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

Physique-Chimie et Mathématiques

Durée de l'épreuve : **3 heures** - Coefficient : 16

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 sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.

PHYSIQUE-CHIMIE ..... 14/20 points
MATHÉMATIQUES ..... 6/20 points

Le candidat sera attentif aux consignes contenues dans le sujet pour traiter les quatre exercices.

Le document réponse page 11 est à rendre obligatoirement avec la copie.

EXERCICE 1 (4 points)

(Physique-chimie et mathématiques)

Stabilité d'un antibiotique

L'amoxicilline (noté ici AMOX) est un antibiotique qui possède un large spectre d'action sur certaines infections bactériennes, mais son action peut être altérée par des enzymes produites par certaines bactéries résistantes. C'est pour empêcher cela qu'on lui associe très souvent l'acide clavulanique.

Cette association amoxicilline et acide clavulanique peut être utilisée sous forme de poudre. Après ajout d'eau et agitation, on obtient une solution facilement assimilable. Cependant l'amoxicilline et l'acide clavulanique sont peu stables en milieu aqueux : elles subissent une réaction de dégradation avec l'eau (hydrolyse).

L'objectif de cet exercice est d'étudier quelques aspects de la cinétique de ces réactions de dégradation par hydrolyse de ces deux espèces chimiques, lorsqu'elles sont prises seules en solution aqueuse.

Donnée :

- pK_A du couple acide clavulanique/ion clavulanate : $pK_A = 2{,}7$.

Dégradation de l'amoxicilline seule en solution aqueuse

La dégradation de l'amoxicilline est étudiée au laboratoire, à 30 °C et à un pH valant 3,5.
La valeur de la concentration initiale en amoxicilline vaut C_0 = 1 600 µg·mL^{-1}.
La concentration de l'amoxicilline à l'instant t, notée $C_{Amox}(t)$, est évaluée toutes les vingt-quatre heures.

1) Donner la définition de la vitesse de disparition de l'amoxicilline, notée $v_{d,Amox}$.

On fait l'hypothèse que la dégradation de l'amoxicilline suit une loi cinétique d'ordre 1.

