

Essai de résolution d'exercice en parcours pédagogique aménagé...

# Exercice énergie et électrodynamisme

# Énoncé

- *Il est demandé l'expression des valeurs littérales avant tout calcul numérique. Les notations du texte doivent être scrupuleusement respectées.*
- Le circuit électrique d'une petite grue en jouet est constitué d'un circuit série contenant : une pile électrique dont la caractéristique  $U_p(I)$  est donnée en figure 1, un résistor de résistance variable  $R$  et un moteur f.c.e.m.  $E' = 3,0 \text{ V}$  et rendement  $r_M = 60\%$ . L'énergie mécanique délivrée par le moteur sert à faire monter et descendre verticalement une petite masse  $m = 30 \text{ g}$  d'une hauteur  $h = 1,0 \text{ m}$  à la vitesse constante  $v = 0,50 \text{ m.s}^{-1}$ . On constate que la pile est épuisée lorsque la masse a effectuée 50 montées et 50 descentes. On étudie dans la suite, les échanges énergétiques conduisant à l'épuisement de la pile.
- **Données :**  $g = 10 \text{ m.s}^{-2} = 10 \text{ N/kg}$

Rappels de Cours

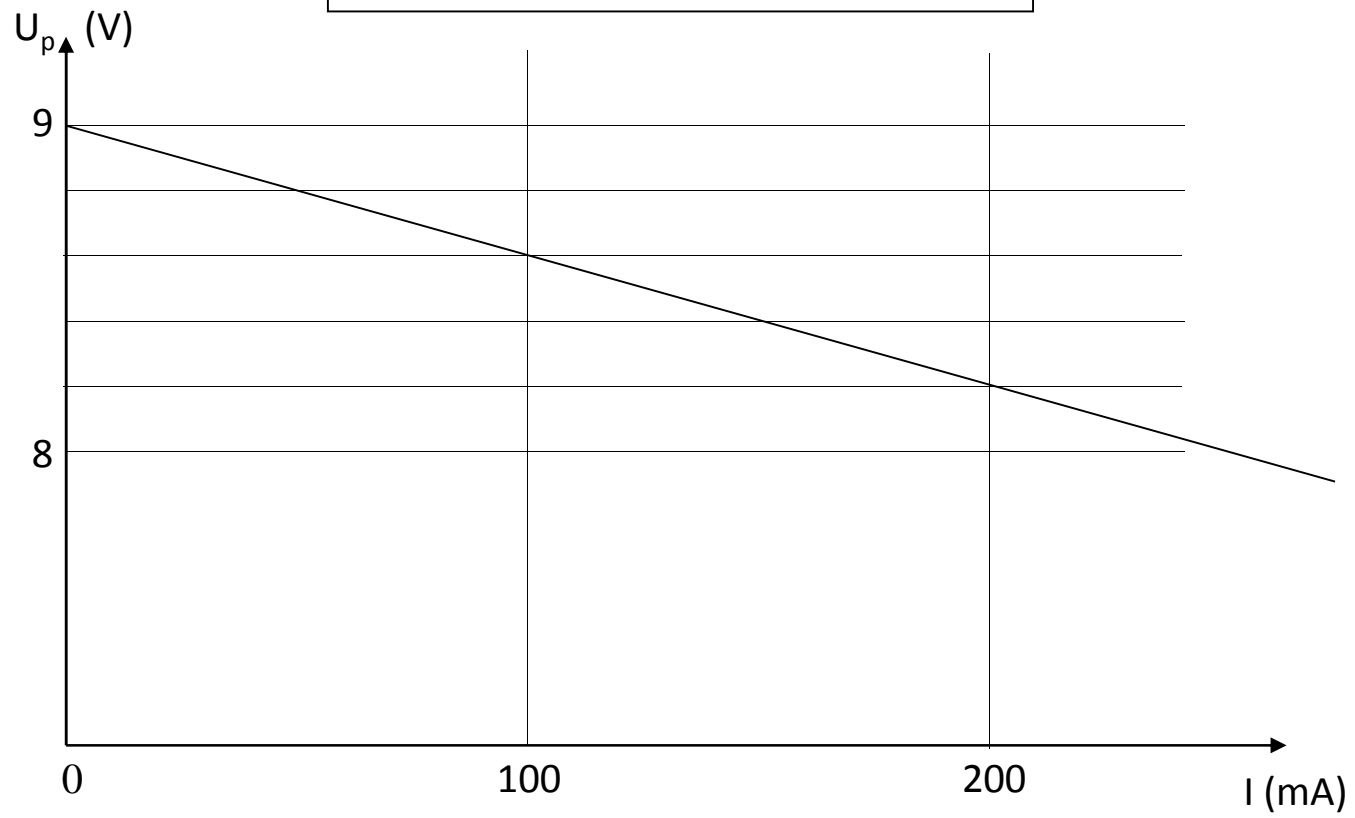
Questions :

