

# **BACCALAURÉAT BLANC TECHNOLOGIQUE**

## **Série STI2D**

### **Enseignement de spécialité Physique-chimie et mathématiques**

**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 collègue » est autorisé.**

**Le candidat doit traiter les quatre exercices. Il est invité à faire figurer sur la copie toute trace de recherche, même incomplète ou non fructueuse, qu'il aura développée. La qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements seront prises en compte dans l'appréciation des copies.**

## EXERCICE 1 commun à tous les candidats (4 points)

(physique-chimie et mathématiques)

### Modèle de la vitesse de refroidissement d'un lait écrémé

Dans le domaine de l'agroalimentaire, la question du refroidissement des produits préparés peut être cruciale. On peut citer par exemple la problématique de la durée de refroidissement du lait produit dans une ferme : afin d'éviter la prolifération microbienne, il convient de minimiser cette durée de refroidissement.

Afin d'étudier l'évolution de la température d'une masse de liquide en contact avec l'atmosphère d'une pièce en fonction du temps, l'expérience suivante est réalisée. Une masse de lait écrémé  $m = 150 \text{ g}$  est chauffée à une température de  $63,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . On laisse ensuite le lait se refroidir à l'air libre en relevant sa température toutes les minutes.

Pendant toute la durée de l'expérience, la température de l'air de la pièce reste constante et inférieure à celle du lait.

**Résultats de l'expérience** : température de la masse de lait en fonction du temps  $t$ .

|                                      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $t(\text{en min})$                   | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| température (en $^{\circ}\text{C}$ ) | 63,4 | 61,7 | 60,2 | 58,6 | 57,4 | 56,2 | 54,7 | 53,6 |

|                                      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $t(\text{en min})$                   | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
| température (en $^{\circ}\text{C}$ ) | 52,4 | 51,2 | 50,4 | 49,4 | 48,5 | 47,4 | 46,6 | 45,9 |

**Donnée :**

- Pour la capacité thermique massique du lait, on prendra :  
 $c_{\text{lait}} = 4,0 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

1. Citer les trois modes de transferts thermiques.
2. Préciser, en le justifiant, le sens du transfert thermique entre la masse de lait et l'air de la pièce.
3. Calculer, d'après les résultats expérimentaux, la valeur du transfert thermique  $Q$  entre la masse de lait et l'air de la pièce entre les dates  $t = 1 \text{ min}$  et  $t = 2 \text{ min}$ .  
Sans calcul, préciser si la valeur du transfert thermique est plus petite ou plus grande que  $Q$  entre les dates  $t = 6 \text{ min}$  et  $t = 7 \text{ min}$ .

La température du lait, exprimée en degré Celsius, en fonction du temps  $t$ , exprimé en minute, est modélisée par la fonction  $T$  définie sur  $[0; +\infty[$  par :

$$T(t) = 37 \times e^{-\frac{20t}{459}} + 26,4.$$

4. Calculer  $T(0)$  et interpréter ce résultat dans le contexte de l'exercice.
5. Déterminer  $\lim_{t \rightarrow +\infty} T(t)$ .  
Selon ce modèle, quelle est la température de l'air de la pièce ? Justifier.
6. Selon ce modèle, au bout de combien de temps la température du lait vaut-elle  $40^\circ\text{C}$  ? Donner le résultat en minute et seconde.

## EXERCICE 2 (6 points)

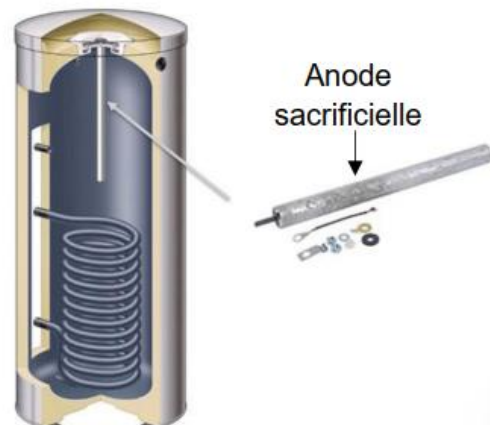
Physique-Chimie

### Protection cathodique par anode sacrificielle

La cuve interne d'un chauffe-eau est constituée d'acier. Elle est sujette à la corrosion provoquée par l'oxydation du fer par le dioxygène dissout dans l'eau. Il est donc nécessaire de mettre en place des mesures de protection pour prévenir la détérioration de la cuve.

