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 Bac STL, veuillez visiter :
bacstl.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

Sciences physiques et chimiques en laboratoire

ÉPREUVE DU JEUDI 20 JUIN 2024

Durée de l'épreuve : **3 heures**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Dès que ce document vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce document comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

Le candidat traite <u>l'ensemble du sujet</u>.

Les pages 13/14 et 14/14 sont à rendre avec la copie.

Les Jeux olympiques 2024

Les Jeux olympiques de Paris 2024 s'imprègnent des objectifs issus des accords de Paris pour le climat signés lors de la COP 21 ainsi que des 17 objectifs de développement durable des Nations Unies.
Dans ce sujet, nous illustrons quelques apports scientifiques pour répondre à ces objectifs.

	Titre	Repères	Barême
Partie A	La pelouse synthétique pour l'épreuve de hockey sur gazon	• Distillation fractionnée • Dosage en retour • Chimie organique	7 points
Partie B	L'épreuve de surf aux Jeux olympiques	• Ondes mécaniques • Des ondes pour mesurer	6,5 points
Partie C	Le centre aquatique olympique	• Conversions et transfert des flux d'énergie • Système et régulation	6,5 points

PARTIE A : la pelouse synthétique pour l'épreuve de hockey sur gazon (7 points)

Aux JO de Paris, les hockeyeurs vont jouer sur un gazon synthétique particulièrement respectueux de l'environnement. Les fibres de ce gazon seront majoritairement composées de polyéthylène biosourcé car il est fabriqué à partir de cannes à sucre.
Le polyéthylène est une matière plastique très utilisée, notamment dans la fabrication de pelouses synthétiques. Il s'obtient par polymérisation de l'éthène (appelé aussi éthylène), lui-même obtenu par déshydratation de l'éthanol.
Le plus souvent, le polyéthylène est issu de combustibles fossiles de la pétrochimie.

Extraction de l'éthanol du moût fermenté

Le broyage des cannes à sucre permet d'obtenir un sirop épais appelé la mélasse. Après fermentation alcoolique de la mélasse, on obtient un moût fermenté riche en éthanol, qui est extrait par distillation.
On estime que la concentration en quantité de matière en éthanol dans le moût fermenté est de 7,5 $mol \cdot L^{-1}$.

Afin de contrôler la concentration en éthanol dans le moût fermenté, noté solution S, on réalise une distillation fractionnée. À partir du distillat, on fabrique par dilution une solution S_1. **Dans la suite de l'exercice nous considérerons que la solution S_1 correspond à la solution S diluée 50 fois.**

1. Légender le schéma de la distillation donné en **document-réponse 1 page 13/14**, **à rendre avec la copie**, et préciser le sens de circulation de l'eau.

L'éthanol réagit avec les ions dichromate $Cr_2O_7^{2-}$ en milieu acide, mais cette transformation, quoique totale, est lente : elle ne peut donc pas être le support d'un titrage.

On réalise alors un dosage en retour de l'éthanol présent dans le distillat, selon les deux étapes suivantes.

Étape 1 : les ions dichromate sont introduits en excès dans un volume donné de la solution S_1 pour transformer tout l'éthanol présent en acide éthanoïque et on laisse le temps nécessaire à la transformation de s'effectuer.

L'équation chimique de la réaction est :

$$2\ Cr_2O_7^{2-}(aq) + 16\ H_3O^+(aq) + 3\ CH_3CH_2OH(aq) \rightarrow 4\ Cr^{3+}(aq) + 27\ H_2O(\ell) + 3\ CH_3COOH(aq)$$

Protocole expérimental de l'étape 1 :

- dans un erlenmeyer, on mélange un volume V_1 = 10,0 mL de la solution S_1 (distillat dilué), un volume V_2 = 10,0 mL d'une solution de dichromate de potassium ($2K^+ + Cr_2O_7^{2-}$) de concentration en quantité de matière C_2 = $5{,}0 \cdot 10^{-1}$ $mol \cdot L^{-1}$ et environ 5 mL d'acide sulfurique concentré ;
- on bouche l'erlenmeyer et on laisse réagir pendant environ 30 minutes ;
- on obtient alors une solution verdâtre.

