Bac Général Physique-Chimie + SVT (Physique-chimie et Sciences de la vie et de la Terre)

SUJET D'EXAMEN (SESSION OFFICIELLE)

Physique-chimie - Session 2023

Sujet de l'examen national tel que publié pour la session indiquée. Source : sujets nationaux publiés par le ministère chargé de l'examen et les services académiques. Document mis à disposition par FormaV pour la révision.

Toutes les annales et leurs corrigés : https://bac-physique-svt.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2023

PHYSIQUE-CHIMIE

JOUR 1

Durée de l'épreuve : 3h30

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

Dès que le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13 avec 3 exercices indépendants.

LES « ANNEXES À RENDRE AVEC LA COPIE » (pages 12/13 et 13/13) sont à rendre impérativement avec la copie, même non complétées.

Le candidat traite les 3 exercices.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies.

EXERCICE I - UN POLYMÈRE BIODÉGRADABLE, LE PLA (9 points)

Données :

Masse molaire de l'acide lactique : $M = 90{,}1\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Calculs d'incertitudes :

- Dans les conditions de l'expérience, les incertitudes-type sur la concentration de la solution (S_2) d'hydroxyde de sodium et sur la valeur de V_{eq} sont les suivantes :

$$u(C_2) = 0{,}02 \times 10^{-1}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \qquad u(V_{\text{eq}}) = 0{,}25\ \text{mL}$$

- Incertitudes-type de quelques éléments de verrerie, à 20 °C :

Pipette jaugée	Burette graduée	Fiole jaugée
$10{,}00 \pm 0{,}02$ mL $20{,}00 \pm 0{,}03$ mL $25{,}00 \pm 0{,}05$ mL	$25{,}00 \pm 0{,}05$ mL $50{,}00 \pm 0{,}10$ mL	$100{,}0 \pm 0{,}1$ mL $200{,}0 \pm 0{,}2$ mL

- L'incertitude-type sur la concentration de la solution (S_0) d'acide lactique peut être obtenue grâce à la relation suivante : $u(C_0) = C_0 \times \sqrt{\left(\frac{u(C_2)}{C_2}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{\text{eq}})}{V_{\text{eq}}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_1)}{V_1}\right)^2}$

- Afin de vérifier la compatibilité entre une valeur expérimentale C_0 et une valeur de référence $C_{0,\text{réf}}$, on calcule le rapport, appelé écart normalisé : $\text{z} = \frac{|C_0 - C_{0,\text{réf}}|}{u(C_0)}$.
  Si $\text{z} \leq 2$, la valeur expérimentale et la valeur de référence sont jugées compatibles.

Indicateurs colorés :

Nom de l'indicateur	Zone de virage	Changement de couleur
Bleu de bromophénol	$3{,}0 - 4{,}6$	jaune - bleu
Hélianthine	$3{,}1 - 4{,}4$	rouge - jaune
Vert de bromocrésol	$3{,}8 - 5{,}4$	jaune - bleu
Rouge de crésol	$7{,}2 - 8{,}8$	jaune - rouge
Vert de malachite	$11{,}5 - 13{,}2$	vert - incolore

Table de nombres d'onde associés aux bandes des spectres infrarouge :

Liaison	Type de composé	Nombre d'onde (en cm^{-1})	Commentaire
$-\text{C}-\text{H}$		2480 - 3000	
$\text{O}-\text{H}$	alcool libre	3580 - 3650	fine
	alcool en liaison hydrogène	3200 - 3550	large
$\text{C}-\text{O}$	éther	1000 - 1250	
	alcool	970 - 1260	
	époxyde	1200 - 1250	
	ester	1050 - 1330	
$\text{C}=\text{O}$	cétone	1715	intense
	aldéhyde	1720 - 1740	
	acide carboxylique	1760	
	ester	1735 - 1750	

<u>Partie A</u> - Dosage d'une solution d'acide lactique

L'acide lactique est une molécule biosourcée produite à plus de $270\ 000$ tonnes par an. Il possède un large éventail d'applications, notamment dans l'agroalimentaire, les cosmétiques, l'industrie pharmaceutique et l'emballage. La représentation développée de l'acide lactique est donnée ci-dessous (**figure 1**).

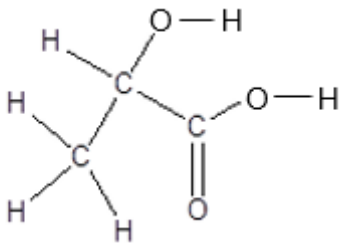


Figure 1 : Formule développée de l'acide lactique

A.1. Représenter la formule topologique de l'acide lactique, puis entourer les groupes caractéristiques. Nommer les familles fonctionnelles de cette molécule.

Industriellement, l'acide lactique est principalement produit par fermentation bactérienne. À l'issue de cette étape, on obtient une concentration en acide lactique comprise entre $53\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}$ et $85\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}$.

