

ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Session 2012

CONCOURS POUR LE RECRUTEMENT  
D'INGÉNIEURS DU CONTRÔLE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE



*Épreuve 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'avertissements
- 7 pages de texte recto/verso

**L'USAGE DE CALCULATRICES, DE TELEPHONES PORTABLES  
OU DE DOCUMENTS PERSONNELS N'EST PAS AUTORISE**

## ÉPREUVE OPTIONNELLE OBLIGATOIRE DE PHYSIQUE

### A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT

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

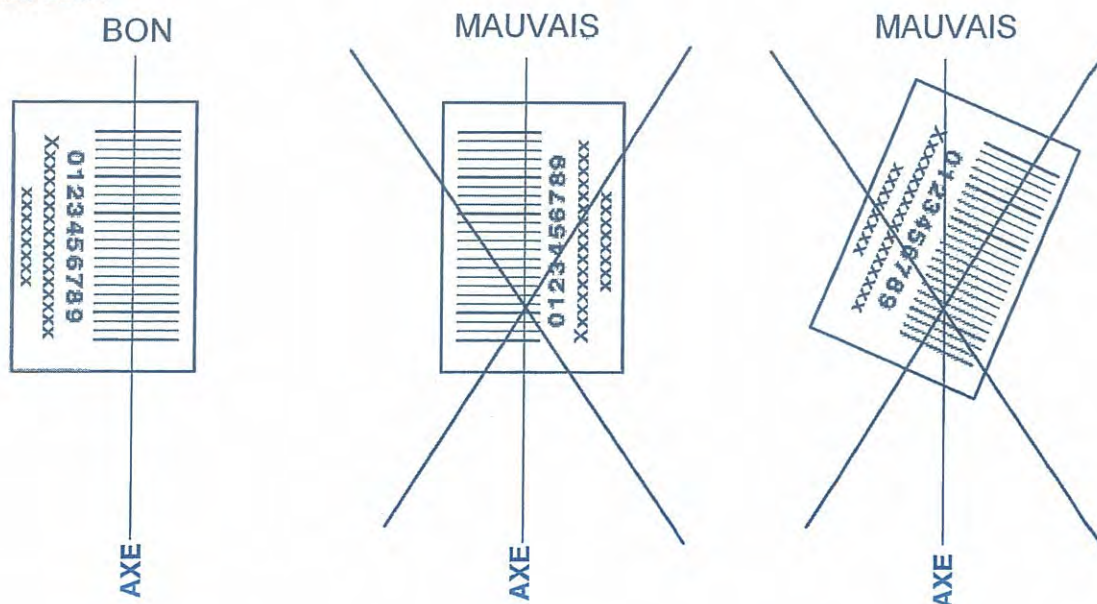
### ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

- 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 optionnelle obligatoire de physique ».

### POSITIONNEMENT DES ÉTIQUETTES

Pour permettre la lecture optique de l'étiquette, le trait vertical matérialisant l'axe de lecture du code 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 (ou les brouillons qui vous seront fournis à la demande par la surveillante qui s'occupe de votre rangée) 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 sur la page d'avertissements.

**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 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.**

**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 checked="" 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
----------------

Les calculatrices sont interdites pour cette épreuve. Dans certaines questions, les candidats doivent choisir entre plusieurs valeurs numériques. Les valeurs fausses qui sont proposées ont des ordres de grandeur suffisamment différents de la valeur exacte arrondie selon les règles habituelles, afin d'éliminer toute ambiguïté dans le choix de la bonne 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]

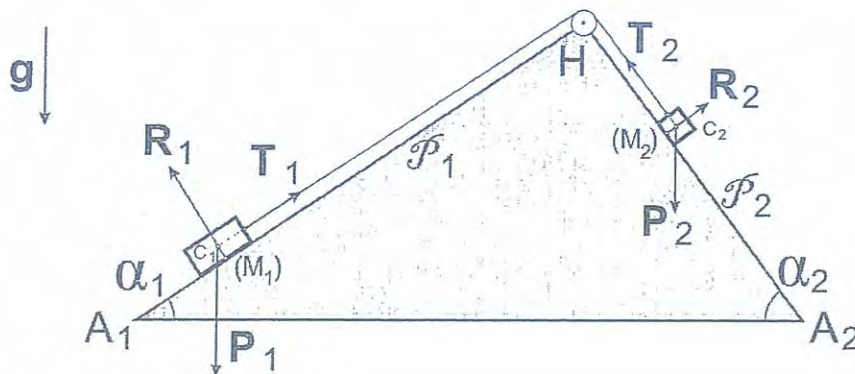
[15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]

