



# Différentes ressources énergétiques pour alimenter une petite voiture

- **Physique :**
  - conservation de l'énergie
  - chaîne énergétique
  - rendement d'un panneau photovoltaïque
- **Chimie :**
  - réactions d'oxydo-réduction
  - pile, quantité d'électricité



un jouet pour enfants proposé par un site de vente en ligne

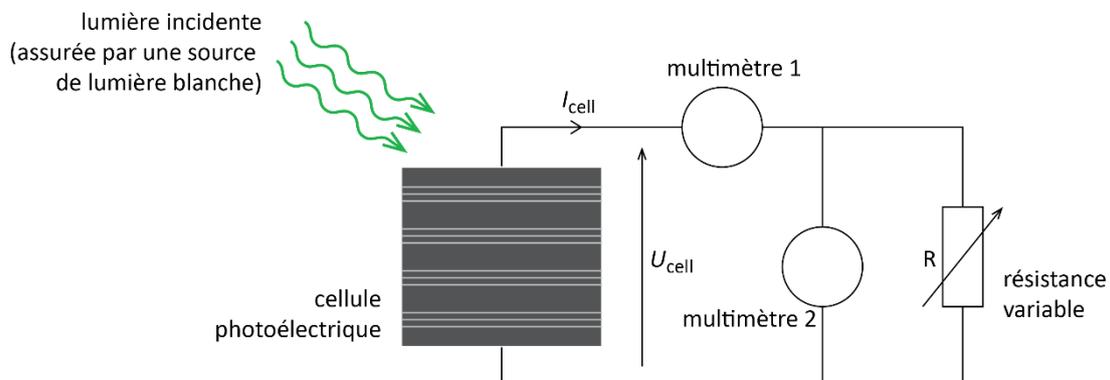
Le jouet photographié ci-dessus existe en deux versions : l'une propose une alimentation par une cellule photoélectrique et l'autre par des piles. Ce problème propose d'étudier ces deux modes d'alimentation.

## PARTIE 1 : étude de l'alimentation par une cellule photoélectrique

### DONNÉES sur la cellule photoélectrique

- Dimensions : 40 mm × 37 mm
- Tension nominale : 3,0 V
- Intensité nominale : 70 mA
- Éclairement optimal :  $\approx 1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$
- Rendement de conversion :  $\approx 18 \%$

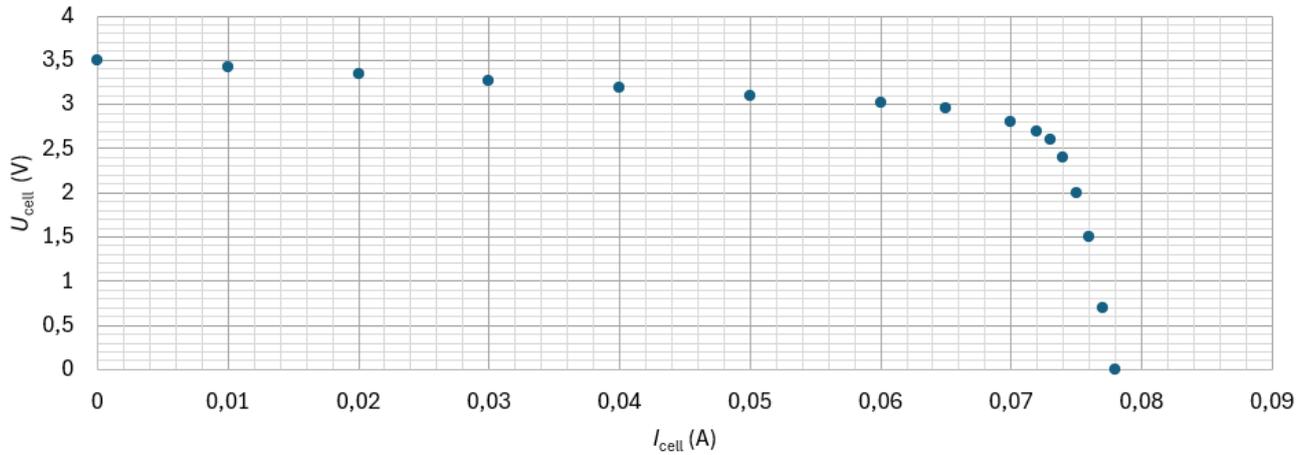
Le but de cette partie est de vérifier de manière expérimentale la valeur du rendement annoncée par le fabricant. La première étape consiste à tracer sa caractéristique tension – intensité. La cellule photoélectrique est donc démontée et insérée dans le montage suivant :



1. Donner la fonction (ampèremètre ou voltmètre) de chacun des deux multimètres présents dans ce montage et compléter le schéma avec les symboles adéquats.
2. Indiquer le rôle de la résistance variable dans le montage expérimental.