On cherche dans cette partie à vérifier par titrage la concentration en acide lactique dans une lotion utilisée en cosmétique, notée (S_0), dont la concentration de référence annoncée est de $\mathrm{C_{0,réf} = 65\ g \cdot L^{-1}}$.

L'acide lactique sera noté AH et sa base conjuguée $\mathrm{A^-}$.

On prépare une solution (S_1) en diluant dix fois la solution (S_0).

Protocole du titrage :

- À l'aide d'une pipette jaugée, prélever $V_1 = 20{,}00\ \mathrm{mL}$ de la solution (S_1), les verser dans un bécher de $100\ \mathrm{mL}$ et y introduire un barreau aimanté.
- Placer le bécher sur un dispositif d'agitation magnétique.
- Remplir une burette graduée de $25{,}00\ \mathrm{mL}$ d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (S_2) ($\mathrm{Na^+(aq) + OH^-(aq)}$) de concentration $C_2 = 1{,}00 \times 10^{-1}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.
- Étalonner le pH-mètre et immerger la sonde dans la solution à titrer.
- Effectuer le titrage de la solution (S_1) contenue dans l'erlenmeyer par la solution (S_2) contenue dans la burette graduée en suivant l'évolution du pH.

A.2. Schématiser et légender le dispositif expérimental utilisé pour réaliser le titrage.

A.3. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

Les mesures du pH de la solution (S_1) en fonction du volume de la solution titrante (S_2) versé conduisent à la courbe de l'**ANNEXE I À RENDRE AVEC LA COPIE (page 12/13)**.

A.4.1. À partir de la courbe figurant sur l'**ANNEXE I À RENDRE AVEC LA COPIE (page 12/13)**, déterminer, en justifiant, le volume V_{eq} de solution titrante (S_2) versé à l'équivalence.

A.4.2. En déduire la concentration en quantité de matière C_0 en acide lactique dans la solution (S_0).

A.4.3. Calculer l'incertitude-type $u(C_0)$ associée à la mesure de la concentration en acide lactique dans la solution (S_0).

A.4.4. Comparer le résultat de la mesure de la concentration C_0 à la valeur de référence en calculant l'écart normalisé z. Conclure.

A.5. Proposer, en justifiant, le nom d'un indicateur coloré permettant de repérer l'équivalence du titrage de l'acide lactique.

<u>Partie B</u> - Dégradation du PLA

L'acide polylactique (PLA) utilisé dans l'emballage est un polymère biodégradable et biosourcé dont la formule chimique est donnée ci-dessous (**figure 2**) :

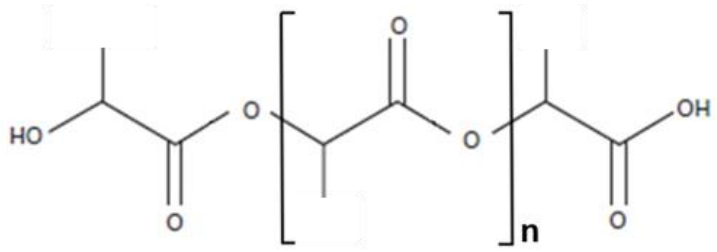


Figure 2 : Formule de l'acide polylactique (PLA)

La spectroscopie infrarouge est une méthode d'analyse fréquemment utilisée pour l'étude des polymères afin de déterminer, par exemple, la présence d'impuretés.

