

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.

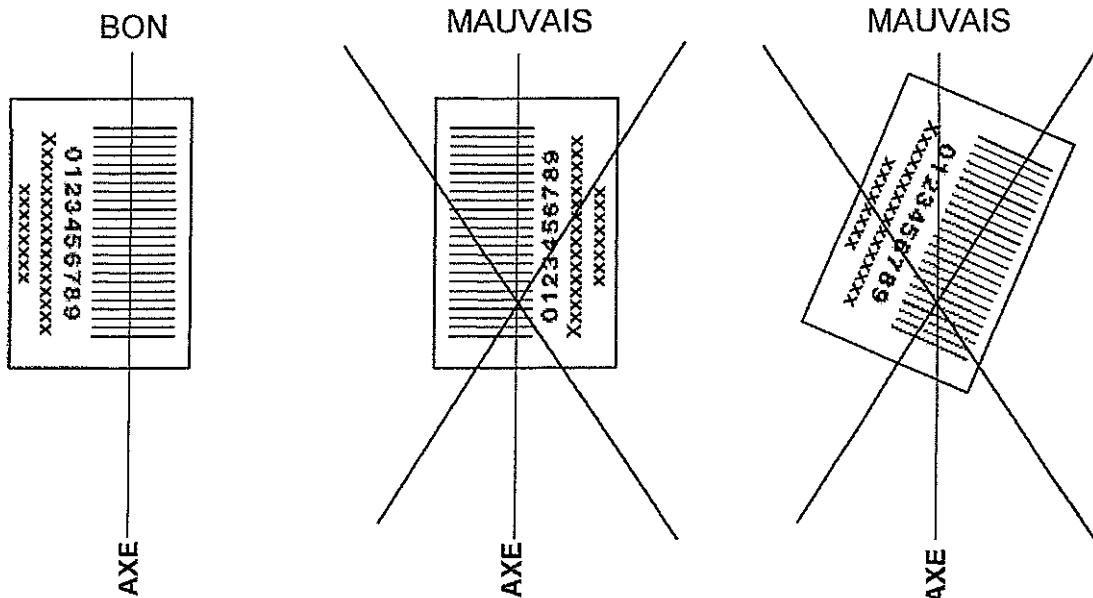
### **ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM**

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

## 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]

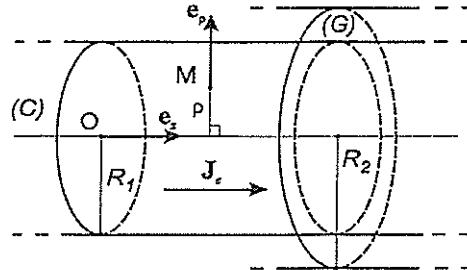
1. Un conducteur électrique cylindrique ( $C$ ), d'axe de révolution  $Oe_z$ , de rayon  $R_1$ , d'extension infinie et de conductivité électrique  $\gamma$ , est parcouru par un courant volumique longitudinal uniforme et stationnaire, de vecteur densité de courant  $J_e = J_{e,0} e_z$  (cf. figure ci-après). 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 :  $J_u(\rho, t) = J_{u,0}(\rho, t)e_\rho$ . 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)  $T(\rho) = T(0) + \frac{I^2 \rho^2}{\pi^2 R_1^2 \gamma \lambda_1}$

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

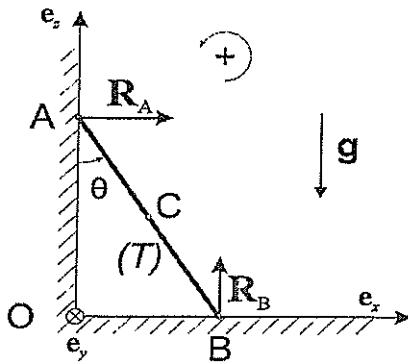
D)  $T(R_2) = T(R_1) + \frac{I^2}{2\pi^2 R_2^2 \gamma \lambda_2}$

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

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

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

8. Dans le référentiel du laboratoire  $\mathcal{R}$  supposé galiléen, muni d'un repère cartésien  $(O, e_x, e_y, e_z)$ , une tige homogène  $(T)$  de masse  $m$ , de longueur  $L = 30\text{ cm}$  et de centre d'inertie  $C$ , glisse sans frotter sur un bâti dans le plan  $(O, e_x, e_z)$  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 ( $g = 9,80\text{ m.s}^{-2}$ ). 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,  $[\dot{\theta}](0) = 0$ . Le moment d'inertie de  $(T)$  en  $C$  vaut  $I_C = mL^2/12$ .



