

SESSION 2004

Concours : EXTERNE  
Section : Physique - Chimie

## ÉPREUVE N°1

### Composition de physique avec applications

(Coefficient : 2,5 - Durée : 4 heures)

*Matériel autorisé : calculatrice  
papier millimétré.*

*Le barème indiqué correspond à une notation sur 100 points qui sera ramenée à 20 points après correction.*

*Pour chacune des sections, les candidats sont invités à respecter l'ordre des questions avec leur numérotation exacte. En cas de non réponse, ils devront laisser un espace après le numéro de la question pour indiquer clairement que celle-ci n'a pas été traitée.*

*Si, au cours de l'épreuve, le candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale dans sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre pour cela.*

*Les correcteurs tiendront le plus grand compte du soin et de la présentation de la copie ainsi que de l'usage correct des chiffres significatifs dans l'expression des résultats numériques.*

## OPTIQUE 35 points

### 1 Modélisation d'un microscope

- 1.1** On modélise un microscope par 2 lentilles convergentes comme représenté sur l'annexe N°1, **qui sera rendue avec la copie**. L'objet AB mesure 2,5 mm ; il est placé à gauche de l'objectif, à 15 cm ; la distance focale de l'objectif est de 12,5 cm et celle de l'oculaire 25,0 cm. On appelle  $F_{ob}$  et  $F'_{ob}$  les foyers de l'objectif et  $F_{oc}$  et  $F'_{oc}$  ceux de l'oculaire. Déterminer par le calcul, la nature, la dimension et la position de l'image  $A_1B_1$  donnée par l'objectif de AB.
- 1.2** La distance interfoyers ou intervalle optique  $\Delta$  vaut 62,5 cm. Voir annexe N°1. Déterminer par le calcul la nature, la dimension et la position de l'image définitive  $A'B'$  de  $A_1B_1$ , donnée par l'oculaire.
- 1.3** Retrouver les résultats de 1.1 et 1.2 par une méthode graphique sur l'annexe N°1.
- 1.4** Le dispositif restant réglé comme sur le schéma de l'annexe N°1 (en particulier  $\Delta = \text{constante}$ ), on rapproche l'objet AB de 1, 2, puis 3 mm. La distance  $O_1A$  ne vaut plus alors respectivement que 14,9 cm, 14,8 cm et 14,7 cm. Pour chacun de ces trois cas, calculer la distance  $O_2A_1$ .
- 1.5** En déduire la distance  $O_2A'$  séparant l'image définitive  $A'B'$  de l'oculaire, dans ces trois cas. Conclure quant à l'influence d'un petit déplacement de l'objet par rapport à l'objectif.
- 1.6** Construire sur le schéma de l'annexe N°1, avec une autre couleur que celle utilisée au 1.3, la marche des rayons, l'image intermédiaire  $A_1B_1$  et l'image définitive  $A'B'$  dans le cas où AB s'est rapproché de 2 mm.
- 1.7** Dans les trois cas mentionnés ci-dessus, l'œil (appliqué à l'oculaire) doit-il accommoder ? Si oui quel est le cas où l'accommodation doit être la plus forte ? Justifier votre réponse en utilisant la formule de conjugaison des lentilles.

### 2 Latitude de mise au point

- 2.1** Par définition, la latitude de mise au point d'un microscope est l'intervalle des positions donnant une image nette d'un objet fixe. Le calcul de cette grandeur nécessite de connaître la position des objets et des images à 0,1  $\mu\text{m}$  près. Considérons un microscope dont l'intervalle optique  $\Delta$  vaut 15,0 cm, la distance focale de l'objectif 5 mm et celle de l'oculaire 25 mm. Soit un œil normal (punctum remotum à l'infini) placé au foyer image de l'oculaire. En accommodant au maximum cet œil peut voir des objets situés à 15 cm de lui. Calculer, par rapport à l'objectif, la position de l'objet correspondant à une image  $A'B'$  rejetée à l'infini.

2.2 Déterminer la position de l'image A'B' vue par l'œil normal lorsqu'il accommode au maximum. Calculer la position de A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> correspondante. En déduire la position de AB par rapport à l'objectif dans ce cas.

2.3 Que vaut dans ces conditions la latitude de mise au point de ce microscope ?

NB : vous disposez de 2 exemplaires de l'annexe N°1 : l'un pour brouillon, l'autre à rendre avec la copie

