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 :
www.formav.co/explorer

Brevet de Technicien Supérieur

Fluides Énergies Domotique

Épreuve E42

Physique et Chimie associées au système

Session 2018

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Important
Ce sujet comporte, en plus de cette page de garde, 9 pages.
Les documents réponse pages 8 et 9 sont à agrafer avec la copie.

BTS Fluides énergies domotique – session 2018 – épreuve E42

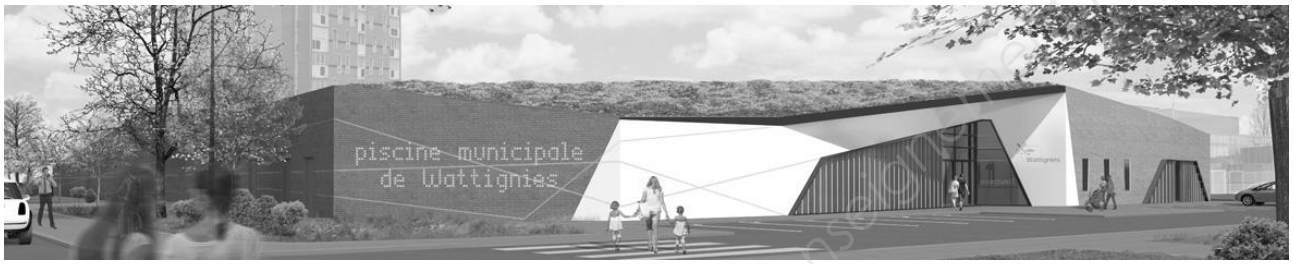
Code sujet : 18FE42PCA1

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Piscine municipale

La commune de Wattignies dans le département du Nord (59) s'engage pour la réhabilitation et l'extension de la piscine municipale dans une démarche de Haute Qualité Environnementale avec un objectif de confort optimal et un souci d'économie d'énergie.

Afin de proposer différentes activités aquatiques, la piscine comportera plusieurs bassins (de natation, de loisirs, d'animation et de détente).



Le dossier technique précise que le chauffage est assuré par une sous-station desservie par le réseau de chauffage urbain via des échangeurs ainsi que par une unité thermodynamique permettant la déshumidification de l'air.

On s'intéresse en particulier au bassin de natation.

Le sujet comporte quatre parties :

A. Chauffage de l'eau du bassin
B. Recyclage de l'eau du bassin
C. Caractéristiques chimiques de l'eau
D. Confort acoustique

Les annexes en fin de sujet regroupent un ensemble de documents utiles.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

A. Chauffage de l'eau du bassin de natation

I. Puissance thermique de l'installation

Le bassin contient un volume d'eau de 650 m^3.
Le cahier des charges indique que l'eau d'alimentation du bassin arrive à la température de 10 °C et sera chauffée pour atteindre 28 °C. On souhaite que cette opération soit réalisée pendant une durée appelée 'temps de chauffe' égale à 36 h.

1. Calculer l'énergie thermique Q_{ch} nécessaire pour chauffer l'eau du bassin.

2. La puissance P_{ch} nécessaire au chauffage de l'eau est égale à 377 kW
   Vérifier que le « temps de chauffe » répond au cahier des charges.

3. Le rendement de l'installation de chauffage est égal à 82 %.
   Déterminer les pertes thermiques p_{th}.

Données :
- Capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4{,}18 \times 10^3$ $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1000$ $kg \cdot m^{-3}$

II. Efficacité de l'unité thermodynamique

L'efficacité de l'unité thermodynamique (PAC) est égale au rapport de l'énergie thermique massique fournie à l'extérieur et du travail massique avec transvasement reçu par le fluide lors de la compression isentropique.

Dans le dossier technique, on peut lire que *« l'unité thermodynamique produit simultanément de l'eau glacée et de l'eau tiède. L'eau glacée assure la déshumidification de l'air, l'eau tiède contribue notamment à maintenir la température des bassins ».*

Le fluide frigorigène utilisé est le R410A.
Il subit un cycle de transformations réversibles dont on donne la description simplifiée :

- point A : vapeur saturée à la température θ_A et à la pression p_A ;
- du point A au point B : compression isentropique jusqu'à la pression p_B et la température θ_B ;
- du point B au point C : refroidissement isobare pour atteindre un état de liquide saturant ;
- du point C au point D : détente isenthalpique jusqu'à la pression p_D ;
- du point D au point A : le fluide se vaporise complètement.

On suppose qu'à l'état gazeux, le fluide frigorigène se comporte comme un gaz parfait.

