

ÉCOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Session 2014

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



*Épreuve optionnelle obligatoire de*  
**PHYSIQUE**

Durée : 4 heures

Coefficient : 3



Cette épreuve comporte :

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

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



ECOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

Département Admissions et  
Vie des Campus

ICNA 2014

# ERRATA

## POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE OPTIONNELLE OBLIGATOIRE

Page 7 – Question n° 35 – réponses B, C et D

**Au lieu de : x**

**Lire : oméga**

## 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.

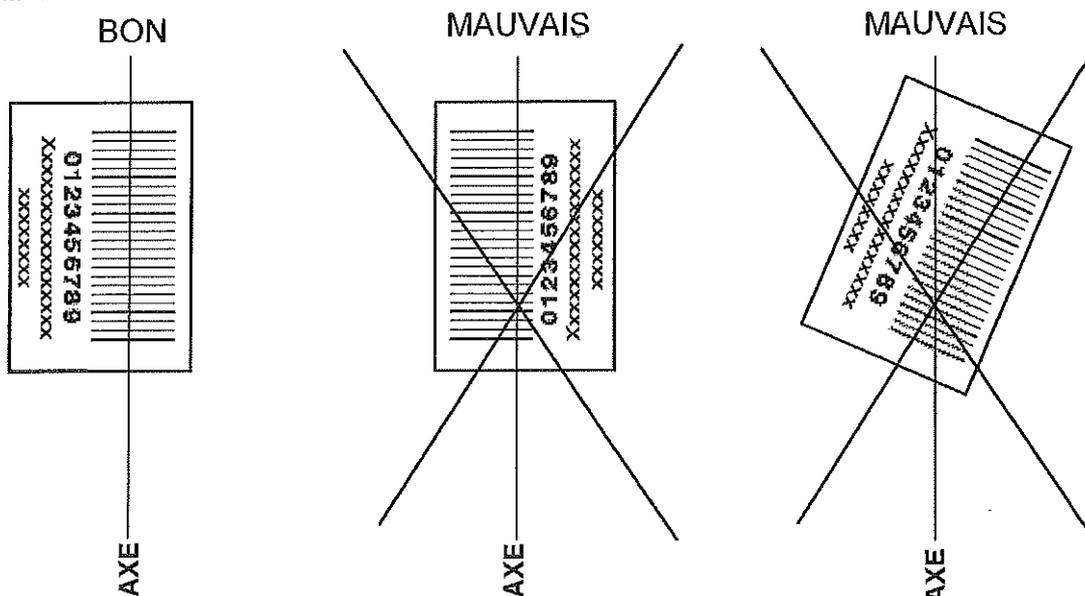
## ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

- 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, positionner celle-ci en **position verticale** avec les chiffres d'identification à **gauche** (le trait vertical devant 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 fautive 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"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D	E
2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D	E
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	A	B	C	D	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]

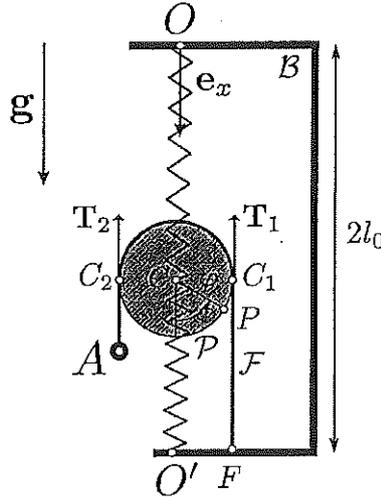
[15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]

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

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

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

1. Le centre  $C$  d'une poulie  $\mathcal{P}$  de masse  $m$  et de rayon  $R$  est fixé à deux ressorts verticaux identiques de raideur  $k$  et de longueur au repos  $l_0$ . Ils sont fixés à un bâti  $\mathcal{B}$  en deux points  $O$  et  $O'$  distants de  $2l_0$  (Fig. ci-après). On note  $x_c$  l'abscisse de  $C$  dans le repère  $Oe_x$  et on repère l'orientation de la poulie par l'angle  $\varphi$ , orienté dans le sens direct, que fait l'axe vertical descendant avec un rayon  $CP$ . Un fil  $\mathcal{F}$  de masse négligeable, sans raideur et inextensible, fixé au bâti en  $F$ , s'enroule autour de la poulie. Il est tendu à l'aide d'une masselotte  $A$  assimilée à un point matériel de masse  $M$ , astreint à se déplacer verticalement. Le fil ne glisse jamais sur la poulie dont on suppose la liaison pivot parfaite. Le moment d'inertie de la poulie en  $C$  vaut  $mR^2/2$ . L'ensemble est placé dans le champ de pesanteur d'intensité  $g$ . Le référentiel  $\mathcal{R}$  du laboratoire, dans lequel on étudie ce dispositif, est supposé galiléen.



