

ECOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Session 2009

CONCOURS DE RECRUTEMENT D'ELEVES INGENIEURS  
DU CONTROLE DE LA NAVIGATION AERIENNE



*Epreuve optionnelle obligatoire de PHYSIQUE*

Durée : 4 heures

Coefficient : 3



Ce sujet comporte :

- 1 page de garde
- 2 pages d'instructions pour remplir le QCM recto/verso
- 1 page d'avertissement
- 7 pages de texte recto/verso



CALCULATRICE AUTORISEE

## ÉPREUVE OPTIONNELLE OBLIGATOIRE DE PHYSIQUE

### A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT

L'épreuve « commune obligatoire de physique » de ce concours est un questionnaire à choix multiple qui sera corrigé automatiquement par une machine à lecture optique.

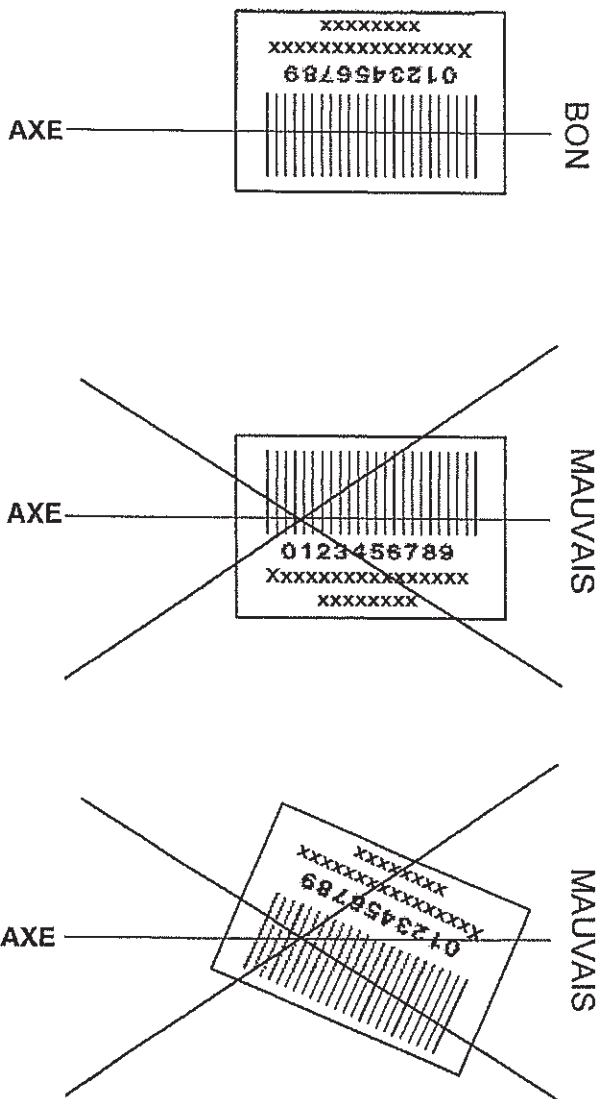
#### ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

- 1) Vous devez coller dans la partie droite prévue à cet effet, l'étiquette correspondant à l'épreuve que vous passez, c'est-à-dire épreuve commune obligatoire de physique (voir modèle ci-dessous).

#### POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, le trait vertical matérialisant l'axe de lecture du code à barres (en haut à droite de votre QCM) doit traverser la totalité des barres de ce code.

#### EXEMPLES :



- 2) Pour remplir ce QCM, vous devez utiliser un **STYLO BILLE** ou une **POINTE FEUTRE** de couleur **NOIRE**.
  - 3) Utilisez le sujet comme brouillon et ne retranscrivez vos réponses qu'après vous être relu soigneusement.
  - 4) Votre QCM ne doit pas être souillé, froissé, plié, écorné ou porter des inscriptions superflues, sous peine d'être rejeté par la machine et de ne pas être corrigé.
  - 5) Cette épreuve comporte 40 questions obligatoires, certaines, de numéros consécutifs, peuvent être liées. La liste de ces questions est donnée avant l'énoncé du sujet lui-même.
- Chaque question comporte au plus deux réponses exactes.**

Tournez la page S.V.P.

- 6) A chaque question numérotée entre 1 et 40, correspond sur la feuille-réponses une ligne de cases qui porte le même numéro (les lignes de 41 à 100 sont neutralisées). Chaque ligne comporte 5 cases a, b, c, d, e.  
Pour chaque ligne numérotée de 01 à 40, vous devez trouver en face de 4 possibilités :

▶ soit vous décidez de ne pas traiter cette question, la ligne correspondante doit rester vierge.

▶ soit vous jugez que la question comporte une seule bonne réponse : vous devez noircir l'une des cases a, b, c, d.

▶ soit vous jugez que la question comporte deux réponses exactes : vous devez noircir deux des cases a, b, c, d et deux seulement.