Déterminer la vitesse  $\mathbf{v}_C$  de  $C$  dans  $\mathcal{R}$  :

A)  $\mathbf{v}_C = \frac{L\dot{\theta}}{2} (\cos\theta \mathbf{e}_x + \sin\theta \mathbf{e}_z)$   
B)  $\mathbf{v}_C = \frac{L\dot{\theta}}{2} (\sin\theta \mathbf{e}_x - \cos\theta \mathbf{e}_z)$

C)  $\mathbf{v}_C = \frac{L\dot{\theta}}{2} (\sin\theta \mathbf{e}_x + \cos\theta \mathbf{e}_z)$   
D)  $\mathbf{v}_C = \frac{L\dot{\theta}}{2} (\cos\theta \mathbf{e}_x - \sin\theta \mathbf{e}_z)$

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  $(O, e_x, e_y)$ .

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

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

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:

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

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

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

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

- A)  $\mathbf{R}_B = \frac{mg}{4} (1 + 9 \cos^2 \theta - 6 \cos \theta_0 \cos \theta) \mathbf{e}_z$       C)  $\mathbf{R}_B = \frac{3mg}{4} (1 + 3 \sin^2 \theta - 6 \cos \theta_0 \cos \theta) \mathbf{e}_z$   
 B)  $\mathbf{R}_B = \frac{mg}{4} (1 + 3 \cos \theta \sin \theta + 2 \cos \theta_0 \cos \theta) \mathbf{e}_z$       D)  $\mathbf{R}_B = \frac{3mg}{4} (1 + 9 \cos^2 \theta - 6 \cos \theta_0 \cos \theta) \mathbf{e}_z$

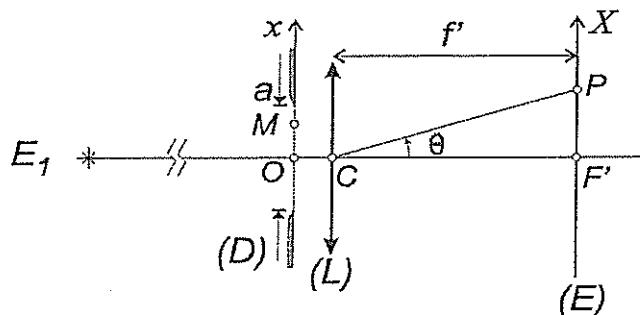
13. Pour  $\theta_0 = 20^\circ$ , déterminer l'angle  $\theta_1$  correspondant à la perte de contact en  $A$  de la tige avec la bâti :

- A)  $\theta_1 = 71,3^\circ$       B)  $\theta_1 = 62,0^\circ$       C)  $\theta_1 = 51,2^\circ$       D)  $\theta_1 = 50,2^\circ$

14. Que vaut alors, à cet instant de perte de contact, la composante horizontale de la vitesse de  $C$  dans  $\mathcal{R}$ ,  $v_x(\theta_1) = v_C \cdot \mathbf{e}_x$  ?

- A)  $v_x(\theta_1) = 0,52 \text{ m.s}^{-1}$       B)  $v_x(\theta_1) = 0,78 \text{ m.s}^{-1}$       C)  $v_x(\theta_1) = 1,81 \text{ m.s}^{-1}$       D)  $v_x(\theta_1) = 2,01 \text{ m.s}^{-1}$

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  $\Psi_0$  étant une constante, quelle est l'expression de l'amplitude  $\Psi(P)$  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)  $\Psi(P) = \Psi_0 \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \exp[-i2\pi\theta X/\lambda] d\theta$       C)  $\Psi(P) = \Psi_0 \int_{-a/2}^{a/2} \exp[-i2\pi\theta \lambda x] dx$   
 B)  $\Psi(P) = \Psi_0 \int_{-a/2}^{a/2} \exp[-i2\pi\theta \lambda x] dx$       D)  $\Psi(P) = \Psi_0 \int_{-a/2}^{a/2} \exp[-i2\pi\theta x/\lambda] dx$