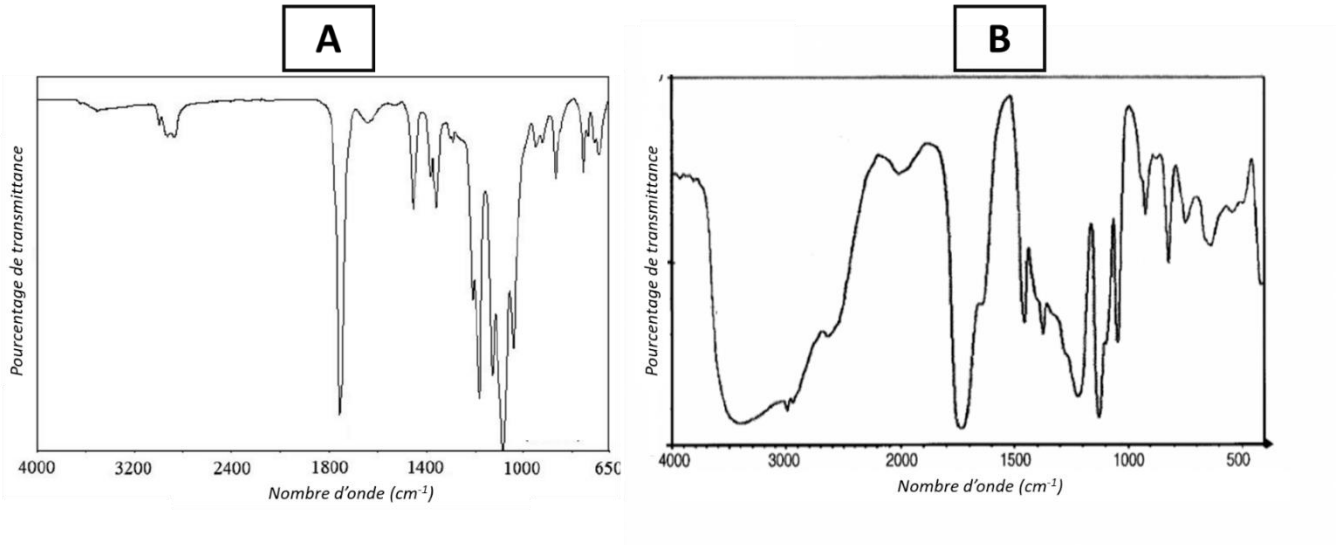
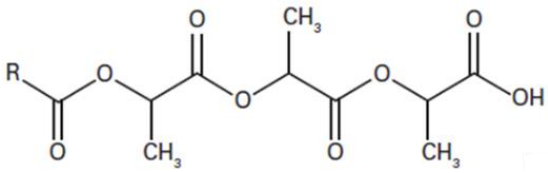
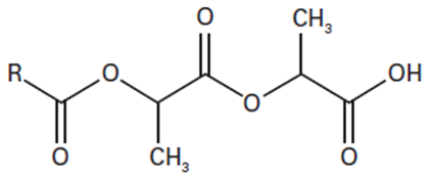


Figure 3 : Spectres infrarouge de l'acide lactique et du PLA

B.1. Attribuer chacun des deux spectres infrarouge A et B (**figure 3**) à une espèce chimique (acide lactique et PLA). Justifier la réponse.

L'acide polylactique (PLA) se dégrade en présence d'eau en libérant de l'acide lactique selon la transformation modélisée par la réaction d'équation : $\mathrm{A} + \mathrm{H_2O} \rightarrow \mathrm{B} +$ acide lactique, avec :

A (PLA) : 

et B : 

La cinétique de la transformation a été étudiée afin d'évaluer l'influence de la température (**figure 4**). La dégradation a été réalisée sous trois températures différentes avec une proportion en masse de PLA à l'état initial par rapport à l'eau de $10\ \%$.