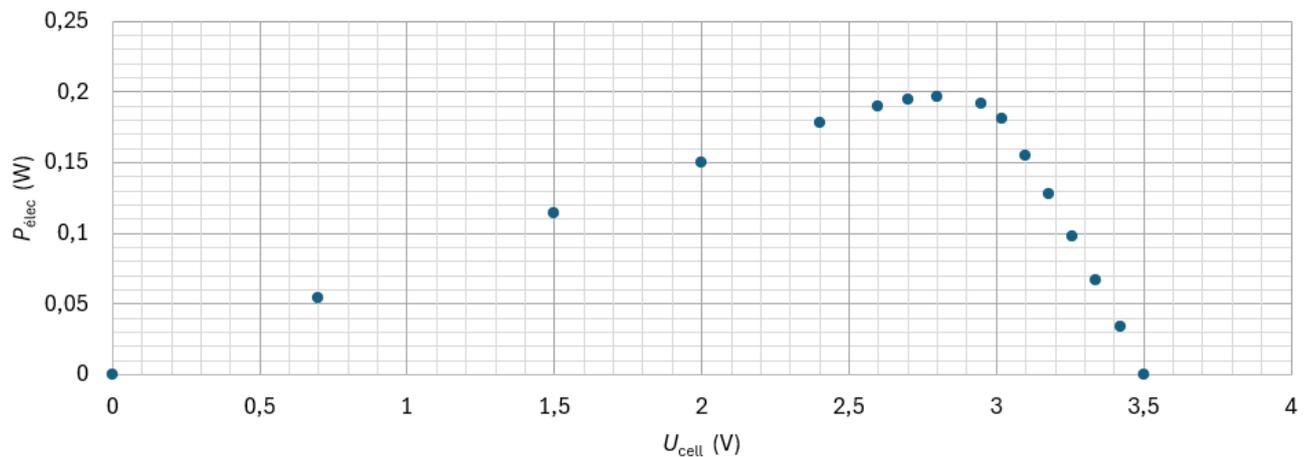
Grace au montage expérimental, on relève différentes valeurs de la tension  $U_{cell}$  aux bornes de la cellule et de l'intensité  $I_{cell}$  du courant électrique débité par celle-ci. On obtient le graphique suivant :



caractéristique tension – intensité de la cellule pour un éclairement énergétique de  $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

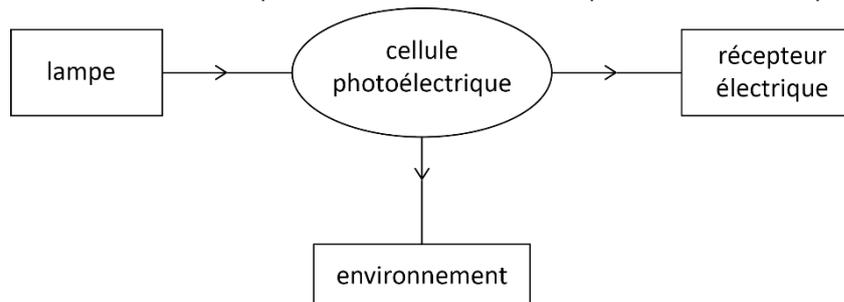
3. Exploiter cette caractéristique pour exprimer puis calculer la puissance électrique délivrée par la cellule lorsque la tension à ses bornes vaut 3,0 V.

Un calcul analogue à celui de la question 3 est réalisé pour tous les points de la caractéristique, de manière à obtenir la représentation graphique de la puissance délivrée en fonction de la tension électrique aux bornes de la cellule. On obtient la courbe suivante :



évolution de la puissance électrique délivrée par la cellule pour un éclairement énergétique de  $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

4. Exploiter ce graphique pour déterminer la valeur de la puissance maximale (appelée puissance crête  $P_c$ ) délivrée par la cellule ainsi que la tension électrique correspondant à cette puissance.
5. Le schéma suivant représente les transferts énergétiques réalisés par la cellule. Le compléter en ajoutant au-dessus de chaque flèche un symbole indiquant sans ambiguïté la nature du transfert représenté. Identifier, parmi ces transferts, celui qui est « utile » et celui correspondant à une dissipation.