#### Document n°3 – Méthode de protection par anode sacrificielle.

Une méthode retenue pour protéger la cuve en acier est de la relier électriquement à un autre métal afin qu'il s'oxyde à sa place. On peut utiliser le zinc qui s'oxyde plus facilement que le fer. Le morceau de zinc est alors sacrifié pour protéger le fer. Il porte le nom d'*anode sacrificielle*.



<https://www.viessmann.fr/>

Dans le cas d'un chauffe-eau électrique, pour une utilisation optimale, il est préconisé de changer ces anodes sacrificielles lorsqu'elles sont consommées à 50 %. Ce qui correspond à changement tous les 5 à 10 ans.

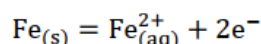
On cherche dans la suite de cet exercice à vérifier cette durée d'utilisation.

### Étude de l'oxydation du fer.

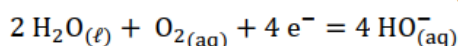
On se propose tout d'abord d'étudier la réaction d'oxydo-réduction entre le fer  $Fe$  et le dioxygène  $O_{2(aq)}$  dissout dans l'eau.

Les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont  $Fe_{(aq)}^{2+}/Fe_{(s)}$  et  $O_{2(aq)}/H_2O_{(l)}$ .

La demi-équation (a) associée au couple oxydant/réducteur  $Fe_{(aq)}^{2+}/Fe_{(s)}$  est :



La demi-équation (b) associée au couple oxydant/réducteur  $O_{2(aq)}/H_2O_{(l)}$  est :



1. Établir, à partir des deux demi-équations (a) et (b), l'équation de la réaction d'oxydation du fer par le dioxygène.

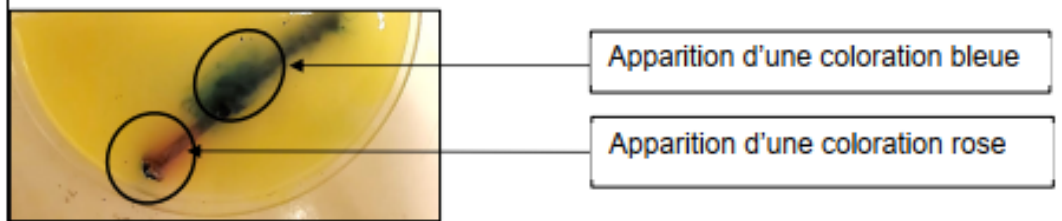
### Document n°4 – Expérience réalisée en laboratoire.

On dépose dans une boîte de Pétri un clou en fer que l'on recouvre d'une solution aqueuse  $S$  saturée en chlorure de sodium contenant quelques gouttes de phénolphtaléine, une pointe de ferricyanure de potassium  $K_3[Fe(CN)_6]$ , et de l'agar-agar.

On précise que :

- le chlorure de sodium permet d'accélérer en laboratoire la réaction d'oxydation ;
- l'agar-agar permet de gélifier la solution, il est neutre vis-à-vis de toute réaction chimique ;
- la phénolphtaléine est un indicateur coloré acido-basique, qui devient rose vif en présence d'ions hydroxydes  $HO_{(aq)}^{-}$  ;
- le ferricyanure de potassium est un indicateur coloré faisant apparaître une coloration bleue en présence d'ions fer(II)  $Fe_{(aq)}^{2+}$ .

Les résultats obtenus au bout d'une heure d'expérience apparaissent sur la photo ci-dessous :



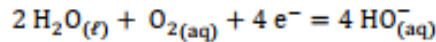
2. Identifier des espèces chimiques formées par la réaction d'oxydation du fer réalisée dans l'expérience décrite dans le document n°4. Justifier.