Données :
$\theta_A = 2{,}0$ °C environ ; $p_A = 8{,}3$ bar ; $p_B = 30{,}6$ bar ; $\theta_B = 61$ °C ; $p_D = 8{,}3$ bar .

1. Cycle thermodynamique

1.1. Placer les points A, B, C et D sur le document réponse 1.
1.2. Tracer l'allure du cycle décrit précédemment sur le document réponse 1 et indiquer le sens de circulation du fluide sur le cycle.

2. Travail massique de transvasement

2.1. Montrer que la variation d'enthalpie massique lors de la compression prend une valeur proche de 45 $kJ \cdot kg^{-1}$.

Base nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

2.2. En appliquant le premier principe de la thermodynamique pour un fluide en écoulement permanent, expliquer que le travail massique de transvasement w_{trAB} reçu par le fluide est égal à la variation d'enthalpie massique.

3. Énergie thermique massique

Déterminer l'énergie thermique massique q_{cond} échangée par le fluide au niveau du condenseur.

4. Calculer l'efficacité ε de l'unité thermodynamique.

Données :
- Capacité thermique massique à pression constante du R410A : $c_p = 770\ J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
- Coefficient adiabatique : $\gamma = 1{,}175$
- Débit massique du fluide : $q_m = 0{,}65\ kg \cdot s^{-1}$
- Puissance thermique du condenseur : $P_{cond} = 100\ kW$

B. Circuit de recyclage de l'eau

On utilisera les rappels de l'annexe 2.

Pour simplifier l'étude, on considère que :
- une seule pompe assure le recyclage de l'eau en l'aspirant à travers une bonde B située au fond du bassin, de diamètre intérieur égal à 250 mm,
- l'eau est refoulée en un point R au niveau de la surface de l'eau du bassin.

Le bassin contient un volume d'eau de 650 m^3.

I. Pour un débit volumique q_v de la pompe égal à 165 $m^3 \cdot h^{-1}$, calculer la durée d_r nécessaire pour renouveler en totalité l'eau du bassin.

II. Choix de la pompe

1. Dimensionnement de la pompe.

1.1. Montrer que la vitesse d'aspiration v_B de l'eau au niveau de l'orifice de la bonde est égale à $0{,}93\ m \cdot s^{-1}$.

1.2. Afin de dimensionner la pompe de recyclage de l'eau, l'installateur évalue les pertes de charges du réseau d'alimentation à 2,5 mCE.
Montrer que la hauteur manométrique H_{mt} de la pompe est égale à 5,0 mCE.

Données :
- La profondeur du bassin est de 3,0 m.
- Pression au niveau de la bonde : $p_B = 1{,}3$ bar.
- Vitesse de refoulement au niveau du point R : $v_R = 7{,}2\ m \cdot s^{-1}$.
- Pression atmosphérique : $p_0 = 1{,}0$ bar.
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1{,}0.10^3\ kg \cdot m^{-3}$
- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81\ m \cdot s^{-2}$

2. Choix d'une pompe

On dispose de trois pompes numérotées 1 à 3 dont les caractéristiques sont représentées sur le document réponse 2.
Indiquer, en justifiant, la pompe qu'il convient de choisir pour assurer le recyclage de l'eau du bassin.

Base nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

III. Dimensionnement de l'installation

Pour dimensionner l'installation électrique, le technicien a besoin de connaître la puissance électrique absorbée par la pompe.

1. Montrer que la puissance hydraulique P_{hyd} de la pompe est proche de 2,2 kW.

2. On donne la plaque signalétique du moteur de la pompe.
On considère que la puissance fournie par le moteur est intégralement transmise à la pompe.

2,2 kW	85 %	1380 tr·min^{-1}
Δ 230 V Y 400V	4,3 A / 2,5 A	50 Hz

Calculer la puissance électrique $P_{élec}$ absorbée par la pompe.

C. Qualité de l'eau de remplissage du bassin

On utilisera les rappels de l'annexe 1.

I. Dureté de l'eau

Le réglage de la dureté de l'eau est primordial pour limiter la maintenance des installations hydrauliques.
Il est recommandé d'utiliser une eau dont la dureté est comprise entre 7 °f et 15 °f.

Le cahier des charges précise que les opérations de remplissage des bassins, lors des vidanges semestrielles, seront réalisées à partir de l'eau de ville dont le titre hydrotimétrique TH est égal à 45 °f.

1. Préciser la qualité de l'eau de ville.

2. Citer les ions responsables de la dureté de l'eau de ville.

3. Calculer la concentration molaire totale C_T des ions responsables de la dureté de l'eau de ville.

4. Rédiger une note de service à destination du maître d'œuvre précisant les inconvénients d'une eau trop dure et proposant un dispositif permettant d'améliorer la qualité de cette eau et expliquant son principe de fonctionnement.