On désigne par  $\mathbf{T}_1 = -T_1 \mathbf{e}_x$  et  $\mathbf{T}_2 = -T_2 \mathbf{e}_x$  les forces qu'exerce la poulie sur le fil aux points de contact respectifs  $C_1$  et  $C_2$ . Exprimer  $T_1$  et  $T_2$  lorsque la poulie est immobile :

- A)  $T_1 = 0$                       B)  $T_1 = T_2$                       C)  $T_2 = Mg$                       D)  $T_2 = 2Mg$
2. Quelle est l'expression  $x_c^{(0)}$  de  $x_c$  lorsque la poulie est à l'équilibre mécanique?
- A)  $x_c^{(0)} = l_0 + \frac{2Mg + mg}{k}$                       C)  $x_c^{(0)} = l_0 + \frac{4Mg + 2mg}{k}$   
 B)  $x_c^{(0)} = l_0 + \frac{2Mg + mg}{2k}$                       D)  $x_c^{(0)} = l_0 + 2\frac{Mg + mg}{k}$
3. On repère désormais la position de la poulie par son écart  $x = x_c - x_c^{(0)}$  à la position d'équilibre. En outre, lorsque la poulie est à l'équilibre,  $\varphi = 0$ . Quelle relation existe-t-il entre  $x$  et  $\varphi$ ?
- A)  $x = 2R\varphi$                       B)  $x = -R\varphi$                       C)  $x = R\varphi$                       D)  $x = R/\varphi$
4. En appliquant la deuxième loi de Newton à  $A$ , exprimer  $T_2$  en fonction de  $M$ ,  $g$  et  $\ddot{x}$ .
- A)  $T_2 = Mg - M\ddot{x}$                       C)  $T_2 = Mg + M\ddot{x}$   
 B)  $T_2 = Mg - 2M\ddot{x}$                       D)  $T_2 = Mg + 2M\ddot{x}$
5. En admettant que l'expression du théorème du moment cinétique appliqué à la poulie en  $C$  fixe dans  $\mathcal{R}$  reste la même lorsque  $C$  est mobile, exprimer  $T_1$  en fonction de  $m$ ,  $M$ ,  $g$  et  $\ddot{x}$ .
- A)  $T_1 = Mg - \left(M + \frac{m}{2}\right) \ddot{x}$                       C)  $T_1 = Mg + (M + m) \ddot{x}$   
 B)  $T_1 = Mg + 2(M + m) \ddot{x}$                       D)  $T_1 = Mg - \left(2M + \frac{m}{2}\right) \ddot{x}$

6. L'équation du mouvement de la poulie se met sous la forme suivante :

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = a$$

où  $\omega_0$  et  $a$  sont deux constantes. Déterminer  $\omega_0$ .