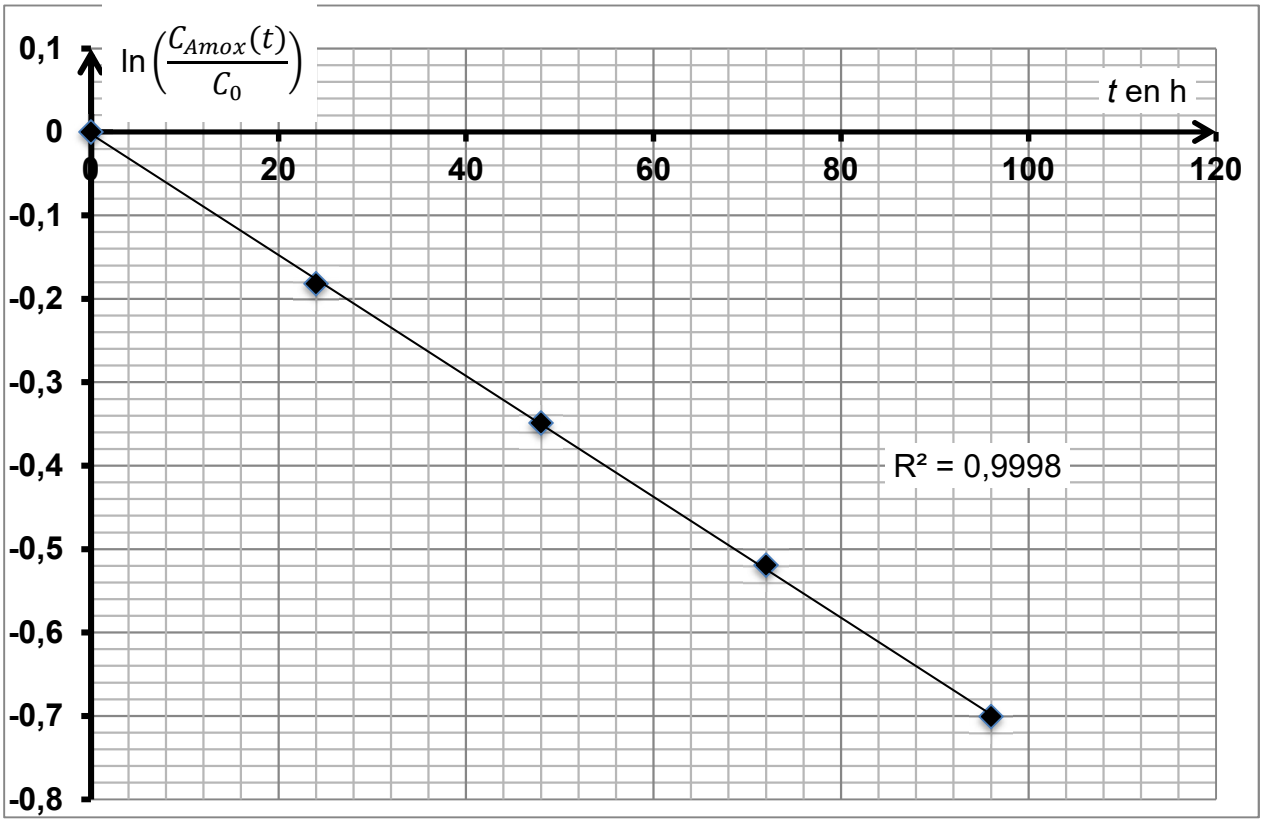
2) Établir l'équation différentielle du premier ordre vérifiée par la fonction $C_{Amox}(t)$. On notera k_{Amox} la constante de vitesse.

Pour une loi cinétique d'ordre 1, les solutions générales $C(t)$ de l'équation différentielle vérifient l'égalité $\ln\left(\frac{C(t)}{C(0)}\right) = -kt$ pour une certaine valeur de k.

Dans les conditions opératoires données, on obtient les résultats expérimentaux suivants :

t en h	0	24	48	72	96
$\ln\left(\frac{C_{Amox}(t)}{C_0}\right)$	0	– 0,18	– 0,35	– 0,52	– 0,70

Le graphique suivant représente le nuage de points expérimentaux et la modélisation associée :



3) Justifier que les résultats obtenus confirment l'hypothèse d'une loi cinétique d'ordre 1.

L'ajustement linéaire des points du relevé précédent permet d'obtenir une droite passant par les points O(0 ; 0) et A(96 ; – 0,70).

4) Déterminer une valeur arrondie à 10^{-4} du coefficient directeur de la droite (OA).
En utilisant cette valeur arrondie, en déduire que la droite (OA) a pour équation :

$$y = -0{,}0073t$$

5) L'ajustement précédent nous permet d'écrire $\ln\left(\frac{C_{Amox}(t)}{C_0}\right) = -0{,}0073t$, pour tout t appartenant à [0 ; +∞[.

a) En déduire que $C_{Amox}(t) = 1\,600 \times e^{-0{,}0073}$ pour tout t appartenant à [0 ; +∞[.

b) Déterminer la limite de la fonction C_{Amox} en $+\infty$.

c) Dresser le tableau des variations de la fonction C_{Amox} sur [0 ; +∞[.

Dégradation de l'ion clavulanate seul en solution aqueuse

Pour l'acide clavulanique, le suivi temporel de la concentration $C_{Clav}(t)$ au cours du temps est réalisé dans les mêmes conditions opératoires que précédemment.

6) Justifier que dans ces conditions opératoires, l'espèce prédominante est l'ion clavulanate.

La seconde expérience conduit aux observations suivantes :

- valeur de la concentration initiale en ion clavulanate : C'_0 = 320 mol·L^{-1} ;
- valeur de la constante de vitesse de la réaction : k_{Clav} = 0,19 h^{-1}.