II. Titre alcalimétrique complet

La connaissance du titre hydrométrique, TH, et du titre alcalimétrique complet, TAC, permet de prévoir l'entartrement des tuyaux de l'installation hydraulique.
Le pH de l'eau étant inférieur à 8,3, le titre alcalimétrique complet mesure alors la quantité des ions hydrogénocarbonate HCO_3^- contenus dans l'eau.
Dans le laboratoire d'analyse, on réalise le dosage d'un volume V égal à 25,0 mL d'eau de la ville par une solution aqueuse d'acide chlorhydrique ($H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$) de concentration molaire c_A égale à $1{,}0 \cdot 10^{-2}$ mol·L^{-1}.
On repère l'équivalence à l'aide d'un indicateur coloré acido-basique dont le virage est obtenu pour un volume versé de la solution aqueuse d'acide chlorhydrique V_{AE} égal à 8,7 mL.

Base Nationale des sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

1. Écrire l'équation de la réaction de dosage, réaction entre les ions hydrogénocarbonate HCO_3^- et les ions oxonium H_3O^+ apportés par la solution aqueuse d'acide chlorhydrique.

2. Déterminer la concentration massique c_{hydr} en ions hydrogénocarbonate.

3. En déduire la valeur du titre alcalimétrique complet, TAC, en °f de l'eau de la ville.

Données :
- Couples acide / base : CO_2, H_2O / HCO_3^- ; H_3O^+/ H_2O
- 1°f correspond à 12,2 mg·L^{-1} d'ions hydrogénocarbonates
- Masses molaires atomiques en g·mol^{-1} : H : 1,0 ; C : 12,0 ; O : 16,0

D. Atténuation du bruit de la CTA

On veut atténuer, pour le confort des visiteurs, le bruit lié au rejet de l'air par la centrale de traitement de l'air (CTA) dans l'environnement du bassin de natation.
Le bureau d'étude utilise les résultats de l'analyse fréquentielle par bandes d'octave, à 1 m de la source, indiqués sur le document réponse 3.

Le niveau d'intensité acoustique L_g global produit par l'unité d'extraction, calculé à partir des résultats du tableau du document réponse 3, est égal à 56,5 dB(A).

On préconise l'ajout d'un silencieux à baffles dont l'atténuation prévue par le fabricant est donnée dans le document réponse 3 donné en annexe.

I. Compléter dans le tableau du document réponse 3 les niveaux acoustiques atténués quand le silencieux est connecté au système de ventilation de la CTA.

II. Sachant que le niveau acoustique L_{ga} global tenant compte de l'atténuation est égal à 43,6 dB(A), calculer l'atténuation globale A obtenue grâce au silencieux.

III. Justifier à partir du document ci-dessous que le confort est amélioré.



Donnée :

Le niveau d'intensité acoustique global L d'un son dont la composition spectrale indique les niveaux d'intensité acoustique par bandes d'octave L_1, L_2, … , L_n est donné par la relation :

$$L = 10 \times \log\left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \ldots + 10^{\frac{L_n}{10}}\right)$$

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Annexe 1

L'eau dure, l'eau douce

Une eau dure est une eau qui contient beaucoup de sels dissous, en particulier des sels de calcium (le bicarbonate de calcium pouvant se transformer en calcaire) et de magnésium; c'est pourquoi la dureté d'une eau est mesurée par sa teneur en calcium et magnésium. À l'inverse, une eau douce est une eau qui en contient peu.
Dans la nature, toutes les eaux n'ont pas la même dureté : les eaux du Massif Central, des Vosges et du Massif Armoricain par exemple sont douces (moins de 200 milligrammes de calcaire dissous par litre d'eau), alors que certaines eaux de la Région parisienne sont très dures (jusqu'à 900 milligrammes de calcaire dissous par litre d'eau).

Il n'y a aucun danger à boire une eau dure lorsqu'on est en bonne santé. Contrairement à ce qui est souvent affirmé, la présence d'ions calcium dans l'eau aurait même tendance à diminuer le risque de formation de calculs rénaux.

Cependant, une eau trop dure peut présenter des inconvénients d'utilisation. L'eau dure diminue en effet les propriétés détergentes des lessives et savons qu'il faut utiliser en plus grande quantité. Par ailleurs, son usage en agriculture augmente la concentration de sels dans les sols et favorise leur stérilisation. Enfin, certains sels, en particulier le calcaire, peuvent se déposer, sous une forme solide appelée tartre, sur les parois des canalisations, des ballons d'eau chaude ou des chaudières.