### Étude de l'oxydation du zinc.

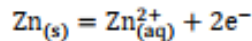
Lorsque l'on plonge un ruban de zinc métallique dans de l'eau, le métal zinc  $\text{Zn}_{(s)}$  s'oxyde en ion  $\text{Zn}_{(aq)}^{2+}$ .

Les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont  $\text{Zn}_{(aq)}^{2+}/\text{Zn}_{(s)}$  et  $\text{O}_{2(aq)}/\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ .

La demi-équation (b) associée au couple oxydant/réducteur  $\text{O}_{2(aq)}/\text{H}_2\text{O}_{(l)}$  est :



La demi-équation (c) associée au couple oxydant/réducteur  $\text{Zn}_{(aq)}^{2+}/\text{Zn}_{(s)}$  est :



3. Indiquer, sans calcul, comment évoluent lors de cette réaction :

- la masse de métal zinc ;
- la concentration massique des ions zinc  $\text{Zn}_{(aq)}^{2+}$  ;
- la concentration massique des ions hydroxyde  $\text{HO}_{(aq)}^-$  .

### Protection du fer par ajout de zinc.

On dispose au laboratoire de clous en fer, de rubans de zinc métallique, de la solution S utilisée dans l'expérience du **document n°4**, ainsi que de la verrerie de laboratoire.

Dans une solution, lorsque des ions hydroxydes  $\text{HO}_{(aq)}^-$  sont en présence d'ions zinc  $\text{Zn}_{(aq)}^{2+}$ , un précipité blanc d'hydroxyde de zinc de formule  $\text{Zn}(\text{OH})_{2(s)}$  apparaît.

4. Proposer une expérience, en vous aidant éventuellement d'un schéma, permettant de montrer que le zinc s'oxyde à la place du fer lorsqu'il sont reliés électriquement comme indiqué dans le **document n°3**.
5. Indiquer les observations qui permettraient de valider le rôle d'anode sacrificielle du zinc comme il est décrit dans le **document n°3**.

### Protection du fer par anode sacrificielle de zinc dans le chauffe-eau.

On choisit d'installer dans le chauffe-eau une anode sacrificielle de longueur 50 cm et de masse 1,1 kg.

La quantité  $Q$  d'électricité stockée dans cette anode de zinc vaut  $9,0 \times 10^2 \text{ A} \cdot \text{h}$ .

On rappelle que la quantité d'électricité stockée  $Q$ , l'intensité du courant  $I$  en ampère qui circule dans un circuit et la durée  $\Delta t$  de fonctionnement du dispositif sont liées par la relation  $Q = I \times \Delta t$ .

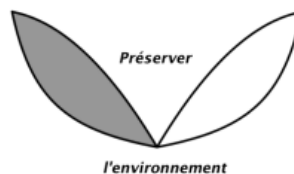
6. Calculer la durée de vie de l'anode en supposant que le courant électrique entre l'anode en zinc et la cathode en fer est constant et égal à 5,0 mA.
7. Commenter votre résultat vis-à-vis des préconisations du constructeur concernant la durée d'utilisation optimale d'une anode sacrificielle.

### EXERCICE 3 commun à tous les candidats (4 points)

(mathématiques)

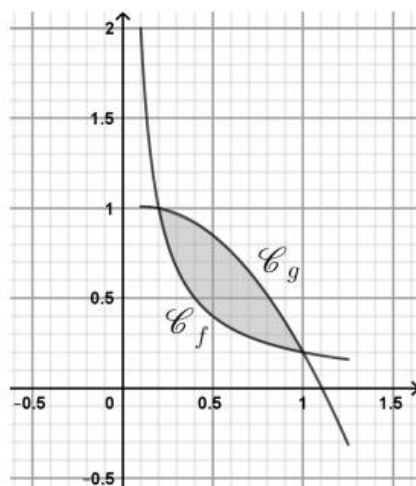
Le conservatoire des espaces naturels d'une région s'occupe d'une zone protégée de 1 800 hectares. Depuis plusieurs années, il surveille le domaine d'extension d'une plante invasive.