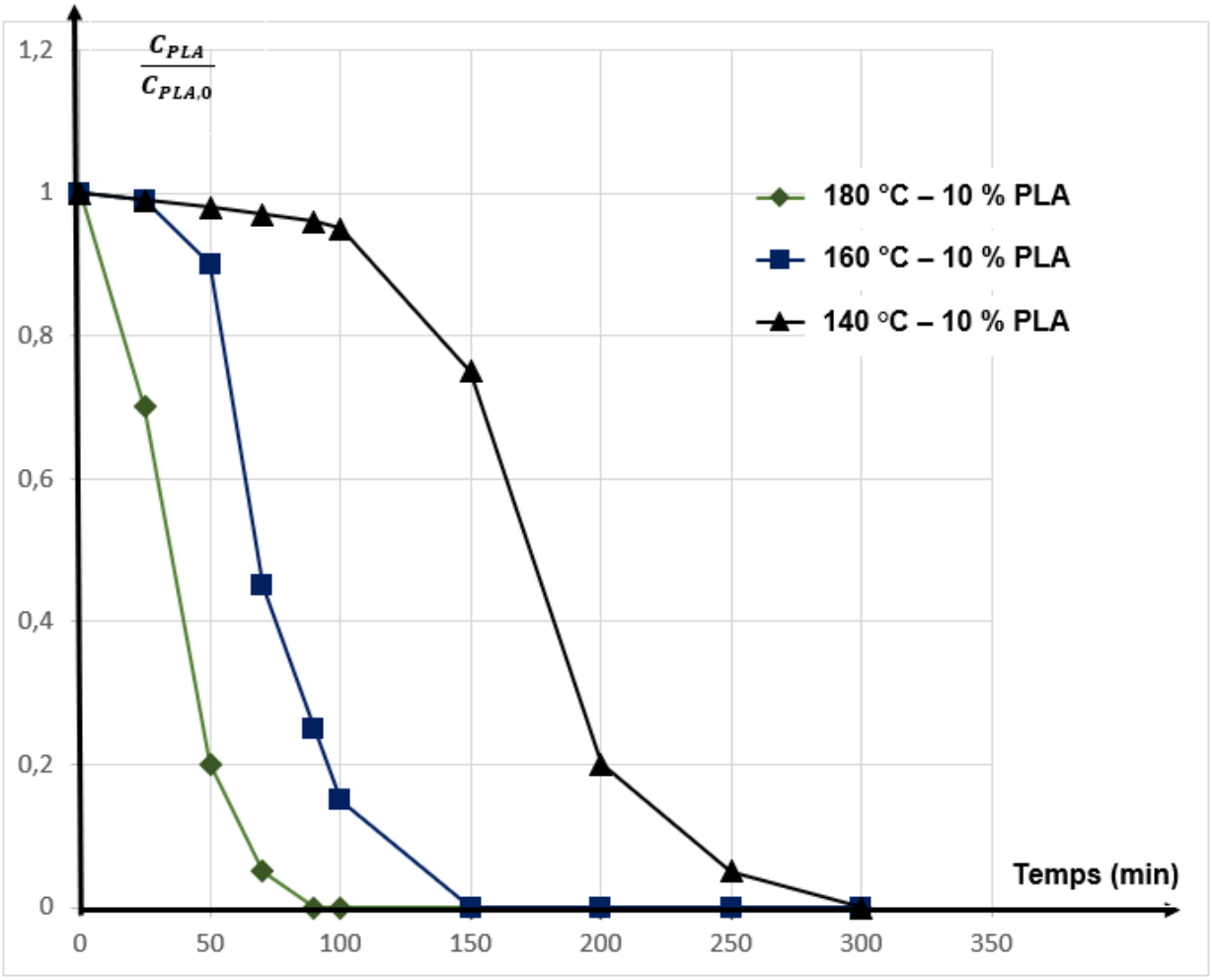


Figure 4 : Suivi de la concentration en masse de PLA au cours de la réaction

Source : d'après Kinetics of Hydrolytic Degradation of PLA, J. Polym. Environ., 2013

Le rapport $\frac{C_{PLA}}{C_{PLA,0}}$ correspond au rapport entre la concentration en masse de PLA au temps t et la concentration en masse initiale.

B.2.1. Identifier, à partir de données expérimentales, un ou plusieurs facteurs cinétiques.

B.2.2. La vitesse de cette transformation augmente en milieu acide. En déduire le rôle joué par l'ion oxonium.

B.3.1. Évaluer le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ de cette transformation pour la température $\theta = 160\ °\mathrm{C}$.

B.3.2. Indiquer qualitativement comment évolue le temps de demi-réaction pour $\theta_1 = 140\ °\mathrm{C}$ et pour $\theta_2 = 180\ °\mathrm{C}$.

EXERCICE II - L'OBSERVATION DE SATURNE (5 points)

« Le 20 juin 2019, Saturne s'est retrouvée au plus près de la Terre à **1,36 milliard de kilomètres**. [...] Le télescope spatial Hubble a pu photographier Saturne, particulièrement visible, car entièrement éclairée par le Soleil (**figure 1**). Saturne et son système d'anneaux offriront toujours un spectacle exceptionnel. [...] Ils sont composés de particules de glaces et de roches de plusieurs dizaines de milliers de kilomètres de dimension sur une très faible épaisseur. »

Source : d'après www.futura-sciences.com

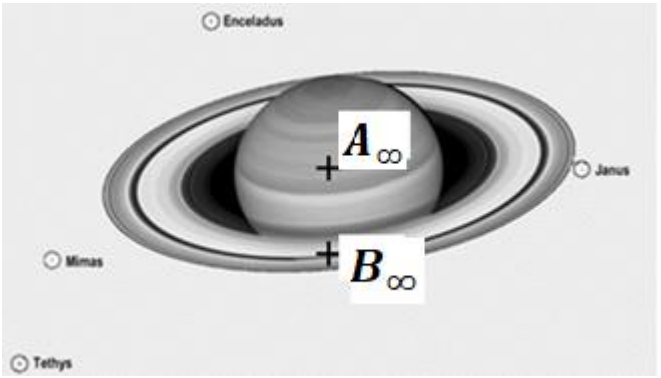


Figure 1 : Image de Saturne depuis le télescope spatial Hubble© Nasa, ESA, photo prise le 20 juin 2019, *https://hubblesite.org*

L'exercice proposé étudie la capacité de l'œil à profiter du « spectacle exceptionnel » que peut offrir l'observation de la planète Saturne à l'aide d'une lunette astronomique.

On repère sur la **figure 1** deux points considérés comme infiniment éloignés de la Terre :

- le centre de la planète Saturne, noté A_∞ ;
- un point de l'anneau externe, noté B_∞.

Données :

- Distance $A_\infty B_\infty = 1{,}1 \times 10^8\ \mathrm{m}$.
- La longueur d'onde de la radiation la plus lumineuse diffusée par Saturne est $\lambda = 705\ \mathrm{nm}$.
- L'angle apparent α sous lequel est vu un objet AB à l'œil nu est représenté sur la **figure 2**.
- On considère qu'un œil normal ne peut pas distinguer deux points objets A et B très proches si l'angle apparent sous lequel ils sont vus est inférieur à $2{,}9 \times 10^{-4}\ \mathrm{rad}$.

