

ECOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE Session 1999
CONCOURS DE RECRUTEMENT D'ELEVES INGENIEURS
DU CONTROLE DE LA NAVIGATION AERIENNE

Epreuve commune obligatoire de PHYSIQUE

Durée: 4 heures

Coefficient : 2

Ce sujet comporte :

1 page de garde

2 pages d'instructions pour remplir le QCM

1 page d'avertissement

6 pages de texte numérotées de 1 à 6

CALCULATRICE AUTORISEE

AVERTISSEMENT

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.

QUESTIONS FAISANT PARTIE D'UN MEME EXERCICE

[1,2,3,4,5]

[6,7,8,9,10]

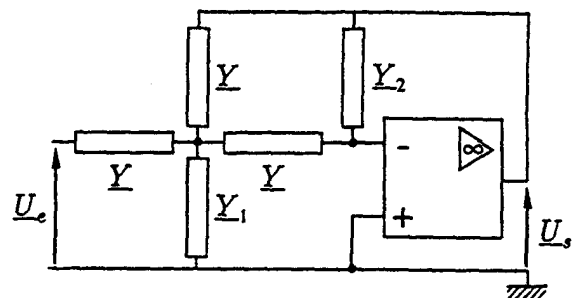
[11,12,13,14,15,16]

[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. – On considère le montage représenté sur le schéma de la figure ci-contre dans lequel l'amplificateur opérationnel considéré comme parfait fonctionne en régime linéaire. Le circuit est alimenté à l'entrée par un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale de pulsation ω et d'amplitude complexe $\underline{U}_e$. On désigne par $\underline{U}_s$ l'amplitude complexe de la tension de sortie. Les quantités $\underline{Y}$, $\underline{Y}_1$ et $\underline{Y}_2$ représentent des admittances.

Calculer la fonction de transfert $T(j\omega) = \underline{U}_s / \underline{U}_e$ du circuit.

$$a) \underline{T}(j\omega) = -\frac{1}{1 + 3\underline{Y}_2/\underline{Y} + \underline{Y}_1\underline{Y}_2/\underline{Y}^2}$$

$$b) \underline{T}(j\omega) = -\frac{1}{1 + 3\underline{Y}_2/\underline{Y}_1 + \underline{Y}\underline{Y}_2/\underline{Y}_1^2}$$

$$c) \underline{T}(j\omega) = -\frac{1}{1 + 3\underline{Y}/\underline{Y}_1 + \underline{Y}^2/\underline{Y}_1\underline{Y}_2}$$

$$d) \underline{T}(j\omega) = -\frac{1}{1 + 2\underline{Y}_1/\underline{Y}_2 + \underline{Y}\underline{Y}_1/\underline{Y}_2^2}$$

2. – Les admittances $\underline{Y}$ correspondent à des résistors purs identiques, de conductance $1/R$.

L'admittance $\underline{Y}_1$ correspond à un condensateur de capacité C et $\underline{Y}_2$ à un condensateur de capacité αC où α est une constante positive. On pose $\omega_0 = 1/RC$ et $x = \omega/\omega_0$. Le module de la fonction de transfert s'écrit alors :

$$a) |T| = \frac{1}{\sqrt{(1 - 4\alpha x^2)^2 + x^2}}$$

$$b) |T| = \frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha x^2)^2 + x^2}}$$

$$c) |T| = \frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha x^2)^2 + 4x^2}}$$

$$d) |T| = \frac{1}{\sqrt{(1 - \alpha x^2)^2 + 9\alpha^2 x^2}}$$

3. – Déterminer la valeur de α pour laquelle on peut écrire :

$$|T| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega/\omega_1)^4}}$$

$$a) \alpha = 2/9$$

$$b) \alpha = 1$$

$$c) \alpha = 1/4$$

$$d) \alpha = 2/3$$

4. – Exprimer x_0 .