2. Montrer que la relation entre la quantité de matière n_1 d'éthanol oxydé et la quantité de matière d'ions dichromate restant $n(Cr_2O_7^{2-})_{restant}$ à la fin de l'étape 1 est :

$$n(Cr_2O_7^{2-})_{restant} = C_2 \times V_2 - \frac{2}{3} n_1$$

Étape 2 : on réalise le dosage par titrage des ions dichromate restant dans l'erlenmeyer, par les ions Fe^{2+} apportés par une solution acidifiée de sel de Mohr. L'équation de la réaction support du titrage est :

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14\ H_3O^+(aq) + 6\ Fe^{2+}(aq) \rightarrow 2\ Cr^{3+}(aq) + 21\ H_2O(\ell) + 6\ Fe^{3+}(aq)$$

La solution de sel de Mohr a une concentration en quantité de matière C_3 = 2,0 mol·L^{-1} en ions Fe^{2+}. L'équivalence est repérée à l'aide d'un indicateur de fin de réaction. Le volume de solution de sel de Mohr nécessaire pour atteindre l'équivalence est V_E = 11,8 mL.

3. Réaliser un schéma légendé du montage permettant d'effectuer le titrage.

4. Définir l'équivalence d'un titrage.

5. Écrire, à partir de l'équation de l'étape 2, la relation qui existe à l'équivalence entre les quantités de matière d'ions dichromate et d'ions Fe^{2+} versés, notés $n(Cr_2O_7^{2-})_{restant}$ et $n(Fe^{2+})$.

6. Montrer que la quantité de matière n_1 d'éthanol présente dans 10,0 mL de solution S_1 s'exprime par la relation suivante :

$$n_1 = \frac{3}{2} C_2 \times V_2 - \frac{1}{4} C_3 \times V_E$$

7. Calculer la valeur numérique de n_1.

8. En déduire la valeur de la concentration en quantité de matière C_1 en éthanol de la solution diluée S_1.

9. Calculer la valeur de la concentration en quantité de matière C en éthanol dans le moût fermenté, appelé solution S.

10. Comparer l'ordre de grandeur de la valeur de C trouvée avec celle donnée en introduction de la partie A.

11. Identifier deux sources d'erreur dans la mesure de C.

Production de l'éthène

La production d'éthène se fait par déshydratation de l'éthanol selon l'équation suivante :

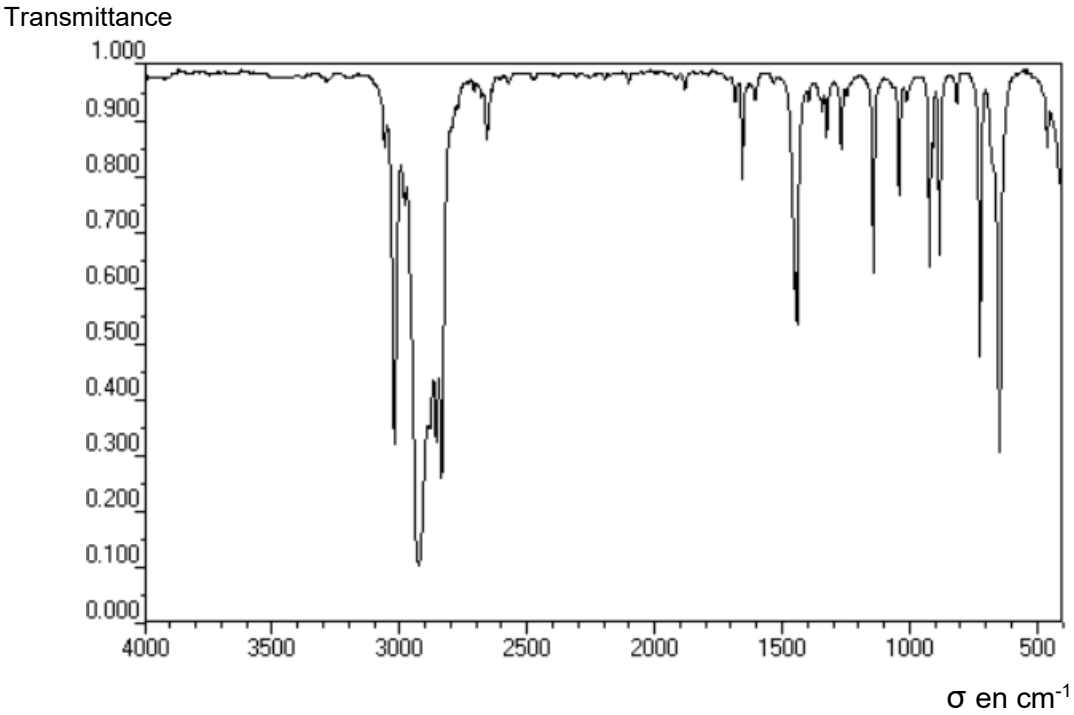
$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH(g) \rightarrow CH_2{=}CH_2(g) + H_2O(g)$$