A)  $\omega_0 = \left(\frac{4k}{8M + 3m}\right)^{1/2}$

C)  $\omega_0 = \left(\frac{k}{2M + m}\right)^{1/2}$

B)  $\omega_0 = \left(\frac{k}{8M + 3m}\right)^{1/2}$

D)  $\omega_0 = \left(\frac{k}{M + m}\right)^{1/2}$

7. Exprimer  $a$  :

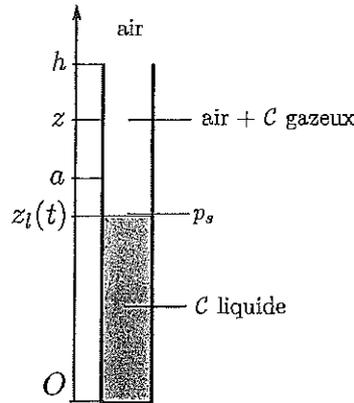
A)  $a = 0$

B)  $a = l_0 \omega_0^2$

C)  $a = 2l_0 \omega_0^2$

D)  $a = \frac{l_0 \omega_0^2}{2}$

8. Un tube à essais, posé sur un support vertical, est assimilé à un cylindre de révolution de section droite  $S$  et de hauteur  $h$ . Il contient à l'instant initial une hauteur  $z_l(0) = a$  d'un corps pur  $C$  en phase liquide. À un instant ultérieur  $t$ , la hauteur de liquide  $z_l(t)$  est inférieure à  $a$  en raison de son évaporation. Dans le tube au-dessus du liquide, le gaz, supposé parfait, est un mélange d'air et de  $C$  en phase gazeuse. On admet que la pression partielle de  $C$  en phase gazeuse, juste au-dessus de l'interface liquide-gaz (hauteur  $z_l$ ), est égale la pression de vapeur saturante  $p_s$  (Fig. ci-après). La température du système  $T$  est supposée constante. On note  $M$  la masse molaire de  $C$ ,  $R$  la constante des gaz parfaits et  $\mathcal{N}_A$  la constante d'Avogadro.



Exprimer la masse volumique  $\rho_0$  de  $C$  gazeux au-dessus de l'interface à la hauteur  $z_l$  :

A)  $\rho_0 = \frac{M \mathcal{N}_A p_s}{RT}$

B)  $\rho_0 = \frac{M p_s}{\mathcal{N}_A RT}$

C)  $\rho_0 = M \mathcal{N}_A$

D)  $\rho_0 = \frac{M p_s}{RT}$

9. Quelle est la concentration particulaire (nombre de particules par unité de volume)  $n_0$  de  $C$  gazeux au-dessus de l'interface à la hauteur  $z_l$  ?

A)  $n_0 = \frac{\rho_0}{M}$

B)  $n_0 = \frac{\rho_0 \mathcal{N}_A}{M}$

C)  $n_0 = \frac{\rho_0}{M \mathcal{N}_A}$

D)  $n_0 = 0$

10. On suppose qu'à l'instant  $t$ , un régime permanent de diffusion des molécules de  $C$  dans l'air est établi entre les hauteurs  $z_l$  et  $h$ . En raison de l'ouverture du tube, la concentration particulaire des molécules de  $C$  en haut du tube (hauteur  $h$ ) est nulle. Quelle est l'expression de la concentration particulaire  $n_g(z)$  de  $C$  à l'instant  $t$  dans la phase gazeuse du tube à essais ( $z_l < z < h$ )?

A)  $n_g(z) = n_0 \frac{z-h}{a-h}$       B)  $n_g(z) = n_0 \frac{z-h}{z_l-h}$       C)  $n_g(z) = n_0 \frac{z-h}{z_l}$       D)  $n_g(z) = n_0 \frac{z-h}{a}$

11. On note  $D$  le coefficient de diffusion des molécules de  $C$  dans l'air. Exprimer la composante verticale ascendante du courant volumique de particules  $J_v$  dans le tube.

A)  $J_v = \frac{Dn_0}{a}$       B)  $J_v = \frac{Dn_0}{z_l}$       C)  $J_v = \frac{Dn_0}{h-z_l}$       D)  $J_v = \frac{Dn_0}{h-a}$

12. On note  $N$  le nombre de molécules de  $C$  contenues dans la phase liquide et  $\rho_l$  la masse volumique de  $C$  liquide. Exprimer le débit  $-dN/dt$  de molécules qui s'évaporent en fonction de la variation  $dz_l/dt$  du niveau du liquide :

A)  $-\frac{dN}{dt} = -\frac{S\rho_l}{M} \frac{dz_l}{dt}$       C)  $-\frac{dN}{dt} = -\frac{S\rho_l}{MN_A} \frac{dz_l}{dt}$   
 B)  $-\frac{dN}{dt} = -\frac{1}{h-z_l} \frac{dz_l}{dt}$       D)  $-\frac{dN}{dt} = -\frac{S\rho_l N_A}{M} \frac{dz_l}{dt}$