$$a) \omega_1 = \sqrt{2}\omega_0$$

$$b) \omega_1 = \frac{\omega_0}{\sqrt{8}}$$

$$c) \omega_1 = \frac{\omega_0}{\sqrt{2}}$$

$$d) \omega_1 = \frac{3\omega_0}{\sqrt{2}}$$

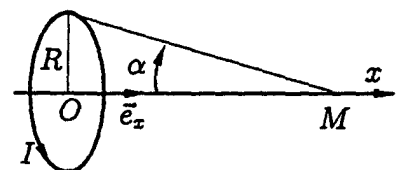
5. – Calculer la valeur ω_2 de la pulsation correspondant à une atténuation du module de la fonction de transfert de 40 dB.

$$a) \omega_2 = \frac{30\omega_0}{\sqrt{2}}$$

$$b) \omega_2 = \frac{\omega_0}{\sqrt{2}}$$

$$c) \omega_2 = \frac{9\omega_0}{\sqrt{2}}$$

$$d) \omega_2 = \frac{2\omega_0}{\sqrt{3}}$$



6. – On considère une spire circulaire S de centre O et de rayon R parcourue par un courant d'intensité I constante. On désigne par μ_0 la perméabilité du vide.

On note α l'angle sous lequel on voit le rayon de la spire depuis un point M de son axe Ox .

Exprimer le champ magnétique $\vec{B}_0(\alpha)$ créé par la spire en M .

a) $\vec{B}_0(\alpha) = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \sin^3 \alpha \vec{e}_x$

b) $\vec{B}_0(\alpha) = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \sin^2 \alpha \vec{e}_x$

c) $\vec{B}_0(\alpha) = \frac{\mu_0 I}{2R} \sin^3 \alpha \vec{e}_x$

d) $\vec{B}_0(\alpha) = \frac{2\pi I}{\mu_0 R} \sin^3 \alpha \vec{e}_x$

7. – En M , on place une seconde spire s , de rayon r très petit, coaxiale à S , assimilable à un dipôle magnétique de moment magnétique $\vec{M} = M \vec{e}_x$, porté par l'axe Ox . La spire s est parcourue par un courant d'intensité i constante.

Calculer le flux $\varphi_{S \rightarrow s}$ du champ magnétique créé par la spire S à travers la surface de la spire s . On supposera r suffisamment petit pour que le champ magnétique créé par S soit le même en tout point du plan de s .

a) $\varphi_{S \rightarrow s} = \frac{\mu_0 \mathcal{M} I}{2Ri} \sin^3 \alpha$

b) $\varphi_{S \rightarrow s} = \frac{\mu_0 \mathcal{M}}{2Ri} \sin^2 \alpha$

c) $\varphi_{S \rightarrow s} = \frac{\mu_0 \mathcal{M} I}{2\pi R} \sin^2 \alpha$

d) $\varphi_{S \rightarrow s} = \frac{2\pi \mathcal{M}}{\mu_0 Ri} \sin^3 \alpha$

8. – Calculer la force $\vec{F}_{S \rightarrow s}$, qui s'exerce sur la spire s .

a) $\vec{F}_{S \rightarrow s} = -\frac{3\mu_0 \mathcal{M} I}{2R} \sin^3 \alpha \cos \alpha \vec{e}_x$

b) $\vec{F}_{S \rightarrow s} = -\frac{2\mu_0 \mathcal{M} I}{3R^2} \cos^3 \alpha \sin \alpha \vec{e}_x$

c) $\vec{F}_{S \rightarrow s} = -\frac{\mu_0 \mathcal{M} I}{2R^2} \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha \vec{e}_x$

d) $\vec{F}_{S \rightarrow s} = -\frac{3\mu_0 \mathcal{M} I}{2R^2} \sin^4 \alpha \cos \alpha \vec{e}_x$

9. – Calculer le flux $\varphi_{s \rightarrow S}$ du champ magnétique créé par la spire s à travers la surface de la spire S .