1

2

3

Figure 1 : caractéristique de la pile



# Question 1

- Calculer la puissance mécanique  $P_m$  délivrée par le moteur, la puissance électrique  $P_{el.m}$  qu'il consomme et l'intensité  $I$  du courant qui le traverse.

Résolution : La voie  
électrique

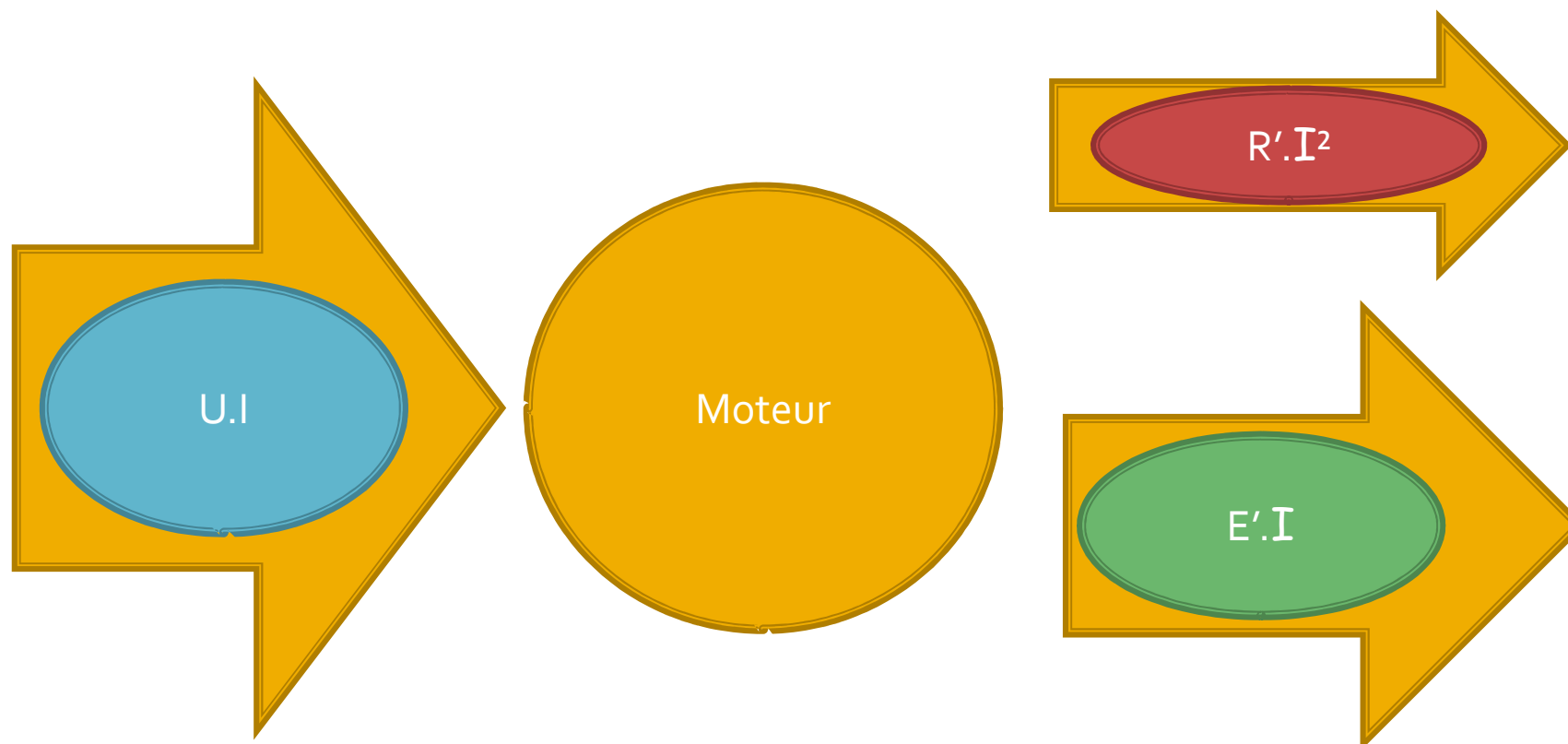
Résolution : La voie  
mécanique

Retour à l'énoncé

# La voie électrique

- « Calculer la puissance mécanique  $P_m$  délivrée par le moteur » revient à comprendre le fonctionnement du moteur.
- Pour comprendre le fonctionnement du moteur, il est utile de faire un diagramme représentant ce que le moteur a besoin pour fonctionner et ce qu'il est capable de produire.

# La voie électrique



# La voie électrique

- On s'aperçoit que cette voie est sans issue car elle oblige pour calculer  $P_m = E' \cdot I$  de connaître la valeur de  $I$ .
- Il faut donc utiliser d'autres données de l'exercice

# La voie électrique

- On ne peut s'aider de la partie électrique pour trouver la valeur  $P_m$ . On va donc se servir de la partie mécanique.

[Retour à la question 1](#)



# La voie mécanique

- Le théorème de l'énergie cinétique nous dit que la variation de l'énergie cinétique du système est égale à la somme des travaux des forces extérieures appliquées au système.
- Et on sait aussi que  $P_m = W / \Delta t$
- Si tout sur le papier paraît simple comment enchaîner tout ça ?

# La voie mécanique (plan)

1. Faire le bilan des forces appliquées au système {masse de 30 g}
2. Du théorème de l'énergie cinétique, déduire le travail de la force liée à l'action du moteur.
3. Du travail de la force du moteur appliquée au système, déduire la puissance  $P_m$  du moteur.
4. Grâce au résultat précédent, calcul de  $P_{el.m}$
5. Grâce au résultat précédent, calcul de  $I$

# 1. Bilan des forces

- Système {masse de 30 g}
- Référentiel terrestre supposé Galiléen
- Le texte nous dit que le mouvement se fait à vitesse constante. On en déduit que l'ensemble des forces appliquées au système se compensent. (ici deux forces que l'on peut trouver avec le diagramme interactions/objets)

