ECOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE ANNEE 2001

CONCOURS DE RECRUTEMENT D'ELEVES PILOTE DE LIGNE

EPREUVE DE PHYSIQUE

Durée : 2 Heures
Coefficient : 1

Le sujet comprend :
- 1 page de garde,
- 2 pages (recto-verso) d'instructions pour remplir le QCM,
- 12 pages numérotées de 1 à 12.

CALCULATRICE AUTORISEE

ÉPREUVE DE PHYSIQUE

A LIRE TRÈS ATTENTIVEMENT

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

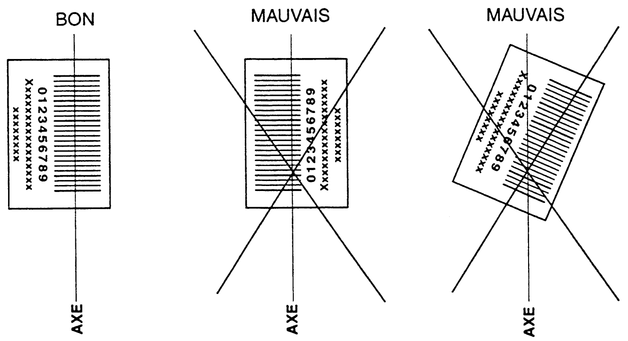
ATTENTION, IL NE VOUS EST DÉLIVRÉ QU'UN SEUL QCM

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 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 30 questions, certaines, de numéros consécutifs, sont liées. La liste des questions est donnée au début du texte du sujet.
Chaque candidat devra choisir au plus 25 questions parmi les 30 proposées.

Il est inutile de répondre à plus de 25 questions : la machine à lecture optique lira les réponses en séquence en partant de la ligne 1, et s'arrêtera de lire lorsqu'elle aura détecté des réponses à 25 questions, quelle que soit la valeur de ces réponses.

Chaque question comporte au plus deux réponses exactes.

6) A chaque question numérotée entre 1 et 30, correspond sur la feuille-réponses une ligne de cases qui porte le même numéro (les lignes de 31 à 100 sont neutralisées). Chaque ligne comporte 5 cases A, B, C, D, E.
Pour chaque ligne numérotée de 1 à 30, 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.

En cas de réponse fausse, aucune pénalité ne sera appliquée.

7) EXEMPLES DE RÉPONSES

Exemple I : Question 1 :
Pour une mole de gaz réel :

A) $\lim\limits_{P \to o} (PV) = RT$, 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.

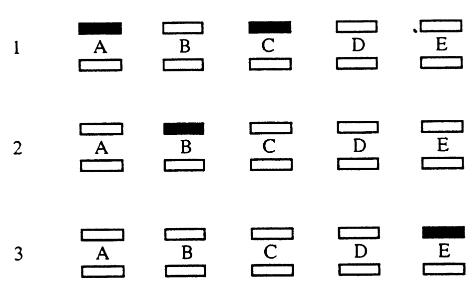
Exemple II : Question 2 :
Pour un conducteur ohmique de conductivité électrique σ, la forme locale de la loi d'OHM est :

A) $\vec{j} = \dfrac{\vec{E}}{\sigma}$ 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 $1 + \dfrac{T_2}{T_1}$.
D) Le phénomène de diffusion moléculaire est un phénomène réversible.

Vous marquerez sur la feuille réponse :



QUESTIONS LIÉES

[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]

1. Le circuit représenté sur la figure 1 est alimenté par un générateur idéal de tension continu, dont la force électromotrice est $E = 20V$. Les bobines, de résistance négligeable, ont la même inductance propre $L = 2mH$ et les condensateurs la même capacité $C = 0,2\mu F$.
A l'instant $t = 0$ où l'on applique entre A et B la tension E, les bobines et les condensateurs ne possèdent aucune énergie.