▶ soit vous jugez qu'aucune des réponses proposées a, b, c, d n'est bonne : vous devez alors noircir la case e.

**Attention, toute réponse fausse entraîne pour la question correspondante une pénalité dans la note.**

### 7) EXEMPLES DE RÉPONSES

Exemple I : Question 1 :

Pour une mole de gaz réel :

- a)  $\lim_{P \rightarrow 0} (PV) = RT$ , quelle que soit la nature du gaz.  
 b)  $PV = RT$  quelles que soient les conditions de pression et température.  
 c) Le rapport des chaleurs massiques dépend de l'atomicité.  
 d) L'énergie interne ne dépend que de la température.

Exemple II : Question 2 :

Pour un conducteur ohmique de conductivité électrique  $\sigma$ , la forme locale de la loi d'OHM est :

- a)  $\vec{j} = \frac{\vec{E}}{\sigma}$       b)  $\vec{j} = \sigma \vec{E}$       c)  $\vec{E} = \sigma^2 \vec{j}$       d)  $\vec{j} = \sigma^2 \vec{E}$

Exemple III : Question 3 :

- a) Le travail lors d'un cycle monotherme peut être négatif.  
 b) Une pompe à chaleur prélève de la chaleur à une source chaude et en restitue à la source froide.  
 c) Le rendement du cycle de CARNOT est  $1 + \frac{T_2}{T_1}$

- d) Le phénomène de diffusion moléculaire est un phénomène réversible.

Vous marquerez sur la feuille réponse :

1	<input type="checkbox"/> a	<input type="checkbox"/> b	<input checked="" type="checkbox"/> c	<input type="checkbox"/> d	<input type="checkbox"/> e
2	<input type="checkbox"/> a	<input checked="" type="checkbox"/> b	<input type="checkbox"/> c	<input type="checkbox"/> d	<input type="checkbox"/> e
3	<input type="checkbox"/> a	<input type="checkbox"/> b	<input type="checkbox"/> c	<input type="checkbox"/> d	<input checked="" type="checkbox"/> e

## AVERTISSEMENTS

Dans certaines questions, les candidats doivent choisir entre plusieurs valeurs numériques. Nous attirons leur attention sur les points suivants :

- 1 - Les résultats sont arrondis en respectant les règles habituelles (il est prudent d'éviter les arrondis - ou des arrondis peu précis - sur les résultats intermédiaires).
- 2 - Les valeurs fausses qui sont proposées sont suffisamment différentes de la valeur exacte pour que d'éventuelles différences d'arrondi n'entraînent aucune ambiguïté sur la réponse.

Conformément aux notations internationales, les vecteurs sont représentés en caractères gras.

---

## QUESTIONS LIEES

- [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]
- [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]
- [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]
- [22, 23, 24, 25, 26, 27, 28]
- [29, 30, 31, 32, 33, 34]
- [35, 36, 37, 38, 39, 40]

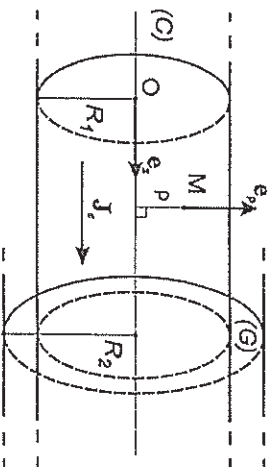
1. Un conducteur électrique cylindrique ( $C$ ), d'axe de révolution  $Oe_z$ , de rayon  $R_1$ , d'extension infinie et de conductivité électrique  $\gamma$ , est parcouru par un courant volumique longitudinal uniforme et stationnaire, de vecteur densité de courant  $\mathbf{J}_e = J_e \mathbf{e}_z$  (cf. figure ci-après). En désignant par  $I$  l'intensité du courant électrique qui traverse ( $C$ ), exprimer la puissance volumique  $\mathcal{P}_J$  dissipée par effet Joule en un point  $M$  du conducteur :

A)  $\mathcal{P}_J = \gamma \frac{I^2}{\pi^2 R_1^4}$

B)  $\mathcal{P}_J = \frac{I^2}{\pi^2 R_1^4 \gamma}$

C)  $\mathcal{P}_J = \gamma \frac{I^2}{4\pi^2 R_1^2}$

D)  $\mathcal{P}_J = \frac{I^2}{4\pi^2 R_1^2 \gamma}$



2. L'énergie dissipée par effet Joule est transférée par conduction thermique jusqu'à la surface de ( $C$ ). En désignant par  $\rho$  la distance de  $M$  à l'axe  $Oe_z$  et par  $e_\rho$  le vecteur de base radial associé au système de coordonnées cylindriques, le vecteur courant thermique s'écrit :  $\mathbf{J}_u(\rho, t) = J_{u,0}(\rho, t) \mathbf{e}_\rho$ . Exprimer le flux thermique sortant  $\phi_1$  à travers un cylindre de révolution d'axe  $Oe_z$  de hauteur  $h$  et de rayon  $\rho < R_1$  :