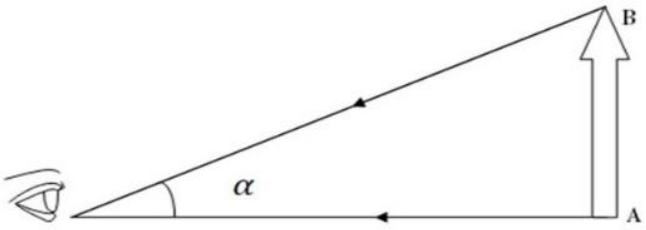


Figure 2

- L'angle apparent sous lequel le système d'anneaux de Saturne est vu depuis la Terre vaut $\alpha = 8 \times 10^{-5}\ \mathrm{rad}$ quand Saturne est au plus près de la Terre.
- Pour des petits angles exprimés en radians, on peut écrire $\tan\alpha \approx \alpha$.
- Le pouvoir séparateur d'un instrument d'optique représente sa capacité à séparer deux points objets A et B très proches.

  La limite de résolution angulaire d'un instrument d'optique est le plus petit angle apparent α_{lim} sous lequel sont observés deux points objets dont la lunette donne des images distinctes.

  D'après le critère de Rayleigh, deux points objets sont séparés si α *(en radians)* est supérieur à la limite de résolution α_{lim} , c'est-à-dire $\alpha > \alpha_{\mathrm{lim}} = 1{,}22 \times \frac{\lambda}{D}$ où D est le diamètre de l'objectif et λ la longueur d'onde de la radiation émise avec le maximum d'intensité par les points objets observés.

Partie A - Limite de résolution d'une lunette astronomique et pouvoir séparateur de l'œil

La lunette astronomique et l'œil sont limités dans leur capacité à discerner deux points objets.

A.1. Déterminer s'il est possible ou non de profiter du « spectacle exceptionnel » que peut offrir l'observation de la planète Saturne avec ses anneaux à l'œil nu.

On observe Saturne avec une lunette astronomique dont un extrait de la notice technique est reproduit **figure 3**.

Diamètre de l'objectif (en mm)	70
Distance focale de l'objectif (en mm)	900
Mouvement lent	à friction
Monture	azimutale
Ouverture	70
Distances focales des oculaires	20 mm et 10 mm
Grossissement avec équipement livré	45 X et 90 X

Figure 3 : Extrait de la notice d'une lunette astronomique

A.2. À partir du critère de Rayleigh, déterminer la limite de résolution angulaire α_{lim} de cette lunette commerciale.

A.3. Indiquer si le phénomène ondulatoire limitant la résolution empêche ou pas l'observation de Saturne avec la lunette proposée.

Partie B - Formation de l'image de Saturne et de ses anneaux

Sur le schéma de l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE (page 13/13)**, on modélise la lunette astronomique à l'aide de deux lentilles minces convergentes L_1 et L_2, de centres optiques respectifs O_1 et O_2 et d'axe optique Δ.

La lunette afocale est réglée de façon à procurer les meilleures conditions d'observations. Elle donne d'un objet $A_\infty B_\infty$, situé à l'infini, une image $A'_\infty B'_\infty$ située à l'infini, observable sans accommoder pour un œil normal.

La planète Saturne et ses anneaux, supposés à l'infini, sont représentés sans souci d'échelle par $A_\infty B_\infty$, le point A_∞ étant sur l'axe optique. Un rayon lumineux issu de B_∞ est également représenté.

B.1.1. Identifier sur le schéma de l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE (page 13/13)**, l'objectif L_1 et l'oculaire L_2.

B.1.2. Positionner sur le schéma de l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE (page 13/13)** :

- les centres optiques respectifs O_1 et O_2 ;
- le foyer image F'_1 de L_1 et le foyer objet F_2 de L_2 sans souci d'échelle mais de façon cohérente.

B.2. Représenter sur le schéma de l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE (page 13/13)** :

- l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet $A_\infty B_\infty$ donnée par l'objectif L_1 ;
- le faisceau émergent de la lunette issu de B_∞ et passant par les bords de l'objectif.

<u>Partie C</u> - Grossissement de la lunette astronomique

Le grossissement de la lunette est donné par l'expression : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$, α' étant l'angle sous lequel on voit l'image $\mathrm{A'_\infty B'_\infty}$ de l'objet $\mathrm{A_\infty B_\infty}$ à travers l'instrument.

C.1. Repérer α' sur le schéma de l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE (page 13/13)**.

C.2. Établir l'expression du grossissement G en fonction des distances focales f_1' de l'objectif et f_2' de l'oculaire.

L'observateur utilise l'oculaire de distance focale $20\ \mathrm{mm}$.

