

BTS CONCEPTION ET RÉALISATION DE SYSTÈMES AUTOMATIQUES

U32 – SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES APPLIQUÉES

2024

SUJET

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

**L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.**

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

IMPORTANT

Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1 à 11.

Les documents-réponses listés ci-dessous sont à rendre avec la copie :

Numéro	Page
1	10
2	10
3	11

2024	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
24-CSE3SPC-1	E32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	1/11

Un centre de vacances possède une piscine intérieure. Conformément à la loi, les bassins à usage collectif (copropriétés, camping, piscines municipales, etc.) doivent être vidangés entièrement deux fois par an.

La vidange peut s'effectuer dans le réseau d'eaux pluviales après neutralisation des produits de traitement. Le débit d'évacuation doit être limité et dépend de la réglementation locale.



Le centre fonctionne toute l'année, y compris durant la période hivernale. Des travaux d'isolation sont prévus durant la période de vidange du bassin.

Ce sujet comporte plusieurs parties indépendantes :

- partie 1 : vidange de la piscine ;
- partie 2 : isolation des parois et étude des besoins en chauffage du local ;
- partie 3 : chauffage de l'eau du bassin et du local ;
- partie 4 : contrôle de la température de l'eau.

Partie 1. Vidange de la piscine (4 points)

Le pH de l'eau de la piscine a été mesuré. Il vaut 7,3.

Q1. Préciser, en justifiant, le caractère acide, basique ou neutre de cette eau.

La désinfection des piscines se fait le plus souvent en utilisant des produits dérivés du chlore qui permettent l'élimination des bactéries, des algues ou des champignons.

Du fait de sa dangerosité, seules les piscines publiques municipales sont autorisées à utiliser du dichlore gazeux de formule chimique Cl_2 .

La fiche de sécurité du dichlore est la suivante :

FORMULE	NOM	NUMÉRO CAS	NUMÉRO CE	NUMÉRO INDEX
Cl_2	dichlore	7782-50-5	231-959-5	017-001-00-7

			
1	2	3	4

Figure 1. Fiche de sécurité du dichlore (Institut national de recherche et de sécurité – INRS)

Q2. Identifier les différents risques liés à l'utilisation du dichlore.

L'eau du bassin doit être neutralisée avant d'effectuer la vidange. Cette opération peut s'effectuer en utilisant un produit neutralisateur du dichlore.

Deux solutions sont disponibles :

- une solution de thiosulfate de sodium contenant des ions thiosulfate $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$;
- une solution de sulfate de sodium contenant des ions sulfate $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$.

2024	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
24-CSE3SPC-1	E32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	2/11

Q3. Choisir parmi ces deux solutions celle permettant de neutraliser le dichlore en justifiant à partir des données présentées dans la figure 2.

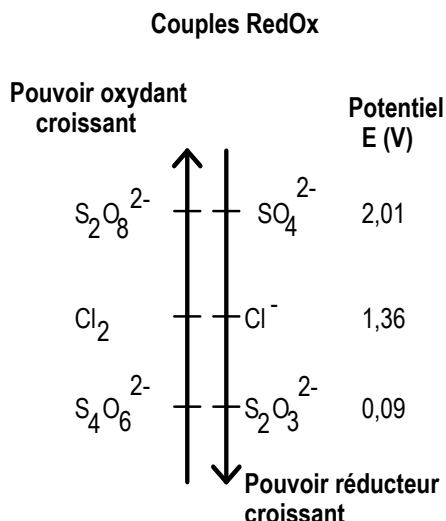


Figure 2. Potentiels d'oxydoréduction de quelques couples redox

L'évacuation se fait par gravité dans le réseau d'assainissement en utilisant la bonde de fond associée à une vanne manuelle à débit réglable.