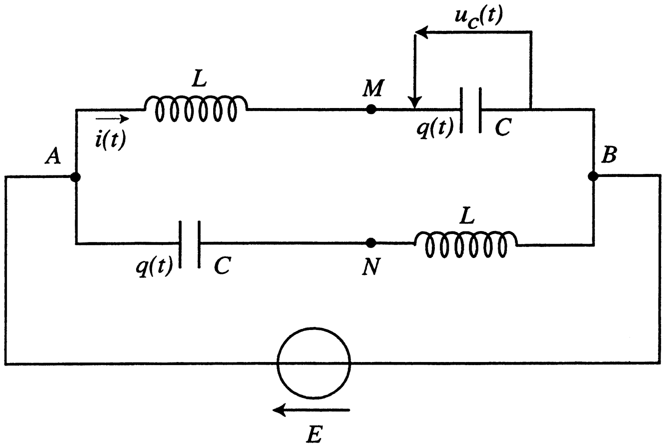


Figure 1

Déterminer la loi de variation de la charge q d'un condensateur en fonction du temps t.

a) $q(t) = 4 \cdot 10^{-6}(1 - \exp{-2,5 \cdot 10^4 t})$
b) $q(t) = 2 \cdot 10^{-6}(1 + \exp{-5 \cdot 10^4 t})$
c) $q(t) = 4 \cdot 10^{-6}(1 - \cos 5 \cdot 10^4 t)$
d) $q(t) = 4 \cdot 10^{-6}\left(1 - \frac{1}{2}\cos 10^4 t\right)$

2. En déduire la valeur maximale u_M de la différence de potentiel $u_c(t)$ (fig. 1).

a) $u_M = 40V$
b) $u_M = 20V$
c) $u_M = 15V$
d) $u_M = 10V$

3. Établir l'expression de la différence de potentiel $v(M) - v(N)$ en fonction du temps.

a) $v(M) - v(N) = 20(1 - \exp{-5 \cdot 10^4 t})$

b) $v(M) - v(N) = 20(1 - 2\cos 5 \cdot 10^4 t)$

c) $v(M) - v(N) = 10\left(1 - \frac{1}{2}\cos 10^4 t\right)$

d) $v(M) - v(N) = 40(1 + \exp{-2,5 \cdot 10^4 t})$

4. En déduire la valeur maximale U_M de la différence de potentiel $v(M) - v(N)$.

a) $U_M = 15V$

b) $U_M = 20V$

c) $U_M = 40V$

d) $U_M = 60V$

5.

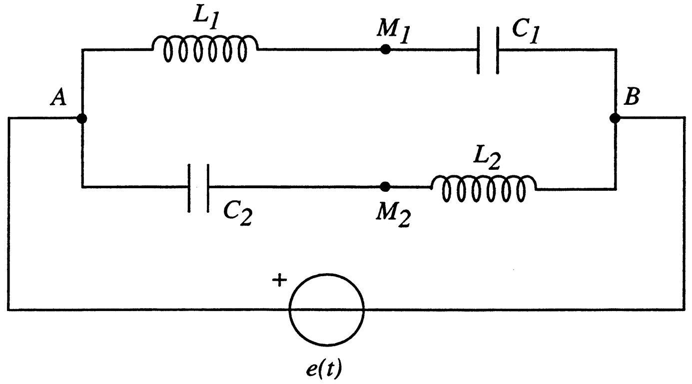


Figure 2

Le circuit fonctionne maintenant en régime sinusoïdal ; l'amplitude de la force électromotrice $e(t)$ du générateur idéal de tension est de 20 V. De plus, les bobines sont différentes et il en est de même des condensateurs (fig. 2).

Indiquer si le circuit laisse passer un courant de pulsation ω_1 telle que $L_1 C_1 \omega_1^2 = 1$.

Répondre à la même question pour la pulsation ω_2 telle que $L_2 C_2 \omega_2^2 = 1$.

a) Le circuit laisse passer le courant de pulsation ω_1

b) Le circuit ne laisse pas passer le courant de pulsation ω_1

c) Le circuit laisse passer le courant de pulsation ω_2

d) Le circuit ne laisse pas passer le courant de pulsation ω_2

6. Montrer qu'il existe une pulsation ω_3 pour laquelle le circuit ne laisse pas passer le courant (circuit "bouchon").

a) $\omega_3^2 = \frac{1}{L_1 C_1} + \frac{1}{L_2 C_2}$

b) $\omega_3^2 = \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2 (L_1 + L_2)}$

c) $\omega_3^2 = \frac{L_1}{(L_1 + L_2)^2 C_1} + \frac{L_2}{(L_1 + L_2)^2 C_2}$

d) $\omega_3^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{L_1 C_1} + \frac{1}{L_2 C_2}\right)$