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  $\Psi'(P)$  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 :

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

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  $X_a$  :

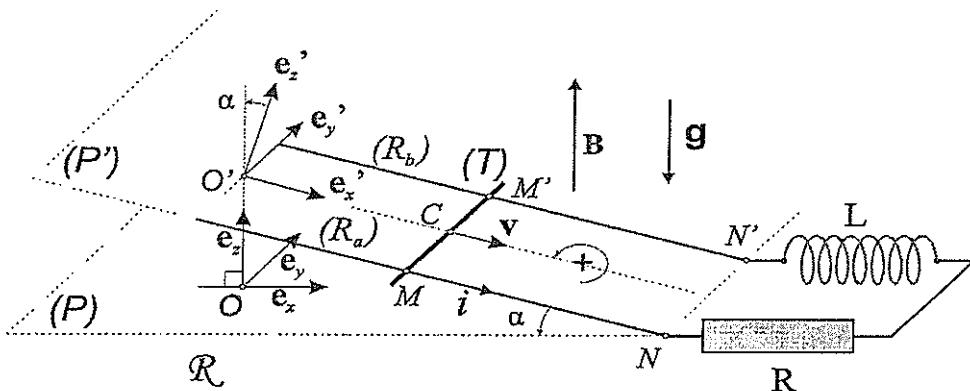
A)  $\theta_a = 0,01''$

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 ( $\mathcal{P} = O, e_x, e_y$ ) 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  $\mathbf{B} = B_0 \mathbf{e}_z$  et 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  $\mathbf{g} = -g \mathbf{e}_z$ .



On note  $\mathbf{v} = v(t) \mathbf{e}'_x$  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  $F_{L,x'} = \mathbf{F}_L \cdot \mathbf{e}'_x$  dans le plan ( $\mathcal{P}'$ ) de la force de Laplace  $\mathbf{F}_L$  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  $h_1/h_2$  ?

$$A) \frac{h_1}{h_2} = \frac{mg \cos \alpha}{aB_0} \quad B) \frac{h_1}{h_2} = -\frac{mg}{aB_0 \sin \alpha} \quad C) \frac{h_1}{h_2} = -\frac{mg \tan \alpha}{aB_0} \quad D) \frac{h_1}{h_2} = \frac{mg}{aB_0 \tan \alpha}$$

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

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

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

$$A) \omega_0 = \frac{aB_0 \cos \alpha}{(Lm)^{1/2}} \quad B) \omega_0 = \frac{aB_0 \sin \alpha}{(Lm)^{1/2}} \quad C) \omega_0 = \frac{a^2 B_0^2 \sin^2 \alpha}{Lm} \quad D) \omega_0 = \frac{2RB_0 \cos \alpha}{m}$$

26. Que vaut  $i_0$  ?

$$A) i_0 = \frac{mg \tan \alpha}{B_0 a} \quad B) i_0 = \frac{mg}{B_0 a \tan \alpha} \quad C) i_0 = \frac{2mg \tan \alpha}{B_0 a} \quad D) i_0 = \frac{mg \sin \alpha}{B_0 a}$$

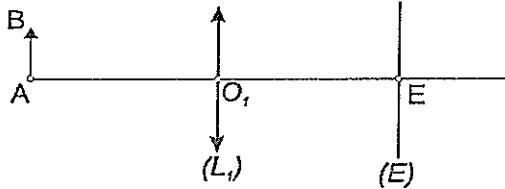
27. À l'instant initial,  $i(0) = 0$  et  $(di/dt)(0) = 0$ . Lorsque  $R = 0$  (et  $L \neq 0$ ), le barreau oscille à la pulsation  $\omega_0$  et sa vitesse s'exprime selon :  $v(t) = v_0 \sin(\omega_0 t) + \text{Cte}$ . Déterminer  $v_0$  :

$$A) v_0 = \frac{2g(mL)^{1/2} \sin \alpha}{B_0 a} \quad B) v_0 = \frac{g(mL)^{1/2} \tan \alpha}{B_0 a} \quad C) v_0 = \frac{g(mL)^{1/2} \tan \alpha}{4B_0 a} \quad D) v_0 = \frac{g(mL)^{1/2}}{2B_0 a \cos \alpha}$$

