



ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES



BP A10 Thiès Sénégal

www.ept.sn

Téléphone : 77 175 93 42

BUREAU DES ÉLÈVES / COMMISSION PÉDAGOGIQUE / CONCOURS
JUNIOR POLYTECH

Concours Junior Polytech

Epreuve de Sciences physiques

Première S — Session 2019 — Durée : 04 heures

NB : La présentation, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

Les candidats sont invités à encadrer dans la mesure du possible les résultats de leurs calculs. Dans chaque problème, les parties sont indépendantes.

PROBLÈME I – Bilan Energétique Dans un Circuit (4 points)

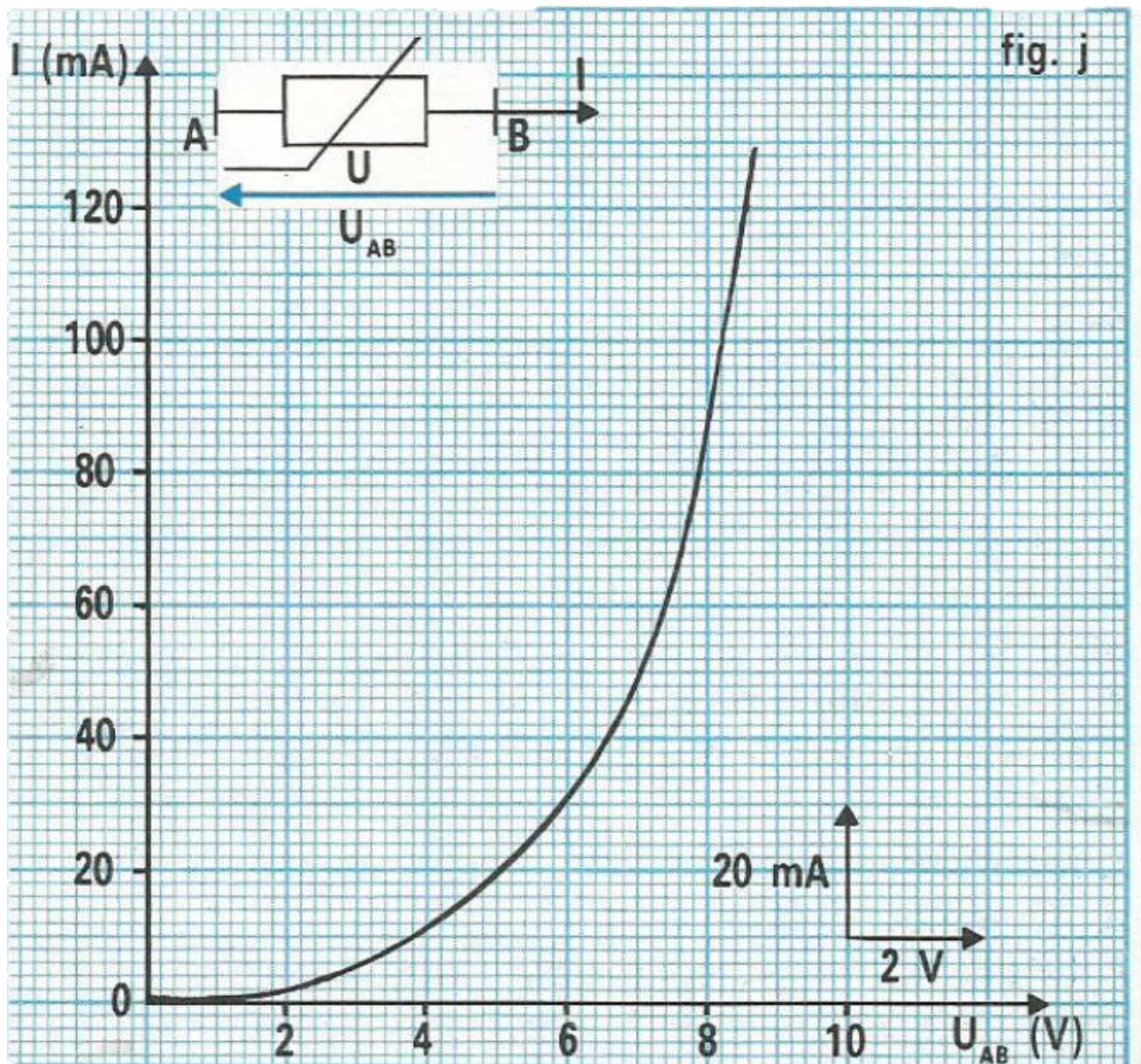
- I. Une batterie d'accumulateur au cadmium-nickel est constituée de n éléments montés en série. A la charge, chaque élément se comporte comme un récepteur de f.c.e.m e' , de résistance interne r . A la décharge, chaque élément, se comporte comme un générateur de f.e.m. e , de même résistance interne r .
1. L'accumulateur est chargé pendant une durée T par un générateur de f.e.m. E , de résistance interne R .
L'intensité du courant de charge est I .
 - a) Calculer E .
 - b) Faire un bilan énergétique de la charge.
 - c) Définir et calculer le rendement de la charge.
 2. La batterie est utilisée pour alimenter un moteur de f.c.e.m. E' , de résistance interne R' .
 - a) Quelle est l'intensité du courant dans le circuit ?