12. Identifier le type de réaction chimique à laquelle appartient la réaction de production de l'éthène parmi les termes suivants : addition, élimination, substitution, acide-base, oxydation, réduction.

La première étape du mécanisme réactionnel de cette réaction chimique consiste en une réaction entre une molécule d'éthanol et un ion hydrogène H^+ présent dans le milieu réactionnel.
L'équation de cette réaction est donnée dans le **document-réponse 2 page 13/14, à rendre avec la copie.**

13. Identifier le site donneur et le site accepteur d'électrons mis en jeu lors de cette première étape et représenter, à l'aide d'une flèche courbe, le mouvement du doublet d'électrons sur le **document-réponse 2 page 13/14, à rendre avec la copie**.

À l'issue de la transformation chimique, un contrôle de pureté est réalisé par spectroscopie IR. Le spectre IR obtenu est présenté ci-dessous :



Données : principaux nombres d'ondes σ utiles pour identifier certains groupes caractéristiques

Liaison	**Nombre d'onde σ (cm^{-1})**
C-H (carbone tétraédrique)	2850 - 3020
C-H (carbone trigonal)	3050 - 3080
C=O (aldéhyde)	1720 - 1740
C=O (acide carboxylique)	1700 - 1720
C=O (ester)	1735 - 1750
C=O (acide aminé)	1590 - 1600
O-H (acide carboxylique)	2500 - 3300 (bande large)
O-H (alcool)	3200 - 3550
C=C (alcène)	1640

14. Justifier qu'il ne reste plus d'éthanol à l'aide du spectre IR.

PARTIE B : l'épreuve de surf aux Jeux olympiques (6,5 points)

L'épreuve de surf, présente pour la première fois aux Jeux olympiques, aura lieu à Teahupo'o, à Tahiti.

DOCUMENT 1 : météo marine à Teahupo'o le mardi 26 septembre 2023





Dans ce document, "houle" et "vague" désignent le même phénomène ondulatoire.

D'après https://marine.meteoconsult.fr

15. Préciser, en justifiant, si les vagues sont des ondes longitudinales ou transversales.

16. À l'aide du **document 1**, déterminer la fréquence des vagues le mardi 26 septembre 2023.

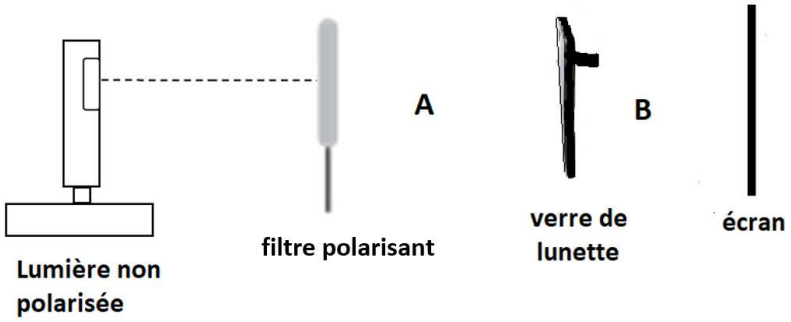
17. Montrer que la vitesse de propagation des vagues est d'environ 11 $m \cdot s^{-1}$.