[22, 23, 24, 25, 26, 27, 28]

[29, 30, 31, 32, 33, 34]

[35, 36, 37, 38, 39, 40]

1. Deux pistes planes  $\mathcal{P}_1$  et  $\mathcal{P}_2$ , de longueurs respectives  $L_1 = A_1H$  et  $L_2 = A_2H$ , forment avec le plan horizontal les angles respectifs  $\alpha_1$  et  $\alpha_2 > \alpha_1$  (Fig. ci-après). Deux palets ( $M_1$ ) et ( $M_2$ ), de centres d'inertie  $C_1$  et  $C_2$  sont liés par un fil inextensible de masse négligeable, tendu grâce à une poulie. Le fil, parallèle aux pistes, roule sans glisser sur la poulie, cette dernière pivotant sans frotter sur son axe (liaison parfaite). On désigne par  $g$  l'intensité de la pesanteur, par  $R_1$  et  $R_2$  les normes des réactions des pistes sur les palets, et par  $T_1$  et  $T_2$  les normes des tensions qu'exercent le fil sur les palets.



On néglige, dans un premier temps, la masse de la poulie ainsi que les frottements des palets sur les pistes. Les palets sont *immobiles*. Indiquer la ou les réponses exacte(s) :

- A)  $R_1 = m_1 g \sin \alpha_1$       B)  $R_1 = m_1 g \cos \alpha_1$       C)  $T_1 = m_1 g \sin \alpha_1$       D)  $T_1 = m_1 g \cos \alpha_1$
2. Quelle relation existe-t-il entre  $T_1$  et  $T_2$  ?
- A)  $T_1 \cos \alpha_1 = T_2 \cos \alpha_2$       B)  $T_1 \sin \alpha_1 = T_2 \sin \alpha_2$       C)  $T_1 = T_2$       D)  $T_1 \tan \alpha_1 = T_2 \tan \alpha_2$
3. Exprimer le rapport des masses des palets afin que ces derniers demeurent immobiles, dans le cadre des hypothèses précédentes :
- A)  $\frac{m_1}{m_2} = \frac{L_1^2}{L_2^2}$       B)  $\frac{m_1}{m_2} = \frac{L_2^2}{L_1^2}$       C)  $\frac{m_1}{m_2} = \frac{L_1}{L_2}$       D)  $\frac{m_1}{m_2} = \frac{L_2}{L_1}$
4. On tient désormais compte des frottements des palets sur les pistes. On désigne par  $\mu$  le facteur de frottement *statique et dynamique* de ( $M_1$ ) sur  $\mathcal{P}_1$  identique à celui de ( $M_2$ ) sur  $\mathcal{P}_2$ . On note  $m_{2,m}$  la masse minimale de ( $M_2$ ) permettant de hisser ( $M_1$ ) sur la piste. Déterminer les expressions de  $T_1$  et  $T_2$  lorsque  $m_2 = m_{2,m}$ .
- A)  $T_1 = m_1 g (\sin \alpha_1 - \mu \cos \alpha_1)$       C)  $T_2 = m_2 g (\sin \alpha_2 - \mu \cos \alpha_2)$   
 B)  $T_1 = m_1 g (\sin \alpha_1 + \mu \cos \alpha_1)$       D)  $T_2 = m_2 g (\sin \alpha_2 + \mu \cos \alpha_2)$

5. La masse  $m_{2,m}$  s'explique selon :

$$m_{2,m} = \frac{K_\mu(\alpha_1)}{K_\mu(\pi - \alpha_2)} m_1$$

où  $K_\mu(\alpha)$  est une fonction de  $\alpha$ . Exprimer  $K_\mu(\alpha)$  :

