

BTS

CONCEPTION ET RÉALISATION

DE SYSTÈMES AUTOMATIQUES

**U32 – SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES
APPLIQUÉES**

2019

SUJET

**Durée : 2 h 00 - Coefficient : 2
Barème sur 20 points**

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

**La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront
dans l'appréciation des copies.**

IMPORTANT

Ce sujet comporte 11 pages.
Les documents réponses pages 10 et 11 sont à rendre avec la copie.

2019	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
19-CSE3SPC-1 Id 16-B	Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coefficient : 2	Durée : 2 h	1/11

Le parc aquatique

La conception et la maintenance d'un tel parc fait appel à des compétences multiples : chauffage et climatisation, traitement de l'eau et de l'air, hydraulique (pompe de circulation), électrique (éclairage, alimentation, sécurité).

On se propose d'aborder dans ce sujet les parties suivantes :

- chauffage de l'eau des piscines (besoins et pompe à chaleur) : partie A ;
- étude du circuit hydraulique d'un toboggan aquatique : partie B ;
- étude partielle de la régulation du pH des eaux de piscine : partie C.

A. Chauffage de l'eau des piscines (12 points)

I. Besoins énergétiques

L'ensemble des piscines du parc aquatique peut être assimilé à un bassin de longueur 30 m, de largeur 15 m et de profondeur moyenne 1,2 m.

Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Capacité calorifique massique de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

On rappelle qu'un corps à la température initiale θ_{initiale} recevant une quantité d'énergie Q atteint une température finale θ_{finale} telle que $Q = m \cdot c \cdot (\theta_{\text{finale}} - \theta_{\text{initiale}})$.

1. Calculer le volume V_e d'eau présent dans le bassin.
2. En déduire la masse m_e d'eau présente.
3. Avant l'ouverture au public début juin, on désire éléver la température de l'eau d'une valeur $\Delta\theta = (\theta_{\text{finale}} - \theta_{\text{initiale}}) = 7,0^\circ\text{C}$. Calculer la quantité d'énergie Q nécessaire à apporter. On exprimera cette quantité en kJ puis en kWh.
4. Le technicien estime la durée Δt de cette montée en température à environ 120 heures. Calculer la puissance calorifique P_{CAL} que devra apporter le système de chauffage.

II. Pompe à chaleur

L'installation est utilisée au mois de juin où la température moyenne à l'extérieur est $\theta_{\text{ext}} = 18^\circ\text{C}$. Les caractéristiques techniques du modèle de pompe à chaleur (WPL23) utilisée sont fournies en **annexe 1 page 8**. Le technicien estime, que compte tenu des pertes, la puissance totale calorifique nécessaire est $P_{\text{TCAL}} = 40 \text{ kW}$.

1. L'installation peut être constituée d'une ou de deux pompes à chaleur afin d'augmenter la puissance si cela est nécessaire. Un composant des pompes à chaleur, appelé ballon, fournit de l'énergie à l'eau de la piscine. La température de départ vers le ballon, notée $\theta_{\text{départ ballon}}$, est un paramètre de fonctionnement de la pompe à chaleur. Elle vaut $\theta_{\text{départ ballon}} = 35^\circ\text{C}$.
- 1.1. Relever la valeur de la puissance calorifique P_{1PAC} disponible pour une pompe à chaleur.

2019	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
19-CSE3SPC-1 Id 16-B	Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coefficient : 2	Durée : 2 h	2/11

- 1.2. Cette installation est-elle suffisante ? Justifier.
- 1.3. Les puissances disponibles pour les autres températures de « départ-ballon » sont-elles envisageables pour satisfaire aux besoins ? Justifier.
2. Le coefficient de performance (ou COP) est par définition le rapport de la puissance calorifique fournie P_{1PAC} sur la puissance électrique absorbée P_{EA} pour la pompe, soit :

$$COP = \frac{P_{1PAC}}{P_{EA}}$$

- 2.1. Déterminer graphiquement sur **l'annexe 1 page 8** la valeur du COP pour la température $\theta_{\text{départ ballon}} = 35^\circ\text{C}$.
- 2.2. Calculer alors la puissance absorbée électrique totale P_{TEA} consommée par les deux pompes à chaleur au cours de cette montée en température.
3. À l'aide de vos connaissances, citer un autre type d'installation dit écologique permettant d'apporter un complément calorifique. Justifier le qualificatif « écologique ».