Le logo utilisé par le conservatoire pour la communication est constitué de deux feuilles symétriques l'une de l'autre, dessinées ci-contre.



Soient les fonctions  $f$  et  $g$  définies sur l'intervalle  $[0, 1; 1, 25]$  par  $f(x) = \frac{0,2}{x}$  et  $g(x) = -x^2 + 0,2x + 1$ . On note  $\mathcal{C}_f$  et  $\mathcal{C}_g$  les courbes représentatives de ces fonctions tracées dans le repère ortho-normé ci-dessous.

On admet que ces deux courbes  $\mathcal{C}_f$  et  $\mathcal{C}_g$  se coupent en deux points.



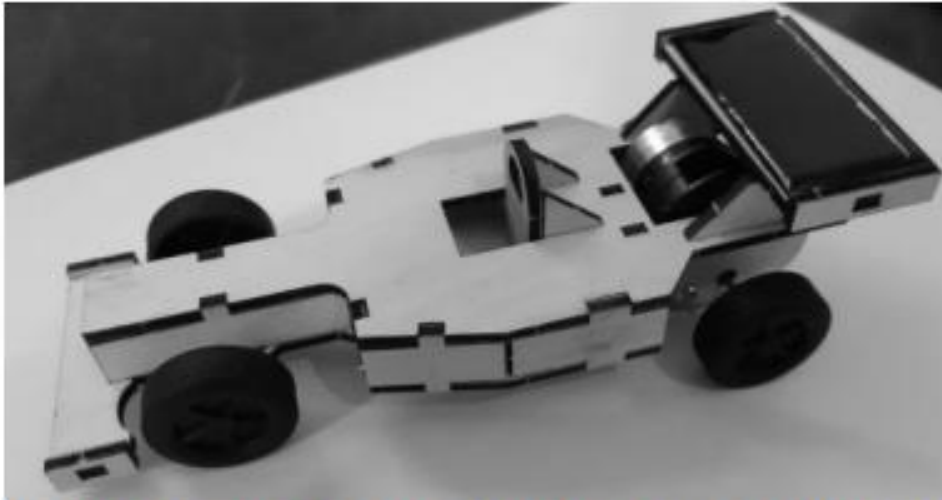
La feuille gauche du logo correspond à la partie grisée du plan, délimitée par ces deux courbes.

1. Vérifier par le calcul que 0,2 est une solution de l'équation  $f(x) = g(x)$ .
2. Déterminer graphiquement la seconde solution de cette équation.
3.
  - a. Interpréter graphiquement l'intégrale  $I = \int_{0,2}^1 g(x) dx$ .
  - b. Donner une valeur approchée de cette intégrale à  $10^{-2}$  près.
4.
  - a. Montrer que la fonction  $F$  définie sur l'intervalle  $[0, 1; 1, 25]$  par  $F(x) = \frac{1}{5} \ln(x)$  est une primitive sur l'intervalle  $[0, 1; 1, 25]$  de la fonction  $f$ .
  - b. Calculer la valeur exacte de  $J = \int_{0,2}^1 f(x) dx$ .
5. On admet que la courbe  $\mathcal{C}_g$  est située au-dessus de la courbe  $\mathcal{C}_f$  sur l'intervalle  $[0, 2; 1]$ . L'unité choisie sur chacun des axes est de 2,5 cm. En déduire, au  $\text{cm}^2$  près, une valeur approchée de l'aire totale du logo.

**EXERCICE 4 commun à tous les candidats (6 points)**  
(physique - chimie)

L'étude porte sur une voiture solaire miniature que l'on peut trouver dans le commerce.

**Photographies de la voiture**



Photographie de la voiture solaire : une cellule photovoltaïque directement branchée sur un moteur à courant continu.

Photographie de la face avant de la cellule  
(dimensions : 60 mm × 25 mm).



Photographie de la face arrière de la cellule.