13. L'équation différentielle donnant l'évolution de  $z_l$  est de la forme suivante :

$$\frac{dz_l}{dt} = -\frac{k}{h-z_l}$$

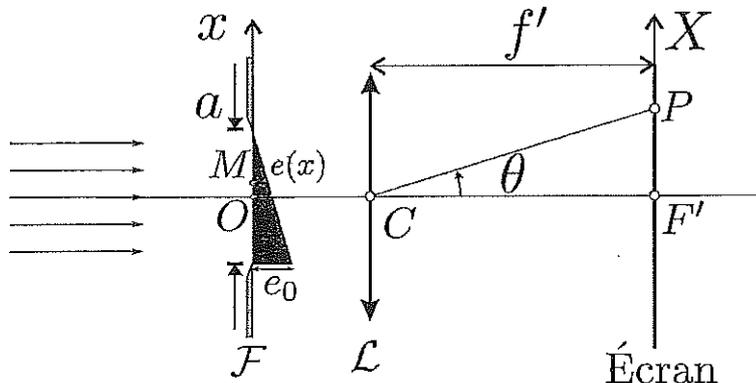
où  $k$  est un coefficient. Exprimer  $k$  :

A)  $k = D \frac{\rho_0}{\rho_l}$       B)  $k = D \frac{\rho_l}{\rho_g}$       C)  $k = D$       D)  $k = D \frac{h}{a}$

14. Quelle est la durée  $\tau$  d'évaporation du tube?

A)  $\tau = \frac{a(2h-a)}{2k}$       B)  $\tau = \frac{a(h-a)}{k}$       C)  $\tau = \frac{a(h-2a)}{k}$       D)  $\tau = \frac{h(2h-a)}{k}$

15. Une onde plane progressive monochromatique de longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0$  tombe sous incidence normale sur une fente  $\mathcal{F}$  infiniment longue et de largeur  $a$  sur laquelle se trouve un prisme de verre d'indice  $n$  et d'épaisseur maximale  $e_0$ . On mesure sur un axe  $Ox$ ,  $O$  étant un point milieu de la fente, l'abscisse  $x = \overline{OM}$  d'un point  $M$ . Une lentille convergente  $\mathcal{L}$  de centre  $C$ , d'axe optique  $OC$ , de foyer principal image  $F'$  et de distance focale  $f'$ , est disposée parallèlement au plan de la fente. Un écran d'observation est placé dans le plan focal image de  $\mathcal{L}$ . On repère la position d'un point  $P$  sur l'écran par son abscisse  $X = \overline{F'P}$ , ou par l'angle orienté dans le sens direct  $\theta = \widehat{F'CP}$  (Fig. ci-après).



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

- A) On observe sur l'écran une figure d'interférences à deux ondes
- B) On observe sur l'écran une figure de diffraction à distance finie
- C) On observe sur l'écran une figure d'interférences par division du front d'onde.
- D) L'éclairement sur l'écran deviendrait uniforme si l'onde plane était polychromatique dans le domaine visible.

16. Quelle est l'épaisseur  $e(x)$  du prisme au point  $M$  ?

- A)  $e(x) = \left(1 - \frac{x}{a}\right) e_0$     B)  $e(x) = \frac{x}{a} e_0$     C)  $e(x) = \left(\frac{1}{2} + \frac{x}{a}\right) e_0$     D)  $e(x) = \left(\frac{1}{2} - \frac{x}{a}\right) e_0$

17. Quel déphasage  $\varphi(x)$  le verre introduit-il par rapport au même trajet  $e(x)$  parcouru par la lumière dans le vide (le retard de phase est compté positivement) ?

- A)  $\varphi(x) = n \frac{\pi e_0}{\lambda_0} \left(1 - \frac{2x}{a}\right)$     C)  $\varphi(x) = (1 - n) \frac{\pi e_0}{\lambda_0} \left(\frac{1}{2} - \frac{x}{a}\right)$   
 B)  $\varphi(x) = n \frac{\pi e_0}{\lambda_0} \left(1 - \frac{x}{a}\right)$     D)  $\varphi(x) = (1 - n) \frac{\pi e_0}{\lambda_0} \left(1 - \frac{2x}{a}\right)$