III. Étude du compresseur

Chaque pompe à chaleur est munie de deux compresseurs.

On s'intéresse ici au moteur du compresseur. Sur la plaque signalétique (où l'unité sonore a volontairement été retirée), on lit :

Tension Y 400 V	Puissance 2,8 CV	Vitesse 2900 tr·min ⁻¹	cos φ 0,91
Fréquence 50 Hz	Courant Max 6 A	Courant rotor bloqué 40 A	Niveau sonore 89 ___

1. Le moteur est couplé à un réseau triphasé 230/400 V.
 - 1.1. Ce moteur est-il synchrone ou asynchrone ? Justifier.
 - 1.2. Représenter sur **le document réponse 1 figure 1 page 10** le couplage du moteur sur le réseau. Reporter sur ce document la valeur des tensions fléchées en précisant s'il s'agit de la tension simple ou composée (V ou U respectivement).
 - 1.3. Indiquer sur ce même **document réponse 1 figure 1 page 10**, le branchement de l'appareil de mesure permettant de relever la valeur efficace de la tension simple. Quelle position (AC ou DC) du commutateur faut-il choisir ?
 - 1.4. Le compresseur utilisé ne peut tourner que dans un seul sens. Que faut-il changer dans le branchement du moteur, entraînant le compresseur, s'il tourne dans le mauvais sens ?
2. Convertir la puissance utile nominale P_{UN} en kW puis calculer la puissance absorbée nominale P_{AN} sachant que le rendement est $\eta = 0,90$.
On donne 1 CV (*cheval*) = 736 W.
3. Calculer alors le courant nominal I_N .

2019 19-CSE3SPC-1 Id 16-B	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coefficient : 2	Durée : 2 h	3/11
---------------------------------	--	-----------------	-------------	------

4. Intensité sonore du système.

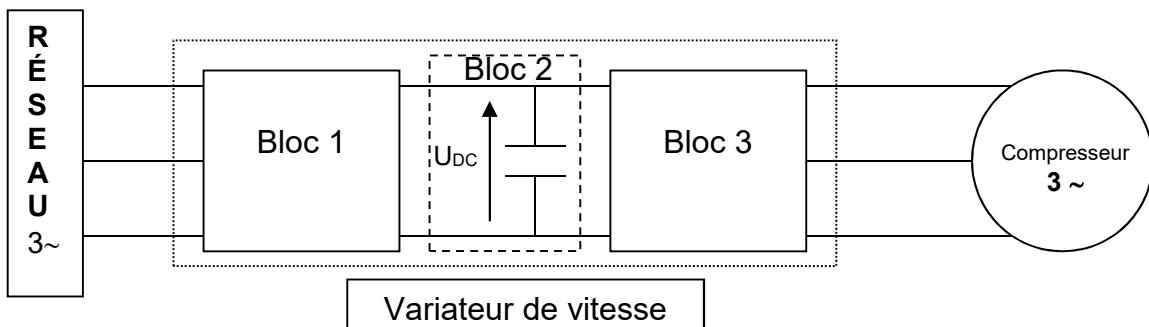
4.1. Citer l'unité de mesure du niveau d'intensité sonore.

4.2. Citer un dispositif de protection à utiliser au cours d'une intervention sur ce système.

IV. Étude de l'ensemble compresseur Inverter (variateur)

L'utilisation d'une régulation par variation de fréquence sur les compresseurs permet d'adapter de manière continue la puissance calorifique fournie en fonction des besoins en pilotant la vitesse de rotation du compresseur. Celui-ci est connecté au réseau par l'intermédiaire d'un variateur de vitesse maintenant le rapport U/f constant.

Le schéma fonctionnel simplifié du variateur de vitesse est donné ci-dessous.