- A)  $K_\mu(\alpha) = \cos \alpha - \mu \sin \alpha$       C)  $K_\mu(\alpha) = \sin \alpha - \mu \cos \alpha$   
 B)  $K_\mu(\alpha) = \cos \alpha + \mu \sin \alpha$       D)  $K_\mu(\alpha) = \sin \alpha + \mu \cos \alpha$



6. Le palet ( $M_1$ ) est maintenant hissé sur la piste grâce à la masse suffisante ( $m_2 > m_2, m$ ) de ( $M_2$ ). Calculer la norme  $a_1$  de l'accélération de ( $M_1$ ):

A)  $a_1 = \frac{m_2 K_\mu(\alpha_2) - m_1 K_\mu(\alpha_1)}{m_1 + m_2} g$

C)  $a_1 = \frac{m_2 K_\mu(\alpha_2) + m_1 K_\mu(\alpha_1)}{m_1 + m_2} g$

B)  $a_1 = \frac{m_2 K_\mu(\pi - \alpha_2) - m_1 K_\mu(\alpha_1)}{m_1 + m_2} g$

D)  $a_1 = \frac{m_2 K_\mu(\pi - \alpha_2) + m_1 K_\mu(\alpha_1)}{m_2 - m_1} g$

7. Quelle est l'expression  $a'_1$  de l'accélération de ( $M_1$ ) si l'on suppose non nulle la masse de la poulie, de rayon  $R$  et de moment d'inertie  $I$  par rapport à son axe de révolution?

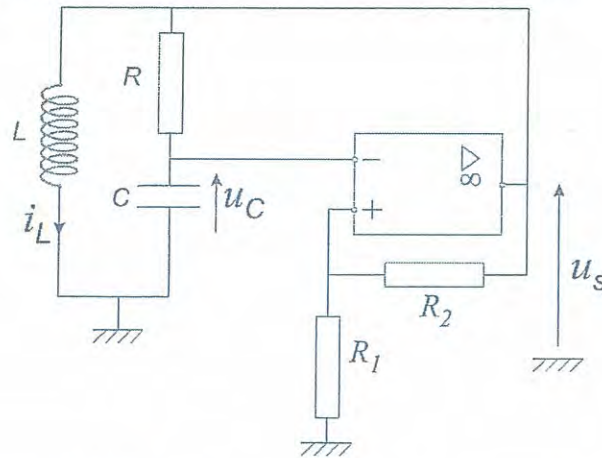
A)  $a'_1 = \frac{m_2 K_\mu(\alpha_2) - m_1 K_\mu(\alpha_1)}{m_1 + m_2 - I/R^2} g$

C)  $a'_1 = \frac{m_2 K_\mu(\alpha_2) + m_1 K_\mu(\alpha_1)}{m_1 + m_2 - I/R^2} g$

B)  $a'_1 = \frac{m_2 K_\mu(\pi - \alpha_2) - m_1 K_\mu(\alpha_1)}{m_1 + m_2 + I/R^2} g$

D)  $a'_1 = \frac{m_2 K_\mu(\pi - \alpha_2) + m_1 K_\mu(\alpha_1)}{m_2 - m_1 + I/R^2} g$

8. Le filtre représenté sur la figure ci-après fonctionne avec un amplificateur opérationnel (AO) supposé idéal, trois résistors de résistances  $R_1 = 2\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 4\text{ k}\Omega$  et  $R = 1\text{ k}\Omega$ , un condensateur de capacité  $C = 1\text{ }\mu\text{F}$  et une bobine d'inductance  $L$ . On suppose que l'AO fonctionne en régime non linéaire et l'on désigne par  $U_{sat} = 15\text{ V}$  et  $-U_{sat}$  les tensions de saturation haute et basse symétriques.



Indiquer la ou les réponses exacte(s) :

A) La tension  $u_s$  est continue.

C) La tension  $u_s$  est triangulaire.

B) La tension  $u_s$  est sinusoïdale.

D) La tension  $u_s$  est en créneaux (signaux carrés).