C.3. Valider la valeur du grossissement « $45\ \mathrm{X}$ » de la lunette commerciale décrite en **figure 3**.

C.4. Déterminer si l'œil peut théoriquement discerner les anneaux de Saturne avec l'aide de cette lunette.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

EXERCICE III - CAPTEUR D'ARROSAGE CAPACITIF (6 points)

Afin de faciliter la gestion de l'arrosage de ses plantes, un botaniste amateur investit dans une série de microcontrôleurs, de capteurs d'humidité et de pompes afin d'automatiser l'apport en eaux de ses plantes (**figure 1**). Son idée est la suivante : le capteur remonte au microcontrôleur une mesure de l'humidité relative du milieu et, dès que celle-ci est inférieure à un seuil qu'il a préalablement décidé, cela déclenche une action, par exemple une alarme ou bien encore l'arrosage de la plante.



Figure 1 : Photographie libre de droit d'un capteur d'humidité

Cet exercice ne s'intéresse qu'à l'étude de la mesure par le capteur de l'humidité réalisé à l'aide d'un condensateur. Tous les autres aspects de gestion de l'arrosage sont volontairement ignorés.

<u>Partie A</u> - Étude de la capacité du capteur en fonction de l'humidité

Le capteur d'humidité comprend un condensateur plan pouvant être schématisé de la manière suivante (**figure 2**) :



Figure 2 : Représentation schématique d'un condensateur plan

La capacité d'un tel condensateur est exprimée par la relation suivante : $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{\ell}$.

Les grandeurs physiques apparaissant dans cette équation sont respectivement :

- C la capacité du condensateur en farads (F) ;
- ϵ_0 la permittivité du vide, l'une des constantes fondamentales de la physique ;
- ϵ_r la permittivité relative du milieu, caractéristique variable d'un environnement à un autre (grandeur sans unité) ;
- S la surface des armatures du condensateur plan qui se font face ;
- ℓ la distance entre les deux armatures.

Le principe du capteur réside dans le fait que la capacité du condensateur change en fonction de la proportion d'eau présente dans le sol.

A.1. La permittivité de l'air est $\epsilon_{\mathrm{r,air}} = 1{,}0$ alors que celle de l'eau est $\epsilon_{\mathrm{r,eau}} = 80$. En déduire, parmi l'air et l'eau, le milieu pour lequel la capacité du condensateur sera la plus grande.

A.2. Justifier alors que, pour une même charge électrique q portée par une armature du condensateur, la tension électrique aux bornes de celui-ci est plus faible quand il est plongé dans l'eau que quand il est laissé à l'air libre.

Partie B - Étude de la charge d'un condensateur

Le capteur est connecté à un microcontrôleur. Dès que le microcontrôleur est mis en route, cela déclenche la charge du condensateur qui compose le capteur alors que ce dernier est encore dans l'air.

Le système est modélisé par le circuit représenté ci-après (**figure 3**) comportant un condensateur de capacite C_{air} en série avec un générateur idéal de tension, ayant pour tension à ses bornes E, et une résistance de valeur R.

On considère que le condensateur est initialement déchargé.

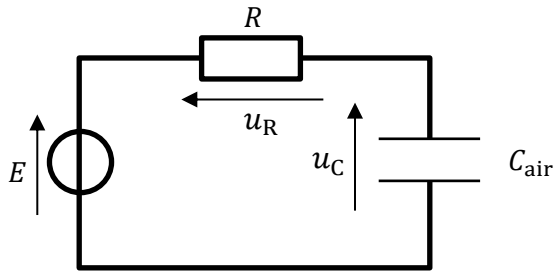


Figure 3 : Circuit en série comprenant un générateur, une résistance R et un condensateur C_{air}

B.1. Établir, pour le circuit de la **figure 3**, la relation entre E, $u_R(t)$ et $u_C(t)$.

B.2. Donner la relation mathématique entre l'intensité du courant $i(t)$ et la charge électrique $q(t)$ qui traverse une portion de circuit. Préciser les unités de chacune des grandeurs.

B.3. Montrer alors que l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur est :

$$\frac{du_C(t)}{dt} + \frac{1}{R \times C_{\text{air}}} u_C(t) = \frac{E}{R \times C_{\text{air}}}$$

B.4.1. Montrer que $u_C(t) = E \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ est solution de l'équation différentielle à condition que $\tau = R \times C_{\text{air}}$.

B.4.2. Nommer le produit des grandeurs R et C_{air} .

B.5. Montrer qu'une fois avoir attendu un temps suffisamment long, la charge du condensateur vaut $Q_{\text{chargé}} = C_{\text{air}} \times E$.

PARTIE C - Utilisation en situation du capteur

Le moniteur série associé au microcontrôleur permet de récupérer la valeur lue sur le pin A0 (ou broche A0) de connexion du capteur sur le microcontrôleur.