A)  $\phi_1 = \pi \rho^2 h J_{u,0}(\rho, t)$

B)  $\phi_1 = \pi \rho J_{u,0}(\rho, t)$

C)  $\phi_1 = 2\pi \rho J_{u,0}(\rho, t)$

D)  $\phi_1 = 2\pi \rho h J_{u,0}(\rho, t)$

3. On suppose dans toute la suite de ce problème que le régime stationnaire est atteint. Déterminer  $J_{u,0}(\rho)$  :

A)  $J_{u,0}(\rho) = \frac{I^2}{2\pi^2 \rho^3 \gamma}$

B)  $J_{u,0}(\rho) = \frac{I^2 \rho}{2\pi^2 R_1^4 \gamma}$

C)  $J_{u,0}(\rho) = \frac{I^2 \gamma \rho}{2\pi^2 R_1^4}$

D)  $J_{u,0}(\rho) = \frac{I^2 \rho}{\pi^2 R_1^3 \gamma}$

4. Si  $\lambda_1$  désigne la conductivité thermique de ( $C$ ), déterminer le profil de température  $T(\rho)$  à l'intérieur de ( $C$ ) en fonction de la température  $T(0)$  sur l'axe  $Oe_z$  :

A)  $T(\rho) = T(0) - \frac{I^2 \rho^2}{4\pi^2 R_1^4 \gamma \lambda_1}$

C)  $T(\rho) = T(0) - \frac{I^2 \rho^2}{2\pi^2 R_1^4 \gamma \lambda_1}$

B)  $T(\rho) = T(0) + \frac{I^2 \rho^2}{4\pi^2 R_1^4 \gamma \lambda_1}$

D)  $T(\rho) = T(0) + \frac{I^2 \rho^2}{\pi^2 R_1^4 \gamma \lambda_1}$

5. Le conducteur ( $C$ ) est entouré d'une gaine cylindrique ( $G$ ) conductrice de chaleur mais non conductrice de l'électricité, d'axe  $Oe_z$  et de rayon  $R_2 > R_1$ . Déterminer le flux thermique sortant  $\phi_2$  à travers un cylindre de révolution d'axe  $Oe_z$  de hauteur  $h$  et de rayon  $\rho$  compris entre  $R_1$  et  $R_2$  :

A)  $\phi_2 = \frac{I^2 h}{\pi R_2^2 \gamma}$

B)  $\phi_2 = \frac{I^2 h}{2\pi R_2 \gamma}$

C)  $\phi_2 = \frac{I^2 h}{\pi R_1^2 \gamma}$

D)  $\phi_2 = \frac{I^2 \gamma h}{2\pi R_1}$

6. En désignant par  $\lambda_2$  la conductivité thermique de ( $G$ ), déterminer la température  $T(R_2)$  à la surface de la gaine en fonction de la température  $T(R_1)$  à la surface de ( $C$ ) :

A)  $T(R_2) = T(R_1) - \frac{I^2}{2\pi^2 R_1^2 \gamma \lambda_2} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$

C)  $T(R_2) = T(R_1) + \frac{I^2}{2\pi^2 R_2^2 \gamma \lambda_2} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$

B)  $T(R_2) = T(R_1) - \frac{I^2 h}{\pi R_1^2 \gamma \lambda_2} (R_2 - R_1)$

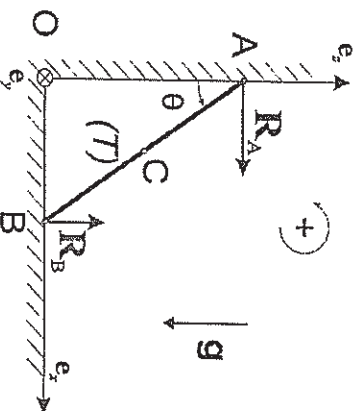
D)  $T(R_2) = T(R_1) + \frac{I^2}{2\pi^2 R_2^2 \gamma \lambda_2}$

7. En introduisant la résistance électrique linéique  $\gamma_l$  de ( $C$ ) (résistance par unité de longueur du conducteur), exprimer  $T(0)$  en fonction de  $T(R_2)$  :

$$\begin{aligned} \text{A) } T(0) &= T(R_2) + r_1 I^2 \left[ \frac{1}{2\pi\lambda_2} + \frac{1}{4\pi\lambda_1} \right] \\ \text{B) } T(0) &= T(R_2) + r_1 I^2 \left[ \frac{R_1/R_2}{2\pi\lambda_2} + \frac{1}{4\pi\lambda_1} \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C) } T(0) &= T(R_2) - r_1 I^2 \left[ \frac{R_2/R_1}{2\pi\lambda_2} + \frac{1}{4\pi\lambda_1} \right] \\ \text{D) } T(0) &= T(R_2) + r_1 I^2 \left[ \frac{\ln(R_2/R_1)}{2\pi\lambda_2} + \frac{1}{4\pi\lambda_1} \right] \end{aligned}$$