Le variateur est modélisé par trois blocs : les blocs 1 et 3 sont des convertisseurs. Le bloc 2 est constitué d'un condensateur placé en parallèle et permet d'obtenir une tension U_{DC} constante.

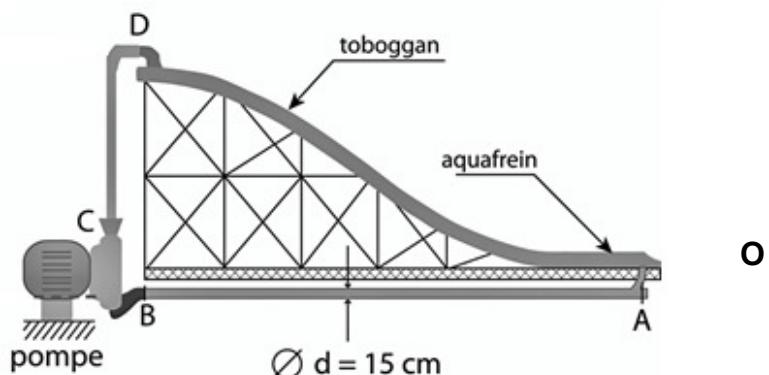
1. Déterminer le type de conversion réalisée par le bloc 1. Préciser le nom de ce convertisseur.
2. Déterminer le type de conversion réalisée par le bloc 3. Préciser le nom de ce convertisseur.
3. Expliquer l'intérêt d'associer ainsi les deux convertisseurs.

B. Étude du circuit hydraulique d'un toboggan aquatique (3 points)

Cette partie porte sur un des toboggans du parc.

Fiche constructeur :

- débit d'eau : $40 \text{ m}^3/\text{h}$;
- longueur de glisse : $27,5 \text{ m}$;
- longueur d'aquafrein : $6,50 \text{ m}$;
- hauteur : $4,0 \text{ m}$;
- pente moyenne : $12,8 \%$.



2019	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	Sujet
19-CSE3SPC-1 Id 16-B	Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coefficient : 2 Durée : 2 h 4/11

L'installation est composée :

- d'une conduite d'aspiration AB horizontale pompant l'eau dans la zone d'aquafrein (zone d'arrêt des utilisateurs). Son diamètre est $d = 15$ cm (soit une section de 1.76×10^{-2} m²) et sa longueur $L_1 = 5,0$ m ;
- d'une pompe centrifuge ayant un rendement $\eta = 0,90$ qui aspire l'eau à un débit volumique $Q_V = 40$ m³·h⁻¹ depuis la zone d'aquafrein et la refoule à la zone de départ du toboggan ;
- d'une conduite de refoulement CD verticale de diamètre $d = 15$ cm et de longueur $L_2 = 4,0$ m ;
- d'un toboggan formant une piste descendante permettant d'acheminer par gravité l'eau vers la zone d'aquafrein.

On donne :

- la masse volumique de l'eau : $\rho = 1000$ kg·m⁻³ ;
- la viscosité cinétique de l'eau : $\nu = 1,0 \times 10^{-6}$ m²·s⁻¹ ;

1. Citer les différents types de pertes de charge.

On suppose pour la suite de l'exercice que tous les types de pertes de charge sont négligeables.

2. Convertir le débit volumique en m³·s⁻¹ puis montrer que la vitesse d'écoulement dans la conduite AB est $V = 0,63$ m·s⁻¹.

3. On s'intéresse à la nature de l'écoulement.

3.1 Déterminer le nombre de Reynolds Re dans la conduite sachant que

$$Re = \frac{V d}{\nu}$$

3.2. En déduire la nature de l'écoulement (laminaire ou turbulent) en se servant de l'**annexe 2 page 9**.

C. Étude partielle de la régulation du pH des eaux de piscine (5 points)

D'après la réglementation, à la température de 25 °C, une eau de piscine doit avoir un pH compris entre 6,9 et 7,7.