Lorsque le capteur est placé dans l'air, la valeur obtenue, 595, est reportée ligne 5 du script fourni sur la **figure 4**.

Ensuite, le capteur est plongé uniquement dans l'eau : la valeur obtenue sur le moniteur série est de 217.

Une fois ces deux valeurs déterminées, le capteur est planté dans la terre d'un pot de plante verte : la valeur alors mesurée est comprise entre les valeurs minimale et maximale préalablement trouvées.

```
1   /*
2   *  Script permettant d'obtenir une mesure relative de l'humidité
3   */
4
5   const int sec = 595; // la constante "sec" enregistre la valeur lue
                            lorsque le capteur est dans l'air
6   const int eau =    ;   // À COMPLÉTER. Définir la constante "eau" qui enregistre la valeur
                                                lue lorsque le capteur est dans l'eau
7
8   void setup()
9   {
10      Serial.begin(9600);
11  }
12
13  void loop()
14  {
15      int valeur_exp = analogRead(A0); // Le capteur est branché sur le pin A0.
16
17      int pourcentage_humidite =   ; // À COMPLÉTER. Définir une variable entière :
                                                        le pourcentage d'humidité relative
18
19      Serial.print("Le pourcentage d'humidité est : ");  // Ces trois lignes affichent sur le
                                                            moniteur série la valeur de
20      Serial.print(pourcentage_humidite);              // l'humidité sous forme d'un
                                                            pourcentage. Par exemple :
21      Serial.println(" %");                            // "Le pourcentage d'humidité est : 40%"
22
23      delay(1000); // Permet d'attendre 1 seconde avant la prochaine mesure
24  }
```

Figure 4 : Code du microcontrôleur pour la mesure de l'humidité relative du milieu

C.1. Recopier puis compléter la ligne 6 afin d'y faire figurer la valeur mesurée par le capteur dans le cas où il est uniquement dans l'eau.

C.2. Expliquer pourquoi la valeur mesurée par le capteur une fois mis dans le pot de la plante sera forcément comprise entre 217 et 595.

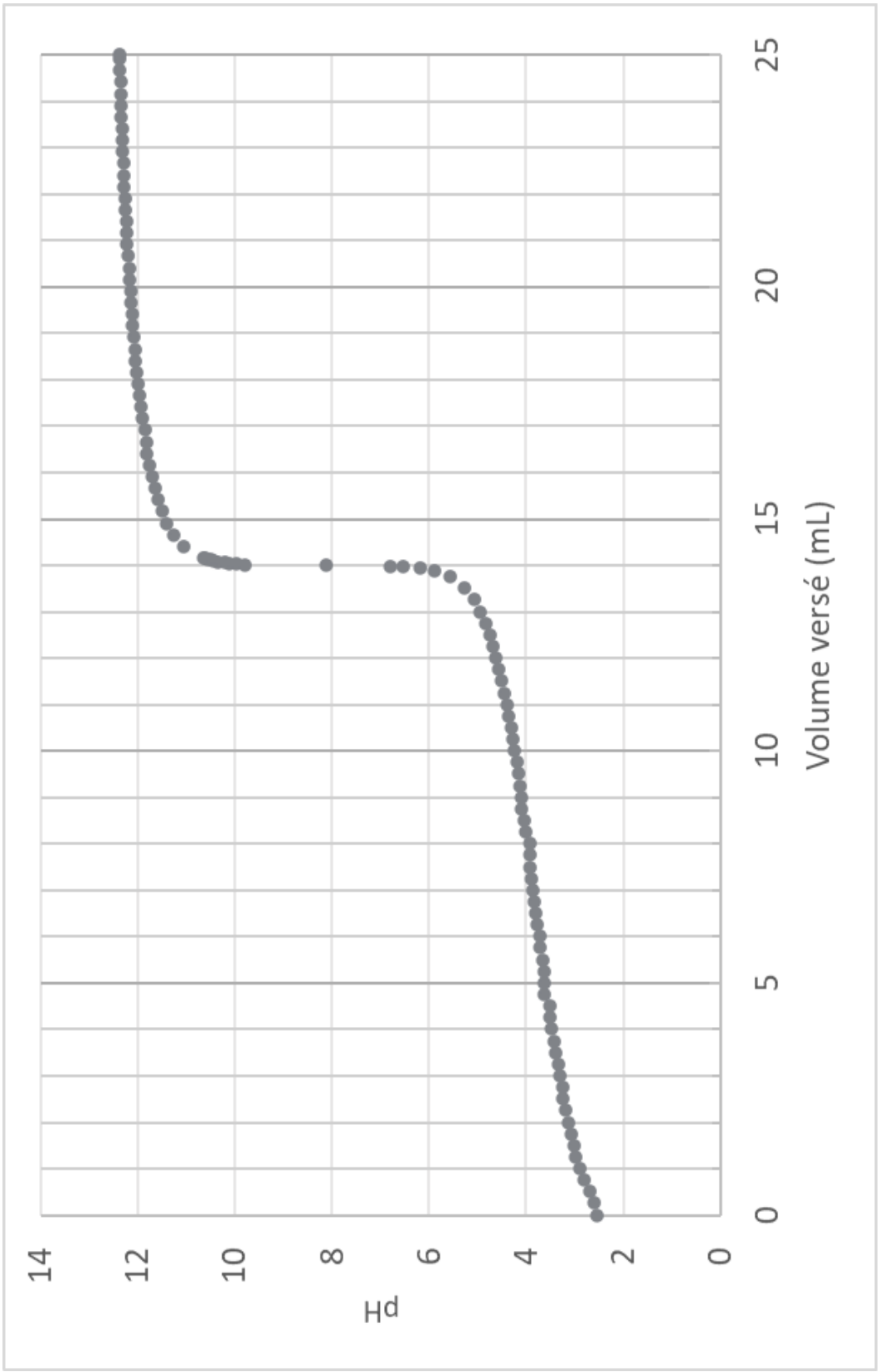
C.3. Proposer une expression littérale permettant de déterminer le pourcentage d'humidité relative quand le capteur est en cours d'utilisation dans un pot en fonction des variables « valeur_exp », « sec » et « eau ».