7. Calculer en kilohertz la fréquence N_3 correspondant à la pulsation ω_3 pour :
$L_1 = 2mH \;;\; C_1 = 1\mu F \;;\; L_2 = 1mH \;;\; C_2 = 0,02\mu F$.
La comparer aux fréquences N_1 et N_2 associées respectivement aux pulsations ω_1 et ω_2.

a) $N_3 = 2kHz$

b) $N_3 = 21kHz$

c) $N_3 < N_1 < N_2$

d) $N_3 \in [N_1, N_2]$

8. Pour $N = N_3$, calculer l'amplitude I exprimée en milliampère de l'intensité du courant qui circule dans les branches AM_1B et AM_2B.

a) $I = 79mA$

b) $I = 19mA$

c) $I = 2mA$

d) $I = 0mA$

9. Deux charges électriques ponctuelles identiques q sont placées respectivement à l'origine O et au point $A(a > 0, 0)$ du repère plan $(O; \vec{e}_x, \vec{e}_y)$ (fig. 3).
Calculer les composantes E_x et E_y du vecteur champ électrostatique $\vec{E}(P)$ créé au point P du plan, de coordonnées x et y.

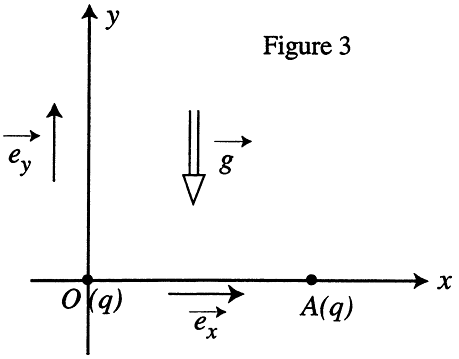


Figure 3

a) $E_x = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_o}\left[\dfrac{x}{(x^2+y^2)^{3/2}} + \dfrac{x-a}{[(x-a)^2+y^2]^{3/2}}\right]$

b) $E_x = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_o}\left[\dfrac{x}{(x^2+y^2)^{3/2}} - \dfrac{x+a}{[(x+a)^2+y^2]^{3/2}}\right]$

c) $E_y = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_o}\left[\dfrac{y}{(x^2+y^2)^{3/2}} + \dfrac{y}{[(x-a)^2+y^2]^{3/2}}\right]$

d) $E_y = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_o}\left[\dfrac{y}{(x^2+y^2)^{3/2}} - \dfrac{y}{[(x+a)^2+y^2]^{3/2}}\right]$

10. Indiquer sur quelle droite Δ du plan, $\vec{E}(P)$ est parallèle en tout point à l'axe Oy.
Donner l'expression correspondante de $\vec{E}(P)$.

a) Δ : droite $x = a/2$

b) Δ : droite $x = y$

c) $\vec{E}(P) = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_o}\dfrac{1}{y^2}\vec{e}_y$

d) $\vec{E}(P) = \dfrac{q}{2\pi\varepsilon_o}\dfrac{y}{\left(y^2+\dfrac{a^2}{4}\right)^{3/2}}\vec{e}_y$

11. Une charge électrique ponctuelle q' de masse m et de signe contraire à celui de q se déplace sans frottement sur la droite Δ **à proximité immédiate de l'axe Ox** ($|y| \ll a$) sous l'action de la force électrostatique due au champ des deux charges q et de son poids. Oy est la verticale ascendante et g est l'accélération de la pesanteur supposée uniforme.

On pose $k = -\frac{4}{\pi\varepsilon_o}\frac{qq'}{a^3}$.

