CORRIGÉ NON OFFICIEL

BTS Fluides Énergies Domotique

E4.2 - Étude des systèmes - Physique-Chimie associées au système

Session 2026

Proposition de corrigé rédigée par FormaV pour s'entraîner. Ce n'est pas le corrigé officiel de l'examen et elle ne remplace pas les éléments de correction officiels.

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 consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du BTS FED, veuillez visiter :
bts-fed.fr/annales-sujets-et-corriges

BTS Fluides Énergies Domotique – Session 2026
Épreuve E42 : Physique et chimie associées au système
Durée : 2 heures – Coefficient : 2

PROPOSITION DE CORRIGÉ

Proposition de corrigé établie par FormaV à partir du sujet, non officielle. Elle ne préjuge pas des consignes nationales de correction données aux jurys.

A. ÉTUDE SIMPLIFIÉE DU RÉSEAU DE CHAUFFAGE

I. Dimensionnement de la canalisation

Question 1

L'eau du circuit est échauffée de $\theta_{\text{retour}} = 50$ °C à $\theta_{\text{départ}} = 70$ °C dans l'échangeur 1. Pendant la durée Δt, une masse d'eau m reçoit le transfert thermique $Q = m\,c_{\text{eau}}\,\Delta\theta$ (document 1 de l'annexe 1), avec $\Delta\theta = \theta_{\text{départ}} - \theta_{\text{retour}}$. La puissance thermique est $P_{\text{th}} = \dfrac{Q}{\Delta t}$. En posant $q_m = \dfrac{m}{\Delta t}$, on obtient :

$$P_{\text{th}} = q_m \times c_{\text{eau}} \times \Delta\theta$$

Question 2

$\Delta\theta = 70 - 50 = 20$ °C

$$q_m = \frac{P_{\text{th}}}{c_{\text{eau}} \times \Delta\theta} = \frac{70 \times 10^{3}}{4{,}2 \times 10^{3} \times 20} = 0{,}83 \ \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Question 3

Le débit volumique se déduit du débit massique par $q_m = \rho_{\text{eau}} \times q_v$:

$$q_v = \frac{q_m}{\rho_{\text{eau}}} = \frac{0{,}833}{9{,}8 \times 10^{2}} = 8{,}5 \times 10^{-4} \ \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

On retrouve bien la valeur annoncée.

Question 4

Le débit volumique est $q_v = v \times S = v \times \dfrac{\pi d^2}{4}$, d'où :

$$d = \sqrt{\frac{4\,q_v}{\pi\,v}} = \sqrt{\frac{4 \times 8{,}5 \times 10^{-4}}{\pi \times 1{,}1}} = \sqrt{9{,}8 \times 10^{-4}} \approx 3{,}1 \times 10^{-2} \ \text{m}$$

Le diamètre calculé est d'environ 31 mm. Le diamètre intérieur normalisé de 32 mm est retenu pour la suite de l'étude (question 6).

II. Choix de la pompe de circulation

Question 6

Le nombre de Reynolds vaut :

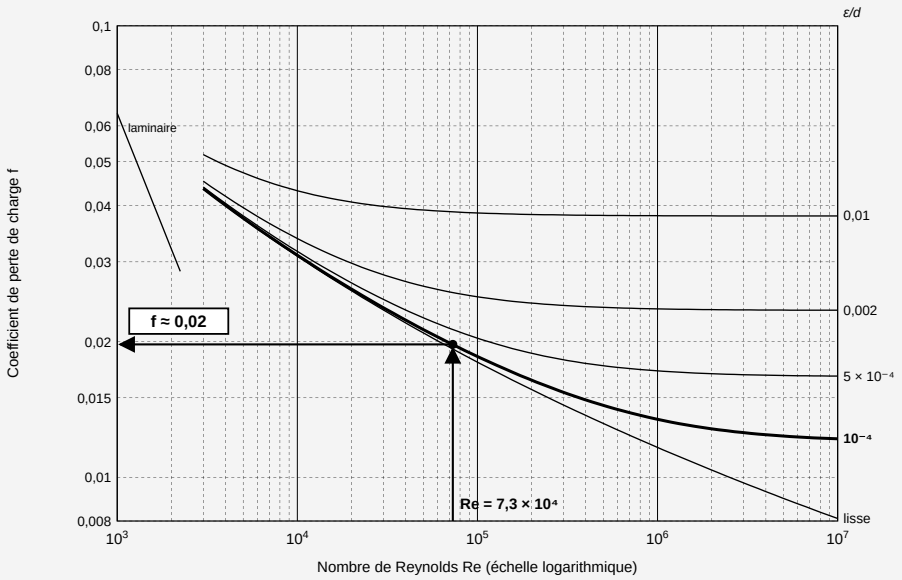
$$Re = \frac{\rho\, v\, d}{\mu} = \frac{9{,}8 \times 10^{2} \times 1{,}1 \times 0{,}032}{4{,}7 \times 10^{-4}} \approx 7{,}3 \times 10^{4}$$

Comme $Re > 3\,000$ (document 2), l'écoulement est **turbulent**.