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  $\tau$  :

$$A) \tau = 2\tau_e \quad B) \tau = \frac{mR}{a^2 B_0^2} \quad C) \tau = \frac{mR}{a^2 B_0^2 \tan^2 \alpha} \quad D) \tau = \frac{mR}{a^2 B_0^2 \cos^2 \alpha}$$

29. On utilise une lentille mince convergente ( $L_1$ ) 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  $\overline{O_1 E}$  ?

$$A) \overline{O_1 E} = \frac{D}{4} \quad B) \overline{O_1 E} = \frac{D}{3} \quad C) \overline{O_1 E} = \frac{D}{2} \quad D) \overline{O_1 E} = \frac{2D}{3}$$

31. On dispose entre ( $L_1$ ) et ( $E$ ), une lentille mince convergente ( $L_2$ ), de centre  $O_2$ , de même axe optique que ( $L_1$ ), et de distance focale  $f'_2 = 4,00 \text{ cm}$ . Lorsque  $\overline{O_1 O_2} = 8,00 \text{ cm}$ , il se forme une image réelle  $A'_2 B'_2$  située à  $\overline{O_2 A'_2} = 3,68 \text{ cm}$ . Déterminer  $D$  :

- A)  $D = 12 \text{ cm}$       B)  $D = 81 \text{ cm}$       C)  $D = 121 \text{ cm}$       D)  $D = 169 \text{ cm}$

32. En déduire  $f'_1$  :

- A)  $f'_1 = 18 \text{ cm}$       B)  $f'_1 = 16 \text{ cm}$       C)  $f'_1 = 8 \text{ cm}$       D)  $f'_1 = 4 \text{ cm}$

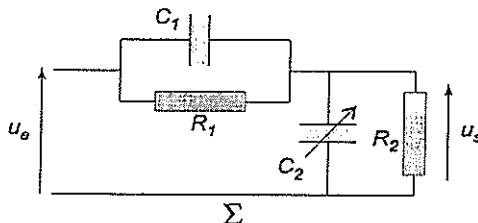
33. On s'intéresse au doublet constitué par les deux lentilles ( $L_1$ ) et ( $L_2$ ) distantes de  $\overline{O_1O_2} = 8 \text{ cm}$ . Déterminer la position du foyer objet  $F$  du doublet :

- A)  $\overline{O_1F} = -4,11 \text{ cm}$   
 B)  $\overline{O_1F} = -3,27 \text{ cm}$   
 C)  $\overline{O_1F} = 3,27 \text{ cm}$   
 D)  $\overline{O_1F} = 5,14 \text{ cm}$

34. Déterminer la position du foyer image  $F'$  du même doublet :

- A)  $\overline{O_1F'} = 3,2 \text{ cm}$       B)  $\overline{O_1F'} = 7,2 \text{ cm}$       C)  $\overline{O_1F'} = 11 \text{ cm}$       D)  $\overline{O_1F'} = 22 \text{ cm}$

35. Le système électronique  $\Sigma$  (figure ci-après) comporte deux résistors de résistances  $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$  et deux condensateurs de capacités  $C_1 = 100 \text{ nF}$  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)  $\omega_1 = 667 \text{ rad.s}^{-1}$       B)  $\omega_1 = 1000 \text{ rad.s}^{-1}$       C)  $\omega_1 = 2000 \text{ rad.s}^{-1}$       D)  $\omega_1 = 3000 \text{ rad.s}^{-1}$

36. Exprimer  $\omega_2$  :

- A)  $\omega_2 = \frac{1}{R_2 C_2}$   
 B)  $\omega_2 = \frac{1}{(R_1 + R_2)(C_1 + C_2)}$   
 C)  $\omega_2 = \frac{C_1 + C_2}{R_2 C_1 C_2}$   
 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)  $C_2 = 50 \text{ nF}$       B)  $C_2 = 100 \text{ nF}$       C)  $C_2 = 200 \text{ nF}$       D)  $C_2 = 300 \text{ nF}$

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

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

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