À l'inverse, une eau trop douce est une eau corrosive qui ronge les parois des canalisations favorisant la formation de fuites. Or les bactéries se développent préférentiellement aux points de fuite et de corrosion. En outre, la corrosion augmente la concentration dans l'eau de substances nocives à la consommation, notamment le cuivre, l'étain ou le plomb, selon le matériau constituant les conduites. Une eau trop douce est donc une eau qui contribue à la dégradation de la qualité de l'eau dans les canalisations.

Afin de protéger les équipements de l'encrassement tout en maintenant la qualité de l'eau lors de sa distribution, l'eau doit donc être juste assez dure pour qu'une couche protectrice de carbonate de calcium se dépose sur les parois des canalisations et isole ainsi ces parois de l'eau transportée.

Texte issu du site cnrs.fr

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

$$\mathbf{TH = ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]) \times 10^4} \quad \text{avec } [Ca^{2+}] \text{ et } [Mg^{2+}] \text{ en mol·L}^{-1}$$

Plage de valeurs du titre hydrotimétrique

TH (°f)	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	+40
Qualité de l'eau	très douce	douce	plutôt dure	dure	très dure

Base Nationale des Sujets d'examens de l'enseignement professionnel

Annexe 2 : Distribution d'eau

Conservation de l'énergie dans un fluide s'écoulant entre deux points 1 et 2 :	
sans pompe	***avec pompe***
$\frac{1}{2}\frac{v_1^2}{g} + \frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{1}{2}\frac{v_2^2}{g} + \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \Delta h$	$\frac{1}{2}\frac{v_1^2}{g} + \frac{p_1}{\rho g} + z_1 + H_{mt} = \frac{1}{2}\frac{v_2^2}{g} + \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \Delta h$
p : pression statique (en Pa) ρ : masse volumique du fluide (en kg·m^{-3}) z : altitude (en m) v : vitesse du fluide (en m·s^{-1})	H_{mt} : hauteur manométrique fournie par la pompe (en mCF) Δh : pertes de charge entre 1 et 2 (en mCF) Accélération de la pesanteur : g = 9,81 m·s^{-2}

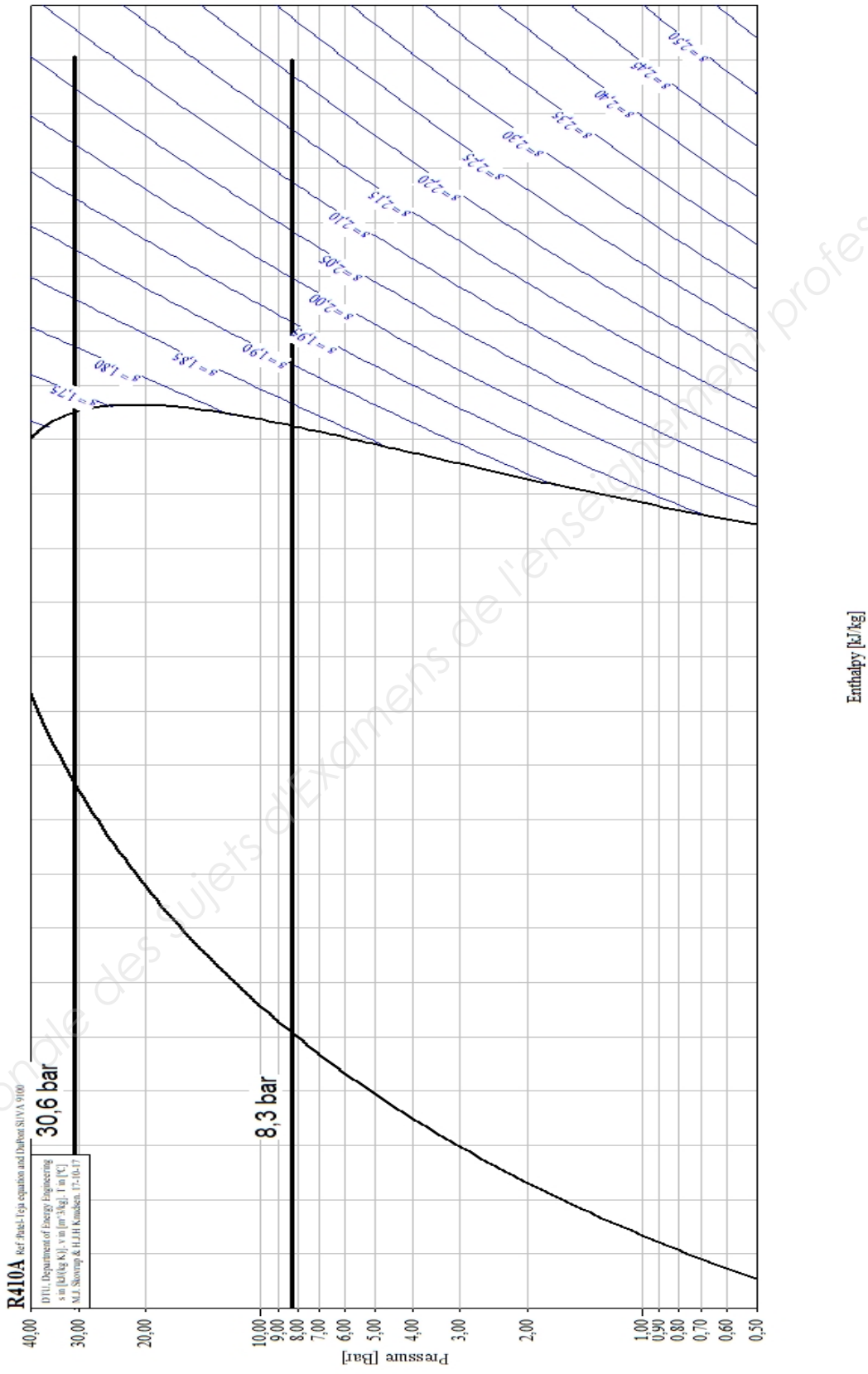
La puissance fournie au fluide par la pompe est la puissance utile et s'exprime par la relation ci-contre: $P_U = \rho.g.q_V.H_{mt}$