a) $\varphi_{s \rightarrow S} = \frac{\mu_0 \mathcal{M}}{2Ri} \cos^2 \alpha$

b) $\varphi_{s \rightarrow S} = \frac{\mu_0 \mathcal{M}}{2R} \sin^3 \alpha$

c) $\varphi_{s \rightarrow S} = \frac{\mu_0 \mathcal{M} I}{2\pi R} \cos^3 \alpha$

d) $\varphi_{s \rightarrow S} = \frac{2\pi \mathcal{M}}{\mu_0 Ri} \sin^3 \alpha$

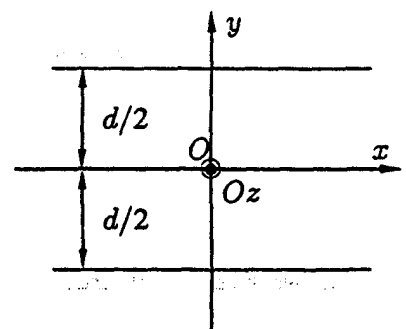
10. – Calculer la force $\vec{F}_{s \rightarrow S}$ qui s'exerce sur la spire S .

a) $\vec{F}_{s \rightarrow S} = \frac{\mu_0 \mathcal{M} I}{2R^2} \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha \vec{e}_x$

b) $\vec{F}_{s \rightarrow S} = \frac{3\mu_0 \mathcal{M} I}{2R} \sin^3 \alpha \cos \alpha \vec{e}_x$

c) $\vec{F}_{s \rightarrow S} = \frac{3\mu_0 \mathcal{M} I}{2R^2} \sin^4 \alpha \cos \alpha \vec{e}_x$

d) $\vec{F}_{s \rightarrow S} = \frac{2\mu_0 \mathcal{M} I}{3R^2} \cos^3 \alpha \sin \alpha \vec{e}_x$



11. – Une onde électromagnétique monochromatique de pulsation ω , de vecteur d'onde $\vec{k} = k\vec{e}_z$, se propage dans le vide entre deux plans parallèles infinis, parfaitement conducteurs, d'abscisses respectives $y = d/2$ et $y = -d/2$ (cf. figure ci-contre). Les composantes du champ électrique de l'onde électromagnétique dans la base $\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z$ d'un repère $R(Oxyz)$ sont telles que :

$$E_x = E_0 \cos \frac{\pi y}{d} \cos(\omega t - kz), \quad E_y = 0, \quad E_z = 0$$

Trouver la relation de dispersion liant d , ω , k et la vitesse de propagation de la lumière dans le vide c .

a) $k^2 + \frac{\pi^2}{d^2} = \frac{\omega^2}{c^2}$

b) $k^2 - \frac{\pi^2}{d^2} = \frac{\omega^2}{c^2}$

c) $k - \frac{2\pi}{d} = \frac{\omega}{c}$

d) $k = \frac{\omega}{c}$

12. – En déduire que pour un écartement des plans d donné, l'onde ne peut exister que si $\omega > \omega_0$ où ω_0 est la pulsation de coupure que l'on calculera.

a) $\omega_0 = kc$

b) $\omega_0 = \frac{(2k\pi c)^2}{\omega}$

c) $\omega_0 = 2\pi k^2 cd$

d) $\omega_0 = \frac{\pi c}{d}$

13. – Exprimer la vitesse de phase v_φ de l'onde en fonction de ω et ω_0 .

a) $v_\varphi = c \sqrt{\frac{1}{1 + (\omega/\omega_0)^2}}$

b) $v_\varphi = c \sqrt{\frac{1}{1 - (\omega_0/\omega)^2}}$

c) $v_\varphi = c \left(\frac{\omega/\omega_0}{1 - (\omega/\omega_0)^2} \right)$

d) $v_\varphi = c \sqrt{\frac{1}{1 - (\omega/\omega_0)^2}}$

14. – Exprimer la vitesse de groupe v_g de l'onde en fonction de ω et ω_0 .

a) $v_g = c(1 + (\omega/\omega_0)^2)$

b) $v_g = c \sqrt{1 - (\omega/\omega_0)^2}$

c) $v_g = c \sqrt{\frac{1 - (\omega/\omega_0)^2}{\omega/\omega_0}}$

d) $v_g = c \sqrt{1 - (\omega_0/\omega)^2}$

15. – Exprimer les composantes du champ magnétique $\vec{B}$ de l'onde dans la base $\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z$.