Les sportifs pratiquant des sports nautiques comme les surfeurs protègent leurs yeux à l'aide de lunettes de soleil ayant des caractéristiques spécifiques.
Afin de comprendre l'intérêt des verres polarisants dans la protection contre le soleil, une expérience réalisée en laboratoire sur un banc optique, utilisant un verre de lunette polarisant, est décrite ci-dessous.

Protocole de l'expérience :

Au départ, un verre de lunettes de surf est fixé derrière un filtre polarisant comme sur la photo. Celui-ci impose une polarisation verticale à la lumière. On l'éclaire avec une lumière non polarisée. On observe alors une tache de lumière sur l'écran.





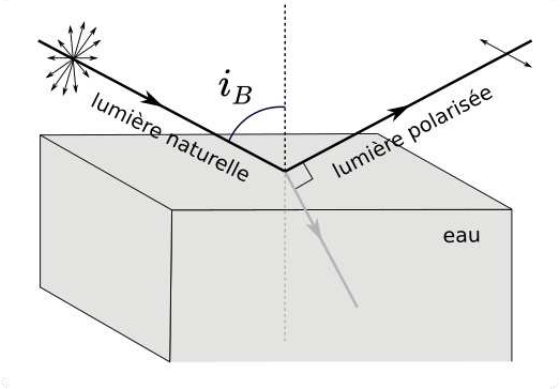
On fait ensuite tourner le filtre polarisant de façon à ne plus avoir de lumière sur l'écran. L'extinction est obtenue après une rotation du filtre polarisant d'un angle de 90°.

18. Préciser si la lumière est polarisée ou non dans la zone A, et si oui indiquer la direction de la polarisation au début de l'expérience.

19. Justifier d'après l'expérience que le verre de lunette est bien polarisant et déterminer la direction de polarisation du verre.

La réflexion de la lumière sur l'eau peut modifier l'état de polarisation de celle-ci.
En effet, il existe un angle d'incidence particulier, appelé angle de Brewster, pour lequel la lumière réfléchie est polarisée avec un axe parallèle à la surface de séparation entre l'air et l'eau.

L'angle d'incidence de Brewster, noté i_B, est obtenu dans la condition où **le rayon réfléchi est perpendiculaire au rayon réfracté**.



20. La surface de la mer étant considérée horizontale, expliquer l'intérêt pour le surfeur que les verres de lunettes soient polarisés verticalement.

Données :

- indice de réfraction de l'air : $n_{air} = 1{,}00$
- indice de réfraction de l'eau : $n_{eau} = 1{,}33$
- pour une surface de séparation air / eau de mer, la valeur de l'angle de Brewster est de 53,1°.

On se placera dans le cas où la lumière forme un angle d'incidence proche de celui de l'angle de Brewster.

21. En appliquant la relation de Snell-Descartes, déterminer la valeur numérique de l'angle réfracté r_B et placer sur le **document-réponse 3 page 14/14**, **à rendre avec la copie**, le rayon réfracté et l'angle réfracté r_B.

22. Tracer, sur le **document-réponse 3 page 14/14, à rendre avec la copie**, le rayon réfléchi et expliquer en justifiant votre réponse que la condition de Brewster est bien vérifiée.