# 1. Bilan des forces (fin)

F : Force de traction du moteur

F : Force de frottement négligeable car la vitesse est faible

Diagramme Interaction objet

P : Force de poids

On en déduit que :  $\vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$



## 2. Théorème de l'énergie cinétique

- Du bilan des forces, on comprends que la force issue du moteur et celle de traction sur le système sont identiques.
- De plus, le mouvement se fait à vitesse constante d'où :  $\Delta E_c = 0$ .
- D'où :  $W_F + W_P = 0$  et donc  $W_F = -W_P > 0$  ( $W_F$  travail moteur).
- $W_F = -(-mgh)$  car  $W_P < 0$  (travail résistant)  
 $W_F = +mgh$

### 3. Calcul de la puissance mécanique

- La puissance mécanique sera ici :

$$P_m = W_F / \Delta t$$

- $P_m = W_F / \Delta t = mgh / \Delta t = mgv$

car  $h / \Delta t = v$  (en effet,  $\Delta t$  correspond au temps mis pour élever la masse de  $h$ ... et donc  $\Delta t = h / v$ ... tout est lié).

- A.N. :  $P_m = 30 \cdot 10^{-3} \times 10 \times 0,5 = 0,15 \text{ W}$

## 4. Calcul de la puissance électrique

- On a calculé  $P_m = 0,15 \text{ W}$
- On sait que le rendement vaut  $r_M = 60\%$ .
- La définition du rendement  $r = \text{ce que l'on veut} / \text{ce que l'on doit fournir pour obtenir ce que l'on veut}$ .
- Ici :  $r_M = P_m / P_{\text{el.m}}$
- D'où :  $P_{\text{el.m}} = P_m / r_M$
- A.N. :  $P_{\text{el.m}} = 0,15 / (60/100) = 0,25 \text{ W}$

## 5. Calcul de l'intensité I

- La puissance mécanique correspond pour le moteur à la puissance utile, ici  $P_m = E' \cdot I$
- D'où :  $I = P_m / E'$
- A.N. :  $I = 0,15 / 3 = 0,05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$

[Retour à la question 1](#)



## Question 2

- Déterminer la f.e.m.  $E$  et la résistance interne  $r$  de la pile, la puissance chimique  $P_{ch}$  mise en jeu ainsi que la puissance électrique  $P_{el.p}$  que la pile fournit au circuit.