Question 7

Construction sur le diagramme de Moody du document réponse DR1 (méthode du document 3) :

Sur l'axe des abscisses (nombre de Reynolds), on repère $Re = 7{,}3 \times 10^{4}$, situé entre 5×10^{4} et 10^{5}. On trace la verticale correspondante. On repère la courbe de rugosité relative $\dfrac{\varepsilon}{d} = 1{,}05 \times 10^{-4}$, voisine de la courbe 10^{-4}. On trace l'horizontale passant par le point d'intersection de la verticale et de cette courbe, jusqu'à l'axe des coefficients de perte de charge.



Document réponse DR1 complété (reproduction simplifiée du diagramme de Moody) : verticale à Re = 7,3 × 10⁴, intersection avec la courbe ε/d = 10⁻⁴ (assimilée à 1,05 × 10⁻⁴), horizontale jusqu'à l'axe des coefficients f.

On lit $f \approx 0{,}02$ (lecture comprise entre 0,019 et 0,020).

Vérification par calcul (relation de Colebrook) : $f \approx 0{,}020$.

Question 8

$$\Delta P = \frac{\rho\, f\, \ell\, v^{2}}{2\, d} = \frac{9{,}8 \times 10^{2} \times 0{,}02 \times 134 \times 1{,}1^{2}}{2 \times 0{,}032}$$

$$\Delta P = \frac{3\,178}{0{,}064} \approx 5{,}0 \times 10^{4}\ \text{Pa}$$

Soit, en hauteur de colonne d'eau, $\dfrac{\Delta P}{\rho\, g} = \dfrac{4{,}97 \times 10^{4}}{9{,}8 \times 10^{2} \times 9{,}81} \approx 5{,}2$ mCE.

Les pertes de charge régulières dans la partie étudiée valent environ $5{,}0 \times 10^4$ Pa (≈ 5,2 mCE).

Question 9

Le point de fonctionnement a pour coordonnées $q_{v\text{tot}} = 3{,}0$ m³ · h⁻¹ et $HMT = 11$ mCE. Sur le document 4, ce point se situe dans la plage de la courbe de la pompe NH 50-32-200 (plage d'environ 10 à 16 mCE vers 3 m³ · h⁻¹). Les pompes NH 50-32-160 (environ 6,5 à 10 mCE) et NH 50-32-125 (environ 4 à 7 mCE) ne conviennent pas.

Référence de la pompe : NH 50-32-200.

B. CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DE L'EAU DANS LE CIRCUIT D'EAU CHAUDE SANITAIRE

I. Principe de fonctionnement d'un adoucisseur avec résine échangeuse d'ions

Question 10

D'après l'annexe 2, une eau trop dure présente notamment les deux risques suivants :

- le dépôt de tartre (calcaire solide) sur les parois des canalisations, des ballons d'eau chaude et des chaudières, qui les encrasse ;
- la diminution des propriétés détergentes des lessives et savons, qui doivent être utilisés en plus grande quantité.

Question 11

Les ions responsables de la dureté de l'eau sont les ions **calcium Ca^{2+}** et **magnésium Mg^{2+}**.

L'adoucisseur à résine échangeuse d'ions contient une résine dont les sites fonctionnels sont occupés par des ions sodium Na^+. Lorsque l'eau traverse la résine, les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} sont retenus par la résine et sont remplacés par des ions Na^+ qui passent dans l'eau. Pour un ion calcium, l'échange s'écrit :

$$2\,\mathrm{R{-}Na} + \mathrm{Ca^{2+}} \rightarrow \mathrm{R_2{-}Ca} + 2\,\mathrm{Na^+}$$

La résine saturée est ensuite régénérée par une solution concentrée de chlorure de sodium. L'eau sortante est adoucie : sa teneur en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} diminue, sa teneur en ions Na^+ augmente.

II. Pertinence d'un adoucisseur

Question 12

La concentration totale en ions responsables de la dureté est $C_t = [\mathrm{Ca^{2+}}] + [\mathrm{Mg^{2+}}]$.