L'efficacité maximale des désinfectants est obtenue lorsque l'eau a un pH compris entre 7,1 et 7,4. Lorsque le pH est maintenu dans cet intervalle, la quantité de désinfectant nécessaire à l'entretien sera réduite considérablement.

1. Déterminer la nature acide ou basique d'une eau dont le pH est de 7,2 à 25 °C. Justifier la réponse.

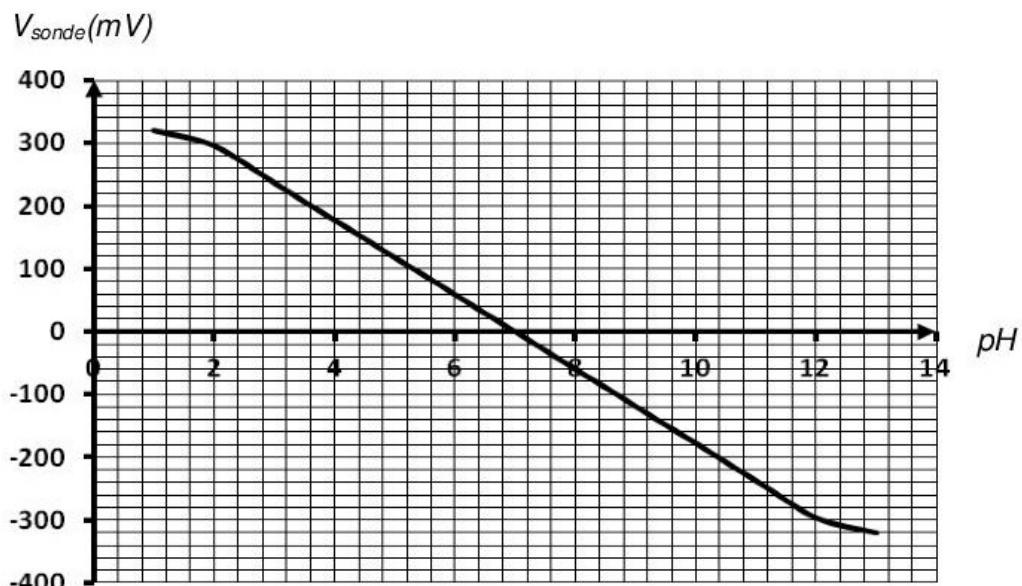
2019 19-CSE3SPC-1 Id 16-B	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coefficient : 2	Durée : 2 h	Sujet 5/11
---------------------------------	--	-----------------	-------------	---------------

2. Sur un des produits utilisés pour corriger le pH, on peut lire le pictogramme ci-dessous :



Préciser sa signification et les moyens appropriés de protection élémentaire.

3. La mesure du pH est effectuée par un capteur muni d'une sonde à membrane dont une des deux électrodes est trempée dans un liquide de référence. La caractéristique $V_{sonde} = f(pH)$ de la sonde est donnée ci-dessous.