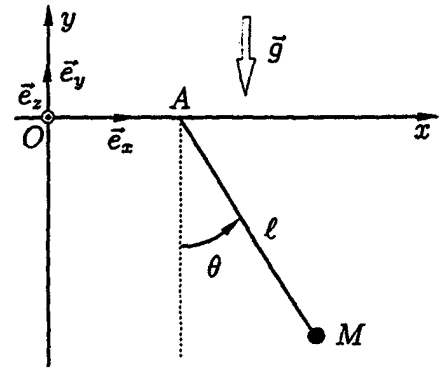
a) $\vec{B} = \frac{kE_0}{\omega} \cos \frac{\pi y}{d} \cos(\omega t - kz) \vec{e}_y - \frac{\pi E_0}{\omega d} \sin \frac{\pi y}{d} \sin(\omega t - kz) \vec{e}_z$

b) $\vec{B} = \frac{\pi E_0}{\omega d} \cos \frac{\pi y}{d} \sin(\omega t - kz) \vec{e}_y + \frac{kE_0}{\omega} \sin \frac{\pi y}{d} \cos(\omega t - kz) \vec{e}_z$

c) $\vec{B} = \frac{\pi E_0}{\omega d} \sin \frac{\pi y}{d} \cos(\omega t - kz) \vec{e}_x + \frac{kE_0}{\omega} \cos \frac{\pi y}{d} \sin(\omega t - kz) \vec{e}_y$

d) $\vec{B} = \frac{\pi E_0}{\omega d} \cos \frac{\pi y}{d} \cos(\omega t - kz) \vec{e}_y - \frac{kE_0}{\omega} \sin \frac{\pi y}{d} \sin(\omega t - kz) \vec{e}_z$

16. – Calculer la valeur moyenne dans le temps $\langle P \rangle$ du flux $P(z, t)$ du vecteur de Poynting $\vec{R}$ à travers la section droite, d'abscisse z et de longueur unité suivant Ox .



a) $\langle \mathcal{P} \rangle = \frac{kdE_0^2}{4\pi\mu_0\omega}$

c) $\langle \mathcal{P} \rangle = \frac{\pi E_0^2}{4\mu_0\omega}$

b) $\langle \mathcal{P} \rangle = \frac{kdE_0^2}{4\mu_0\omega}$

d) $\langle \mathcal{P} \rangle = \frac{kE_0^2}{4\pi\epsilon_0\mu_0\omega}$

17. – Un pendule simple est constitué d'un point matériel M de masse $m = 10\text{ g}$, suspendu à un point A situé sur l'axe Ox d'un repère galiléen $R(Oxyz)$ par un fil sans masse de longueur ℓ . On note θ l'angle que fait le fil que l'on supposera constamment tendu avec la verticale Oy de $R(Oxyz)$ (cf. figure ci-contre). Initialement le point A reste fixe et confondu avec l'origine O du repère R .

Calculer la longueur ℓ du fil pour que la période des petits mouvements du pendule soit $T_0 = 1\text{ s}$. On prendra pour norme de l'accélération de la pesanteur la valeur $g = 9,81\text{ m.s}^{-2}$.

a) $\ell = 0,196\text{ m}$

b) $\ell = 0,248\text{ m}$

c) $\ell = 0,333\text{ m}$

d) $\ell = 1,225\text{ m}$

18. – Le point de suspension A est maintenant animé d'un mouvement de translation rectiligne sinusoïdal suivant l'axe Ox de $R(Oxyz)$, d'amplitude x_0 et de pulsation ω . On note $x_A = x_0 \sin \omega t$ l'abscisse instantanée de A .