18. La transmittance  $t(x)$  de la pupille formée par l'association de la fente et du prisme vaut  $t(x) = \exp[j\varphi(x)]$  pour  $-a/2 < x < a/2$  et  $t(x) = 0$  pour  $|x| > a/2$ . L'éclairement  $\mathcal{E}$  sur l'écran, dans l'approximation des petits angles de diffraction ( $\theta \ll 1$ ), s'écrit :

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \text{sinc}^2 [2\pi (\theta - \theta_0) k]$$

où  $\theta_0$  et  $k$  sont deux facteurs et  $\text{sinc}(y) = (\sin y)/y$ . Exprimer  $k$  :

- A)  $k = \frac{a}{2\lambda_0}$     B)  $k = \frac{a}{\lambda_0}$     C)  $k = \frac{e_0}{\lambda_0}$     D)  $k = \frac{e_0}{2\lambda_0}$

19. Exprimer  $\theta_0$  :

- A)  $\theta_0 = 2\pi n \frac{e_0}{a}$     B)  $\theta_0 = 2\pi n \frac{a}{e_0}$     C)  $\theta_0 = (1 - n) \frac{a}{e_0}$     D)  $\theta_0 = (1 - n) \frac{e_0}{a}$

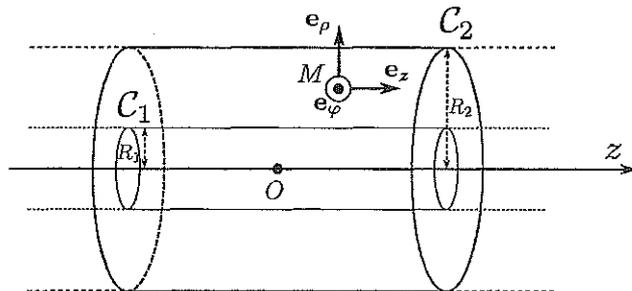
20. Quelle est l'abscisse  $X_p$  de l'image géométrique de la source par la lentille  $\mathcal{L}$  ?

- A)  $X_p = -f' n \frac{e_0}{a}$     B)  $X_p = -f' (n - 1) \frac{e_0}{a}$     C)  $X_p = -f' \frac{a}{e_0}$     D)  $X_p = -f' (n - 1)$

21. Sachant que  $f' = 1 \text{ m}$ ,  $a = 1 \text{ mm}$ ,  $n = 1,5$  et  $e = 100 \mu\text{m}$ , calculer  $X_p$  :

- A)  $X_p = -50 \text{ cm}$     B)  $X_p = -15 \text{ cm}$     C)  $X_p = -10 \text{ cm}$     D)  $X_p = -5 \text{ cm}$

22. Un conducteur cylindrique creux  $C_1$ , de rayon  $R_1$ , d'épaisseur négligeable et d'axe de symétrie de révolution  $Oz$  est placé à l'intérieur d'un second conducteur cylindrique creux  $C_2$  de rayon  $R_2 > R_1$ , d'épaisseur négligeable et de même axe de symétrie de révolution  $Oz$  (Fig. ci-après). On néglige les effets de bord, ce qui revient à supposer que les deux conducteurs sont infiniment longs. On désigne par  $\epsilon_0$  la permittivité du vide et par  $\mu_0$  la perméabilité magnétique du vide. On repère la position d'un point  $M$  en coordonnées cylindriques  $\rho, \varphi, z$  de base locale  $e_\rho, e_\varphi, e_z$ .



Le conducteur  $C_1$  porte une charge électrique uniformément répartie à sa surface que l'on caractérise par la charge surfacique  $\sigma$ . Chaque tronçon cylindrique du système  $C_1 + C_2$  d'épaisseur  $dz$  est électriquement neutre. Quelle charge surfacique  $\sigma'$  uniforme porte le conducteur  $C_2$  ?