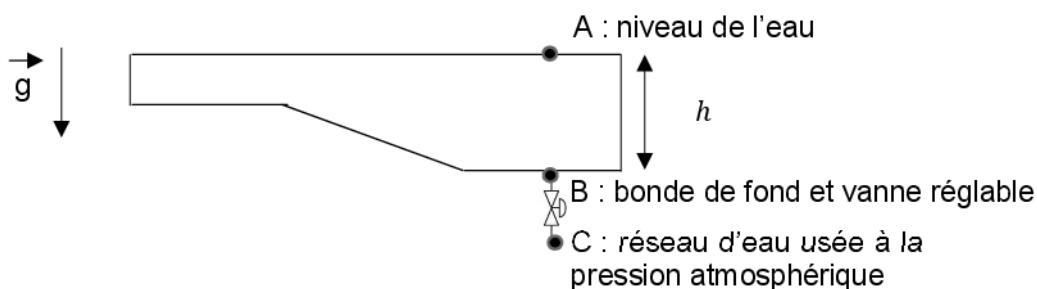


Figure 3. Vue de profil du bassin

Données :

- intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$;
- pression atmosphérique : $P_{\text{atm}} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$;
- masse volumique de l'eau à 25°C : $\rho_{\text{eau}} = 997 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
- volume d'eau contenu dans la piscine : $V = 160 \text{ m}^3$;
- profondeur maximale du bassin : $h = 2,5 \text{ m}$.

Q4. Calculer la pression P_B au point B (en pascal) lorsque le bassin est rempli et que l'eau est au repos (vanne fermée).

2024	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
24-CSE3SPC-1	E32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	3/11

Afin de vidanger le bassin, on ouvre la vanne. L'écoulement est supposé permanent et l'eau est considérée comme un fluide parfait et incompressible. Dans ces conditions, l'équation de Bernoulli appliquée le long d'un tube de courant entre les points A et C s'écrit :

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_A^2 + \rho \cdot g \cdot z_A + P_A = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_C^2 + \rho \cdot g \cdot z_C + P_C$$

avec :

- ρ : masse volumique du liquide ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) ;
- v : vitesse d'écoulement du fluide ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) ;
- P : pression au point en pascal (Pa) ;
- g : valeur de l'intensité de la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$) ;
- z : altitude (m).

On considère que la vitesse v_A à la surface du bassin est nulle.

Q5. Démontrer que la vitesse v_C de l'écoulement à la sortie de la vanne peut être modélisé par la relation :

$$v_C = \sqrt{2 \cdot g \cdot (z_A - z_C)}.$$

2024	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
24-CSE3SPC-1	E32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	4/11

Partie 2. Isolation des parois et besoin en chauffage du local (4 points)

Donnée :

Le flux thermique à travers une paroi séparant deux milieux respectivement à la température θ_1 et θ_2 est donné par la relation suivante :

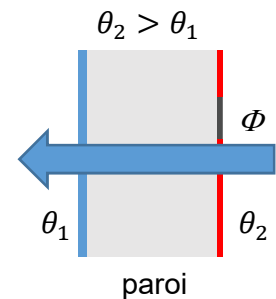
$$\Phi = \frac{\Delta\theta \cdot S}{R_{Th}}$$

$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$: différence de température entre les deux milieux (K ou °C).

S : surface de la zone de séparation (m^2).

R_{Th} : résistance thermique surfacique de la paroi ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$).

Φ : flux thermique (W).



Les échanges thermiques s'effectuent selon trois modes de transfert thermique.

Q6. Sur le document-réponse 1 à rendre avec la copie, préciser le nom du mode de transfert thermique correspondant à chacune des définitions données.

L'isolation du local piscine étant insuffisante, les échanges thermiques avec l'extérieur sont importants, été comme hiver. Afin de réduire les coûts liés au chauffage, on procède à la mise en place d'une nouvelle isolation des murs, des fenêtres et du toit.

On indique ci-dessous les résistances thermiques surfaciques des trois différentes couches de matériaux constituant les murs isolés.

Matériau	Résistance thermique surfacique ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$)
Parpaing creux	0,23
Polystyrène extrudé	5
Panneau de liège	0,53

On précise que la résistance thermique surfacique d'une paroi constituée de couches de matériaux différents est égale à la somme des résistances thermiques surfaciques de chaque couche de matériaux.

Q7. Calculer la résistance thermique surfacique totale R_{murs} des murs isolés.

Les parois verticales ont une surface totale de $300 m^2$, dont environ $32 m^2$ de surfaces vitrées.

La température extérieure θ_{ext} vaut $5^\circ C$.

On souhaite maintenir une température intérieure $\theta_{int} = 25^\circ C$.

Q8. Calculer le flux thermique Φ_{murs} en W à travers les murs isolés.