3.1. Préciser les grandeurs d'entrée et de sortie de la sonde.

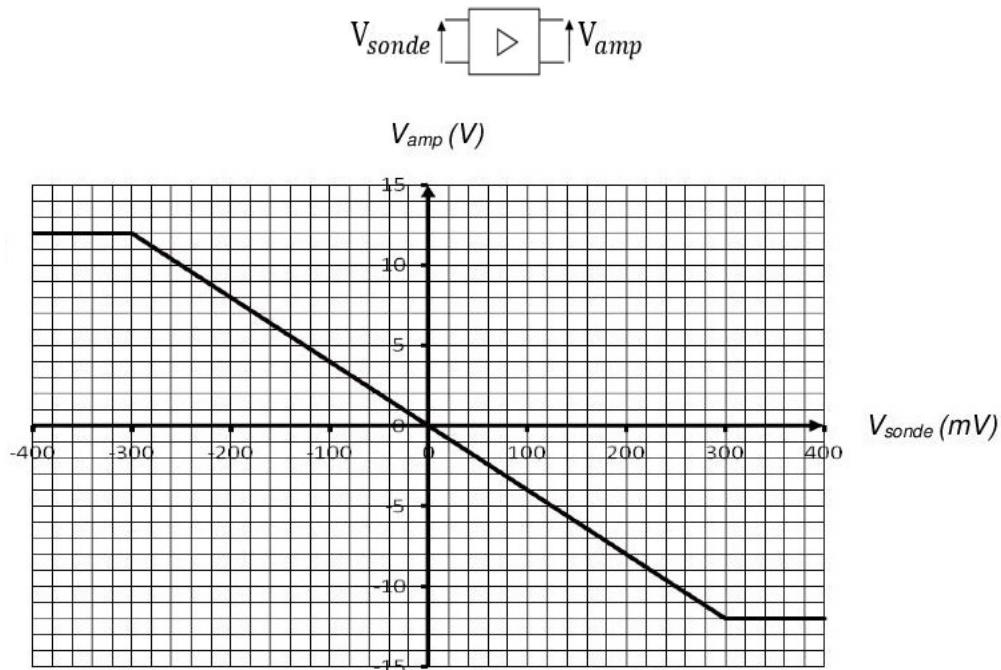
3.2. Déterminer la sensibilité s de la sonde dans la zone linéaire sachant que :

$$s = \frac{\Delta V_{sonde}}{\Delta pH}$$

3.3. Déterminer graphiquement la valeur de V_{sonde} si $pH = 7,0$ puis si $pH = 8,0$.

2019 19-CSE3SPC-1 Id 16-B	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coefficient : 2	Durée : 2 h	Sujet 6/11
---------------------------------	--	-----------------	-------------	---------------

4. La tension issue de la sonde étant trop faible, il est nécessaire de l'amplifier. La caractéristique statique de l'amplificateur de tension utilisé est représentée ci-dessous :



- 4.1. L'amplificateur est-il inverseur ou non-inverseur ? Justifier votre réponse.

Dans la zone linéaire, le facteur d'amplification $A_v = \frac{V_{amp}}{V_{sonde}}$ vaut $A_v = -40$.

- 4.2. Déduire la valeur de la tension amplifiée V_{amp} si pH = 7,0 puis si pH = 8,0.