## MÉCANIQUE 30 points

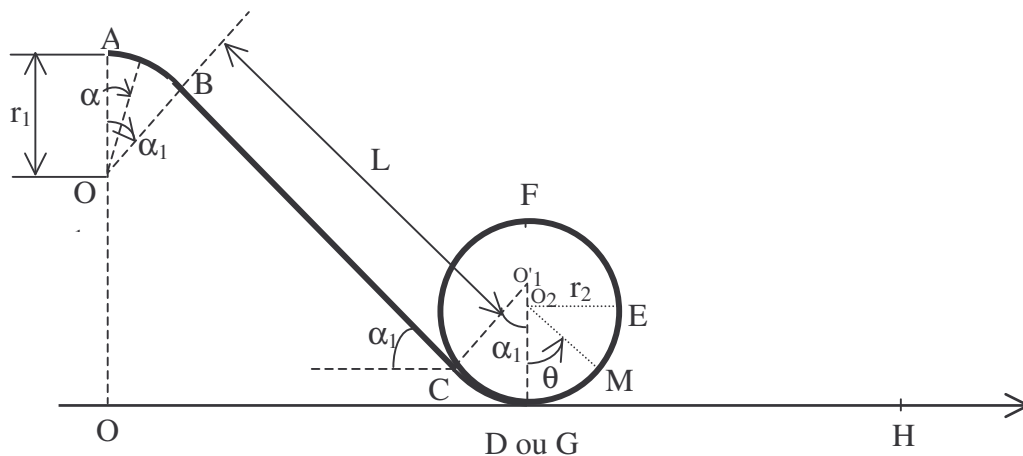
### Circuit à looping

Un chariot de masse  $m$  de dimension négligeable se déplace sur un rail situé dans un plan vertical. Les frottements sont considérés comme négligeables.

Le rail est constitué de plusieurs parties : une portion de cercle AB (rayon  $r_1$ , angle  $\alpha_1$ ) une partie rectiligne BC de longueur  $L$  puis une portion de cercle CD de rayon  $r_1$  suivie d'un tour d'hélice : DEFG, de rayon  $r_2$  et d'axe horizontal (voir schéma), prolongée par une portion rectiligne horizontale GH.

On considère pour la résolution de l'exercice que la portion de circuit constituée par un tour d'hélice et le segment rectiligne GH sont contenus dans le plan vertical de la section initiale. La droite BC est tangente en B à la portion de cercle AB et est de même tangente en C à la portion de cercle CD. Le chariot est lâché sans vitesse initiale du point A. On note  $g$  l'intensité du champ de pesanteur terrestre.

le référentiel terrestre est considéré comme galiléen.



**Données :**  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$  ;  $m = 1000 \text{ kg}$  ;  $r_1 = 2,5 \text{ m}$  ;  $r_2 = 2,0 \text{ m}$  .

1- Dans un premier temps  $\alpha_1 = 50^\circ$ .

1.1 Donner l'expression littérale de la vitesse du chariot en B en C puis en D en fonction de  $r_1$ ,  $L$ ,  $\alpha_1$  et  $g$ .

1.2 Étude des vitesses.

1.2.1 Déterminer la vitesse du chariot à son passage en M sur l'hélice (assimilée à un cercle) repéré par l'angle  $\theta$ .

1.2.2 En déduire la condition sur  $L$  pour que le chariot arrive en E ( $\theta_E = \frac{\pi}{2}$ ).

1.2.3 Établir l'expression littérale de la valeur limite de  $L$  notée  $L_1$ , pour que le chariot arrive en E. Calculer sa valeur.

1.3 Étude de la tenue du chariot sur le rail lors de la première partie du parcours.

1.3.1 Établir l'expression de l'intensité de la réaction  $\vec{R}$  de la piste en un point de la trajectoire entre A et B repéré par l'angle  $\alpha$ .

1.3.2 En déduire son expression en B. Calculer sa valeur numérique. Conclure.

1.4 Déterminer la valeur de  $\alpha$  quand le chariot quitte la piste entre A et B.

2- À partir de cette question on va choisir une nouvelle valeur  $\alpha_1 = 45^\circ$ , afin que le chariot ne quitte pas la piste entre A et B.

2.1 Établir l'expression de la réaction du rail sur sa partie rectiligne BC. Calculer sa valeur.

2.2 Établir l'expression de la réaction du rail sur la partie circulaire (de rayon  $r_2$ ) en fonction de  $\theta$ ,  $m$ ,  $g$ ,  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $\alpha_1$  et  $L$  (le chariot circule à l'intérieur du cercle).

2.3 Conditions de parcours de la boucle par le chariot.

2.3.1 Déterminer la condition sur  $L$  pour que le chariot puisse parcourir la boucle .

2.3.2 En déduire l'expression de la valeur minimale de  $L$  notée  $L_2$ . Calculer sa valeur numérique.

2.4 Par raison de sécurité, on veut que la réaction du rail soit toujours supérieure au quart du poids du chariot. Déterminer la nouvelle valeur minimale  $L_3$ , permettant au chariot d'arriver en G en toute sécurité, après un tour. Calculer sa valeur numérique .

3- Sécurité

3.1 On choisit  $L = L_3$ , le chariot se retrouve en G après avoir effectué un tour. Calculer  $v_G$  après ce tour.

3.2 Il aborde alors la dernière partie rectiligne (GH) de la piste sur laquelle il subit une force de freinage  $\vec{f}$  d'intensité constante  $f = \frac{m \cdot g}{4}$ . Calculer la longueur minimale  $D_S = OH$  de ce circuit à looping pour rester dans des conditions de sécurité.

### Étude énergétique d'un conducteur ohmique

On étudie l'échauffement de fils de cuivre nus, de sections circulaires, de différents diamètres, soumis à des courants continus de différentes valeurs.