Les résultats expérimentaux, traités avec la même méthode d'ajustement, permettent d'établir la relation $\ln\left(\frac{C_{Clav}(t)}{320}\right) = -0{,}19t$.

7) Comparer le coefficient directeur de la droite (OA) à celui de la droite d'équation :

$$y = -0{,}19t$$

8) Conclure en comparant la cinétique de dégradation de l'ion clavulanate seul à celle de l'amoxicilline seule.

EXERCICE 2 (6 points)

(Physique-chimie)

Étude du fonctionnement d'une pile PEMFC

La pile à combustible à membrane échangeuse de protons (PEMFC) est un empilement de cellules élémentaires identiques, constituées chacune de deux électrodes séparées par un électrolyte.
L'électrolyte est une membrane polymère conductrice d'ions hydrogène (ou protons) H^+ :

- les ions H^+ peuvent migrer à travers l'électrolyte d'une électrode à l'autre ;
- les électrons sont bloqués par cette membrane.

Le fonctionnement de chaque cellule élémentaire repose sur le principe d'une réaction d'oxydo-réduction se réalisant aux deux électrodes, en utilisant du dihydrogène H_2 et du dioxygène O_2 comme réactifs.

L'objectif de cet exercice est d'étudier certaines caractéristiques physico-chimiques d'une pile PEMFC.

Données :

- couples mis en jeu : $H^+/H_2(g)$; $O_2(g)/H_2O(\ell)$;
- masses molaires : $M(H) = 1{,}0\ g\cdot mol^{-1}$; $M(O) = 16{,}0\ g\cdot mol^{-1}$;
- constante de Faraday : $F = 96\ 500\ C\cdot mol^{-1}$.

1. Compléter le **document réponse DR1 page 11 à rendre avec la copie** en indiquant le schéma de conversion énergétique d'une pile à combustible PEMFC.

2. Compléter le schéma de la pile PEMFC dans **le document réponse DR2 page 11 à rendre avec la copie** lorsqu'elle est en fonctionnement pour alimenter un récepteur électrique en indiquant :

- la polarité de chaque électrode ;
- le sens conventionnel de circulation du courant électrique à l'extérieur de la pile ;
- le sens de déplacement des ions H^+ à travers l'électrolyte.