- A)  $\sigma' = -\sigma$                       B)  $\sigma' = -\frac{R_1}{R_2}\sigma$                       C)  $\sigma' = -\frac{R_2}{R_1}\sigma$                       D)  $\sigma' = -\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)\sigma$

23. Que vaut le champ électrique  $\mathbf{E}$  en  $M$  ?

- A)  $\mathbf{E} = \frac{R_1\sigma}{\epsilon_0 r} \mathbf{e}_\rho$  si  $R_1 < r < R_2$                       C)  $\mathbf{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \mathbf{e}_\rho$  si  $R_1 < r < R_2$   
 B)  $\mathbf{E} = -\frac{R_1\sigma}{\epsilon_0} \mathbf{e}_\varphi$  si  $r > R_2$                       D)  $\mathbf{E} = 0$  si  $r > R_2$

24. Que vaut l'énergie électrique  $\mathcal{E}_e$  de la portion du système  $C_1 + C_2$  contenue entre deux plans parallèles et orthogonaux à l'axe  $Oz$  séparés d'une distance  $L$  ?

- A)  $\mathcal{E}_e = \frac{\pi R_2^2 \sigma^2 L}{\epsilon_0} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$                       C)  $\mathcal{E}_e = \frac{\pi R_1^2 \sigma^2 L}{\epsilon_0} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$   
 B)  $\mathcal{E}_e = \frac{\pi R_1^2 \sigma^2 L}{\epsilon_0}$                       D)  $\mathcal{E}_e = \frac{\pi R_1^2 \sigma^2 L}{\epsilon_0 \ln(R_2/R_1)}$

25. Quelle est l'expression de la capacité linéique  $C_l$  (capacité par unité de longueur le long de l'axe  $Oz$ ) du système  $C_1 + C_2$  ?

- A)  $C_l = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln(R_2/R_1)}$                       B)  $C_l = 2\pi\epsilon_0 \ln \frac{R_2}{R_1}$                       C)  $C_l = \frac{\epsilon_0 \pi R_1^2}{R_2 - R_1}$                       D)  $C_l = \frac{2\pi\epsilon_0 R_2}{R_1}$

26. Le conducteur  $C_1$  est parcouru par un courant stationnaire d'intensité  $I$ , algébriquement orienté dans le sens croissant de l'axe  $Oz$ . Le conducteur  $C_2$  est, lui, parcouru par un courant opposé  $I' = -I$ . Le système  $C_1 + C_2$  est invariant par rotation autour de l'axe  $Oz$ . Que vaut le champ magnétique  $\mathbf{B}$  en un point  $M$  de l'espace ?

- A)  $\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \mathbf{e}_\rho$  si  $R_1 < r < R_2$                       C)  $\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{r} \mathbf{e}_\varphi$  si  $R_1 < r < R_2$   
 B)  $\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \mathbf{e}_\varphi$  si  $r > R_2$                       D)  $\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \mathbf{e}_\varphi$  si  $r < R_1$

27. Exprimer l'énergie magnétique  $\mathcal{E}_m$  de la portion du système  $C_1 + C_2$  contenue entre deux plans parallèles et orthogonaux à l'axe  $Oz$  séparés d'une distance  $L$  ?

- A)  $\mathcal{E}_m = \frac{\mu_0 I^2 L}{4\pi}$                       C)  $\mathcal{E}_m = \mu_0 I^2 L$   
 B)  $\mathcal{E}_m = \frac{\mu_0 I^2 L}{4\pi \ln(R_2/R_1)}$                       D)  $\mathcal{E}_m = \frac{\mu_0 I^2 L}{4\pi} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$

28. Quelle est l'expression de l'inductance linéique  $L_l$  (inductance par unité de longueur le long de l'axe  $Oz$ ) du système  $C_1 + C_2$  ?

- A)  $L_l = \frac{\mu_0}{2\pi}$                       B)  $L_l = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$                       C)  $L_l = \frac{\mu_0}{2\pi \ln(R_2/R_1)}$                       D)  $L_l = \frac{\mu_0 R_2}{2\pi R_1}$