Dans une enceinte isotherme de température  $\theta$  où l'atmosphère est au repos, on dispose rectilignement quatre échantillons des fils à étudier. On envoie dans chacun des fils, un courant continu de valeur croissante. Pour différentes valeurs de l'intensité, lorsque l'équilibre thermique est atteint, on place sur chacun des fils un cristal d'un composé organique dont la température de fusion est  $\theta_f$ . On note pour chacun des fils l'intensité pour laquelle la fusion du cristal est observée.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant

Référence fil	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Intensité de fusion (A)	$\theta_f$ (°C)
1	1	1,4	10,0	53
2	1	1,8	14,6	53
3	1	2,3	21,0	53
4	1	2,8	28,3	53

Données complémentaires

Cuivre: - chaleur massique :  $c = 380 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$   
- résistivité :  $\rho = 1,67. 10^{-8} \Omega.\text{m}$   
- masse volumique  $\mu = 8,96 \text{ kg.m}^{-3}$

### 1 - Étude de l'équilibre thermique

**1-1** Établir l'expression de la température d'équilibre d'un fil ( $\theta_{\text{eq}}$ ) en fonction des paramètres suivants :

- la température ambiante  $\theta_0$ ,
- la résistivité  $\rho$  du métal constitutif du fil,
- le diamètre du fil  $d$ ,
- l'intensité  $I$  du courant qui le parcourt,
- le coefficient d'échange thermique  $k$  entre le fil et le milieu extérieur.  
( $k$  exprime la proportionnalité de la puissance dissipée avec la surface rayonnante et avec l'écart de température entre le fil et le milieu extérieur)

**1-2** Décrire succinctement les paramètres dont dépend le coefficient d'échange thermique  $k$ .

- Calculer sa valeur dans chacun des cas, puis sa valeur moyenne.
- Commenter ces résultats.

### 1-3

- Définir la notion de densité de courant dans un conducteur.
- Calculer sa valeur admissible pour chaque fil de cuivre nu, en sorte que sa température ne dépasse pas  $\theta_{\text{éq}} = 53 \text{ }^\circ\text{C}$

**1-4** Établir l'expression de la densité de courant admissible pour une température de fonctionnement  $\theta$  donnée, dans un conducteur de section circulaire et de diamètre connu  $d$  et de résistivité  $\rho$ .

Confirmer graphiquement les résultats expérimentaux en examinant l'allure de  $J^2 = f\left(\frac{1}{d}\right)$ .

**1-5** On remplace un conducteur de cuivre monobrin de section circulaire  $S$  et de diamètre  $d_1$ , par un conducteur de cuivre de même section, constitué de  $n = 16$  brins, chacun de section  $s$  et de diamètre  $d_2$ .

Déterminer la valeur de l'intensité admissible dans le conducteur multibrins, pour une même température d'équilibre que précédemment.

Commenter ce résultat.

## 2- Étude du régime transitoire

**2.1** La résistance du fil est supposée indépendante de la température.

**2.11** Déterminer l'expression  $\theta(t)$  de la température d'un fil en fonction du temps, à partir de l'instant  $t = 0$  où le fil à la température initiale  $\theta_0$  est parcouru par un courant continu constant d'intensité  $I$ .

**2.12** Représenter qualitativement l'allure de la courbe  $\theta(t)$ .

**2.13** La température d'équilibre recherchée étant  $\theta_{\text{éq}} = 53 \text{ }^\circ\text{C}$ , calculer, pour le fil référencé 1, le temps au bout duquel cette température est atteinte à  $0,01 \text{ }^\circ\text{C}$  près, sachant que la température ambiante vaut  $\theta_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**2.2** En fait, la résistance d'un conducteur métallique varie en fonction de la

température selon une loi telle que :

$$a = \frac{1}{R} \times \frac{dR}{d\theta} \text{ avec } a = 4,27 \cdot 10^{-3} \text{ u.S.I.}$$

**2.21** Etablir l'expression de la résistance d'un fil conducteur métallique en fonction de sa température.

**2.22** Une ligne est constituée de 100 m du fil référencé 1. Elle est située dans une ambiance à la température uniforme de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

a) Calculer la valeur de sa résistance à la température de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

b) Calculer la valeur de sa résistance lorsqu'elle est parcourue par un courant de 10 A.

c) Tracer l'allure de la caractéristique  $u = f(i)$  de cette ligne sur un graphique à une échelle judicieusement choisie

**2.23** Par inadvertance, on branche un générateur de tension continue de 12 V aux bornes de cette ligne. Donner l'allure du courant  $i = f(t)$  qui la traverse, telle que l'on pourrait l'observer avec un oscilloscope à mémoire judicieusement branché.

**B E C D**

**Nom :**  
(EN MAJUSCULES)

**Prénoms :**

**Date de naissance :** 19

**CONCOURS :**

Section :  
Spécialité ou Option :

**EPREUVE :**

Centre d'épreuve :

Date :

N° ne rien inscrire

**SESSION 2004**  
**CONCOURS EXTERNE**  
**Section Physique-Chimie**

*(à compléter et à rendre avec la copie)*

N° ne rien inscrire

**NE RIEN INSCRIRE DANS CETTE PARTIE**