Plusieurs groupes d'élèves décident de reproduire en laboratoire la situation pour vérifier cette condition. Pour cela, un demi-cylindre rempli d'eau est éclairé avec un angle d'incidence égal à 53° comme dans le **document-réponse 3 page 14/14,** à **rendre avec la copie**. Le tableau de valeurs obtenues est donné ci-dessous :

Mesure	1	2	3	4	5	6	7
Angle réfracté r_B (°)	39	37	38	39	40	39	39

23. Déterminer la valeur moyenne $\overline{r_B}$ de l'angle réfracté et son écart-type expérimental.

On rappelle la relation donnant l'incertitude-type sur la valeur moyenne d'une série de n mesures : $u(moyenne) = \frac{écart-type\ expérimental}{\sqrt{n}}$.

24. Calculer la valeur de l'incertitude-type sur la valeur moyenne $\overline{r_B}$ de l'angle réfracté.

Dans ces conditions expérimentales, la valeur de référence de l'angle réfracté, calculée à partir de la valeur théorique de l'angle de Brewster, est de 36,9°.

25. Discuter de la validité du résultat expérimental, en s'appuyant sur le rapport suivant **:**

$$\frac{|moyenne\ -\ valeur\ de\ référence|}{u(moyenne)}$$

PARTIE C : le centre aquatique olympique (6,5 points)

Les technologies numériques nécessitent la création de centres de données (appelés data center) de plus en plus performants. Ces infrastructures, capables de stocker de grandes quantités de données, sont très énergivores et ont l'inconvénient de dégager dans l'atmosphère une grande partie de l'énergie thermique produite par les appareils.

Les épreuves de water-polo, de plongeon et de natation synchronisée auront lieu dans la piscine du futur centre aquatique olympique de Saint-Denis, situé en région parisienne. Un géant mondial de l'hébergement informatique s'engage à fournir gratuitement au réseau de chauffage de la piscine l'énergie thermique produite par son nouveau data center.

L'énergie thermique cédée par le data center permettra de produire de l'eau chaude à une température de 65°C qui sera ensuite envoyée dans un échangeur thermique afin de maintenir constante la température de l'eau de la piscine.

Étude de l'échangeur thermique

On se place dans la situation où l'eau de la piscine entre dans l'échangeur à une température de 24°C et en ressort à la température de 35°C.
L'eau provenant du data center (à la température de 65°C) sort de l'échangeur thermique à la température de 50°C.
La puissance de cet échange thermique est de 270 kW.

26. En exploitant les données correspondant à la situation étudiée, indiquer sur le schéma du **document-réponse 4 page 14/14**, **à rendre avec la copie**, les valeurs des températures T_{F1}, T_{F2} , T_{C1} et T_{C2}.

27. Citer le mode de transfert thermique permettant l'échange d'énergie thermique à travers la paroi de l'échangeur thermique.

Données : conductivités thermiques λ de différents matériaux à 20°C

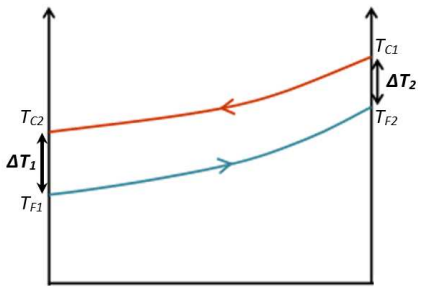
Matériau	**λ en W·m^{-1}·K^{-1}**
Titane	20
Acier inoxydable	26
Aluminium	237

28. D'après les valeurs de conductivité thermique, identifier, en justifiant, le matériau à privilégier pour l'échangeur.

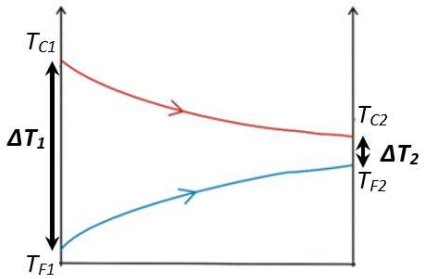
Les fluides circulent à contre-courant dans l'échangeur thermique.

29. Citer le nom de l'autre sens de circulation possible. Donner parmi les fonctionnements A et B représentés ci-dessous, celui correspondant à une circulation des fluides à contre-courant.