9. La tension  $u_C(t)$ , périodique de période  $T$ , est alternativement croissante puis décroissante. En régime établi (ou permanent), entre l'instant  $t_1 = 0$  où  $u_s = U_{sat}$  et  $u_C(t)$  devient croissante et l'instant  $t_2 = T/2$ ,  $u_C(t)$  se met sous la forme suivante :

$$u_C(t) = A + B \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

Exprimer  $A$  :

A)  $A = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{sat}$

B)  $A = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_{sat}$

C)  $A = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{sat}$

D)  $A = U_{sat}$

10. Exprimer  $\tau$  :

- A)  $\tau = RC$                       B)  $\tau = \frac{L}{R}$                       C)  $\tau = (LC)^{1/2}$                       D)  $\tau = (2LC)^{1/2}$

11. Exprimer  $B$  :

- A)  $B = -\frac{R_1 + 2R_2}{R_1 + R_2} U_{sat}$     B)  $B = -\frac{2R_1 + R_2}{R_1 + R_2} U_{sat}$     C)  $B = -U_{sat}$                       D)  $B = U_{sat}$

12. En déduire la période des oscillations :

- A)  $T = 2\tau \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$                       C)  $T = 2\tau \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_2}\right)$   
 B)  $T = 5\tau$                                       D)  $T = \tau \ln\left(1 + \frac{2R}{R_1}\right)$

13. Que vaut l'amplitude crête à crête de variation de l'intensité du courant  $I_{cc}$  dans la bobine?

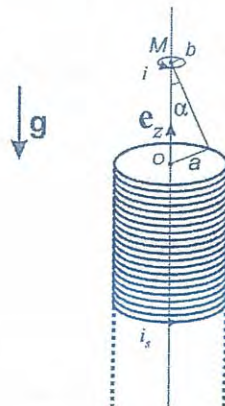
- A)  $I_{cc} = T \frac{U_{sat}}{2L}$                                       C)  $I_{cc} = 2(R_1 + R_2)C \frac{U_{sat}}{L}$   
 B)  $I_{cc} = 2T \frac{U_{sat}}{L}$                                       D)  $I_{cc} = \frac{2R(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R} \frac{U_{sat}}{L}$

14. Calculer  $L$  sachant que  $I_{cc} = 40 \text{ mA}$  et que  $\ln 2 \approx 0,7$ .

- A)  $L \approx 0,25 \text{ mH}$                       B)  $L \approx 25 \text{ mH}$                       C)  $L \approx 0,25 \text{ H}$                       D)  $L \approx 2,5 \text{ H}$

15. Un solénoïde d'axe de révolution vertical  $Oe_z$  ascendant, semi-infini dans la direction des  $z$  décroissants, de rayon  $a$ , comportant  $n$  spires par unité de longueur, est parcouru par un courant d'intensité  $i_s(t) = i_m \cos(\omega t)$  (Fig. ci-après). Le champ magnétique  $\mathbf{B}(M)$  produit par ce solénoïde en un point  $M$  de l'axe  $Oe_z$ , de cote  $z > 0$ , depuis lequel le diamètre apparent de la première spire est  $2\alpha$  s'écrit :

$$\mathbf{B}(M) = B_z \mathbf{e}_z \quad \text{avec} \quad B_z = B_0(1 - \cos \alpha) \cos(\omega t)$$



En désignant par  $\mu_0$  la perméabilité magnétique du vide, exprimer  $B_0$  :

- A)  $B_0 = \mu_0 n i_m$                       B)  $B_0 = \frac{\mu_0 n i_m}{2}$                       C)  $B_0 = 2\mu_0 n i_m$                       D)  $B_0 = \frac{\mu_0 i_m}{2R}$



16. En un point  $M'$  de cote  $z$ , voisin de l'axe  $Oe_z$ , dont il est distant de  $\rho \ll a$ , le champ magnétique s'écrit :

$$\mathbf{B}(M') \approx B_\rho(\rho, z) \mathbf{e}_\rho + B_z \mathbf{e}_z$$

où  $\mathbf{e}_\rho$  est le vecteur unitaire radial du système de coordonnées cylindriques de centre  $O$  et d'axe  $Oe_z$ . Exprimer le flux élémentaire  $d\Phi$  du champ magnétique à travers un cylindre d'axe de révolution  $Oe_z$ , compris entre les cotes  $z$  et  $z + dz$  et de rayon  $\rho \ll a$  :

