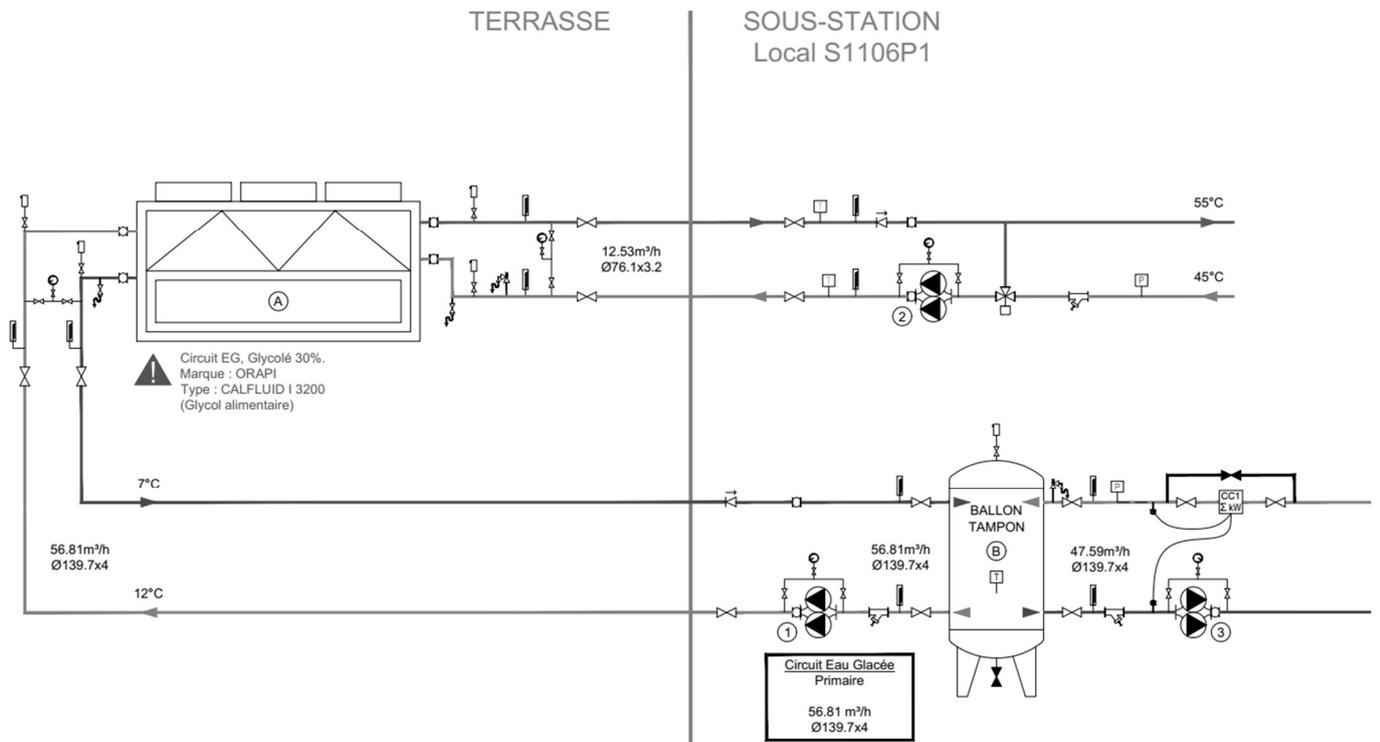
Température de cristallisation en fonction de la concentration en Calfluid I



BTS Fluides Énergies Domotique	SUJET	Session 2024
Épreuve E42 : physique et chimie associées au système	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 24FE42PCA		Page 8/11

Annexe 4

Extrait du synoptique de contrôle



Nombre de Reynolds et type d'écoulement:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

avec ρ la masse volumique en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$,
 v la vitesse du fluide en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,
 D le diamètre de la conduite en m
 μ la viscosité en $\text{Pa}\cdot\text{s}$.

Types d'écoulement	
Laminaire	$Re < 2000$
Intermédiaire	$2000 < Re < 3000$
Turbulent	$Re > 3000$

BTS Fluides Énergies Domotique	SUJET	Session 2024
Épreuve E42 : physique et chimie associées au système	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 24FE42PCA		Page 9/11

Annexe 5

Document D1 : le titre hydrotimétrique *TH*, ou dureté de l'eau

C'est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est due à la présence des ions calcium et magnésium. Le titre hydrotimétrique s'exprime en France en degré français (symbole °f).

Calcul du *TH* :

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

avec $[Ca^{2+}]$ et $[Mg^{2+}]$ en mol·L⁻¹

$$M(Ca^{2+}) = 40,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \text{ et } M(Mg^{2+}) = 24,3 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

TH (°f)	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	+40
Eau	Très douce	Douce	Plutôt dure	Dure	Très dure

L'eau du réseau de chauffage doit avoir un *TH* voisin de **8 °f**.

Document D2 : analyses

Plusieurs échantillons d'eau de la ville ont été prélevés et envoyés à un laboratoire afin d'être analysés et de déterminer la dureté de l'eau. Les résultats partiels sont donnés dans le tableau suivant :

Paramètre	Valeur	Référence de qualité
Entérocoques /100ml-MS	0 n/(100mL)	≤ 0 n/(100mL)
Température de l'eau *	14,0 °C	≤ 25 °C
Température de mesure du pH	19,7 °C	
Turbidité néphélométrique NFU	<0,50 NFU	≤ 2 NFU
Chlore libre *	0,28 mg(Cl ₂)/L	
Chlore total *	0,35 mg(Cl ₂)/L	
CO₂ libre calculé	28,47 mg/L	
pH	7,5 unité pH	≥6.5 et ≤ 9 unité pH
Titre alcalimétrique complet	25,7 °f	
Magnésium	3,48 mg/L	
Potassium	1,7 mg/L	
Sodium	11,5 mg/L	≤ 200 mg/L
Sulfates	18,1 mg/L	≤ 250 mg/L
Chlorures	18,9 mg/L	≤ 250 mg/L
Calcium	112,55 mg/L	

Extrait analyse d'eau de la ville de Dijon (11/2020)-source ARS

BTS Fluides Énergies Domotique	SUJET	Session 2024
Épreuve E42 : physique et chimie associées au système	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 24FE42PCA		Page 10/11

Document Réponse

Mur	Résistance thermique en $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	Surface en m^2	Pertes thermiques en W
1		1 107,88	
2	4,43	65,79	224
3	4,34	34,90	0
4	5,23	1127,87	3249
5	0,813	475,35	
Total			15 707

BTS Fluides Énergies Domotique	SUJET	Session 2024
Épreuve E42 : physique et chimie associées au système	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 24FE42PCA		Page 11/11