C.4. Donner alors le code à écrire à la ligne 17 qui réalise le calcul de la valeur pour la variable « pourcentage_humidite ».

ANNEXE I À RENDRE AVEC LA COPIE (même non complétée)

EXERCICE I

Évolution du $\boldsymbol{pH}$ de la solution (S_1) en fonction du volume de solution titrante (S_2) versé



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

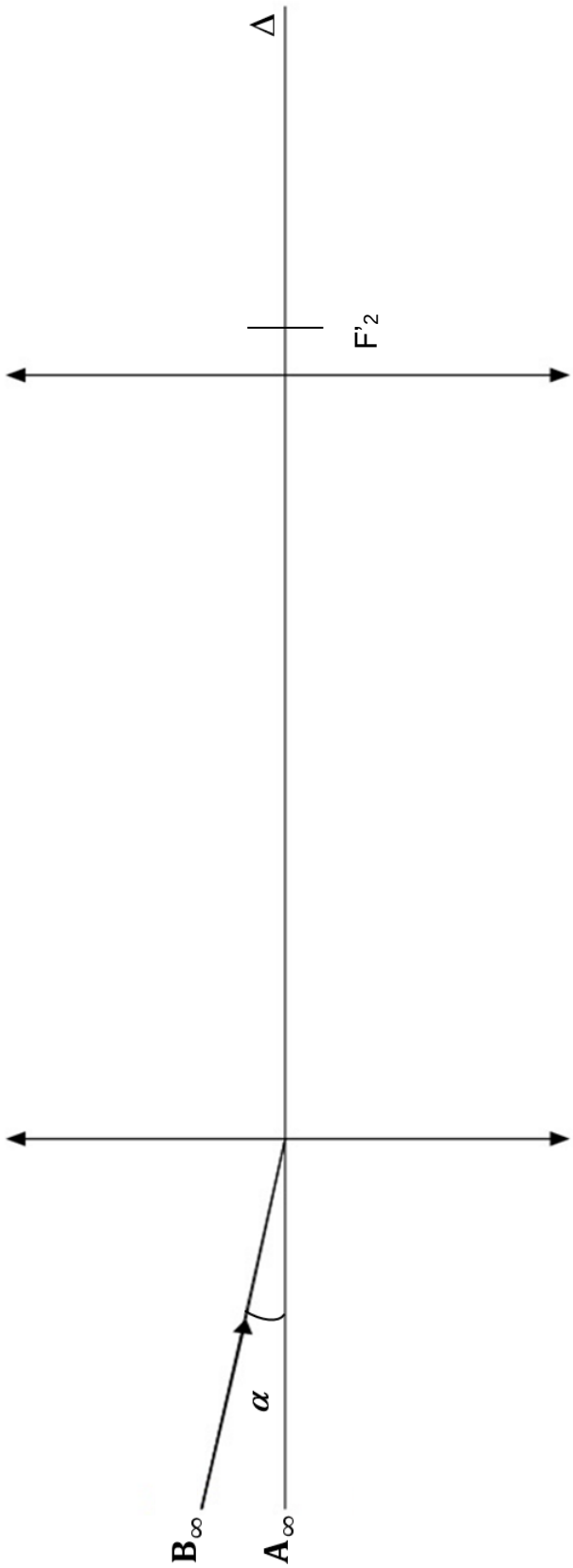
Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE (même non complétée)

EXERCICE II

Modélisation de la lunette astronomique



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