Concentration en calcium ($C_m = 82{,}2$ mg · L⁻¹ = $82{,}2 \times 10^{-3}$ g · L⁻¹) :

$$[\mathrm{Ca^{2+}}] = \frac{82{,}2 \times 10^{-3}}{40{,}1} = 2{,}05 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

Concentration en magnésium ($C_m = 9{,}3$ mg · L⁻¹) :

$$[\mathrm{Mg^{2+}}] = \frac{9{,}3 \times 10^{-3}}{24{,}3} = 3{,}83 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

Donc :

$$C_t = 2{,}05 \times 10^{-3} + 3{,}83 \times 10^{-4} = 2{,}43 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 2{,}4 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Question 13

D'après la relation de l'annexe 2 :

$$TH = 10^4 \times C_t = 10^4 \times 2{,}43 \times 10^{-3} \approx 24{,}3\ ^\circ\text{f}$$

Cette valeur se situe dans la plage 15 à 25 °f : l'eau de la ville est **moyennement dure**.

Question 14

Objet : pertinence d'un adoucisseur dans le circuit d'eau chaude sanitaire du bâtiment Couperin

Madame, Monsieur,

L'analyse de l'eau de la ville alimentant le bâtiment donne une concentration totale en ions calcium et magnésium d'environ 2,4 × 10⁻³ mol · L⁻¹, soit un titre hydrotimétrique d'environ 24 °f. Selon le tableau de l'annexe 2, cette eau est moyennement dure.

L'annexe 2 indique qu'une eau trop dure entraîne un dépôt de tartre sur les canalisations, les ballons d'eau chaude et les chaudières, et qu'une eau moyennement dure permet à une couche protectrice de carbonate de calcium de se déposer sur les parois des canalisations. À l'inverse, une eau trop douce est corrosive : elle favorise les fuites, le développement des bactéries aux points de fuite et de corrosion, et le passage dans l'eau de substances nocives selon le matériau des conduites (acier, étain, plomb). Un adoucisseur à résine, qui remplace les ions calcium et magnésium par des ions sodium, abaisserait la dureté de l'eau et la rendrait plus corrosive.

La décision de ne pas installer d'adoucisseur est donc pertinente : l'eau distribuée reste dans la plage moyennement dure, favorable à la protection des équipements et à la qualité de l'eau dans les canalisations. La valeur calculée (environ 24 °f) étant proche de la limite de 25 °f, un dépôt de tartre reste possible ; il pourra être limité par un entretien régulier des équipements.

Veuillez agréer, Madame, Monsieur, l'expression de nos salutations distinguées.

C. PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DU BÂTIMENT (RE2020)

Question 15

Le bâtiment est occupé 5 jours par semaine et fermé le week-end toute l'année : le nombre de jours de fonctionnement est $52 \times 5 = 260$ jours par an. Le système fonctionne 8 h par jour à la puissance moyenne de 7,1 kW :

$$E_{\text{ECS}} = P \times t = 7{,}1 \times 8 \times 260 = 1{,}48 \times 10^4\ \text{kW} \cdot \text{h}$$

Soit $E_{\text{ECS}} \approx 14\,768$ kW · h par an.

Question 16

Surface totale des panneaux : $S = 50 \times 1{,}9 = 95$ m². Énergie journalière reçue par les panneaux : $95 \times 3{,}6 = 342$ kW · h par jour. Énergie journalière produite, avec un rendement de 15 % : $342 \times$

$0{,}15 = 51{,}3$ kW · h par jour. Les panneaux produisent tous les jours de l'année (365 jours) :

$$E_{\mathrm{PPV}} = 51{,}3 \times 365 = 1{,}87 \times 10^{4}\ \mathrm{kW \cdot h\ par\ an}$$

Soit $E_{\mathrm{PPV}} \approx 18\,725$ kW · h par an.

Question 17

On compare $E_{\mathrm{PPV}} \approx 18\,725$ kW · h à $E_{\mathrm{ECS}} \approx 14\,768$ kW · h.

$E_{\mathrm{PPV}} > E_{\mathrm{ECS}}$: l'énergie produite annuellement par les panneaux dépasse l'énergie nécessaire à la production d'ECS, avec un excédent d'environ 3 957 kW · h par an (E_{PPV} représente environ 127 % de E_{ECS}).

Le bâtiment respecte le critère d'autonomie énergétique pour la production d'ECS prévu par la RE 2020.

Question 18

L'inconvénient majeur de la production d'énergie par panneaux photovoltaïques est son **caractère intermittent** : la production dépend de l'ensoleillement, elle n'est ni continue ni pilotable, et elle nécessite un système de stockage ou un raccordement au réseau pour couvrir les besoins lorsque le rayonnement est insuffisant.