Constater qu'il existe une position d'équilibre P_e et calculer l'ordonnée y_e de P_e.

a) $y_e = mg/k$

b) $y_e = -mg/3k$

c) $y_e = -mg/k$

d) $y_e = -mg/4k$

12. Calculer la période T_o des oscillations qu'effectue la charge q' écartée de sa position d'équilibre.

a) $T_o = 2\pi\sqrt{m/4k}$

b) $T_o = 2\pi\sqrt{m/2k}$

c) $T_o = 2\pi\sqrt{2m/k}$

d) $T_o = 2\pi\sqrt{m/k}$

13. La charge q' est maintenant fixée au point $B(0, a)$. Calculer l'énergie électrostatique U_e de la famille des trois charges q en O, q en A et q' en B. L'origine des potentiels est à l'infini. On rappelle que dans le cas d'une famille de population n :

$$U_e = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{i=n} q_i V_i$$

où V_i est le potentiel créé au point où se trouve la charge q_i par les $(n-1)$ autres charges de la famille.

a) $U_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o a}\frac{1}{}[q'^2 + 2qq' + q^2\sqrt{2}]$

b) $U_e = \frac{1}{8\pi\varepsilon_o a}\left[\frac{q'^2}{\sqrt{2}} + 2qq'\right]$

c) $U_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o a}\left[q^2 + qq'\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)\right]$

d) $U_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o a}\left[-q'^2 + \frac{qq'}{\sqrt{2}} + q^2\right]$

14. Donner l'expression de q' en fonction de q pour que l'énergie U_e soit nulle.

a) $q' = -q\sqrt{2}$

b) $q' = -q\dfrac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}+1}$

c) $q' = -q$

d) $q' = -q(2\sqrt{2}+1)$

---

15. Un cylindre de révolution autour de l'axe Oz a pour rayon b et une longueur "infinie" (très grande devant b).
Il est parcouru dans la direction et dans le sens de Oz par un courant continu de densité uniforme de courant J.
Déterminer le vecteur champ magnétique $\vec{B}(P)$ créé par ce courant en un point P extérieur au cylindre, situé à la distance ρ de Oz. $\vec{e}_\rho$ et $\vec{e}_\theta$ désignent les vecteurs de la base polaire de P (fig. 4).

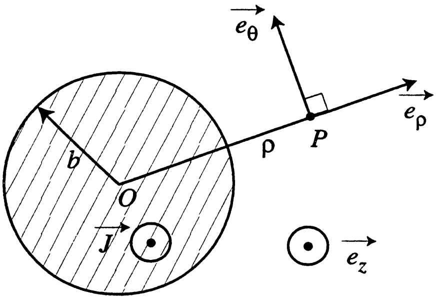


Figure 4

a) $\vec{B}(P) = \mu_o J \, \rho \, \vec{e}_\theta$

b) $\vec{B}(P) = \dfrac{\mu_o J}{2} \dfrac{b^2}{\rho} \vec{e}_\theta$

c) $\vec{B}(P) = \mu_o J \dfrac{\rho^2}{2b} \vec{e}_\theta$

d) $\vec{B}(P) = \dfrac{\mu_o J}{2} \dfrac{b^2-\rho^2}{\rho} \vec{e}_\rho$

16. Même question lorsque P est à l'intérieur du cylindre.

a) $\vec{B}(P) = \dfrac{\mu_o J}{2} b \, \vec{e}_\theta$

b) $\vec{B}(P) = \dfrac{\mu_o J}{2} \rho \, \vec{e}_\theta$

c) $\vec{B}(P) = \mu_o J \dfrac{b^2}{\rho} \vec{e}_\rho$

d) $\vec{B}(P) = \mu_o J \dfrac{\rho^2}{b} \vec{e}_\rho$

17. Donner une expression vectorielle intrinsèque du vecteur champ calculé dans la question précédente.

a) $\vec{B}(P) = -\mu_o[\vec{J} \wedge \overrightarrow{OP}]$

b) $\vec{B}(P) = \mu_o J\overrightarrow{OP}$

c) $\vec{B}(P) = 2\mu_o(OP)\vec{J}$

d) $\vec{B}(P) = \frac{1}{2}\mu_o[\vec{J} \wedge \overrightarrow{OP}]$

18. Un cylindre "de longueur infinie" et de révolution autour de l'axe Oz est creux ; la partie pleine est comprise entre les rayons b_1 et $b_2 (b_1 > b_2)$. Elle est parcourue dans la direction et dans le sens de Oz par un courant continu de densité uniforme de courant J (fig. 5).