Résolution : Le  
circuit électrique

Résolution : La  
lecture graphique

Retour à l'énoncé

# Calcul à partir du circuit

- Dans un circuit série, la tension aux bornes du générateur est égale à la somme des tensions aux bornes des autres dipôles du circuit.
- $U_p = U_R + U_m$
- Il est facile de calculer  $U_m$  grâce à  $P_{el.m}$ , mais nous ne pourrions pas déterminer  $U_R$  car il nous ne connaissons pas la valeur de  $R$  ( $U_R = R.I$ )
- Il faudra donc se servir de la figure 1

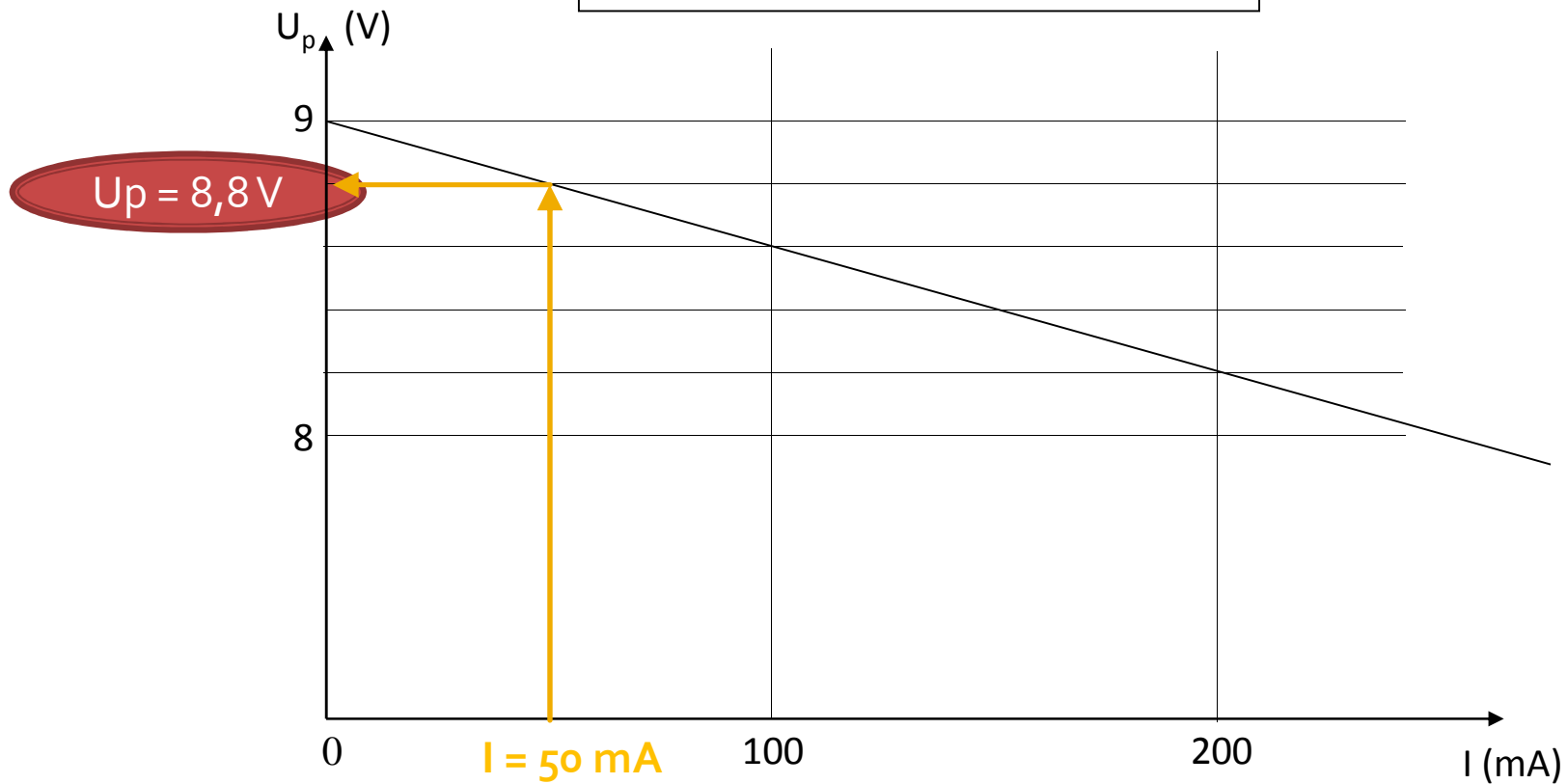
Retour à la question 2

# Lecture de la figure 1

- Du coup, nous sommes obligés de nous servir de la figure 1.
- En effet, dans un circuit série, l'intensité qui traverse le circuit série est la même partout.
- Sachant que  $I = 50 \text{ mA}$
- On lit  $U_p = \dots$

# Détermination graphique de E et r

Figure 1 : caractéristique de la pile



# Détermination graphique de E et r

- Ainsi, on lit sur la figure 1 :  $U_p = 8,8 \text{ V}$
- De même, de la figure 1, on trouve  $E = 9,0 \text{ V}$  (lorsque  $I = 0 \text{ mA}$ ).
- Avec  $U_p = E - r.I$ , on en déduit :  $r = (E - U_p) / I$
- A.N. :  $r = (9 - 8,8) / 50.10^{-3} = 4 \text{ } \Omega$

# Calcul des puissances

- On a  $P_{ch} = E \cdot I = 9 \times 50 \cdot 10^{-3} = 0,45 \text{ W}$
- On a  $P_{el.p} = E \cdot I - r \cdot I^2 = 0,45 - 4(50 \cdot 10^{-3})^2$   
soit  $P_{el.p} = 0,44 \text{ W}$

Retour à la question 2

## Question 3

- Calculer l'énergie chimique totale délivrée par la pile ainsi que l'énergie dissipée dans le résistor de résistance  $R$ .

[Retour à l'énoncé](#)

# Calcul du temps pour épuiser la pile

- l'énergie chimique totale délivrée par la pile :  
 $W_{\text{ch.p}} = E.I.\Delta t$