D. ANALYSE DU BRUIT DU BLOC VENTILATION DE LA CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR

I. Étude d'un seul ventilateur de la CTA

Question 19

Un sonomètre mesure le niveau de pression acoustique avec la même sensibilité pour toutes les fréquences. Or l'oreille humaine n'est pas aussi sensible à toutes les fréquences : elle perçoit mal les basses et les hautes fréquences et est beaucoup plus sensible entre 500 Hz et 6 kHz (annexe 3). Pour obtenir un niveau proche de la perception auditive, on applique la pondération A, qui corrige chaque niveau par une valeur négative aux basses fréquences (−26 dB à 63 Hz) et positive ou nulle dans la zone de forte sensibilité (+1 dB à 2 000 et 4 000 Hz). Le niveau obtenu s'exprime alors en dB(A).

Question 20

L'appareil permettant la mesure du niveau de pression acoustique ou du niveau d'intensité sonore est le **sonomètre** (sonomètre intégrateur associé à un filtre d'analyse par bandes d'octaves).

Question 21

Niveau pondéré $L_{\text{pondéré}} = L + \text{pondération A}$ pour chaque fréquence

Fréquence f (Hz)	**63**	**125**	**250**	**500**	**1 000**	**2 000**	**4 000**	**8 000**
Niveau d'intensité sonore L (dB)	67	59	52	51	37	37	31	30
Pondération A	−26	−16	−9	−3	0	+1	+1	−1
Niveau d'intensité sonore pondéré L pondéré (dB(A))	**41**	**43**	**43**	**48**	**37**	**38**	**32**	**29**

Question 22

$$L_{\text{global}} = 10 \times \log\left(\sum 10^{\,L_i/10}\right)$$

Termes $10^{L_i/10}$: 63 Hz : $10^{4{,}1} = 1{,}26 \times 10^4$; 125 Hz : $10^{4{,}3} = 1{,}995 \times 10^4$; 250 Hz : $10^{4{,}3} = 1{,}995 \times 10^4$; 500 Hz : $10^{4{,}8} = 6{,}31 \times 10^4$; 1 000 Hz : $10^{3{,}7} = 0{,}50 \times 10^4$; 2 000 Hz : $10^{3{,}8} = 0{,}63 \times 10^4$; 4 000 Hz : $10^{3{,}2} = 0{,}16 \times 10^4$; 8 000 Hz : $10^{2{,}9} = 0{,}08 \times 10^4$.

$$\sum 10^{L_i/10} = 1{,}29 \times 10^5 \qquad L_{\text{global}} = 10 \times \log(1{,}29 \times 10^5) \approx 51{,}1 \text{ dB(A)}$$

II. Étude du niveau sonore de la CTA

Question 23

La CTA comporte quatre ventilateurs identiques de 51,1 dB(A) chacun. Quatre sources identiques correspondent à une intensité quadruplée, soit deux doublements successifs. Chaque doublement augmente le niveau de 3 dB(A) :

$$L_{\text{CTA}} = 51{,}1 + 2 \times 3 = 57{,}1 \text{ dB(A)} \qquad (\text{par calcul : } 51{,}1 + 10\log 4 \approx 57{,}1 \text{ dB(A)})$$

Le niveau sonore pondéré global de la CTA est d'environ 57,1 dB(A).

Question 24

L'émergence est la différence entre le niveau ambiant (résiduel plus source en fonctionnement) et le niveau résiduel. Le niveau ambiant se calcule en additionnant les intensités :

De nuit (résiduel 55 dB(A)) :

$$L_{\text{ambiant}} = 10\log\left(10^{5{,}5} + 10^{5{,}71}\right) \approx 59{,}2 \text{ dB(A)} \qquad \text{Émergence} = 59{,}2 - 55 \approx 4{,}2 \text{ dB(A)}$$

De jour (résiduel 58 dB(A)) :

$$L_{\text{ambiant}} = 10\log\left(10^{5{,}8} + 10^{5{,}71}\right) \approx 60{,}6 \text{ dB(A)} \qquad \text{Émergence} = 60{,}6 - 58 \approx 2{,}6 \text{ dB(A)}$$

La norme est respectée de jour (émergence ≈ 2,6 dB(A), inférieure au seuil diurne de 5 dB(A)), mais elle ne l'est pas de nuit : l'émergence nocturne (≈ 4,2 dB(A)) dépasse le seuil nocturne de 3 dB(A) prévu par la réglementation (annexe 3).

Continue à t'entraîner

Retrouve tous les sujets et corrigés du BTS FED, classés par épreuve et par année :
bts-fed.fr/annales-sujets-et-corriges

Pour réviser tout le programme avant l'examen, les Fiches de Révision du BTS FED reprennent l'essentiel de chaque épreuve :
bts-fed.fr/fiches-de-revision

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.