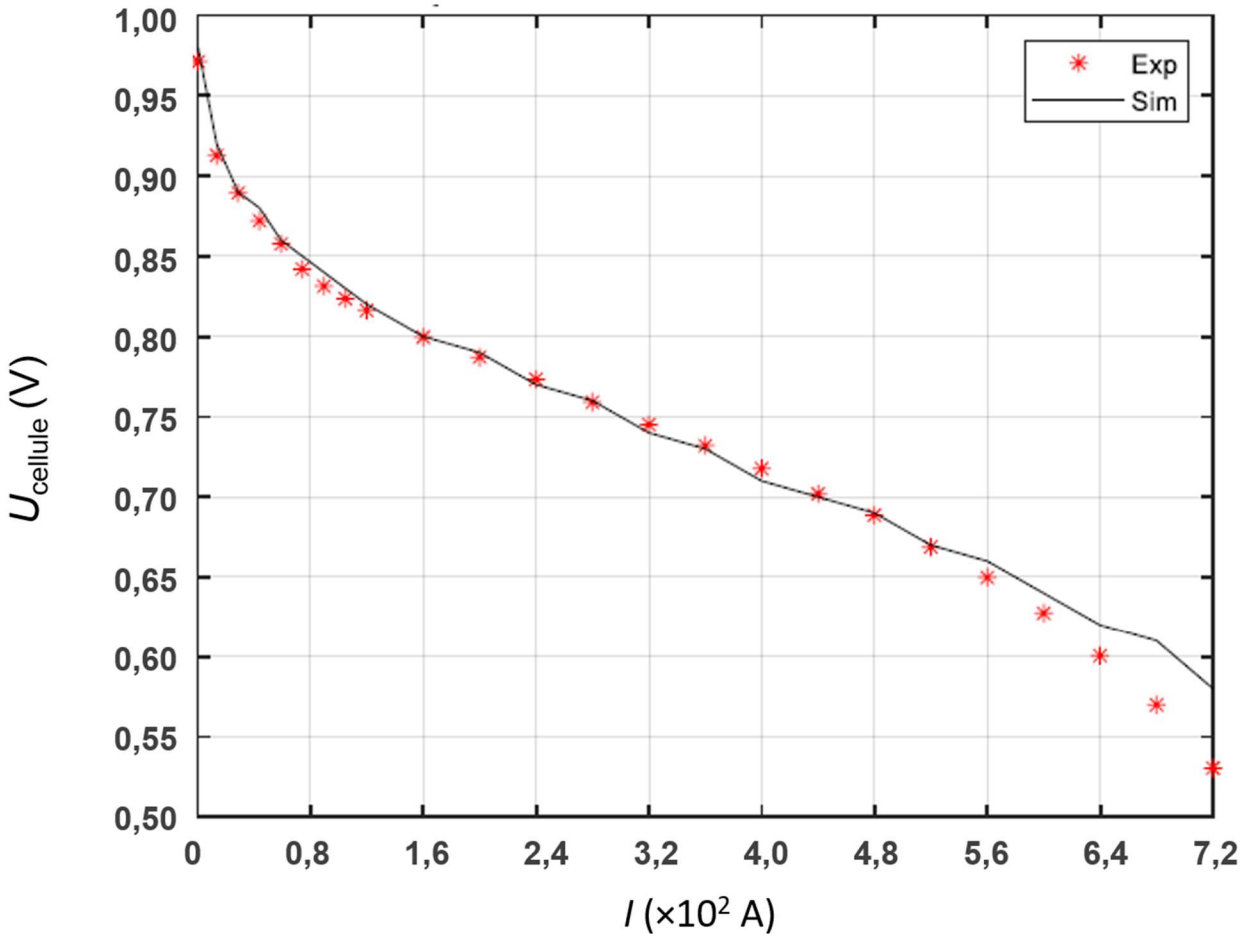
3. Déterminer les valeurs du nombre d'oxydation de l'élément oxygène dans les espèces chimiques du couple $O_2(g)/H_2O(\ell)$.

4. Lorsque la pile fonctionne, écrire les deux équations de demi-réaction se déroulant à chacune des deux électrodes 1 et 2. Identifier l'anode et la cathode.

5. Écrire l'équation de la réaction chimique modélisant le fonctionnement de la pile.

Les caractéristiques électriques d'une pile à combustible sont déterminées par le nombre de cellules élémentaires montées électriquement en série et la taille de la surface active des membranes. La pile étudiée ici est constituée de 100 cellules élémentaires en série. On donne ci-dessous, la caractéristique électrique d'une cellule élémentaire de la pile.

Il s'agit du tracé de la tension électrique de la cellule $U_{cellule}$, exprimée en volt, en fonction de l'intensité du courant I, exprimée en ampère.
Le graphique représente le nuage de points expérimentaux « Exp » et une modélisation notée « Sim ».



Courbe caractéristique d'une cellule élémentaire de la pile PEMFC
(d'après la thèse de doctorat d'Andrès Jacome, 2021)

6. Commenter la qualité de la modélisation du nuage de points expérimentaux.

Le fonctionnement de la cellule est optimal pour la valeur $I = 2{,}0\times10^2$ A.

7. Déterminer graphiquement la valeur de la tension électrique aux bornes de la cellule, notée $U_{cellule,}$ lors de son fonctionnement optimal. En déduire la valeur de la tension notée U_{pile}, aux bornes de l'association de l'ensemble des cellules constituant la pile étudiée.