Déterminer les vecteurs champs $\overrightarrow{B_1}(P)$ et $\overrightarrow{B_2}(P)$ au point P à la distance ρ de O, lorsqu'on a respectivement $\rho \in [b_1, b_2]$ et $\rho < b_2$.

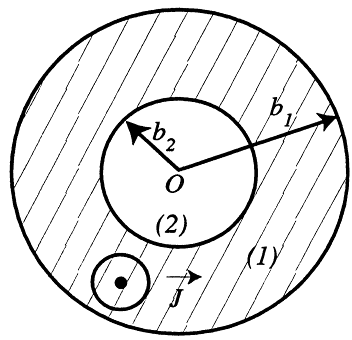


Figure 5

a) $\overrightarrow{B_1}(P) = \frac{\mu_o J}{2}(b_1^2 - b_2^2)\frac{1}{\rho}\vec{e}_\rho$

b) $\overrightarrow{B_1}(P) = \frac{\mu_o J}{2}\left(\rho - \frac{b_2^2}{\rho}\right)\vec{e}_\theta$

c) $\overrightarrow{B_2}(P) = \vec{O}$

d) $\overrightarrow{B_2}(P) = \frac{\mu_o J}{2}(b_1^2 - b_2^2)\frac{1}{\rho}\vec{e}_\theta$

19. Un cylindre de longueur "infinie" et de révolution autour de l'axe O_1z a pour rayon b_1. On creuse dans le cylindre un autre cylindre de "longueur infinie" et de révolution autour de l'axe O_2z parallèle à O_1z et de même sens ; son rayon est $b_2 (b_2 < b_1)$. On désigne par $2a$ la distance O_1O_2 (fig. 6).
Dans la partie pleine circule dans la direction et le sens de O_1z un courant continu de densité uniforme J.
Après avoir constaté qu'à l'intérieur de la cavité, le champ magnétique de vecteur $\vec{B}'$ est uniforme, indiquer la direction et la norme de $\vec{B}'$.

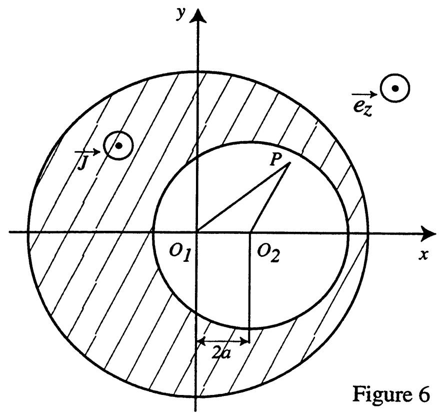


Figure 6

a) axe O_1y

b) axe O_1x

c) $\|\vec{B}'\| = 2\mu_o Ja$

d) $\|\vec{B}'\| = \mu_o Ja$

20. Une lentille mince convergente L a pour centre O, pour foyer objet F et pour foyer image F' ; sa distance focale image est $f' > 0$. Un miroir plan M centré en S sur l'axe Oz de la lentille, est disposé parallèlement à celle-ci à la distance $\boldsymbol{d = 2f'}$ (fig. 7).

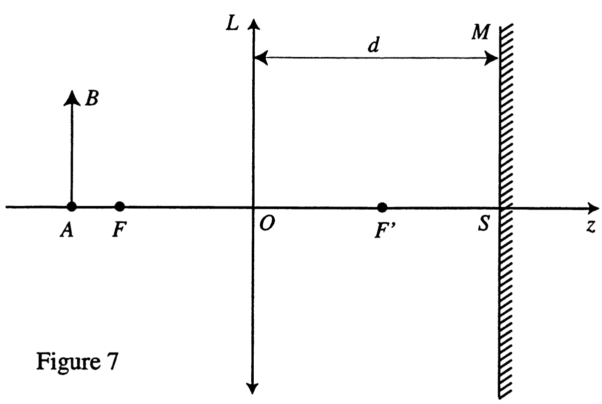


Figure 7

Toutes les abscisses des points de l'axe seront comptées positivement dans le sens de l'axe Oz (sens de la lumière incidente).