On désigne par $R_A(Ax'y'z')$, le repère d'origine A dont les axes Ax' , Ay' et Az' restent respectivement parallèles aux axes Ox , Oy et Oz de $R(Oxyz)$.

Calculer le moment $\vec{M}_A(F_{ie})$ par rapport au point A de la force d'inertie d'entraînement qui s'exerce sur M dans R_A .

a) $\vec{M}_A(F_{ie}) = -m\ell \cos \theta \frac{d^2 x_A}{dt^2} \vec{e}_z$

b) $\vec{M}_A(F_{ie}) = m\ell \omega \sin \theta \frac{d^2 x_A}{dt^2} \vec{e}_z$

c) $\vec{M}_A(F_{ie}) = m\ell \omega^2 \cos \theta \frac{d^2 x_A}{dt^2} \vec{e}_x$

d) $\vec{M}_A(F_{ie}) = -m\ell^2 \sin \theta \frac{dx_A}{dt} \vec{e}_y$

19. – Calculer le moment $\vec{M}_A(F_{ic})$ par rapport au point A de la force de Coriolis qui s'exerce sur M dans R_A .

a) $\vec{M}_A(F_{ic}) = -m\ell^2 \omega^2 \frac{d^2 x_A}{dt^2} \vec{e}_z$

b) $\vec{M}_A(F_{ic}) = +m\ell^2 \omega^2 \frac{d^2 x_A}{dt^2} \vec{e}_x$

c) $\vec{M}_A(F_{ic}) = -m\omega^2 \frac{dx_A}{dt} \vec{e}_z$

d) $\vec{M}_A(F_{ic}) = \vec{0}$

20. – En appliquant le théorème du moment cinétique à la masse m au point A dans R_A et en se limitant à l'étude des mouvements de faibles amplitudes, l'équation différentielle à laquelle obéit l'angle θ s'écrit :

a) $\frac{d^2 \theta}{dt^2} = +\frac{g}{\ell} \theta + \frac{1}{\ell^2} \frac{d^2 x_A}{dt^2}$

b) $\frac{d^2 \theta}{dt^2} = -\frac{g}{\ell} \theta + \frac{g}{\ell^2} \frac{dx_A}{dt}$

c) $\frac{d^2 \theta}{dt^2} = -\frac{g}{\ell} \theta$

d) $\frac{d^2 \theta}{dt^2} = -\frac{g}{\ell} \theta - \frac{1}{\ell} \frac{d^2 x_A}{dt^2}$

21. – A l'instant $t = 0$, $\theta(0) = 0$ et $\frac{d\theta}{dt}(t = 0) = 0$. On pose $\omega_0 = 2\pi / T_0$. Montrer que la valeur instantanée de l'angle θ est donnée par la relation :

(1)	(2)
V_i	V_i
p_{i1}	p_{i2}
T_i	T_i

a) $\theta = \frac{x_0 \omega^2}{\ell^2 (\omega_0^2 + \omega^2)} \left(\sin \omega t + \frac{\omega}{\omega_0} \sin \omega_0 t \right)$

c) $\theta = \frac{x_0 \omega^2}{\ell (\omega_0^2 - \omega^2)} \left(\sin \omega t - \frac{\omega}{\omega_0} \sin \omega_0 t \right)$

b) $\theta = \frac{x_0 \omega^2}{\ell^2 (\omega_0^2 + \omega^2)} (\sin \omega t + \sin \omega_0 t)$

d) $\theta = \frac{x_0 \omega^2}{\ell (\omega_0^2 - \omega^2)} (\sin \omega t - \sin \omega_0 t)$

22. – Un cylindre fermé, à parois adiabatiques, est divisé en deux parties étanches de même volume $V_i = 25.10^{-3} \text{ m}^3$ par un piston diatherme, de capacité thermique négligeable, initialement bloqué.

Les deux compartiments contiennent le même gaz parfait à la même température $T_i = 290 \text{ K}$ et aux pressions respectives $p_{i1} = 10^5 \text{ Pa}$ et $p_{i2} = 3p_{i1}$. On donne :

Constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$\gamma = c_p / c_v = 1,4$$

On libère le piston qui se déplace en translation sans frottement et finit par s'immobiliser dans une nouvelle position d'équilibre.