8. Dans le référentiel du laboratoire  $\mathcal{R}$  supposé galiléen, muni d'un repère cartésien  $(O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y, \mathbf{e}_z)$ , une tige homogène ( $T$ ) de masse  $m$ , de longueur  $L = 30$  cm et de centre d'inertie  $C$ , glisse sans frotter sur un bâti dans le plan  $(O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_z)$  comme indiqué sur la figure ci-après. On désigne par  $\mathbf{R}_A$  et  $\mathbf{R}_B$  les actions de contact subies par la tige respectivement aux extrémités  $A$  et  $B$ , et l'on note  $\mathbf{g} = -g\mathbf{e}_z$ , le champ de pesanteur terrestre ( $g = 9,80$  m.s<sup>-2</sup>). La position de la tige est repérée par l'angle orienté  $\theta(t)$ , qui vaut à l'instant origine  $\theta(0) = \theta_0$  avec, par ailleurs,  $[d\theta/dt](0) = 0$ . Le moment d'inertie de ( $T$ ) en  $C$  vaut  $I_C = mL^2/12$ .



Déterminer la vitesse  $v_C$  de  $C$  dans  $\mathcal{R}$  :

$$\begin{aligned} \text{A) } v_C &= \frac{L\dot{\theta}}{2} (\cos\theta \mathbf{e}_x + \sin\theta \mathbf{e}_z) \\ \text{B) } v_C &= \frac{L\dot{\theta}}{2} (\sin\theta \mathbf{e}_x - \cos\theta \mathbf{e}_z) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C) } v_C &= \frac{L\dot{\theta}}{2} (\sin\theta \mathbf{e}_x + \cos\theta \mathbf{e}_z) \\ \text{D) } v_C &= \frac{L\dot{\theta}}{2} (\cos\theta \mathbf{e}_x - \sin\theta \mathbf{e}_z) \end{aligned}$$

9. Exprimer l'énergie mécanique  $\mathcal{E}_m$  de ( $T$ ) dans  $\mathcal{R}$  en choisissant l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur dans le plan  $O, \mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y$ .

$$\begin{aligned} \text{A) } \mathcal{E}_m &= \frac{1}{2} mL^2 \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} mgL \cos\theta \\ \text{B) } \mathcal{E}_m &= \frac{1}{8} mL^2 \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} mgL \cos\theta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C) } \mathcal{E}_m &= \frac{1}{6} mL^2 \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} mgL \cos\theta \\ \text{D) } \mathcal{E}_m &= \frac{1}{6} mL^2 \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} mgL \sin\theta \end{aligned}$$

10. En déduire que l'équation différentielle du mouvement de ( $T$ ) se met sous la forme :  $\tau^2 \dot{\theta}^2 = \cos\theta_0 - \cos\theta$  où  $\tau$  est une durée que l'on exprimera :

$$\text{A) } \tau = \left( \frac{L}{3g} \right)^{1/2}$$

$$\text{B) } \tau = \left( \frac{L}{g} \right)^{1/2}$$

$$\text{C) } \tau = \left( \frac{3L}{g} \right)^{1/2}$$

$$\text{D) } \tau = \left( \frac{2L}{3g} \right)^{1/2}$$

11. En appliquant le théorème de la résultante cinétique (encore appelé théorème du centre de masse), déterminer  $\mathbf{R}_A$  en supposant le contact en  $A$  non rompu :

$$\text{A) } \mathbf{R}_A = \frac{3}{4} mg \sin\theta (2 \cos\theta + \cos\theta_0) \mathbf{e}_x$$

$$\text{C) } \mathbf{R}_A = -\frac{3}{2} mg \sin\theta (\cos\theta_0 - \cos\theta) \mathbf{e}_x$$

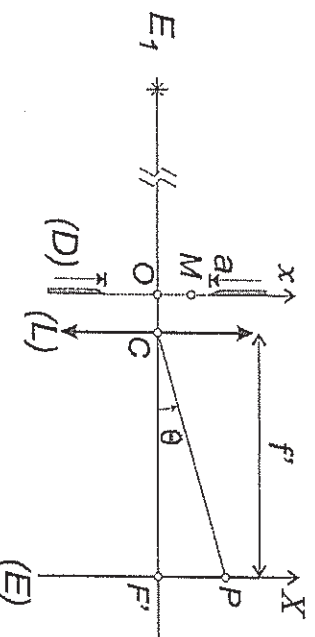
$$\text{B) } \mathbf{R}_A = \frac{3}{4} mg \sin\theta (3 \cos\theta - 2 \cos\theta_0) \mathbf{e}_x$$

$$\text{D) } \mathbf{R}_A = \frac{3}{4} \pi g \sin\theta \cos\theta \mathbf{e}_x$$