Évolution des températures des 2 fluides le long de l'échangeur selon le mode de circulation



Fonctionnement A



Fonctionnement B

DOCUMENT 2 : grandeurs caractéristiques dans un échangeur

Tout au long de l'échangeur, l'échange thermique a lieu entre les deux liquides dont les températures varient selon la position considérée le long de l'échangeur.

Les températures d'entrée et de sortie du fluide froid sont respectivement notées T_{F1} et T_{F2}.
Les températures d'entrée et de sortie du fluide chaud sont respectivement notées T_{C1} et T_{C2}.

Comme la différence de températures entre les liquides n'est pas constante, on définit l'écart de température logarithmique moyen ΔT_m entre les deux fluides.

Écart de température logarithmique moyen entre deux fluides

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)}$$

avec :

ΔT_1: différence de température entre les deux fluides à l'extrémité 1 de l'échangeur

ΔT_2 : différence de température entre les deux fluides à l'extrémité 2 de l'échangeur

Puissance transférée dans un échangeur

La puissance transférée entre les deux fluides est proportionnelle à la surface d'échange de l'échangeur :

$$P = U \times S \times \Delta T_m$$

P : puissance transférée (W)

U : coefficient global d'échange thermique ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

S : surface d'échange (m^2)

Puissance thermique reçue par le fluide froid :

$$P = Q_m \times C \times (T_{F2} - T_{F1})$$

Q_m : débit massique du fluide froid ($kg \cdot s^{-1}$)
C : capacité thermique massique du fluide froid ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)

Données :

- masse volumique de l'eau : $\rho = 1000$ $kg \cdot m^{-3}$
- capacité thermique massique de l'eau : C = 4180 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$

30. En exploitant la relation de la puissance transférée dans un échangeur donnée dans le **document 2,** montrer que pour obtenir la puissance thermique annoncée (270 kW), le débit de l'eau livrée à la piscine à 35°C doit être égal à 5,9 $kg \cdot s^{-1}$.

31. A l'aide du **document 2** et du schéma complété du **document-réponse 4 page 14/14**, calculer ΔT_1 et ΔT_2, puis montrer que la moyenne logarithmique des différences de température entre les deux fluides ΔT_m est de 28°C.

32. En déduire la surface de l'échangeur à choisir, sachant que le coefficient global d'échange thermique U est égal à 4,0 $kW \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.

Simulation du procédé de régulation de température de l'eau de la piscine

Le cahier des charges impose de réguler la température de l'eau de piscine sortant de l'échangeur à 35°C. Pour respecter cette consigne, on agit sur le débit d'eau provenant du data center et entrant dans l'échangeur thermique.

33. Parmi les termes ci-dessous, identifier la grandeur réglée (X), la grandeur réglante (Y) et une grandeur perturbatrice (Z) de cette régulation :

- débit d'eau provenant du data center ;
- température de l'eau de piscine en sortie de l'échangeur ;
- température de l'eau de piscine en entrée de l'échangeur.

Pour simuler la régulation en laboratoire, on propose d'utiliser un montage avec un microcontrôleur. Ce montage est constitué :

- d'un capteur de température TMP 36 ;
- d'une pompe pilotée par le microcontrôleur.

Le débit d'eau est directement lié à la vitesse de rotation de la pompe.

Le programme de régulation est donné dans le **document 3 page suivante**.

34. Repérer la ligne qui permet de piloter le port de la sortie analogique du microcontrôleur, commandant la vitesse de la pompe.