A)  $d\Phi = 2\pi\rho[B_z(z + dz) - B_z(z)] + 2\pi\rho B_\rho(\rho, z) dz$

B)  $d\Phi = 2\pi\rho[B_z(z + dz) - B_z(z)] + \pi\rho^2 B_\rho(\rho, z) dz$

C)  $d\Phi = \pi\rho^2[B_z(z + dz) - B_z(z)] + 2\pi\rho B_\rho(\rho, z) dz$

D)  $d\Phi = \pi\rho^2[B_z(z + dz) - B_z(z)] - 2\pi\rho B_\rho(\rho, z) dz$

17. En déduire  $B_\rho(\rho, z)$  en fonction de  $dB_z/dz$  :

A)  $B_\rho(\rho, z) = \rho \frac{dB_z}{dz}$     B)  $B_\rho(\rho, z) = -\frac{\rho}{2} \frac{dB_z}{dz}$     C)  $B_\rho(\rho, z) = -2\rho \frac{dB_z}{dz}$     D)  $B_\rho(\rho, z) = \frac{\rho}{2} \frac{dB_z}{dz}$

18. Expliciter  $B_\rho(\rho, z)$  :

A)  $B_\rho(\rho, z) = \frac{2B_0\rho}{a} \cos(\omega t) \sin^3 \alpha$

C)  $B_\rho(\rho, z) = -\frac{B_0\rho}{2a} \cos(\omega t) \sin^3 \alpha$

B)  $B_\rho(\rho, z) = \frac{B_0\rho}{2a} \cos(\omega t) \sin^3 \alpha$

D)  $B_\rho(\rho, z) = -\frac{B_0\rho}{a} \cos(\omega t) \sin^3 \alpha$

19. Un anneau conducteur de rayon  $b \ll a$ , d'épaisseur négligeable, de résistance  $R$ , d'inductance  $L$ , de masse  $m$ , est astreint à coulisser sans frotter sur l'axe  $Oe_z$  (Fig: précédente). L'intensité  $i(t)$  du courant qui circule dans l'anneau est donnée par l'équation suivante :

$$\tau \frac{di}{dt} + i = i_0 \sin(\omega t)$$

Exprimer  $i_0$ .

A)  $i_0 = \frac{2\pi b B_0 \omega (1 - \cos \alpha)}{R}$

C)  $i_0 = \frac{\pi b^2 B_0 \omega (1 - \cos \alpha)}{R}$

B)  $i_0 = 2\pi b B_0 \omega (1 - \cos \alpha)$

D)  $i_0 = \pi b^2 B_0 \omega (1 - \cos \alpha)$

20. La solution de cette équation se met sous la forme suivante :

$$i(t) = i_1 \cos(\omega t) + i_2 \sin(\omega t)$$

Exprimer  $i_1$  :

A)  $i_1 = \frac{\tau\omega}{1 + \tau^2\omega^2} i_0$

B)  $i_1 = \frac{1}{1 + \tau^2\omega^2} i_0$

C)  $i_1 = -\frac{1}{1 + \tau^2\omega^2} i_0$

D)  $i_1 = -\frac{\tau\omega}{1 + \tau^2\omega^2} i_0$

21. Exprimer la composante sur l'axe  $Oe_z$  de la force instantanée d'origine électromagnétique  $F_z(t)$  qui s'exerce sur l'anneau :

A)  $F_z(t) = -\frac{\pi b^2 B_0 \sin^3 \alpha \cos(\omega t) i(t)}{a}$

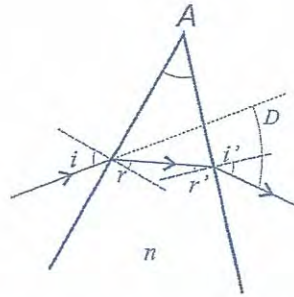
C)  $F_z(t) = \frac{\pi b^2 B_0 \sin^3 \alpha \cos(\omega t) i(t)}{2a}$