Le flux thermique perdu pour l'ensemble du bâtiment est voisin de $\Phi_{total} = 6,7 kW$. On installe des radiateurs de puissance nominale $P_r = 1\,000 W$.

Q9. Déterminer le nombre de radiateurs à installer pour maintenir la température intérieure à la valeur souhaitée.

2024	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
24-CSE3SPC-1	E32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	5/11

Partie 3. Chauffage de l'eau du bassin et du local (8 points)

Données :

- masse volumique de l'eau : $\rho = 997 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
- capacité thermique massique de l'eau : $C_{\text{eau}} = 4\,180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$.

Lors de la mise en eau de la piscine, la température d'arrivée de l'eau θ_i issue du réseau est d'environ 12°C .

Pour un confort d'utilisation, il est nécessaire d'amener celle-ci à une température $\theta_f = 26^\circ\text{C}$.

Le volume d'eau de la piscine est d'environ $V = 160 \text{ m}^3$.

Q10. Déterminer la valeur de la quantité d'énergie thermique E_{eau} à apporter pour élever la température de l'eau de θ_i à θ_f . Exprimer le résultat en Joule (J) puis en kilowattheure (kWh).

La puissance utile P_u du système de chauffage est de 75 kW.

Q11. Calculer la durée Δt nécessaire pour élever la température de l'eau de θ_i à θ_f . Exprimer cette durée en heures et minutes.

Le rendement du système de chauffage est $\eta = 95\%$.

Q12. En déduire la puissance absorbée P_{abs} par celui-ci pendant cette phase de fonctionnement ainsi que l'énergie E_{abs} absorbée en kilowattheure.

Le coût moyen du kilowattheure est d'environ vingt centimes d'euro.

Q13. Calculer le prix de revient pour élever la température de l'eau de θ_i à θ_f .

Le centre de vacances hésite à installer une pompe à chaleur air / eau triphasée dont les caractéristiques sont données ci-dessous.

Type de piscine	Bassin enterré ou hors-sol
Alimentation électrique	400 V / 50 Hz triphasé
Coefficient de performance énergétique COP à 5°C	3,85
Réversibilité	Oui
Raccordement	$\varnothing 90 \text{ mm}$
Contrôle de température	Oui
Direction ventilateur	Verticale
Gaz réfrigérant	R407-C
Puissance consommée	28 000 W (28 kW)
Puissance de chauffe restituée	108 000 W (108 kW) à 28°C (eau chaude restituée)
Intensité absorbée	52,2 A
Niveau acoustique	57 dB (à 10 m)
Utilisation professionnelle	Oui
Dimensions	1 425 × 1 955 × 1 050 mm
Poids	720 kg

Q14. Déterminer la puissance apparente S de la pompe à chaleur dans les conditions de fonctionnement nominales.

2024	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
24-CSE3SPC-1	E32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	6/11

Q15. En déduire le facteur de puissance k de la pompe à chaleur. Commenter la valeur obtenue.

Le réseau électrique disponible dans le centre de vacances est un réseau triphasé 230 V / 400 V – 50 Hz.

Q16. Compléter le schéma sur le document-réponse 2 à rendre avec la copie en fléchant la tension simple v_1 et la tension composée u_{12} .

Déterminer les valeurs efficaces V_1 et U_{12} de ces tensions.

Q17. Donner la relation qui relie la valeur efficace V_1 de la tension simple à la valeur efficace U_{12} de la tension composée.

Les caractéristiques du moteur électrique de cette pompe à chaleur sont données sur la plaque signalétique ci-dessous.

Moteur triphasé asynchrone : MAS	Valeurs nominales
	28 kW
	400 V / 690 V
	50 Hz
	1 350 tr · min ⁻¹

Les fréquences de synchronisme possibles à 50 Hz peuvent prendre les valeurs 3 000 tr · min⁻¹, 1 500 tr · min⁻¹ ou 1 000 tr · min⁻¹.

Q18. À partir de la plaque signalétique, justifier que ce moteur est un moteur asynchrone.

Q19. Déterminer la nature du couplage à réaliser pour alimenter ce moteur dans les conditions nominales de tension. Justifier la réponse.

Q20. Effectuer le schéma de ce couplage sur le document-réponse 3 à rendre avec la copie et représenter les connexions du moteur sur le réseau d'alimentation.