Calculer la température finale T_f des gaz dans les compartiments (1) et (2).

a) $T_f = \gamma T_i$

b) $T_f = \frac{T_i}{\gamma}$

c) $T_f = (\gamma - 1)T_i$

d) $T_f = T_i$

23. – Calculer la pression finale p_f des gaz dans les compartiments (1) et (2).

a) $p_f = \frac{p_{i1} + p_{i2}}{2}$

b) $p_f = \frac{\gamma(p_{i1} - p_{i2})}{2}$

c) $p_f = p_{i1} + p_{i2}$

d) $p_f = \frac{p_{i1} - p_{i2}}{2\gamma}$

24. – Calculer le volume final V_{f1} du gaz dans le compartiment (1).

a) $V_{f1} = 22,3.10^{-3} \text{ m}^3$

b) $V_{f1} = 12,5.10^{-3} \text{ m}^3$

c) $V_{f1} = 37,5.10^{-3} \text{ m}^3$

d) $V_{f1} = 5,3.10^{-3} \text{ m}^3$

25. – Calculer la variation d'enthalpie ΔH du système.

a) $\Delta H = 0 \text{ J}$

b) $\Delta H = 53,5 \text{ J}$

c) $\Delta H = 12,8 \text{ J}$

d) $\Delta H = -75,2 \text{ J}$

26. – Calculer l'entropie S_p produite au cours de cette évolution.

a) $S_p = 0 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

b) $S_p = 58,7 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

c) $S_p = -12,7 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

d) $S_p = 4,51 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

27. – Une lunette astronomique est un système centré qui se compose

- d'un objectif assimilable à une lentille mince convergente L_1 de distance focale image $f'_{ob} = 100 \text{ cm}$, de centre optique O_1 , de diamètre $D = 10 \text{ cm}$,
- d'un oculaire que l'on peut aussi assimiler à une lentille mince convergente L_2 de distance focale image $f'_{oc} = 5 \text{ cm}$, de centre optique O_2 et de diamètre $d = 1,5 \text{ cm}$.

Calculer la distance $e = \overline{O_1 O_2}$ entre les centres optiques des lentilles pour que le système soit afocal, c'est-à-dire qu'il donne d'un objet à l'infini une image à l'infini.

- a) $e = 95 \text{ cm}$ b) $e = 20 \text{ cm}$ c) $e = 105 \text{ cm}$ d) $e = 55 \text{ cm}$

28. – Un objet situé à l'infini présente un diamètre angulaire θ lorsqu'il est observé sans instrument par un oeil normal et un diamètre angulaire θ' lorsqu'il est observé à travers l'instrument. Calculer le grossissement $G = \theta' / \theta$ de la lunette.

de la lunette.

- a) $G = -\frac{f'_{ob}}{f'_{oc}}$ b) $G = \frac{f'_{ob}}{f'_{oc}}$ c) $G = -\frac{f'_{ob} + f'_{oc}}{f'_{oc}}$ d) $G = \frac{f'_{ob} + f'_{oc}}{f'_{oc}}$

29. – On observe un objet ponctuel situé à l'infini sur l'axe optique de la lunette. Quelle devrait être la valeur (numérique) minimale du diamètre d_m de la monture de l'oculaire pour que tous les rayons qui traversent la monture de l'objectif ressortent de l'instrument ? On s'aidera avantageusement d'un schéma.

- a) $d_m = 2,5 \text{ mm}$ b) $d_m = 3,5 \text{ mm}$ c) $d_m = 1,5 \text{ mm}$ d) $d_m = 5,0 \text{ mm}$

30. – On appelle *diaphragme d'ouverture*, le diaphragme qui limite le faisceau de rayons qui traverse l'instrument pour la formation de l'image. Donner son diamètre d_0 .