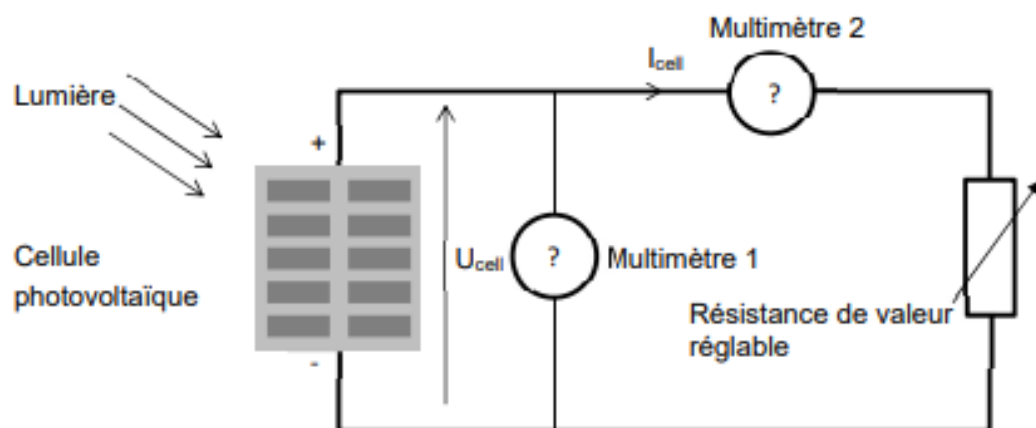
Aucune donnée technique n'est précisée, hormis deux indications au verso de la cellule photovoltaïque.



### Étude expérimentale de la cellule photovoltaïque

On souhaite déterminer les caractéristiques de la cellule photovoltaïque qui alimente le moteur électrique. On cherche tout d'abord à comprendre à quoi correspondent les indications au dos de la cellule. Pour cela, on trace la caractéristique tension/courant de celle-ci. Le montage utilisé est représenté ci-dessous.

#### Montage expérimental utilisé par l'élève

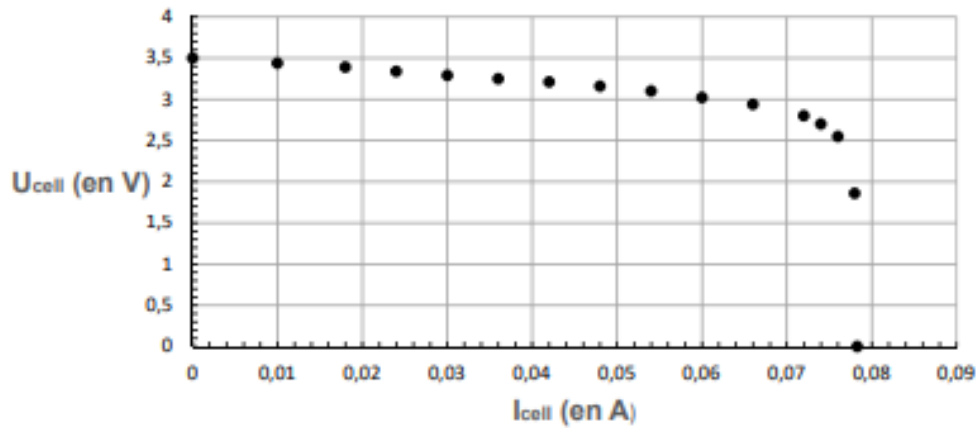


On note  $U_{cell}$  la tension aux bornes de la cellule et  $I_{cell}$  l'intensité du courant fourni par la cellule.

1. Compléter le document réponse DR1 du document réponse à joindre avec la copie en indiquant les fonctions (voltmètre V ou ampèremètre A) des multimètres 1 et 2.
2. Indiquer le rôle de la résistance de valeur réglable dans le montage expérimental.
3. Compléter le diagramme énergétique sur le document réponse DR2 du document réponse à joindre avec la copie

Grâce au montage expérimental, on relève différentes valeurs de la tension  $U_{cell}$  aux bornes de la cellule et de l'intensité  $I_{cell}$  du courant débité par celle-ci, pour un éclairement reçu par la cellule de  $800 \text{ W/m}^2$  puis, on trace la caractéristique tension/courant de la cellule. Celle-ci est représentée ci-dessous.