2024	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
24-CSE3SPC-1	E32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	7/11

Partie 4. Contrôle de la température de l'eau (4 points)

La température de l'eau du bassin ne doit jamais descendre en dessous d'une température minimale $\theta_{\min} = 22\text{ °C}$, ni être supérieure à une température maximale $\theta_{\max} = 30\text{ °C}$. Afin de contrôler cette température, une sonde de température de type Pt 1000 est mise en place.

Cette sonde est un capteur passif car la grandeur de sortie R_{Pt} est une résistance. La chaîne de traitement électronique du capteur Pt 1000 se compose donc d'un diviseur de tension, d'un soustracteur et d'un amplificateur, conformément au schéma synoptique ci-dessous (figure 4).

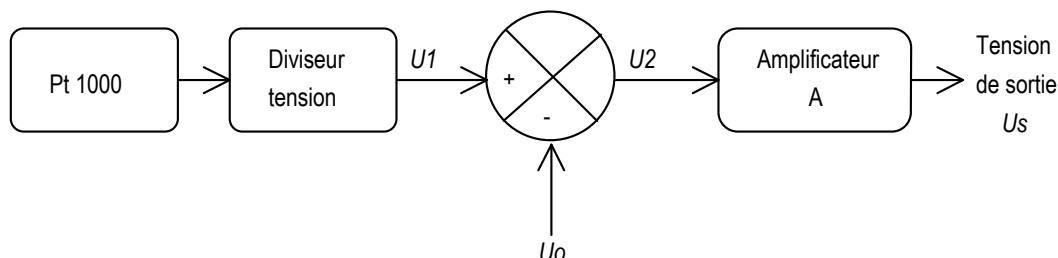


Figure 4. Chaîne de traitement électronique du capteur Pt 1000

Le signal est mis en forme grâce à un montage diviseur de tension.

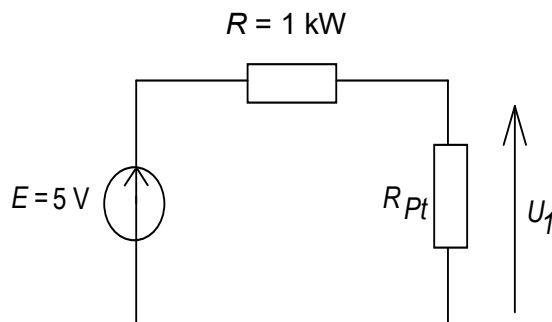


Figure 5. Montage diviseur de tension

On peut montrer que la tension de sortie U_1 peut s'exprimer par :

$$U_1 = 5 \times \frac{1000 + 3,85 \times \theta}{2000 + 3,85 \times \theta}$$

où la température θ est exprimée en $^{\circ}\text{C}$.

Q21. Justifier l'emploi du montage diviseur de tension associé à la sonde de température Pt 1000.

Q22. En déduire la valeur de la tension U_1 pour la température $\theta_1 = 0\text{ °C}$.

On souhaite que la tension U_2 prenne la valeur 0 V pour une valeur de température $\theta_1 = 0\text{ °C}$.

Q23. À partir du schéma synoptique (figure 4), déterminer la valeur de U_0 permettant de répondre à cette condition.

2024	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
24-CSE3SPC-1	E32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	8/11

On donne ci-dessous la caractéristique de transfert de l'amplificateur de tension utilisé (figure 6).