B)  $F_z(t) = -2\pi b B_0 \sin^3 \alpha \cos(\omega t) i(t)$

D)  $F_z(t) = \pi b B_0 \sin^3 \alpha \cos(\omega t) i(t)$

22. Un prisme d'angle au sommet  $A$  et d'indice de réfraction  $n$ , est plongé dans l'air d'indice assimilé à l'unité. Il est éclairé par un faisceau polychromatique sous l'angle d'incidence  $i$ . Pour une longueur d'onde dans le vide  $\lambda$  donnée, on note  $r$  l'angle de réfraction sur la face d'entrée,  $r'$  l'angle d'incidence sur la face de sortie,  $i'$  l'angle de réfraction sur la face de sortie et  $D$  l'angle de déviation du faisceau (Fig. ci-après).





Un écran blanc intercepte le faisceau en sortie du prisme. Indiquer la ou les affirmation(s) exacte(s) :

- A) Le prisme diffracte efficacement la lumière  
 B) Le prisme disperse efficacement la lumière  
 C)  $n$  dépend de  $i$   
 D)  $n$  dépend de  $A$

23. Indiquer la ou les affirmation(s) exacte(s).

- A)  $A = \pi - r - r'$       B)  $A = r + r'$       C)  $D = i + i' + A$       D)  $D = i + i' - A$

24. On constate qu'il existe une valeur limite  $i_l(\lambda)$  de l'angle d'incidence  $i$  permettant d'exprimer la condition d'émergence du faisceau sur la face de sortie du prisme. Quelle est cette condition d'émergence ?

- A)  $i < i_l$       C)  $i > i_l$   
 B)  $i_l = \arcsin \left\{ n \sin \left[ A - \arcsin \left( \frac{1}{n} \right) \right] \right\}$       D)  $i_l = \arcsin \left[ \frac{\sin(A - \arcsin n)}{n} \right]$

25. L'indice du prisme varie en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$  dans le vide selon la relation :

$$n(\lambda) = n_0 + \frac{C}{\lambda^2}$$

où  $n_0$  et  $C$  sont deux constantes positives indépendantes de  $\lambda$ . Au voisinage d'une longueur d'onde de référence  $\lambda_0$ , l'indice se met sous la forme suivante:  $n(\lambda) \approx n(\lambda_0) - K_n \delta\lambda$  où  $\delta\lambda = \lambda - \lambda_0 \ll \lambda_0$ . Exprimer  $K_n$ .

- A)  $K_n = \frac{C}{\lambda_0^3}$       B)  $K_n = \frac{2Cn_0}{\lambda_0^3}$       C)  $K_n = \frac{2C}{\lambda_0^3}$       D)  $K_n = \frac{Cn_0}{\lambda_0^3}$

26. En désignant par  $r_0$  la valeur de  $r$  à la longueur d'onde  $\lambda_0$ ,  $r$  s'écrit au voisinage de  $\lambda_0$  :  $r \approx r_0 + K_r \delta\lambda$ . Exprimer  $K_r$  :

- A)  $K_r = -\frac{K_n \tan r_0}{2}$       C)  $K_r = -\frac{K_n \tan r_0}{n(\lambda_0)}$   
 B)  $K_r = K_n \tan r_0$       D)  $K_r = \frac{K_n \tan r_0}{n(\lambda_0)}$

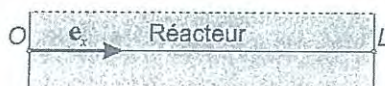
27. En désignant par  $D_0$  la valeur de  $D$  à la longueur d'onde  $\lambda_0$ ,  $D$  s'écrit au voisinage de  $\lambda_0$  :  $D \approx D_0 - K_d \delta\lambda$ . Exprimer  $K_d$ , en désignant par  $r'_0$  la valeur prise par  $r'$  en  $\lambda_0$  :

- A)  $K_d = \frac{\sin r'_0 + \cos r'_0 \tan r_0}{\cos i'_0} K_n$       C)  $K_d = \frac{\cos r'_0 \sin i}{\cos r_0} K_n$   
 B)  $K_d = K_n \sin r'_0$       D)  $K_d = (\sin r'_0 + \sin i) K_n$