8. En utilisant la réponse à la question **4**. et les données fournies, déterminer la valeur de la masse d'eau produite par une cellule élémentaire de la pile PEMC quand elle fonctionne normalement pendant une durée Δt = 1,0 h. On suppose que pendant Δt le courant électrique circulant dans une cellule a une valeur constante.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter correctement les différentes étapes de la démarche suivie.

EXERCICE 3 (4 points)

(Mathématiques)

Dans cet exercice, on considère la fonction f définie sur $\mathbb{R}$ par : $f(x) = 5\mathrm{e}^{2x+1}$.

1. Parmi les programmes suivants, écrits en langage Python, un seul affiche les images par f des réels 0; 0,1; 0,2; ... ; 0,9.
Indiquer sans justifier sur la copie la lettre correspondant à ce programme.

a)

```
from math import exp
for k in range(10) :
    x=k/10
    y=5*exp(2*x+1)
    print(y)
```

b)

```
from math import exp
for k in range(10) :
    y=5*exp(2*k+1)
print(y)
```

c)

```
from math import exp
for k in range(0,9) :
    y=5*exp(2*x+1)
    print(y)
```

d)

```
from math import exp
for k in range(0,9) :
    y=5*exp(2*x+1)
print(y)
```

2. Résoudre dans $\mathbb{R}$ l'équation $f(x) = 5$.

3. L'affirmation suivante est-elle vraie ou fausse ? Justifier.

« Tout nombre réel x négatif ou nul a une image par f inférieure ou égale à 5. »

4. On considère la fonction F définie sur $\mathbb{R}$ par : $F(x) = \frac{5}{2}\mathrm{e}^{2x+1}$.

a) Montrer que la fonction F est une primitive sur $\mathbb{R}$ de la fonction f.

b) En déduire la valeur exacte, puis une valeur approchée à l'entier près, de :

$$\int_0^1 f(x)\,\mathrm{d}x$$

EXERCICE 4 (6 points)

(Physique-chimie)

Panneaux photovoltaïques dans le domaine spatial

La station spatiale internationale (ISS), construite en 1998, va rester en service jusqu'en 2031.

L'énergie électrique de l'ISS est fournie en majorité par des panneaux solaires. Chaque panneau solaire est composé de cellules photovoltaïques en silicium polycristallin qui permettent de convertir la puissance solaire reçue en puissance électrique.



La station ISS, Image : NASA, 2009.

Cet exercice s'intéresse à l'amélioration des rendements des panneaux photovoltaïques utilisés dans l'ISS.

Données :

- relation entre l'énergie E (en J) d'un photon et la longueur d'onde λ (en m) de l'onde électromagnétique associée :

$$E = \frac{h \times c}{\lambda}$$

- valeur de la constante de Planck : $h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ J·s ;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m·s^{-1} ;
- Conversion electron-volt / joule : 1 eV = $1{,}602 \times 10^{-19}$ J.

Des recherches visent à développer des panneaux photovoltaïques aux rendements plus élevés que ceux utilisés sur l'ISS. Dans cet objectif, des cellules photovoltaïques dites « à concentration » sont en cours d'étude. On dispose des données suivantes :

Matériau	Rendement maximal en laboratoire	Rendement maximal en production en série	Rendement global du module photovoltaïque
Cellules photovoltaïques à silicium polycristallin	20,4 %	17,8 %	15 %
Cellules photovoltaïques à concentration	43,6 % à 44,7 %	40,0 %	30 %