6. L'éclairement énergétique de la cellule est mesuré et vaut :  $E_{en} = 800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ . Quel instrument a pu permettre d'obtenir cette valeur ?
7. Définir le rendement de la cellule et exploiter l'ensemble des résultats obtenus dans cette partie pour calculer numériquement le rendement de cette cellule lorsqu'elle cède sa puissance maximale.
8. Comparer les résultats obtenus expérimentalement (notamment le rendement, la tension et l'intensité correspondant à la puissance maximale) à ceux indiqués par le fabricant. Proposer une explication aux éventuelles différences constatées.

### Et avec une vraie voiture ?

Quittons momentanément notre voiture-jouet. Il existe désormais des bornes de recharge des véhicules électriques alimentées exclusivement par panneaux photovoltaïques.



une station solaire de recharge pour voitures électriques – Crédit photo : licence CC0 (domaine public)

9. Sur la photographie-ci-dessous, le panneau de dimensions peut recharger deux voitures en même temps. Si un tel dispositif est installé à Dijon, combien de temps faut-il pour recharger deux voitures lorsque l'ensoleillement est maximal ? Commenter le résultat obtenu.

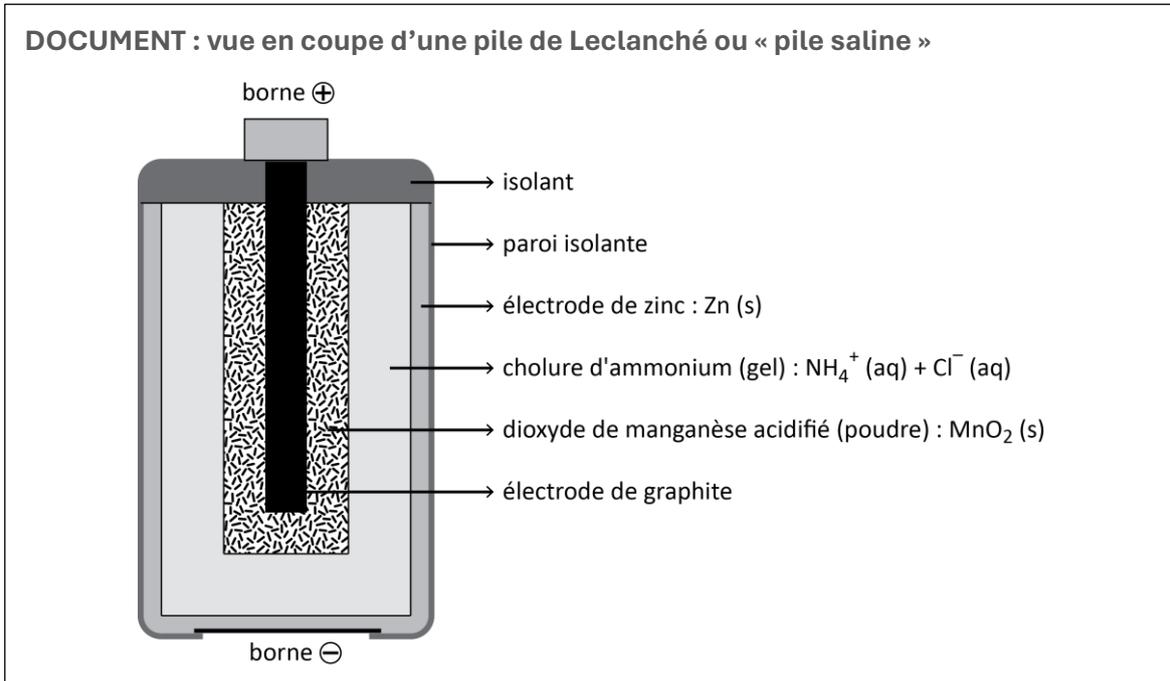
#### DONNÉES utiles à la question 9

- Dimensions du panneau :  $4 \text{ m} \times 5 \text{ m}$
- Rendement du panneau : 25 %
- Éclairement maximal à Dijon en été :  $5,71 \text{ kWh} / \text{m}^2$  et par jour
- Capacité d'une batterie (pour une voiture citadine de taille moyenne) : 60 kWh



**PARTIE 2 : étude de l'alimentation par des piles salines**

La voiture solaire peut aussi fonctionner grâce à une ou plusieurs piles. On envisage dans cette partie son alimentation par des piles salines, les moins chères du marché.