28. Sachant que  $K_d \approx 0,6K_n$  pour des angles exprimés en degrés, et pour  $\lambda_0 = 0,5 \mu\text{m}$  et  $C \approx 10^{-14} \text{m}^2$ , évaluer l'ordre de grandeur de  $K_d$  :

- A)  $K_d \approx 0,1^\circ \cdot \mu\text{m}^{-1}$       B)  $K_d \approx 0,5^\circ \cdot \mu\text{m}^{-1}$       C)  $K_d \approx 10^\circ \cdot \mu\text{m}^{-1}$       D)  $K_d \approx 100^\circ \cdot \mu\text{m}^{-1}$

29. On modélise un coeur de réacteur nucléaire par un milieu *isolé* à *une* dimension  $Oe_x$ , de longueur  $L$ , au sein duquel diffusent, conformément à la loi de Fick, des neutrons issus de réactions thermonucléaires (Fig. ci-après). Le milieu est *limité* par les points d'abscisses 0 et  $L$ . On désigne par  $n(x, t)$  le nombre volumique de neutrons (concentration particulière),  $t$  désignant le temps et  $x$  l'abscisse d'un point du milieu, par  $D$  le coefficient de diffusion et par  $\sigma_a$  et  $\sigma_p$  les nombres de neutrons respectivement *absorbés* et *produits* par unité de volume et de temps.



À quelle équation obéit  $n(x, t)$  ?

- A)  $\frac{\partial n}{\partial t} + D \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} = \sigma_p - \sigma_a$       C)  $\frac{\partial^2 n}{\partial t^2} - D \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} = \sigma_p - \sigma_a$   
 B)  $\frac{\partial n}{\partial t} - D \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} = \sigma_p - \sigma_a$       D)  $\frac{\partial n}{\partial t} - D \frac{\partial n}{\partial x} = \sigma_p + \sigma_a$

30. Les neutrons, de vitesse moyenne  $v_m$ , sont absorbés après avoir parcouru une distance moyenne  $l_m$  le long de l'axe  $Oe_x$ . Exprimer  $\sigma_a$  :

- A)  $\sigma_a = \frac{v_m n}{l_m}$       B)  $\sigma_a = \frac{v_m}{l_m^3}$       C)  $\sigma_a = v_m \left( n - \frac{1}{l_m^3} \right)$       D)  $\sigma_a = v_m \left( n + \frac{1}{l_m^3} \right)$

31. Lorsqu'un neutron est absorbé, la réaction nucléaire produit en moyenne  $m$  neutrons. Exprimer  $\sigma_p$  :

- A)  $\sigma_p = (m - 1) \sigma_a$       B)  $\sigma_p = (m + 1) \sigma_a$       C)  $\sigma_p = m \sigma_a$       D)  $\sigma_p = \frac{m \sigma_a}{2}$

32. On rappelle que le système est isolé, ce qui impose notamment  $n(0, t) = n(L, t) = 0$ . En régime stationnaire, si  $m = 1$ , le profil  $n(x)$  :

- A) Suit une loi affine  
 B) Suit une loi quadratique (ou parabolique)  
 C) Est uniforme et non nul  
 D) Est uniformément nul

33. En régime stationnaire, si  $m > 1$ , on trouve:  $n = n_0 \sin(kx)$  où  $n_0$  et  $k$  sont des constantes indépendantes de  $x$  et  $t$ . Exprimer  $k$  ( $p$  étant un nombre entier supérieur ou égal à l'unité) :

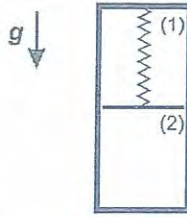
- A)  $k = \frac{\pi}{L}$       B)  $k = (2p + 1) \frac{\pi}{L}$       C)  $k = \frac{2p\pi}{L}$       D)  $k = \frac{4p\pi}{L}$

34. Exprimer  $D$  :

- A)  $D = \frac{(m - 1)v_m L^2}{\pi^2 l_m}$       B)  $D = \frac{m v_m L^2}{\pi^2 l_m}$       C)  $D = \frac{(m + 1)v_m L^2}{l_m}$       D)  $D = \frac{2v_m L^2}{\pi^2 l_m}$

35. Un piston calorifugé de masse  $m = 200 \text{g}$ , de section  $S$ , suspendu à un ressort de raideur  $k$ , sépare initialement en deux volumes égaux  $V_i$  une enceinte adiabatique qui contient un gaz supposé parfait sous la pression  $p_i$ , à la température  $T_i$ . On note  $\gamma$  le rapport des capacités thermiques à pression et volume constants et  $g = 10 \text{m.s}^{-2}$  l'intensité du champ de pesanteur terrestre (Fig. ci-après). Le piston réalisant l'étanchéité, les deux compartiments sont isolés.