1. Commenter les valeurs fournies dans le tableau précédent.

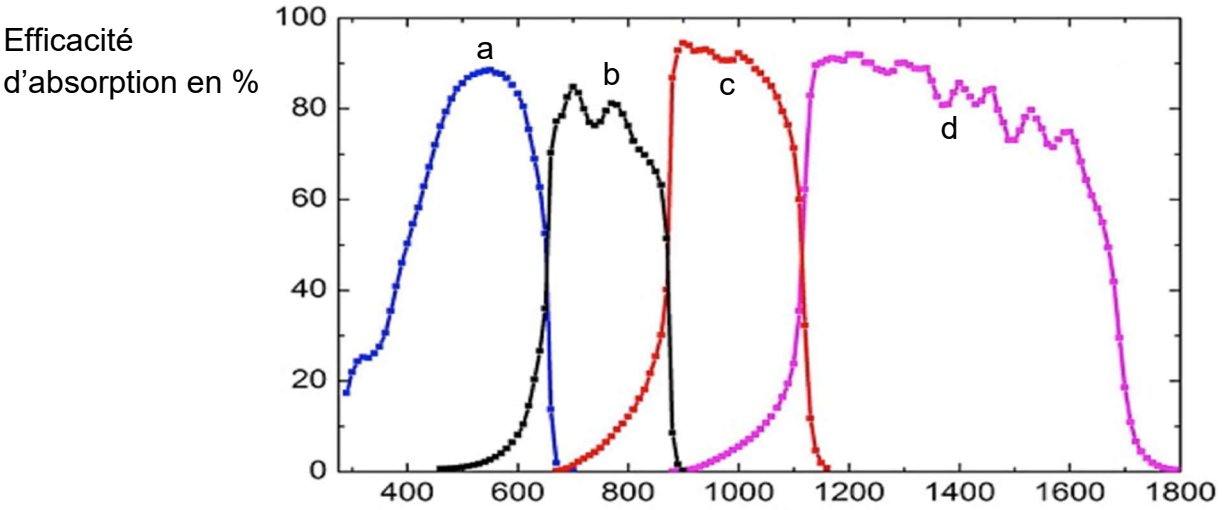
Les cellules à concentration sont constituées de matériaux semi-conducteurs. Ces matériaux absorbent les photons d'énergie E supérieure ou égale à une valeur d'énergie seuil, notée E_g, caractéristique du semi-conducteur utilisé.

Matériau semi-conducteur	M_1	M_2	M_3	M_4
Formule	$Ga_{0,47}In_{0,53}As$	$Ga_{0,16}In_{0,84}As_{0,31}P_{0,69}$	GaAs	$Ga_{0,51}In_{0,49}P$
Énergie seuil E_g (en eV)	0,74	1,12	1,42	1,88

2. Déterminer la valeur de la longueur d'onde seuil λ_g en m, puis en nm, de l'onde électromagnétique associée qui peut être absorbée par le semi-conducteur M_2.

3. Indiquer si ce matériau semi-conducteur absorbe les ondes électromagnétiques de longueur d'onde λ supérieure ou inférieure à cette valeur de longueur d'onde seuil λ_g. Justifier.

D'après ce qui précède, un matériau semi-conducteur absorbe plus ou moins les ondes électromagnétiques selon leur longueur d'onde. Le graphique expérimental suivant présente l'efficacité de ce phénomène d'absorption en fonction de la longueur d'onde, pour chacun des quatre matériaux semi-conducteurs étudiés : plus l'efficacité est élevée, plus l'onde électromagnétique est absorbée par le matériau.