#### Caractéristique tension / courant de la cellule solaire



4. On appelle tension à vide la tension aux bornes de la cellule lorsque le circuit est ouvert.

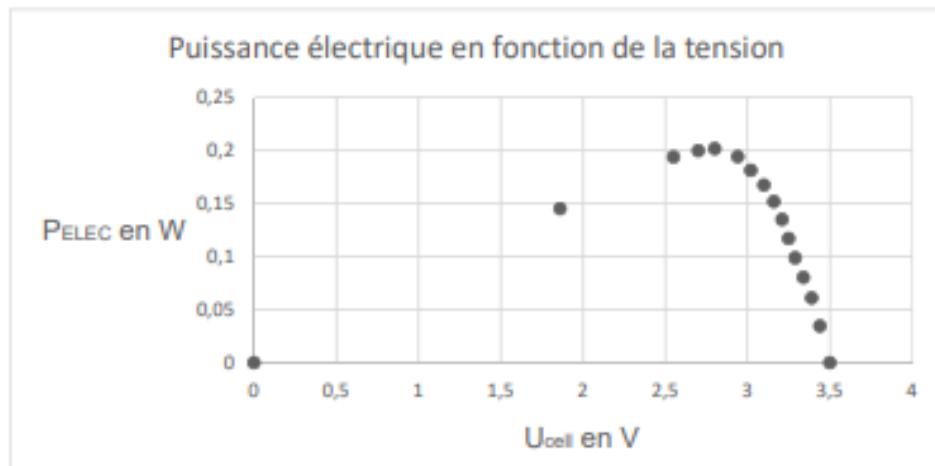
On appelle intensité de court-circuit, l'intensité du courant débitée par la cellule lorsqu'on court-circuite ses bornes.

En utilisant la caractéristique tension-courant, déterminer :

- la valeur de la tension à vide  $U_{CO}$  ;
- la valeur de l'intensité de courant de court-circuit  $I_{CC}$ .

Indiquer si ces valeurs correspondent à celles indiquées sur la face arrière de la cellule.

5. On s'intéresse également à la puissance électrique  $P_{ELEC}$  délivrée par la cellule. Pour cela, les valeurs de  $P_{ELEC}$  sont calculées à partir des valeurs expérimentales de la tension  $U_{cell}$  et de l'intensité  $I_{cell}$ . La courbe ci-dessous représente la puissance électrique en fonction de la tension aux bornes de la cellule.



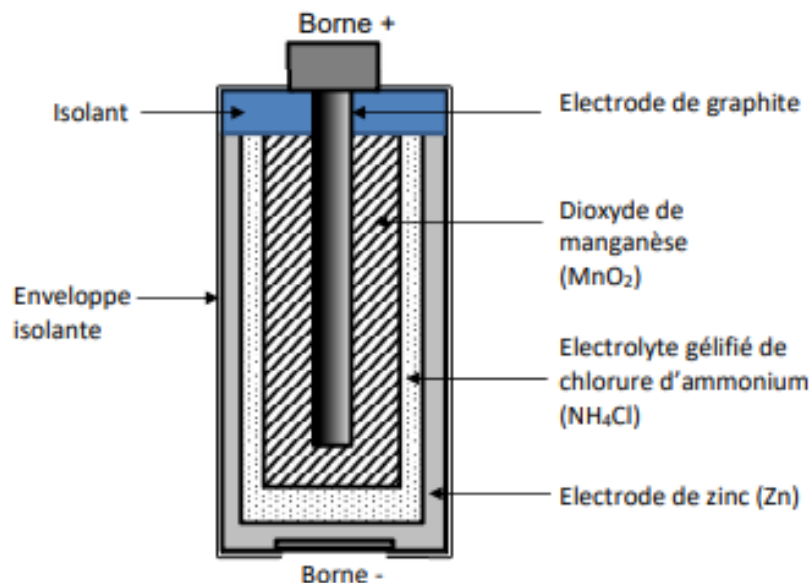
Donner, en précisant les unités, l'expression liant la puissance électrique  $P_{ELEC}$  délivrée par la cellule, la tension  $U_{cell}$  aux bornes de celle-ci et l'intensité  $I_{cell}$  du courant qu'elle génère.