- b) Afin de ne pas effectuer de décharge profonde, la batterie ne peut restituer une quantité d'électricité supérieure à 90% de celle qui a circulé à la charge. Quelle est la durée de fonctionnement du montage ?
- c) Si W_M est le travail mécanique fourni et E_T l'énergie consommée lors de la charge, le rendement énergétiquement est $\rho = \frac{W_M}{E_T}$; le calculer .
- d) Quelle est l'énergie totale dissipée par effet Joule (charge et décharge) ?
Donnée numérique :

$$e' = 1,40 \text{ V} ; r = 0,040 \, \Omega ; e = 1,30 \text{ V} ; T = 5 \text{ h} ; I = 5,00$$

$$A ; E' = 40 \text{ V} ; R' = 3,2 \, \Omega ; R = 5,0 \, \Omega ; n = 40.$$

- II. Une VDR dont la caractéristique est représentée sur la figure j, est utilisée dans un montage stabilisateur de tension. Le circuit comprend, montés en série, la VDR, un générateur de f.e.m. variable de résistance interne r et un conducteur ohmique de protection, de résistance R . La puissance électrique maximale supportée par la VDR est $P_{max} = 1,0 \text{ W}$.



Remarque : pour tracer la caractéristique, la valeur maximale a été légèrement dépassée.

1. Soit I_{max} la valeur de l'intensité maximale supportée par un dipôle de puissance maximale P_{max} , pour une tension U donnée.
 - a) Donner l'expression de I_{max} en fonction de P_{max} et U .
 - b) Recopier la caractéristique de la VDR et, sur le même graphique, aux mêmes échelles, tracer le graphe de $I_{max} = f(U)$, (pour $P_{max} = 1 \text{ W}$).
 - c) En déduire la valeur de l'intensité maximale dans la VDR et la tension à ses bornes.
2. La f.e.m. du générateur varie entre 10 et 12 V.

Sa résistance interne est $r = 2,0 \, \Omega$. Quelle doit être la valeur minimale de R pour que le conducteur ohmique assure son rôle de protection de la VDR ?

3. Le générateur de f.e.m. $e = 10 \text{ V}$, de résistance interne r et le conducteur ohmique de résistance R sont équivalents à un générateur de f.e.m. e et de résistance interne $r + R$. Tracer sur le graphique de la question 1 la caractéristique de ce générateur. En déduire la valeur de la tension minimale aux bornes de la VDR. Quelle est la variation de la tension U_{AB} quand la f.e.m. varie de 10 à 12 V ? Conclure.

III. La force contre-électromotrice d'un moteur, e , est proportionnelle à sa vitesse de rotation.

Pour une vitesse angulaire $\omega_1 = 3\,000$ tours par minute, la f.c.e.m. est $e' = 200 \text{ V}$.

La résistance interne du moteur est $r = 2,0 \, \Omega$.

Le moteur ne peut supporter d'intensité supérieure à $I_{\max} = 30 \text{ A}$.

1. Le moteur est initialement au repos. Quelle serait l'intensité dans le moteur si on le branchait seul avec un générateur de f.e.m. $E = 220 \text{ V}$, de résistance interne négligeable ?
2. On place en série avec le moteur un rhéostat dit « de démarrage ». Quelle doit être la valeur minimale de la résistance du rhéostat :
 - a) Au démarrage ?
 - b) Quand la vitesse du moteur est ω ? Faire les applications numériques pour : $\omega = 500 \text{ t.min}^{-1}$; $1\,000 \text{ t.min}^{-1}$; $2\,000 \text{ t.min}^{-1}$.