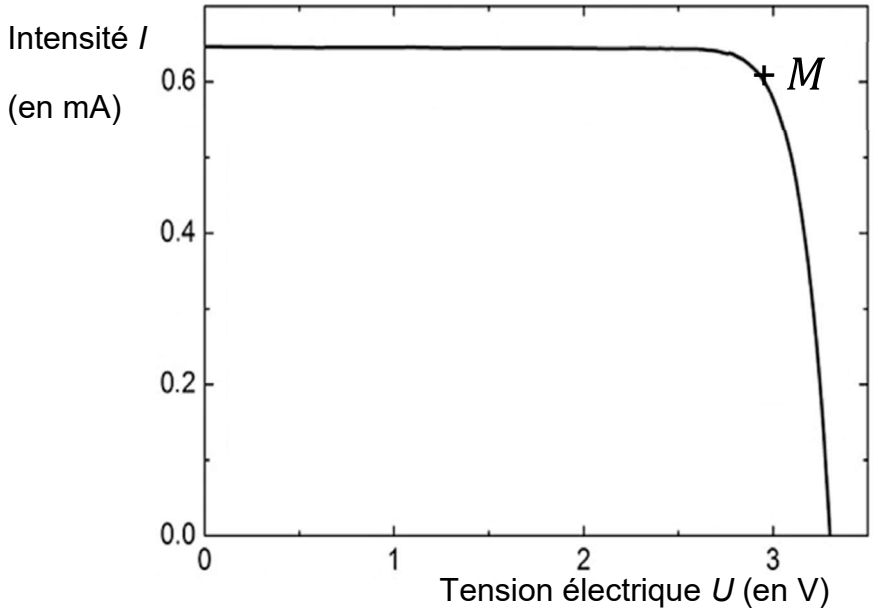
Efficacité d'absorption des ondes électromagnétiques pour les quatre matériaux

4. Parmi les courbes a, b, c, et d sur le graphique précédent, identifier celle qui correspond au semi-conducteur M_2.

De meilleurs rendements sont recherchés en superposant dans les cellules photovoltaïques plusieurs couches de semi-conducteurs avec des valeurs de seuil différentes.

5. En s'appuyant sur le graphique précédent (donnant l'efficacité d'absorption des ondes électromagnétiques pour les quatre matériaux) expliquer pourquoi l'association des quatre couches de semi-conducteurs permet un rendement supérieur pour la cellule.

La caractéristique intensité du courant électrique *I* en fonction de la tension électrique *U* de la cellule photovoltaïque à quatre couches est donnée ci-dessous.



Le point M sur la courbe de la caractéristique de la cellule photovoltaïque est le point de fonctionnement correspondant à la valeur maximale de la puissance électrique fournie par la cellule pour un éclairement imposé de 1000 $W \cdot m^{-2}$.

La cellule photovoltaïque possède une surface d'aire A = 5,20 mm^2.

6. À l'aide des coordonnées du point de fonctionnement M sur le graphique précédent, déterminer la valeur de la puissance électrique maximale $P_{élec}$ produite par la cellule photovoltaïque.

7. Déterminer la valeur du flux énergétique P_{lum} reçu par la cellule photovoltaïque.

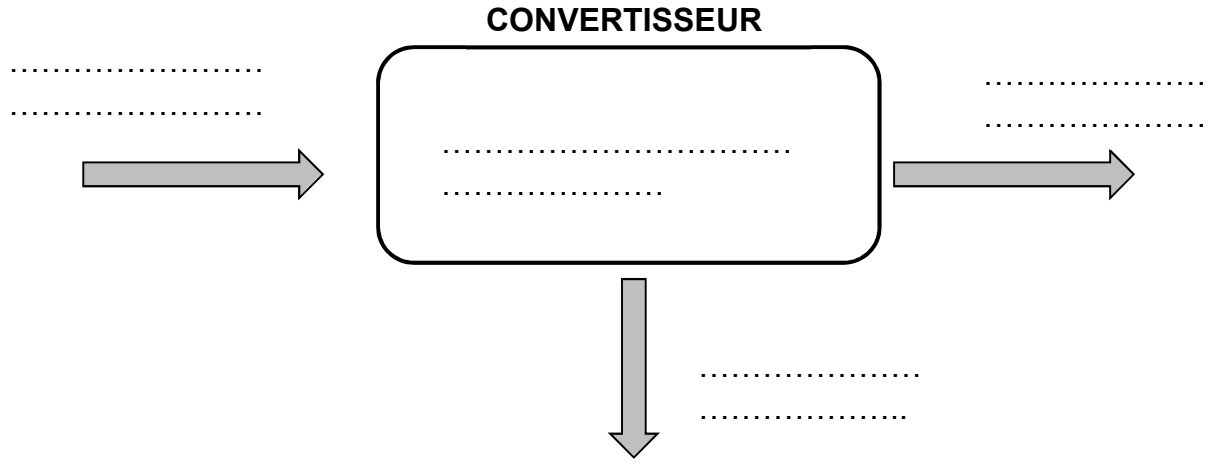
8. Rappeler la relation permettant de calculer le rendement η d'une cellule photovoltaïque, en fonction de $P_{élec}$ et de P_{lum}.