12. Exprimer  $\mathbf{R}_B$  :

13. Pour  $\theta_0 = 20^\circ$ , déterminer l'angle  $\theta_1$  correspondant à la perte de contact en A de la tige avec la bâti :
- A)  $R_B = \frac{mg}{4} (1 + 9 \cos^2 \theta - 6 \cos \theta_0 \cos \theta) e_z$       C)  $R_B = \frac{3mg}{4} (1 + 3 \sin^2 \theta - 6 \cos \theta_0 \cos \theta) e_z$   
 B)  $R_B = \frac{mg}{4} (1 + 3 \cos \theta \sin \theta + 2 \cos \theta_0 \cos \theta) e_z$       D)  $R_B = \frac{3mg}{4} (1 + 9 \cos^2 \theta - 6 \cos \theta_0 \cos \theta) e_z$
14. Que vaut alors, à cet instant de perte de contact, la composante horizontale de la vitesse de C dans  $\mathcal{R}$ ,  $v_x(\theta_1) = v_C \cdot e_x$  ?
- A)  $v_x(\theta_1) = 0,52 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$     B)  $v_x(\theta_1) = 0,78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$     C)  $v_x(\theta_1) = 1,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$     D)  $v_x(\theta_1) = 2,01 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

15. On assimile l'objectif d'un télescope à une lentille mince convergente ( $\mathcal{L}$ ) de centre C et de distance focale  $f' = 12 \text{ m}$ . On modélise l'influence de la monture de l'objectif par un diaphragme ( $\mathcal{D}$ ) en forme de fente de largeur  $a = 1 \text{ m}$  et d'extension infinie placée en avant de ( $\mathcal{L}$ ) (cf. figure ci-après). On vise avec cet instrument une étoile  $E_1$  assimilée à un objet ponctuel situé à l'infini dans la direction de l'axe optique qui émet un rayonnement supposé monochromatique de longueur d'onde dans le vide  $\lambda = 500 \text{ nm}$ . On observe la lumière reçue sur un écran ( $\mathcal{E}$ ) placé dans le plan focal image de ( $\mathcal{L}$ ).



- Cocher la ou les affirmation(s) exacte(s) :
- A) L'image obtenue est réelle.  
 B) On observe sur l'écran la figure de diffraction à l'infini de  $\mathcal{D}$ .  
 C) On observe sur l'écran l'image de  $\mathcal{D}$ .  
 D) On observe sur l'écran des aberrations chromatiques.
16. Le coefficient  $\underline{\Psi}_0$  étant une constante, quelle est l'expression de l'amplitude  $\underline{\Psi}(P)$  des ondes lumineuses diffractées dans la direction  $\theta \ll 1 \text{ rad}$  et reçues en un point P d'abscisse  $X = \overline{F'P}$  de ( $\mathcal{E}$ ) ?
- A)  $\underline{\Psi}(P) = \underline{\Psi}_0 \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \exp[-i2\pi\theta X/\lambda] d\theta$       C)  $\underline{\Psi}(P) = \underline{\Psi}_0 \int_{-a/2}^{a/2} \exp[-i2\pi\theta/\lambda] dx$   
 B)  $\underline{\Psi}(P) = \underline{\Psi}_0 \int_{-a/2}^{a/2} \exp[-i2\pi\theta x/\lambda] dx$       D)  $\underline{\Psi}(P) = \underline{\Psi}_0 \int_{-a/2}^{a/2} \exp[-i2\pi\theta x/\lambda] dx$
17. On observe que l'éclairement sur ( $\mathcal{E}$ ) s'annule aux points d'abscisses  $X_k = kd$ , où  $k$  est un nombre entier non nul. Déterminer  $d$  :
- A)  $d = 12 \mu\text{m}$       B)  $d = 6 \mu\text{m}$       C)  $d = 3 \mu\text{m}$       D)  $d = 1 \mu\text{m}$
18. On dispose dans le plan du diaphragme ( $\mathcal{D}$ ), une pupille de transmittance  $T(x) = \cos(\pi x/a)$ , où  $x = \overline{OM}$  est l'abscisse d'un point M de ( $\mathcal{D}$ ) (cf. Figure). L'amplitude  $\underline{\Psi}(P)$  des ondes lumineuses diffractées dans la direction  $\theta \ll 1$  et reçues en un point P de ( $\mathcal{E}$ ) se met sous la forme suivante :

$$\underline{\Psi}(P) = k_1 \frac{\cos(\pi u a)}{u^2 a^2 - k_2} \quad \text{avec} \quad u = \frac{\theta}{\lambda}$$

Exprimer  $k_1$  :