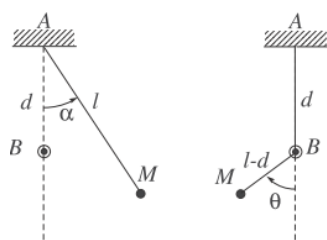
3. Lorsque le moteur tourne à $3\,000 \text{ t.min}^{-1}$ le rhéostat est mis à 0. Quelle est la puissance électrique reçue par le moteur ? Quelle est la puissance mécanique fournie par le moteur ? Quelle est la puissance électrique reçue par le moteur lorsqu'il tourne aux vitesses angulaires de la question 2 ? Quel est l'intérêt d'avoir, pendant le régime transitoire, un courant plus important que le régime permanent ?

PROBLÈME II – Enroulement d'un pendule autour d'un clou (5 points)

Un pendule est constitué d'un fil de longueur constante l attaché à un point fixe A . À son extrémité est attaché un point matériel M de masse m . Son inclinaison par rapport à la verticale est notée α . On néglige tout frottement.

Un clou est fixé en B , sur la même verticale que A à la distance d de ce point. Lorsque le pendule entre en contact avec le clou, on suppose qu'aucun transfert énergétique ne se produit. Le pendule est lâché sans vitesse initiale depuis la position $\alpha = \frac{\pi}{2}$. Déterminer la condition sur d et l pour que le pendule s'enroule tout en restant tendu.

Indication : On peut utiliser le théorème du centre d'inertie : La somme des forces extérieures appliquées au système est égale au produit de la masse et de l'accélération.


PROBLÈME III – Mécanique de la Marche (5 points)

Par un beau matin d'été, un physicien délaisse son laboratoire pour une randonnée pédestre à travers la campagne. Après 10 km de marche sur un chemin horizontal, il s'assoit à l'ombre d'un arbre et soliloque : « *Je suis fatigué. Pourtant, je n'ai pas travaillé. Comment est-ce possible ?* ».

1. Le physicien effectue une marche de L kilomètres à vitesse constante sur une route horizontale (on prendra $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ pour le champ de pesanteur). On suppose que le centre de masse du promeneur conserve une altitude constante pendant la marche et que le contact sol-promeneur se fait sans glissement. On modélise l'homme comme un solide. Quel est le travail mécanique effectué par l'homme au cours de la marche ?

Le corps humain n'est pas un corps solide. Au cours de la marche, le centre de masse effectue des oscillations. L'ordre de grandeur de l'amplitude de ces oscillations est $a = 2 \text{ cm}$ pour chaque pas effectué. Quand le centre de masse s'élève, l'énergie élastique musculaire est transformée en énergie potentielle. Quand le centre de masse s'abaisse, l'énergie potentielle est convertie en énergie thermique (« *chaleur* »). La machine humaine n'est pas réversible. Fixons les ordres de grandeur pour une marche de $L = 10 \text{ km}$, une longueur de pas $p = 0,75 \text{ m}$ et un homme de masse $M = 70 \text{ kg}$.

2. Effectuer un schéma montrant la trajectoire du centre de masse en faisant apparaître les longueurs $2a$ et p .
3. Montrer que cette marche est équivalente, pour le travail fourni, à l'escalade d'une montagne d'une hauteur H telle que $H = 2a \frac{L}{p}$. Faire l'application numérique.
4. Calculer l'énergie mécanique fournie et comparer cette énergie à l'énergie de la ration alimentaire quotidienne, de l'ordre de grandeur de 10^6 J , d'un homme sédentaire. Que peut-on en conclure ?

Pour marcher l'homme prend appui sur une jambe et laisse « penduler » l'autre jambe autour de l'articulation fémorale. On modélise la jambe par une barre homogène, de masse m , de longueur $l=1\text{ m}$, de moment d'inertie autour de l'articulation $J = \frac{1}{3}ml^2$.

5. Quelle est la valeur de la période des petites oscillations sachant que l'angle θ entre la verticale et la jambe obéit à la loi : $\ddot{\theta} + \omega^2\theta = 0$? En déduire la vitesse moyenne du marcheur en km/h. Quelle conséquence peut-on en tirer ?