9. Calculer la valeur du rendement maximal de cette cellule. Commenter en utilisant les données fournies en début d'exercice.

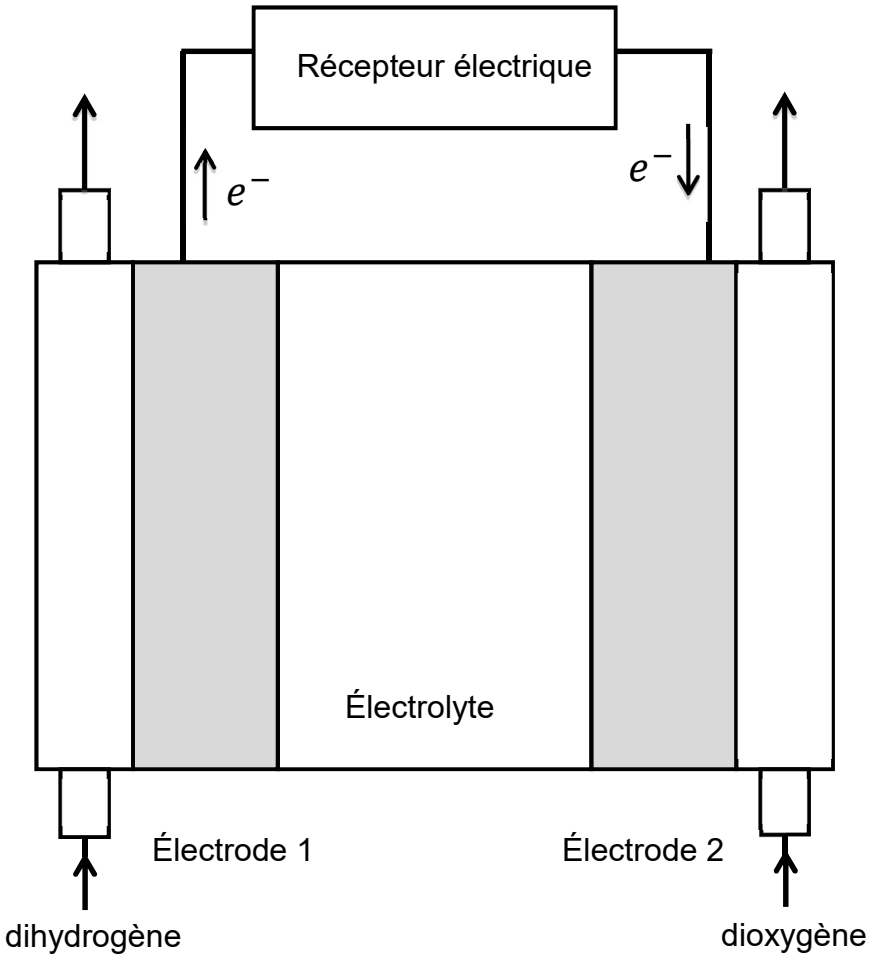
DOCUMENT RÉPONSE
À RENDRE OBLIGATOIREMENT AVEC LA COPIE

Exercice 2 - Étude du fonctionnement d'une pile PEMFC

Document réponse DR1 : schéma de conversion énergétique d'une pile PEMFC.



Document réponse DR2 : schéma de principe d'une pile PEMFC en fonctionnement.



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.