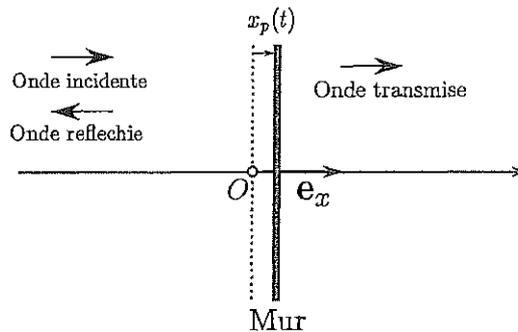
29. Une onde acoustique plane progressive sinusoïdale de pulsation  $\omega$  tombe sous incidence normale sur un mur vertical dont on négligera l'épaisseur et qui est susceptible de vibrer horizontalement. La transmission du son à travers le mur donne naissance à une onde réfléchie et à une onde transmise (Fig. ci-après). En notation complexe, on désigne par  $\underline{\Psi}_i$ ,  $\underline{\Psi}_r$  et  $\underline{\Psi}_t$  les ondes de déplacement respectivement incidente, réfléchie et transmise :

$$\underline{\Psi}_i(x, t) = A_i \exp[-i(\omega t - kx)] \quad \underline{\Psi}_r(x, t) = \underline{A}_r \exp[-i(\omega t + kx)] \quad \underline{\Psi}_t(x, t) = \underline{A}_t \exp[-i(\omega t - kx)]$$

où  $A_i$  est l'amplitude réelle de l'onde incidente,  $\underline{A}_r$  et  $\underline{A}_t$  sont les amplitudes complexes des déplacements des ondes réfléchie et transmise,  $k$  est le nombre d'onde et  $i$  l'unité imaginaire. On désigne par  $\rho_s$  la masse surfacique du mur, par  $S$  sa surface et par  $\underline{x}_{p,m}$  l'amplitude complexe de son déplacement complexe  $\underline{x}_p(t)$  horizontal :

$$\underline{x}_p(t) = \underline{x}_{p,m} \exp(-i\omega t)$$

En notation complexe, on désigne par  $\underline{u}_i(x, t)$ ,  $\underline{u}_r(x, t)$  et  $\underline{u}_t(x, t)$  les vitesses des ondes incidente (dérivées temporelles des déplacements), réfléchie et transmise, et par  $\underline{p}_i(x, t)$ ,  $\underline{p}_r(x, t)$  et  $\underline{p}_t(x, t)$  les surpressions des ondes incidente, réfléchie et transmise. On note  $c_s$  la célérité des ondes acoustiques de part et d'autre du mur et  $\rho_a$  la masse volumique de l'air.



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

- A)  $\underline{p}_i = -\rho_a c_s \underline{u}_i$       B)  $\underline{p}_i = \rho_a c_s \underline{u}_i$       C)  $\underline{p}_r = -\rho_a c_s \underline{u}_r$       D)  $\underline{p}_r = \rho_a c_s \underline{u}_r$

30. Indiquer la ou les réponse(s) exacte(s) :

- A)  $\underline{x}_{p,m} = A_i - \underline{A}_r$       B)  $\underline{x}_{p,m} = A_i + \underline{A}_t$       C)  $\underline{x}_{p,m} = A_i + \underline{A}_r$       D)  $\underline{x}_{p,m} = \underline{A}_t$

31. L'amplitude complexe du mouvement du mur est reliée aux amplitudes complexes des déplacements des ondes par la relation suivante :

$$\underline{x}_{p,m} = K(A_i - \underline{A}_t - \underline{A}_r)$$

où  $K$  est un coefficient. Exprimer  $K$  :

- A)  $K = 1$       B)  $K = i \frac{\rho_a c_s}{\rho_s \omega}$       C)  $K = i$       D)  $K = i \frac{\rho_s \omega}{\rho_a c_s}$

32. Le rapport des amplitudes complexes des ondes transmise et incidente s'écrit :

$$\frac{\underline{A}_t}{A_i} = \frac{\underline{H}_0}{1 - i\omega/\omega_0}$$

où  $\underline{H}_0$  et  $\omega_0$  sont deux coefficients indépendants de  $\omega$ . Exprimer  $\underline{H}_0$  :

- A)  $\underline{H}_0 = i$       B)  $\underline{H}_0 = \left(\frac{\rho_a}{\rho_s}\right)^2 S$       C)  $\underline{H}_0 = 1$       D)  $\underline{H}_0 = \frac{1-i}{2}$