avec P_U en watt (W) ; ρ en kg·m^{-3} ; q_V en m^3·s^{-1} ; H_{mt} en mCF

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Document réponse 1

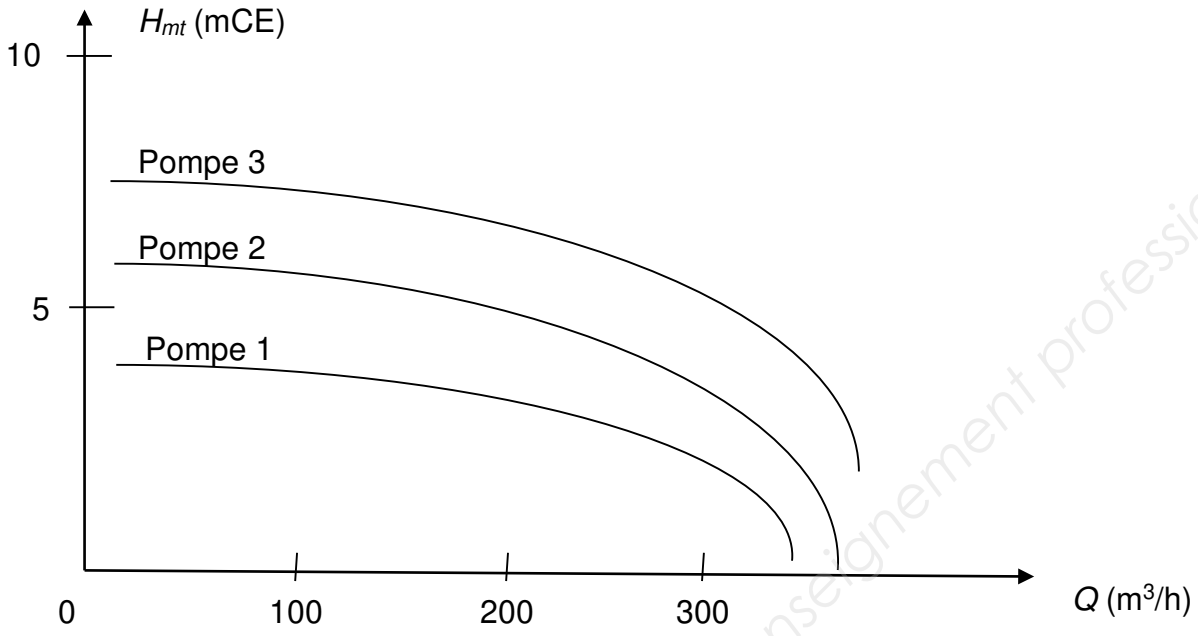
à rendre avec la copie



Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Document réponse 2
à rendre avec la copie



Document réponse 3
à rendre avec la copie

Fréquence *f* (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Niveau acoustique de l'unité d'extraction (dB(A))	42	49	50	51	50	44	35	32
Atténuation du silencieux à baffles (dB)	3	8	17	35	41	31	18	11
Niveau acoustique atténué (dB(A))	…	…	…	…	…	…	…	…

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.