35. Indiquer, en justifiant, si la régulation utilisée dans ce programme est discontinue ou continue.

36. En prenant pour hypothèse que la température mesurée est égale à 37°C, expliquer l'utilité de la ligne 34.

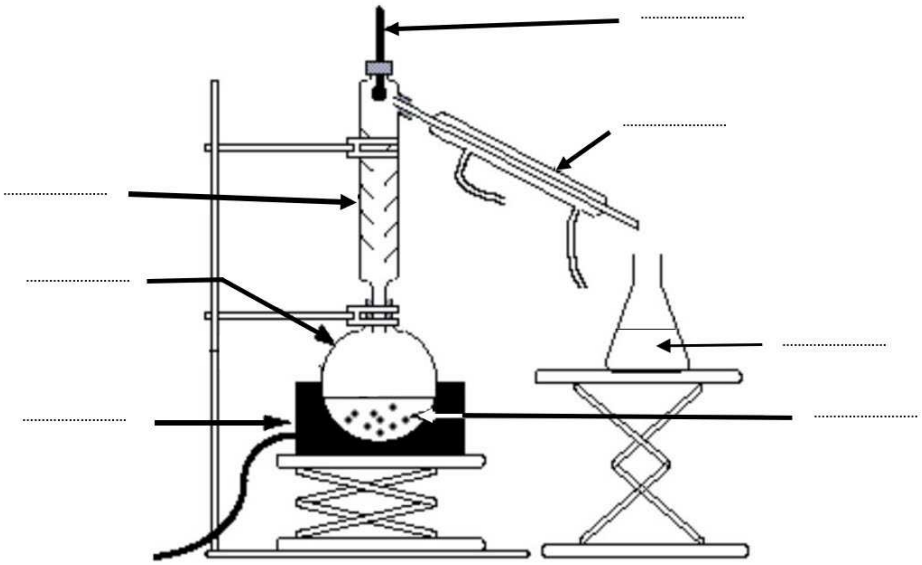
37. Afin d'améliorer les performances de cette régulation, préciser le type de correction à apporter pour annuler l'écart statique.

DOCUMENT 3 : programme de commande du système de regulation, à l'aide d'un microcontrôleur

```
1 // déclaration des constantes
2 int portTemp = 0;       // la tension aux bornes de la TMP36 est envoyée
                          sur le port température : port analogique 0
3
4 int portPompe = 3;      // la commande de la pompe se fait par le port
                          numérique 3
5 int consigne = 28;       // valeur de la consigne
6 int      Kp = 20;        // valeur du coefficient de proportionnalité
7
8 // Définition des variables
9
10 float Temp;        // variable température mesurée par le capteur
11 int commandeVitesse = 0;        // pourcentage de la commande de vitesse
                                   de 0 à 100%
12 int N=0;           // variable nombre N sur le port A0
13
14 void setup()
15 {
16 // initialisation serial port
17 Serial.begin (9600);
18
19 pintMode(portPompe, OUTPUT);
20 }
21
22 void loop()
23 {
24 N = analogRead(PortTemP);       // lecture de l'entrée analogique N sur
                                   le port A0
25 float Tension = N*5.0;
26 Tension = Tension / 1024.0;     // conversion de la lecture entrée en
                                   tension
27 float Temp = (Tension - 0.5) 100 ; // Conversion de la tension en
                                   temperature
28
29 // génération de la commande en régulation P
30 commandeVitesse = Kp*(consigne-Temp) ; // la commande de vitesse du
                                   moteur de la pompe
31
32 // conditions limites
33 if (commandeVitesse > 100) {commandeVitesse = 100 ;}
34 if (commandeVitesse < 0) {commandeVitesse = 0 ;}
35
36
37 //commande de la vitesse de la pompe
38 analogWrite (portPompe,255*commandeVitesse/100);
39
40
41 Serial.print(consigne);
42 Serial.print(",");
43 Serial.print (Temp);
44 Serial.print(",");
45 Serial.println(commandeVitesse);
46 delay (1000);
47 }
```

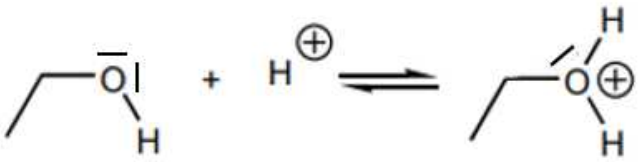
Document réponse à rendre avec la copie

DOCUMENT-REPONSE 1



DOCUMENT-REPONSE 2

Mécanisme réactionnel de la déshydratation de l'éthanol en milieu acide :