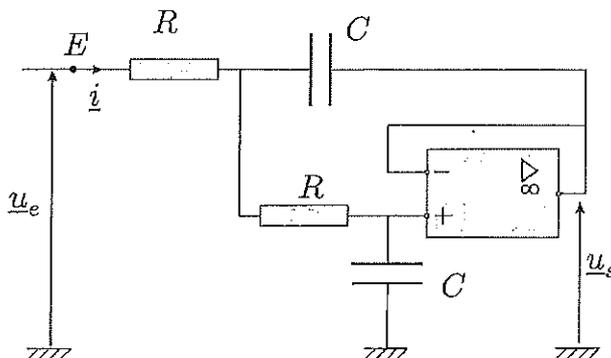
33. Exprimer  $\omega_0$  :

- A)  $\omega_0 = \frac{2\rho_a c_s}{\rho_s}$       B)  $\omega_0 = \frac{\rho_a c_s}{\rho_s}$       C)  $\omega_0 = \frac{\rho_a c_s}{2\rho_s}$       D)  $\omega_0 = \frac{3\rho_a c_s}{\rho_s}$

34. Indiquer la ou les réponse(s) exacte(s) :

- A) Le mur joue un rôle de filtre passe-bas du second ordre.  
 B) Le mur joue un rôle de filtre passe-haut du premier ordre.  
 C) Une atténuation de 3 dB correspond à une amplitude de déplacement divisée par 10.  
 D) Une atténuation de 3 dB correspond à une amplitude de déplacement divisée par 2.

35. Le filtre actif représenté sur la figure ci-après, est réalisé à l'aide d'un amplificateur opérationnel supposé idéal. La tension d'entrée, sinusoïdale de pulsation  $\omega$ , est représentée par la grandeur complexe  $\underline{u}_e(t)$ . On note  $\underline{u}_s(t)$  la tension complexe de sortie du système.



On désigne par  $Q$ ,  $\omega_c$  et  $H_0$  trois constantes indépendantes du temps, mais éventuellement fonction des valeurs des constituants du circuit. En notant  $j$  l'unité imaginaire et sachant que le filtre est d'ordre deux, quelle est la forme canonique de la fonction de transfert  $H(j\omega) = \underline{u}_s/\underline{u}_e$  du système?

- A)  $H(j\omega) = \frac{H_0}{1 + j\omega/(Q\omega_c) + (j\omega/\omega_c)^2}$       C)  $H(j\omega) = \frac{(j\omega/\omega_c)^2}{1 + j\omega/(Q\omega_c) + (j\omega/\omega_c)^2} H_0$   
 B)  $H(j\omega) = \frac{(j\omega/\omega_c)}{1 + j\omega/(Q\omega_c) + (j\omega/\omega_c)^2} H_0$       D)  $H(j\omega) = \frac{1 + (j\omega/\omega_c)^2}{1 + j\omega/(Q\omega_c) + (j\omega/\omega_c)^2} H_0$

36. Exprimer  $H_0$  :

- A)  $H_0 = 2$       B)  $H_0 = -\frac{1}{2}$       C)  $H_0 = 1$       D)  $H_0 = -1$

37. Exprimer  $\omega_c$  :

- A)  $\omega_c = \frac{2}{RC}$       B)  $\omega_c = \frac{\sqrt{2}}{RC}$       C)  $\omega_c = \frac{1}{2RC}$       D)  $\omega_c = \frac{1}{RC}$

38. Exprimer  $Q$  :

- A)  $Q = 2$       B)  $Q = 1/2$       C)  $Q = \sqrt{2}$       D)  $Q = 1/\sqrt{2}$

39. Que vaut l'intensité du courant électrique  $\underline{i}(0)$  au point  $E$  en régime stationnaire?

- A)  $\underline{i}(0) = \frac{\underline{u}_e}{R}$       B)  $\underline{i}(0) = \frac{\underline{u}_e}{2R}$       C)  $\underline{i}(0) = \frac{2\underline{u}_e}{R}$       D)  $\underline{i}(0) = 0$

40. Que vaut l'intensité du courant électrique  $\underline{i}(\omega)$  au point  $E$  en haute fréquence ( $\omega \gg \omega_c$ ) ?

A)  $\underline{i}(\omega) = \frac{u_e}{R}$

B)  $\underline{i}(\omega) = \frac{u_e}{2R}$

C)  $\underline{i}(\omega) = \frac{2u_e}{R}$

D)  $\underline{i}(\omega) = 0$

---