Calculer la raideur du ressort dont l'allongement, dans l'état initial, est  $a = 2 \text{ cm}$ .

- A)  $k = 100 \text{ N.m}^{-1}$       B)  $k = 10 \text{ N.m}^{-1}$       C)  $k = 1 \text{ N.m}^{-1}$       D)  $k = 0,1 \text{ N.m}^{-1}$

36. On suppose désormais que  $a \approx 0$ . Le piston étant maintenu dans sa position initiale, on vide l'enceinte contenant le ressort à l'aide d'une pompe et une fois le vide réalisé, on libère le piston qui se déplace alors vers le haut d'une hauteur  $b$ . Calculer la température  $T_2$  du gaz restant dans le compartiment (2) (Fig. précédente).

- A)  $T_2 = T_i + \frac{(\gamma - 1)T_i kb^2}{2p_i V_i}$       C)  $T_2 = T_i - \frac{(\gamma - 1)T_i kb^2}{2p_i V_i}$   
 B)  $T_2 = T_i - \frac{\gamma T_i kb^2}{2p_i V_i}$       D)  $T_2 = T_i - \frac{\gamma T_i kb^2}{p_i V_i}$

37. Exprimer la nouvelle pression  $p_2$  du gaz du compartiment (2) :

- A)  $p_2 = \frac{kb}{S}$       B)  $p_2 = p_i - \frac{kb}{S}$       C)  $p_2 = \frac{k(a+b)}{S}$       D)  $p_2 = p_i - \frac{k(a+b)}{S}$

38. Quelle est alors l'expression de  $\gamma$  :

- A)  $\gamma = \frac{2V_i}{b} \left( \frac{p_i}{kb} - \frac{1}{S} \right)$       C)  $\gamma = \frac{V_i}{b} \left( \frac{p_i}{kb} - \frac{1}{S} \right) - 1$   
 B)  $\gamma = \frac{2V_i}{b} \left( \frac{p_i}{kb} - \frac{1}{S} \right) - 1$       D)  $\gamma = \frac{V_i}{b} \left( \frac{p_i}{kb} + \frac{1}{S} \right) + 1$

39. Un dispositif non décrit ici permet de mettre le piston en mouvement autour de sa position d'équilibre avec une très faible amplitude (le compartiment (1) demeurant vide). Si  $z$  désigne la cote du piston (mesurée dans le sens de la verticale ascendante), l'origine des altitudes étant prise à la position d'équilibre du piston, l'équation du mouvement de ce dernier s'écrit :  $\ddot{z} + \omega^2 z = 0$ . Exprimer  $\omega$  :

- A)  $\omega = \left( \frac{\gamma k}{m} \right)^{1/2}$       C)  $\omega = \left[ \frac{(1 + \gamma)k}{m} \right]^{1/2}$   
 B)  $\omega = \left[ \frac{k}{m} \left( 1 + \frac{\gamma S b}{V_i} \right) \right]^{1/2}$       D)  $\omega = \left[ \frac{k}{m} \left( 1 + \frac{\gamma S b}{V_i + S b} \right) \right]^{1/2}$

40. On mesure la période  $T$  des oscillations du piston. Exprimer  $\gamma$  en fonction de  $T$  :

- A)  $\gamma = \frac{V_i}{bS} \left( \frac{4\pi^2 m}{kT^2} - 1 \right)$       C)  $\gamma = \frac{4\pi^2 m}{kT^2} - 1$   
 B)  $\gamma = \left( \frac{4\pi^2 m}{kT^2} - 1 \right) \left( 1 + \frac{V_i}{bS} \right)$       D)  $\gamma = \frac{4\pi^2 m}{kT^2}$