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

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

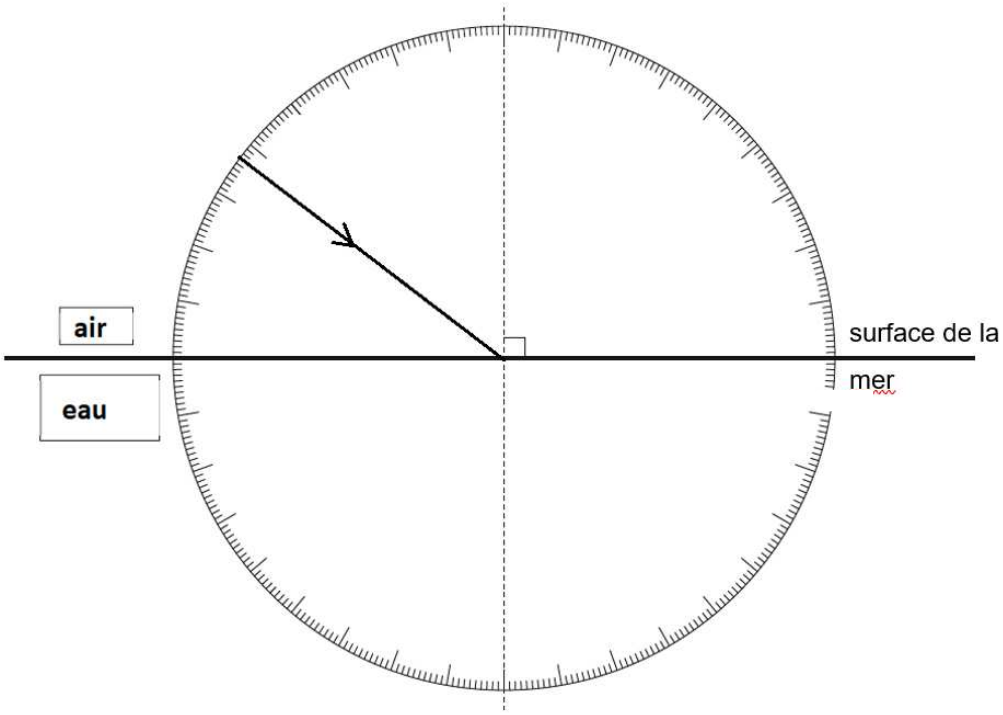
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

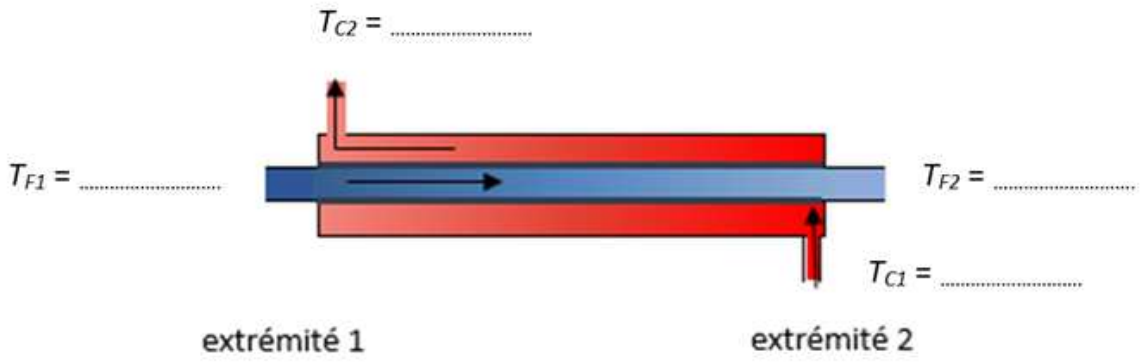
1.2

Document réponse à rendre avec la copie

DOCUMENT-REPONSE 3



DOCUMENT-REPONSE 4 : Schéma de l'échangeur thermique à contre-courant



Indice « C » pour chaud

Indice « F » pour froid

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

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.