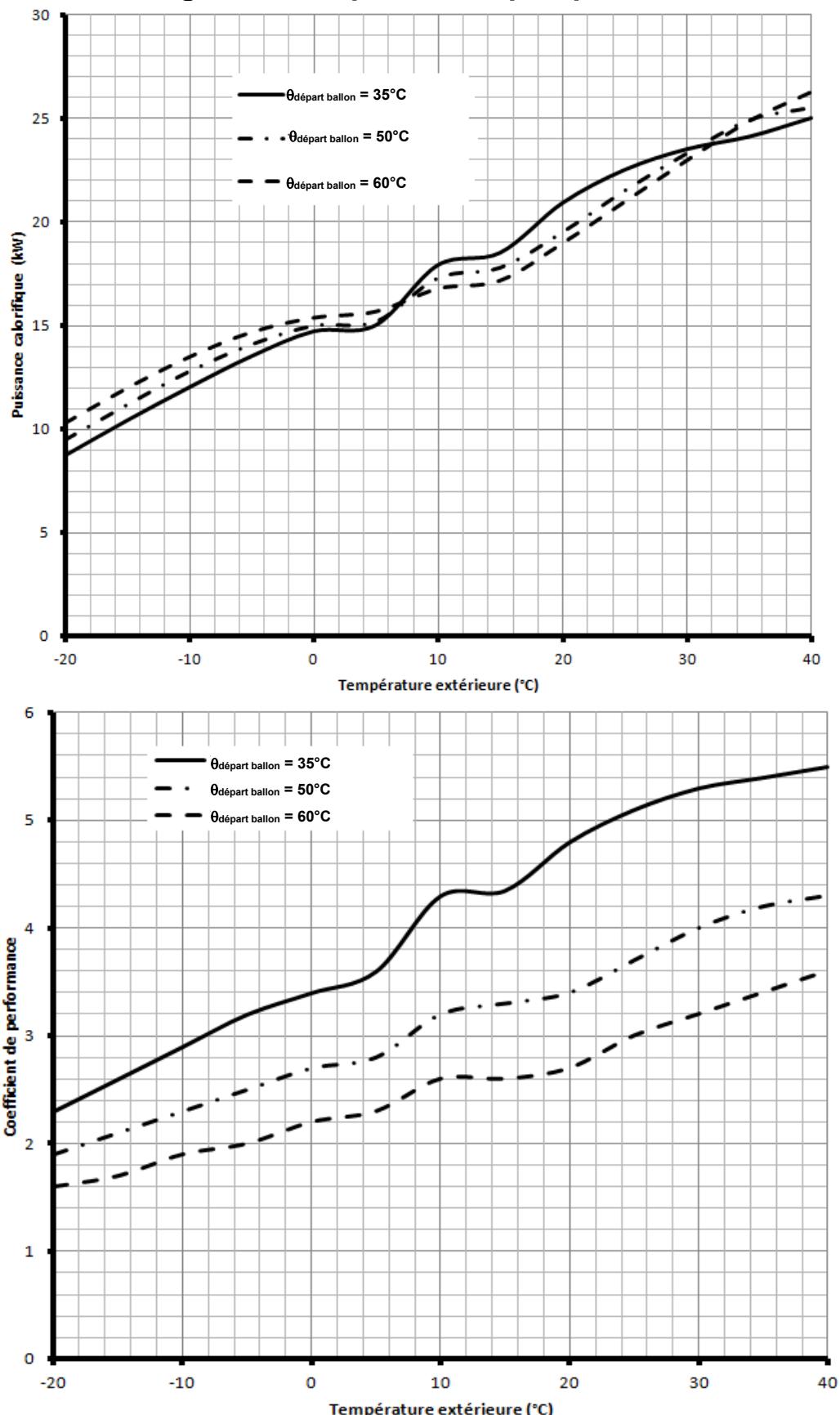
5. Pour la sonde associée à l'amplificateur, la courbe de réponse à un échelon de pH d'une unité est donnée sur le **document réponse 2 figure 2 page 11**.

Déterminer graphiquement le temps de réponse à 5%, $t_{r(5\%)}$ de ce capteur. On fera apparaître les traits de construction.

Le temps réponse à 5% correspond au temps que met le capteur pour atteindre 95 % de sa valeur finale lorsque le pH varie d'une unité.

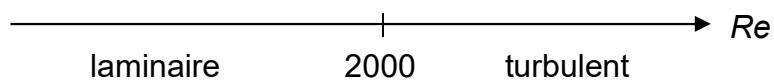
2019 19-CSE3SPC-1 Id 16-B	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coefficient : 2	Durée : 2 h	Sujet 7/11
---------------------------------	--	-----------------	-------------	---------------

Annexe 1 : diagramme de puissance pompe à chaleur WPL23



2019	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	Sujet
19-CSE3SPC-1 Id 16-B	Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coefficient : 2 Durée : 2 h 8/11

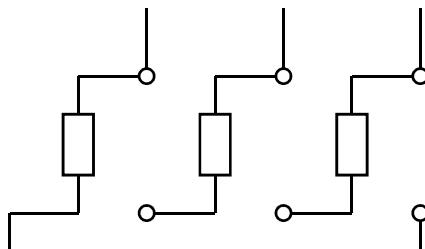
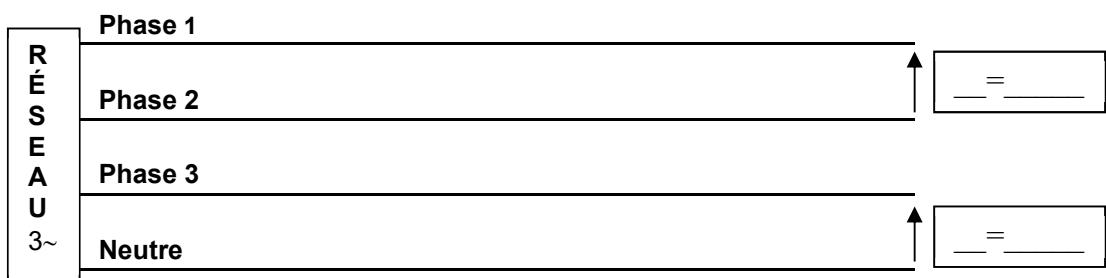
Annexe 2 : nature de l'écoulement et nombre de Reynolds