Indications : On peut utiliser le théorème des accélérations angulaires : $\sum \text{Moments}(\text{Forces appliquées}) = J\ddot{\theta}$. Pour de faibles oscillations on a $\sin\theta \approx \theta$.

6. Sachant que $g_{\text{lune}} = 1,6 \text{ m s}^{-2}$, quelle serait la vitesse moyenne du même marcheur sur la Lune ?

PROBLÈME IV – Champ Electrostatique (2 points)

On repère la position d'un électron dans le plan rapporté au repère (O, \vec{i}, \vec{j}) .

Il règne un champ de vecteur \vec{E} parallèle à \vec{j} et de sens contraire. On donne $E = 2\,000 \text{ V.m}^{-1}$.

L'électron se déplace du point A (+3 cm; -5 cm) au point B (-5 cm; +1 cm).

- 1) Quel est le travail de la force électrostatique lorsque l'électron passe de A en B ?
- 2) Quelle est la variation d'énergie potentielle lorsque l'électron passe de A en B ?
- 3) L'état de référence est celui où l'électron est en O (0,0).

Quel est le potentiel en A ?

Quel est le potentiel en B ?

PROBLÈME V – Les transferts thermiques (4 points)**1. Rendement énergétique**

Un transfert thermique est un échange d'énergie sous forme désordonnée entre le système étudié et l'extérieur. De façon spontanée, il s'effectue toujours, du corps le plus chaud vers le corps le plus froid, sous trois modes différents :

- La : transfert thermique par mouvement d'ensemble de matière ;
- La : transfert thermique par contact ;
- Le : transfert thermique par émission de lumière visible ou non.

2. Exemple

Une lampe à incandescence reçoit de l'énergie qu'elle convertit sous d'autres formes. Le rendement lumineux est de l'ordre de 2,5% pour une lampe (220 V, 100 W).

- Nommer les trois types d'énergie représentés sur le *doc.1*.
- A partir d'un bilan énergétique et de la notion de rendement, calculer la valeur de l'énergie perdue en une minute. Sous quel type est-elle dissipée ?
- Déterminer la quantité d'électrons (en mol) traversant le filament pendant la même durée.

Données : Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;

Charge élémentaire : $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

3. Capacité thermique d'un calorimètre

- Un calorimètre (voir *doc.2*) est une enceinte dont les parois limitent les échanges thermiques avec l'extérieur. Sa capacité thermique est notée C_{Cal} .
- ☐ Déterminons cette valeur (en J.K^{-1}).

Protocole expérimental

- Introduire dans le calorimètre 300 mL d'eau à température ambiante $T_1 = 25^\circ\text{C}$
- Prélever 300 mL d'eau chaude de température $T_2 = 90^\circ\text{C}$
- Verser l'eau chaude dans le calorimètre, la température finale du mélange $T_3 = 51^\circ\text{C}$

Exploitation

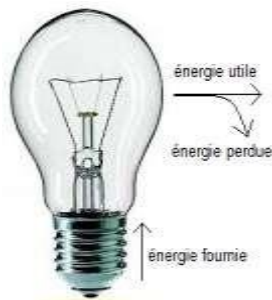
- En analysant la structure du calorimètre, expliquer pourquoi il limite les trois transferts thermiques.

3.2. Effectuer un bilan énergétique du système. Exprimer C_{Cal} en fonction des variables du problème.

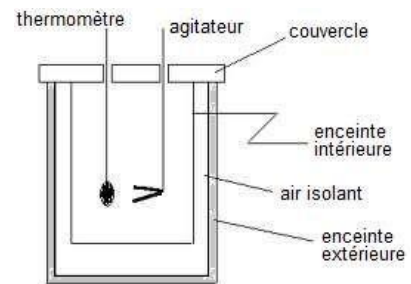
3.3. En déduire la valeur de C_{Cal} (en J.K^{-1}).

Donnée : Capacité thermique massique de l'eau : $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

3.4. Quelle température finale aurait été obtenue si le calorimètre avait été parfaitement adiabatique ?



DOC1



DOC 2

FIN DE L'ÉPREUVE

« Rendez les choses aussi simples que possible mais pas plus simples. »

Albert Einstein.