- a) $d_0 = 1,5 \text{ cm}$ b) $d_0 = 10 \text{ cm}$ c) $d_0 = 0,5 \text{ cm}$ d) $d_0 = 11,5 \text{ cm}$

31. – On appelle *pupille de sortie*, le conjugué image du diaphragme d'ouverture par rapport à la lunette. Calculer la position $\overline{O_2 P}$ du centre P de la pupille de sortie par rapport au centre optique O_2 de la lentille oculaire.

- a) $\overline{O_2 P} = 1,25 \text{ cm}$ b) $\overline{O_2 P} = 3,75 \text{ cm}$ c) $\overline{O_2 P} = 1,75 \text{ cm}$ d) $\overline{O_2 P} = 5,25 \text{ cm}$

32. – Déterminer son diamètre d_p .

- a) $d_p = 5 \text{ mm}$ b) $d_p = 3,5 \text{ mm}$ c) $d_p = 2,5 \text{ mm}$ d) $d_p = 1,5 \text{ mm}$

33. – La lunette étudiée précédemment donne une image renversée de l'objet visé. Pour observer des objets terrestres, on redresse cette image en insérant entre les deux lentilles minces convergentes L_1 et L_2 , une lentille mince convergente L_3 , de centre optique O_3 et de distance focale image $f'_3 = 2 \text{ cm}$. L'oculaire L_2 est alors déplacé pour que la lunette terrestre reste afocale.

Déterminer la position de la lentille L_3 , par rapport à la lentille L_1 , pour qu'elle donne de l'image $\overline{A_1B_1}$ fournie par l'objectif L_1 d'un objet à l'infini, une image $\overline{A_2B_2}$ réelle, renversée et trois fois plus grande que $\overline{A_1B_1}$.

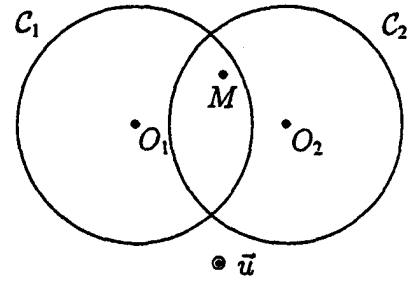
- a) $\overline{O_1O_3} = 62,32 \text{ cm}$ b) $\overline{O_1O_3} = 102,67 \text{ cm}$ c) $\overline{O_1O_3} = 47,25 \text{ cm}$ d) $\overline{O_1O_3} = 75,12 \text{ cm}$

34. – En déduire la nouvelle longueur e' de la lunette.

- a) $e' = 132,75 \text{ cm}$ b) $e' = 165,65 \text{ cm}$ c) $e' = 152,12 \text{ cm}$ d) $e' = 115,67 \text{ cm}$

35. – Calculer le nouveau grossissement G' de la lunette.

- a) $G' = 60$ b) $G' = 100$ c) $G' = 50$ d) $G' = 95$



36. – Deux cylindres C_1 et C_2 identiques, de rayon R , dont les axes, parallèles à un vecteur unitaire $\vec{u}$ perpendiculaire au plan de la figure (cf. figure ci-contre) sont distants de $a = O_1O_2 < 2R$ et sont parcourus par des courants volumiques de densités uniformes respectives $\vec{j}_1 = j\vec{u}$ et $\vec{j}_2 = -j\vec{u}$. On supposera leurs longueurs très grandes devant R .

Exprimer, en appliquant le théorème d'Ampère, le champ magnétique $\vec{B}_1(M)$ créé par le courant circulant dans le cylindre C_1 en un point M intérieur à C_1 .

$$\text{a) } \vec{B}_1(M) = \frac{\mu_0}{\pi R^2} \vec{j}_1 \wedge \overrightarrow{O_1M}$$

$$\text{b) } \vec{B}_1(M) = \frac{R^2}{2\pi\mu_0} \vec{j}_1 \wedge \overrightarrow{O_1M}$$

$$\text{c) } \vec{B}_1(M) = \frac{4\mu_0}{3\pi R^3} \overrightarrow{O_1M}$$

$$\text{d) } \vec{B}_1(M) = \frac{\mu_0}{2} \vec{j}_1 \wedge \overrightarrow{O_1M}$$