2019	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
19-CSE3SPC-1 Id 16-B	Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coefficient : 2	Durée : 2 h	9/11

Document réponse 1 (à rendre avec la copie)

Figure 1

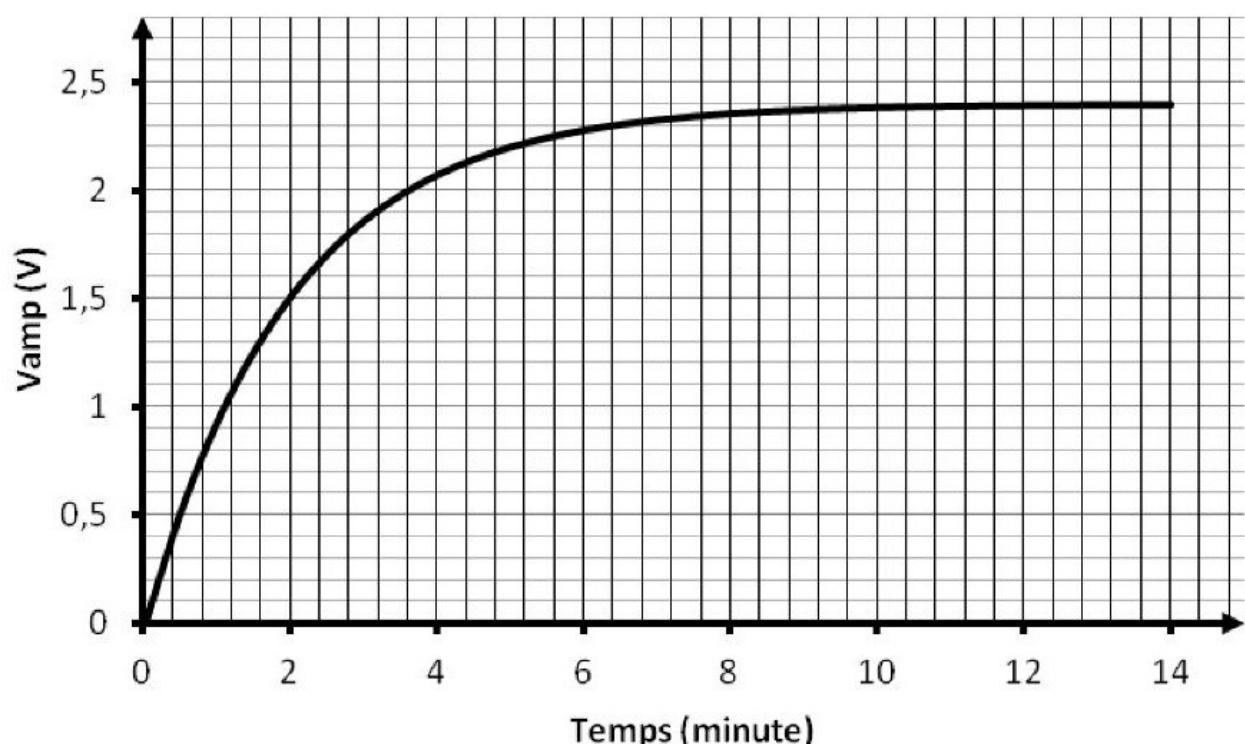


Stator

2019	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
19-CSE3SPC-1 Id 16-B	Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coefficient : 2	Durée : 2 h	10/11

Document réponse 2 (à rendre avec la copie)

Figure 2



2019 19-CSE3SPC-1 Id 16-B	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Coefficient : 2	Durée : 2 h	Sujet 11/11
---------------------------------	---	-----------------	-------------	----------------