- Calculons  $\Delta t$ ...
- $\Delta t$  est le temps mis pour décharger la pile. Ce temps correspond à 50 montées et 50 descentes...
- Une montée correspond à  $h = 1,0$  m à une vitesse constante  $v = 0,5$  m/s. Soit un temps de 2 secondes... (idem pour une descente)
- $\Delta t = 2 \times 50 + 2 \times 50 = 200$  s



# L'énergie chimique de la pile

- $W_{\text{ch.p}} = E.I.\Delta t$
- A.N. :  $W_{\text{ch.p}} = 9 \times 50.10^{-3} \times 200 = 90 \text{ J}$
- On serait tenter de calculer directement l'énergie électrique consommée par le conducteur ohmique de résistance  $R$  (en  $R.I^2.\Delta t$ ), mais on ne connaît toujours pas la valeur de  $R$ ...

# Calcul de l'énergie du résistor

- Sachant que :  $U_p = U_R + U_m$
- On en déduit :  $W_{el.p} = W_{el.R} + W_{el.m}$
- Par une simple multiplication de chaque tension par  $I \cdot \Delta t$ ... On aurait pu raisonner sur les échanges d'énergies qui nous auraient conduit au même résultat.
- Soit  $W_{el.R} = W_{el.p} - W_{el.m} = (P_{el.p} - P_{el.m}) \cdot \Delta t$
- A.N. :  $W_{el.R} = (0,44 - 0,25) \times 200 = 38 \text{ J}$

Retour à la question 3

# Rappel de cours

Quelques diapositives pour vous rappeler certains fondamentaux en électricité.

# Puissance et Energie électriques

- Puissance :  $P = U \times I$
- Energie :  $E = P \times \Delta t$
  
- P : puissance en watt (W)
- U : tension en volt (V)
- I : intensité en ampère (A)
- E (ou W) : énergie en joule (J)
- $\Delta t$  : temps en seconde (s)

[Retour à l'énoncé](#)

# Tension en fonction des dipôles

- Cas de la pile :  $U = E - r.I$
- Cas du conducteur ohmique (résistor) :  
 $U = R.I$
- Cas du moteur :  $U = E' + R.I$

[Retour à l'énoncé](#)