A)  $k_1 = -\frac{a}{\pi} \Psi_0$       B)  $k_1 = -\frac{a}{2\pi} \Psi_0$       C)  $k_1 = -\pi a \Psi_0$       D)  $k_1 = -2\pi a \Psi_0$

19. Que vaut  $k_2$  ?

A)  $k_2 = \frac{1}{8}$       B)  $k_2 = \frac{1}{4}$       C)  $k_2 = \frac{1}{2}$       D)  $k_2 = 1$

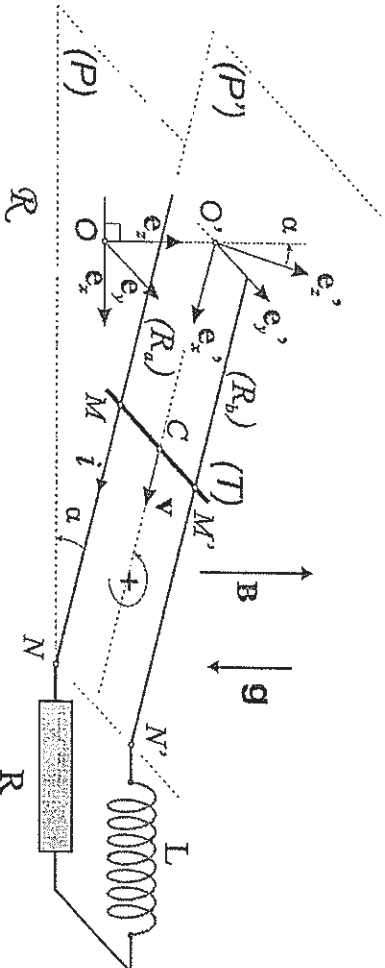
20. Que vaut alors la plus petite valeur  $X_a > 0$  de l'abscisse de  $P$  pour laquelle l'éclairement sur  $(\mathcal{E})$  s'annule?

A)  $X_a = 0,5 \mu\text{m}$       B)  $X_a = 3 \mu\text{m}$       C)  $X_a = 6 \mu\text{m}$       D)  $X_a = 9 \mu\text{m}$

21. Exprimer, en seconde d'arc, l'angle  $\theta_a$  de diffraction correspondant à la valeur précédemment calculée de  $X_a$  :

A)  $\theta_a = 0,01''$       B)  $\theta_a = 0,05''$       C)  $\theta_a = 0,15''$       D)  $\theta_a = 1,35''$

22. Deux rails conducteurs parallèles ( $\mathcal{R}_a$ ) et ( $\mathcal{R}_b$ ) de longueurs  $l$ , distants de  $a$ , sont contenus dans un plan ( $\mathcal{P}' = O', e'_x, e'_y$ ) incliné d'un angle  $\alpha$  par rapport à un plan horizontal ( $\mathcal{P} = O, e_x, e_y, e_z$ ) dans le référentiel du laboratoire  $\mathcal{R}$  supposé galiléen et muni d'un repère cartésien ( $O, e_x, e_y, e_z$ ) (voir figure ci-après). Les rails sont plongés dans un champ magnétique uniforme et stationnaire  $\mathbf{B} = B_0 e_z$  (voir figure ci-après). Les rails sont reliés en  $N'$  et  $N'$  à un circuit série  $RL$ . Un barreau mobile ( $\mathcal{T}$ ), homogène de masse  $m$ , conducteur, en translation rectiligne dans ( $\mathcal{P}'$ ) selon la direction  $e'_x$  parallèle aux rails, glisse sans frotter en maintenant le contact électrique en  $M$  et en  $M'$ . Le circuit, ainsi fermé, est placé dans le champ de pesanteur terrestre  $\mathbf{g} = -g e_z$ .



On note  $v = v(t)e'_x$  la vitesse du centre d'inertie  $C$  de ( $\mathcal{T}$ ), qui coïncide en permanence avec le milieu de  $MM'$ . Déterminer la force électromotrice induite  $e$  en adoptant comme orientation du circuit, le sens positif (+) indiqué sur la figure précédente.

A)  $e = B_0 a v(t) \cos \alpha$       B)  $e = -B_0 a v(t) \cos \alpha$       C)  $e = 2B_0 a v(t) \sin \alpha$       D)  $e = -\frac{1}{2} B_0 a v(t) \sin \alpha$

23. En désignant par  $i(t)$  l'intensité du courant algébrique qui circule dans le circuit, déterminer la composante  $F_{L,x'}$  =  $F_L \cdot e'_x$  dans le plan ( $\mathcal{P}'$ ) de la force de Laplace  $F_L$  subie par ( $\mathcal{T}'$ ) :

A)  $F_{L,x'} = i(t) a B_0 \sin \alpha$       C)  $F_{L,x'} = -i(t) a B_0 \cos \alpha$   
 B)  $F_{L,x'} = 2i(t) a B_0 \sin \alpha$       D)  $F_{L,x'} = -\frac{1}{2} i(t) a B_0 \cos \alpha$

24. Le théorème de la résultante cinétique (encore appelé théorème du centre de masse) permet d'écrire :

$$\frac{dv}{dt} = h_1 + i(t) h_2$$

où  $h_1$  et  $h_2$  sont des coefficients qui s'expriment en fonction de  $g$ ,  $\alpha$ ,  $a$  et  $B_0$ . Que vaut le rapport  $h_1/h_2$  ?