6. Déterminer
  - la valeur de la puissance maximale (appelée *puissance crête*)  $P_C$  délivrée par la cellule ;
  - la valeur de la tension  $U_C$  correspondant à la puissance crête.
7. Dédire des questions précédentes la valeur de  $I_C$ , intensité à la puissance crête.
8. Comparer les valeurs de  $U_C$  et  $I_C$  avec les valeurs indiquées à l'arrière de cellule photovoltaïque. Commenter la cohérence de ces valeurs.
9. Montrer que, lorsque la cellule fonctionne au point de puissance maximale, son rendement est de l'ordre de 17 %.

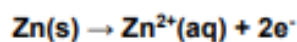
La majorité des petits jouets électriques fonctionnant avec des piles salines, on se propose dans cette partie d'étudier le fonctionnement de telles piles.

La pile saline est de conception assez ancienne puisqu'elle a été mise au point en 1867 par Georges Leclanché (ingénieur français, 1839-1882).

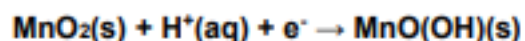
De nos jours, la structure d'une pile saline est la suivante :



Quand la pile est en fonctionnement, l'électrode de zinc est le siège de la transformation chimique modélisée par la réaction électrochimique :



L'électrode de graphite est le siège d'une transformation chimique modélisée par la réaction électrochimique :



### Étude de l'électrode de zinc

La pile est reliée à un conducteur par des fils électriques.

10. Lorsque la pile débite un courant électrique, préciser la nature des porteurs de charge électrique dans le circuit extérieur à la pile.
11. Indiquer si le zinc subit une oxydation ou une réduction. Justifier.
12. Préciser si l'électrode de zinc joue alors le rôle d'anode ou de cathode.

### Étude du couple du dioxyde de manganèse

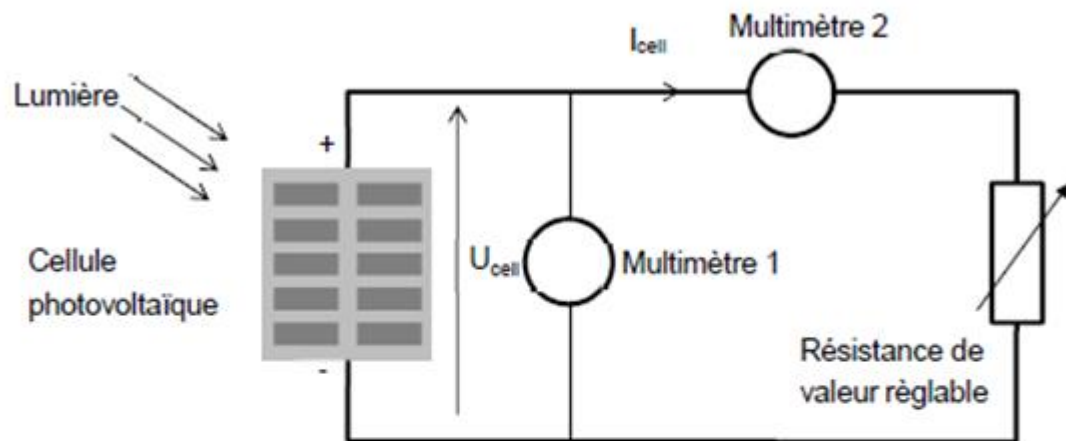
13. Écrire le couple oxydant / réducteur auquel appartient le dioxyde de manganèse  $\text{MnO}_2$ .

### Bilan de fonctionnement de la pile

14. À partir des deux réactions électrochimiques, écrire l'équation de la réaction qui modélise le fonctionnement de la pile.

DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

DR1 :



DR2 :