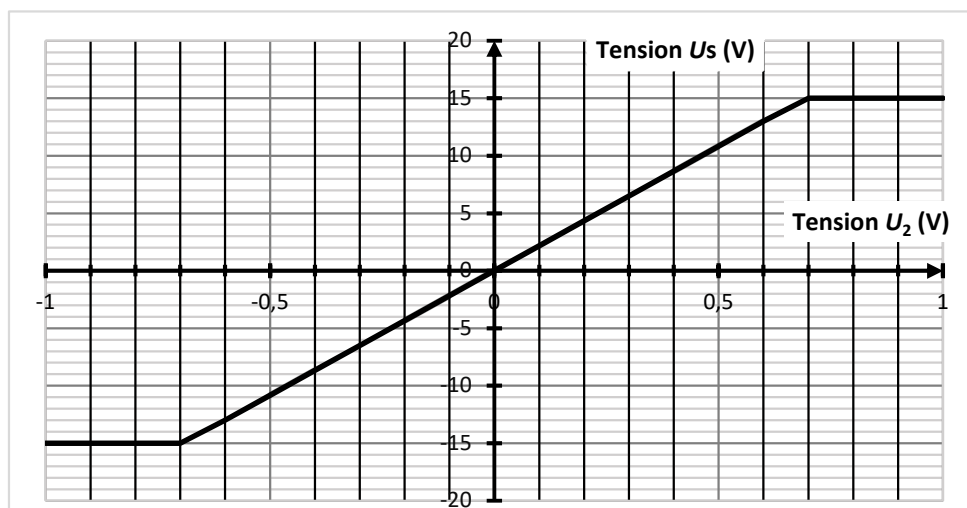


Figure 6. Caractéristique de transfert de l'amplificateur de tension

Q24. Déterminer le coefficient d'amplification A de cet élément.

Dans la zone de mesure considérée, la tension U_S en fonction de la température θ peut être modélisée par :

$$U_S = 0,1 \times \theta \text{ avec } \theta \text{ en } ^\circ\text{C}.$$

La tension U_S est ensuite appliquée à l'entrée d'un comparateur afin de commander le système de chauffage de l'eau du bassin.

La caractéristique du comparateur est donnée sur la figure 7.

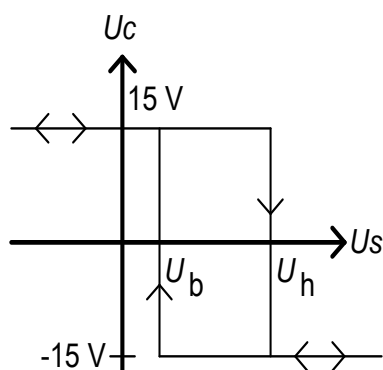


Figure 7. Caractéristique du comparateur

Si la tension U_c est à l'état haut, la pompe à chaleur est en fonctionnement.

Si la tension U_c est à l'état bas, la pompe à chaleur est arrêtée.

On rappelle que la température de l'eau du bassin ne doit jamais descendre en dessous d'une température minimale $\theta_{\min} = 22 ^\circ\text{C}$, ni être supérieure à une température maximale $\theta_{\max} = 30 ^\circ\text{C}$.

Q25. Préciser les valeurs à donner aux tensions de basculement U_b et U_h .

Q26. Expliquer pourquoi il est déconseillé d'utiliser un comparateur à un seul seuil.

2024	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
24-CSE3SPC-1	E32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	9/11

DOCUMENT-RÉPONSE 1 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

Définition 1	Définition 2	Définition 3
Le transfert d'énergie par ondes électromagnétiques ne nécessite pas de milieu matériel et se fait sans transport de matière.	Le transfert d'énergie se fait par déplacement de matière, généralement au sein d'un gaz ou d'un liquide.	Le transfert d'énergie dans un milieu matériel se fait de proche en proche sans transport de matière.
<i>Mode de transfert :</i>	<i>Mode de transfert :</i>	<i>Mode de transfert :</i>

DOCUMENT-RÉPONSE 2 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

1 _____

2 _____

3 _____

N _____

2024	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
24-CSE3SPC-1	E32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	10/11

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

(en majuscules)

PRENOM :

RENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité

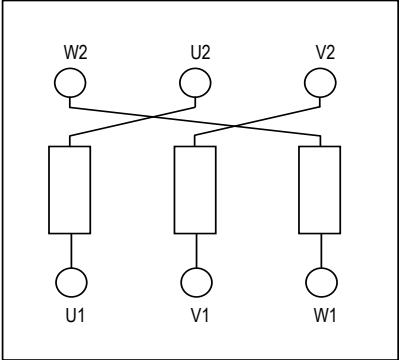
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

DOCUMENT-RÉPONSE 3
(À RENDRE AVEC LA COPIE)

Plaque de connexion d'une machine triphasée



Réseau

1

2

3

N

2024	BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques			Sujet
24-CSE3SPC-1	E32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Coef. : 2	Durée : 2 h	11/11

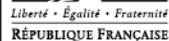
(en majuscules)

[illegible]

RENOM :
(en majuscules)

[illegible][illegible]

--	--	--



Né(e) le :

--	--	--	--