37. – Exprimer vectoriellement le champ magnétique total $\vec{B}_T(M)$ créé par l'ensemble des deux courants en un point M du volume défini par l'intersection des deux cylindres.

$$\text{a) } \vec{B}_T(M) = \frac{\mu_0}{4\pi R^2} \vec{j}_1 \wedge \overrightarrow{O_1O_2}$$

$$\text{b) } \vec{B}_T(M) = \frac{4\pi\mu_0}{R^2} \vec{j}_2 \wedge \overrightarrow{O_1O_2}$$

$$\text{c) } \vec{B}_T(M) = \frac{\mu_0}{2} \vec{j}_1 \wedge \overrightarrow{O_1O_2}$$

$$\text{d) } \vec{B}_T(M) = \frac{\mu_0}{4\pi} \vec{j}_2 \wedge \overrightarrow{O_1O_2}$$

38. – Les deux cylindres ne sont plus parcourus par des courants mais portent des charges électriques égales et opposées, uniformément réparties dans tout le volume. On désigne par $\rho_1 = \rho$ et $\rho_2 = -\rho$ les charges volumiques portées respectivement par C_1 et C_2 .

Calculer, en appliquant le théorème de Gauss, le champ électrique $\vec{E}_1(M)$ créé par les charges portées par le cylindre C_1 seul, en un point M intérieur à C_1 .

$$\text{a) } \vec{E}_1(M) = \frac{\rho}{2\epsilon_0} \overrightarrow{O_1M}$$

$$\text{b) } \vec{E}_1(M) = -\frac{\rho}{4\pi\epsilon_0} \overrightarrow{O_1M}$$

$$\text{c) } \vec{E}_1(M) = \frac{\rho}{4\pi\epsilon_0} \frac{\overrightarrow{O_1M}}{|O_1M|}$$

$$\text{d) } \vec{E}_1(M) = \frac{\rho}{3\epsilon_0} \frac{\overrightarrow{O_1M}}{|O_1M|}$$

39. – Exprimer vectoriellement le champ électrique total $\vec{E}(M)$ créé par les charges portées par l'ensemble des deux cylindres en un point M du volume défini par l'intersection de C_1 et C_2 .

$$\text{a) } \vec{E}(M) = \frac{\rho}{2\epsilon_0} \overrightarrow{O_1 O_2}$$

$$\text{b) } \vec{E}(M) = \frac{\rho}{4\pi\epsilon_0} \overrightarrow{O_1 M}$$

$$\text{c) } \vec{E}(M) = \frac{\rho}{2\pi\epsilon_0} \overrightarrow{O_2 M}$$

$$\text{d) } \vec{E}(M) = \frac{\rho}{2\epsilon_0} \frac{\overrightarrow{O_1 O_2}}{O_1 O_2}$$

40. – L'ensemble des deux cylindres portant les charges ρ et $-\rho$ est mis en mouvement suivant la direction définie par le vecteur $\vec{u}$ avec une vitesse de translation rectiligne et uniforme $\vec{v}_0 = v_0 \vec{u}$.

Ecrire la relation entre le champ électrique $\vec{E}$ et le champ magnétique $\vec{B}$ qui règnent alors en M dans le référentiel du laboratoire.

$$\text{a) } \vec{B} = \frac{\vec{v}_0 \wedge \vec{E}}{\epsilon_0 \mu_0}$$

$$\text{b) } \vec{B} = \epsilon_0 \mu_0 \vec{v}_0 \wedge \vec{E}$$

$$\text{c) } \vec{B} = \frac{\epsilon_0 \mu_0}{4\pi} \vec{v}_0 \wedge \vec{E}$$

$$\text{d) } \vec{B} = \frac{\vec{u} \wedge \vec{E}}{\epsilon_0 \mu_0 v_0}$$