A)  $\frac{h_1}{h_2} = \frac{mg \cos \alpha}{aB_0}$

B)  $\frac{h_1}{h_2} = -\frac{mg}{aB_0 \sin \alpha}$

C)  $\frac{h_1}{h_2} = -\frac{mg \tan \alpha}{aB_0}$

D)  $\frac{h_1}{h_2} = \frac{mg}{aB_0 \tan \alpha}$

25. L'intensité  $i(t)$  obéit à l'équation différentielle suivante :

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{1}{\tau_e} \frac{di}{dt} + \omega_0^2 i = \omega_0^2 i_0 \quad \text{où} \quad \tau_e = \frac{L}{R}$$

$\omega_0$  et  $i_0$  étant des coefficients indépendants du temps. Déterminer  $\omega_0$  :

A)  $\omega_0 = \frac{aB_0 \cos \alpha}{(Lm)^{1/2}}$

B)  $\omega_0 = \frac{aB_0 \sin \alpha}{(Lm)^{1/2}}$

C)  $\omega_0 = \frac{a^2 B_0^2 \sin^2 \alpha}{Lm}$

D)  $\omega_0 = \frac{2RB_0 \cos \alpha}{m}$

26. Que vaut  $i_0$  ?

A)  $i_0 = \frac{mg \tan \alpha}{B_0 a}$

B)  $i_0 = \frac{mg}{B_0 a \tan \alpha}$

C)  $i_0 = \frac{2mg \tan \alpha}{B_0 a}$

D)  $i_0 = \frac{mg \sin \alpha}{B_0 a}$

27. À l'instant initial,  $i(0) = 0$  et  $(di/dt)(0) = 0$ . Lorsque  $R = 0$  (et  $L \neq 0$ ), le barreau oscille à la pulsation  $\omega_0$  et sa vitesse s'exprime selon :  $v(t) = v_0 \sin(\omega_0 t) + Cte$ . Déterminer  $v_0$  :

A)  $v_0 = \frac{2g(mL)^{1/2} \sin \alpha}{B_0 a}$

B)  $v_0 = \frac{g(mL)^{1/2} \tan \alpha}{B_0 a}$

C)  $v_0 = \frac{g(mL)^{1/2} \tan \alpha}{4B_0 a}$

D)  $v_0 = \frac{g(mL)^{1/2}}{2B_0 a \cos \alpha}$

28. En adoptant les mêmes conditions initiales que dans la question précédente, et si  $L = 0$  (et  $R \neq 0$ ), le courant se met sous la forme suivante :  $i(t) = i_0 [1 - \exp(-t/\tau)]$ . Déterminer  $\tau$  :

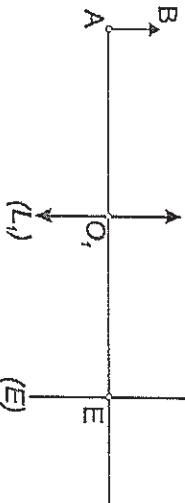
A)  $\tau = 2\tau_e$

B)  $\tau = \frac{mR}{a^2 B_0^2}$

C)  $\tau = \frac{mR}{a^2 B_0^2 \tan^2 \alpha}$

D)  $\tau = \frac{mR}{a^2 B_0^2 \cos^2 \alpha}$

29. On utilise une lentille mince convergente ( $\mathcal{L}_1$ ) de centre  $O_1$  et de distance focale  $f'_1$  pour former l'image d'un objet réel  $AB$  sur un écran ( $E$ ) placé à une distance  $D = \overline{AE}$  de l'objet (Figure ci-après).



Indiquer la ou les affirmation(s) exacte(s) :

A) La distance objet écran ne doit pas excéder  $f'_1$ .

B) La distance objet écran ne doit pas excéder  $4f'_1$ .

C) La distance objet écran doit excéder  $4f'_1$ .

D) La distance objet écran peut être quelconque.