**DONNÉES utiles à la partie 2**

- Couples oxydant / réducteur :  
 $\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}$   
 $\text{MnO}(\text{OH}) / \text{MnO}_2$
- Masses molaires atomiques :  
 $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 $M(\text{Mn}) = 54,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Propriété de la pile étudiée :

Tension à vide	Masse initiale de zinc	Masse initiale de dioxyde de manganèse	Masse de la pile	Capacité	Energie massique
1,5V	10,0 g	2,9 g	20,0 g	≈ 900 mAh	70 Wh.kg <sup>-1</sup>

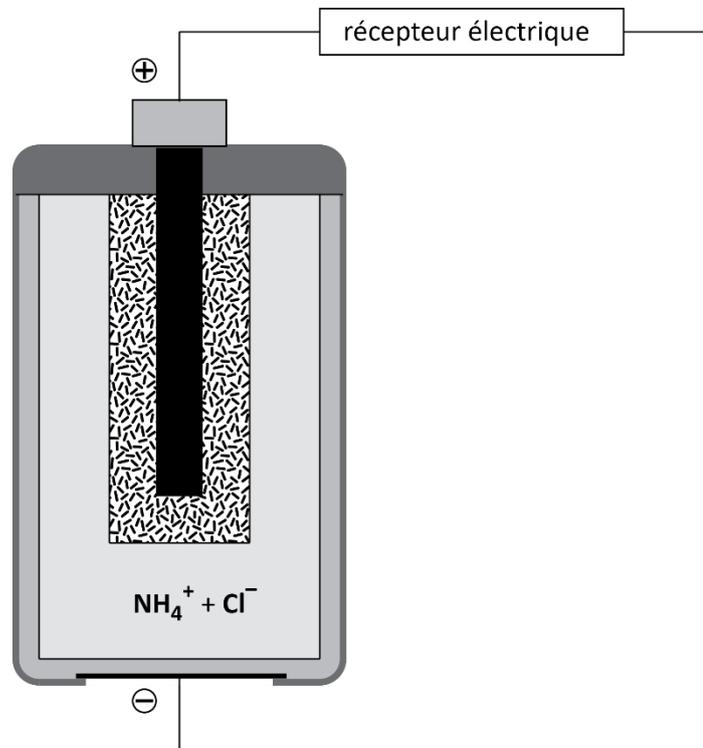
- Unités et conversion :  
 1 Ah=3600 C  
 1Wh=3600 J

Fonctionnement de la pile

10. Le schéma ci-dessus montre que l'électrode de zinc entoure la pile. Exploiter le schéma pour donner sa polarité (+ ou -) et en déduire la demi-équation d'oxydoréduction, écrite dans le sens réel qui modélisant la transformation subie par le zinc. Préciser s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction
11. L'électrode de graphite ne réagit pas chimiquement, elle sert uniquement à assurer le contact électrique avec le dioxyde de manganèse dans lequel elle est insérée. Donner les nombres d'oxydation de l'élément manganèse au sein de  $\text{MnO}_2$  et de  $\text{MnO}(\text{OH})$ .



12. En déduire la demi-équation du couple auquel appartient le dioxyde de manganèse, dans le sens réel de la transformation et préciser s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.
13. Déduire des questions précédentes l'équation de la réaction modélisant le fonctionnement de la pile. Justifier que la poudre de dioxyde de manganèse soit acidifiée (voir schéma).
14. Le schéma ci-dessous illustre la pile saline alimentant un récepteur électrique. Le compléter en indiquant : la nature des porteurs de charge assurant le courant électrique dans le circuit, leur sens de circulation, le sens du courant et le sens de déplacement des ions  $NH_4^+$  et  $Cl^-$  présent dans l'électrolyte.



Durée de fonctionnement de la pile

15. Montrer que le dioxyde de manganèse est le réactif limitant de cette réaction supposée totale.
16. En déduire la quantité de matière d'électrons transférés entre l'état initial (pile neuve) et l'état final de la réaction (pile usée).
17. En déduire la quantité d'électricité débitée par la pile et vérifier la cohérence avec la valeur donnée dans le tableau du préambule.
18. Montrer que l'énergie disponible est cohérente avec la valeur indiquée par le fabricant.
19. Combien de piles salines sont nécessaires pour faire fonctionner de manière optimale la voiture et comment celles-ci sont-elles branchées ? Justifier.
20. On rappelle que la petite voiture en fonctionnement utilise un courant électrique d'intensité 70 mA. En déduire la durée de fonctionnement  $\Delta t$  si elle est alimentée par une pile saline.