Un objet AB perpendiculaire à l'axe Oz est disposé de telle sorte que $p = \overline{OA}$. Soit A_1B_1 son image après traversée de L et réflexion sur M. Calculer $\overline{OA_1}$, en fonction de p.

a) $\overline{OA_1} = \dfrac{(3p+4f')f'}{p+f'}$

b) $\overline{OA_1} = \dfrac{(3p-2f')f'}{p-f'}$

c) $\overline{OA_1} = \dfrac{(4f'-p)f'}{p+3f'}$

d) $\overline{OA_1} = \dfrac{(p-f')f'}{p+f'}$

21. Soit A_2B_2 l'image définitive de AB après retraversée de la lentille L. Calculer $\overline{OA_2}$ en fonction de p.

a) $\overline{OA_2} = \dfrac{pf'(-3p+f')}{p^2+4pf'-3f'^2}$

b) $\overline{OA_2} = -\dfrac{f'(3p+4f')}{2p+3f'}$

c) $\overline{OA_2} = \dfrac{f'^2(-p+f')}{p^2-4pf'+f'^2}$

d) $\overline{OA_2} = -\dfrac{f'^2(2p+f')}{-p^2+5pf'+f'^2}$

22. Trouver la condition à laquelle satisfait p lorsqu'il correspond à deux points de l'axe, dits points de Bravais, pour lesquels l'image A_2B_2 est dans le même plan que l'objet AB.

a) $3p^2+4f'p-f'^2 = 0$

b) $3p^2-f'p+f'^2 = 0$

c) $2p^2+2f'p+f'^2 = 0$

d) $p^2+3f'p+2f'^2 = 0$

23. En déduire les valeurs numériques p_1 et $p_2 (p_1 < p_2)$ de p qui satisfont à cette condition, sachant que $f' = 10cm$.

a) $p_1 = -30cm$

b) $p_1 = -20cm$

c) $p_2 = -20cm$

d) $p_2 = -10cm$

24. Déterminer en fonction de p, dans le cas d'une position quelconque de l'objet AB, le grandissement transversal γ du système.

a) $\gamma = \dfrac{4f'^2}{p^2 - 4f'p + f'^2}$

b) $\gamma = \dfrac{f'}{3p + 8f'}$

c) $\gamma = -\dfrac{f'}{2p + 3f'}$

d) $\gamma = \dfrac{4f'^2}{p^2 + 4f'p + 8f'^2}$

25. Calculer les valeurs numériques γ_1 et γ_2 du grandissement transversal γ correspondant respectivement aux abscisses p_1 et p_2 des points de Bravais.

a) $\gamma_1 = +1$

b) $\gamma_1 = -2$

c) $\gamma_2 = -1$

d) $\gamma_2 = 1/2$

---

26. Par rapport au référentiel $R(O;\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$, un mobile "ponctuel" P a pour coordonnées à la date t :

$$x = b\sin kt \qquad y = b\sin\left(kt + \frac{\pi}{3}\right) \qquad z = b\sin\left(kt + \frac{2\pi}{3}\right)$$

où k et b sont deux constantes positives.
Etablir l'équation du plan passant par l'origine O des coordonnées et contenant la trajectoire de P.

a) $x + 2y - 2z = 0$

b) $x + y - z = 0$

c) $x - y + z = 0$

d) $2x + y + z = 0$

27. Déterminer le rayon A de la surface de la sphère de centre O sur laquelle est inscrite la trajectoire de P.

a) $A = b\sqrt{6}$
b) $A = b\sqrt{3}$
c) $A = b\sqrt{2}$
d) $A = b\sqrt{\frac{3}{2}}$

28. Calculer la norme v du vecteur vitesse de P.

a) $v = 2kb$
b) $v = kb|\sin kt/2|$
c) $v = k\frac{b}{2}|\cos kt/2|$
d) $v = kb\sqrt{\frac{3}{2}}$

29. Calculer le temps T mis par P pour décrire complètement une fois sa trajectoire.

a) $T = 2\pi/k$
b) $T = \pi\sqrt{6}/k$
c) $T = \pi/2k$
d) $T = 3\pi/k\sqrt{2}$

30. Indiquer dans ces conditions le type de mouvement qu'effectue P.

a) circulaire sinusoïdal
b) circulaire uniforme
c) elliptique uniforme
d) elliptique sinusoïdal