30. Le grandissement transversal de cette projection est  $G_t = -2$ . Que vaut  $\overline{O_1 E}$  ?

A)  $\overline{O_1 E} = \frac{D}{4}$

B)  $\overline{O_1 E} = \frac{D}{3}$

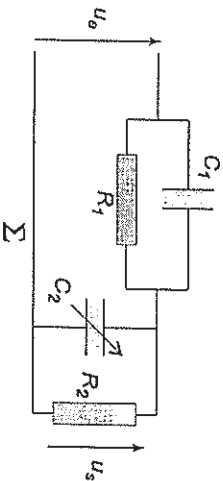
C)  $\overline{O_1 E} = \frac{D}{2}$

D)  $\overline{O_1 E} = \frac{2D}{3}$

31. On dispose entre ( $\mathcal{L}_1$ ) et ( $E$ ), une lentille mince convergente ( $\mathcal{L}_2$ ), de centre  $O_2$ , de même axe optique que ( $\mathcal{L}_1$ ), et de distance focale  $f'_2 = 4,00$  cm. Lorsque  $\overline{O_1 O_2} = 8,00$  cm, il se forme une image réelle  $A'_2 B'_2$  située à  $\overline{O_2 A'_2} = 3,68$  cm. Déterminer  $D$  :

32. En déduire  $f'_1$  :
- A)  $D = 12$  cm                      B)  $D = 81$  cm                      C)  $D = 121$  cm                      D)  $D = 169$  cm
33. On s'intéresse au doublet constitué par les deux lentilles ( $\mathcal{L}_1$ ) et ( $\mathcal{L}_2$ ) distantes de  $\overline{O_1O_2} = 8$  cm. Déterminer la position du foyer objet  $F$  du doublet :
- A)  $\overline{O_1F} = -4,11$  cm  
 B)  $\overline{O_1F} = -3,27$  cm  
 C)  $\overline{O_1F} = 3,27$  cm  
 D)  $\overline{O_1F} = 5,14$  cm
34. Déterminer la position du foyer image  $F'$  du même doublet :
- A)  $\overline{O_1F'} = 3,2$  cm                      B)  $\overline{O_1F'} = 7,2$  cm                      C)  $\overline{O_1F'} = 11$  cm                      D)  $\overline{O_1F'} = 22$  cm

35. Le système électronique  $\Sigma$  (figure ci-après) comporte deux résistors de résistances  $R_1 = 5$  k $\Omega$  et  $R_2 = 10$  k $\Omega$  et deux condensateurs de capacités  $C_1 = 100$  nF et  $C_2$ . On applique la tension d'entrée  $u_e(t) = u_{e,m} \cos(\omega t)$  de fréquence  $f = \omega/(2\pi)$  et on recueille en sortie, la tension  $u_s(t) = u_{s,m} \cos(\omega t + \phi)$  ; les grandeurs  $u_{e,m}$ ,  $u_{s,m}$ ,  $\omega$  et  $\phi$  sont indépendantes du temps.



La fonction de transfert du filtre se met sous la forme suivante :

$$H(j\omega) = H_0 \frac{1 + j\omega/\omega_1}{1 + j\omega/\omega_2}$$

Calculer  $\omega_1$  :

- A)  $\omega_1 = 667$  rad.s $^{-1}$                       B)  $\omega_1 = 1\,000$  rad.s $^{-1}$                       C)  $\omega_1 = 2\,000$  rad.s $^{-1}$                       D)  $\omega_1 = 3\,000$  rad.s $^{-1}$

36. Exprimer  $\omega_2$  :

- A)  $\omega_2 = \frac{1}{R_2 C_2}$                                       C)  $\omega_2 = \frac{C_1 + C_2}{R_2 C_1 C_2}$   
 B)  $\omega_2 = \frac{1}{(R_1 + R_2)(C_1 + C_2)}$                       D)  $\omega_2 = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 (C_1 + C_2)}$

37. Que doit valoir  $C_2$  afin que le gain de  $\Sigma$  soit indépendant de la fréquence du signal d'entrée ?

- A)  $C_2 = 50$  nF                      B)  $C_2 = 100$  nF                      C)  $C_2 = 200$  nF                      D)  $C_2 = 300$  nF

38. Calculer, pour cette valeur de  $C_2$ , le gain  $G_{dB}$  en décibel du circuit :

- A)  $G_{dB} = -9,54$  dB                      B)  $G_{dB} = -3,52$  dB                      C)  $G_{dB} = -6,02$  dB                      D)  $G_{dB} = 0$  dB

39. Quelle nouvelle valeur  $C'_2$  doit prendre  $C_2$  afin que la tension de sortie soit en retard de  $15^\circ$  sur la tension d'entrée lorsque  $\omega = \omega_1$  ?

A)  $C'_2 = 13,4 \text{ nF}$

B)  $C'_2 = 50 \text{ nF}$

C)  $C'_2 = 159,8 \text{ nF}$

D)  $C'_2 = 200 \text{ nF}$

40. Que vaut, dans les conditions de la question précédente, le nouveau gain  $G'_{dB}$  de  $\Sigma$  ?

A)  $G'_{dB} = -1,76 \text{ dB}$

B)  $G'_{dB} = -3 \text{ dB}$

C)  $G'_{dB} = -4,52 \text{ dB}$

D)  $G'_{dB} = -6,53 \text{ dB}$

---