

ECOLE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE

ANNEE 1999

CONCOURS DE RECRUTEMENT D'ELEVES PILOTES DE LIGNE

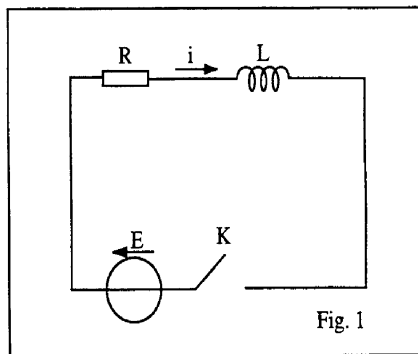
EPREUVE DE PHYSIQUE

Durée : 2 Heures

Coefficient : 1

Le sujet comprend : 1 page de garde, 2 pages d'instructions pour remplir le QCM, 1 page d'avertissement, 12 pages numérotées de 1 à 12.

CALCULATRICE AUTORISEE



Le circuit représenté sur la figure 1 est alimenté par une source de tension continue de force électromotrice  $E$  et de résistance interne négligeable devant  $R$ . On ferme l'interrupteur  $K$  à l'instant  $t = 0$ . Établir l'expression de l'intensité  $i$  du courant dans le circuit en fonction du temps  $t$ .

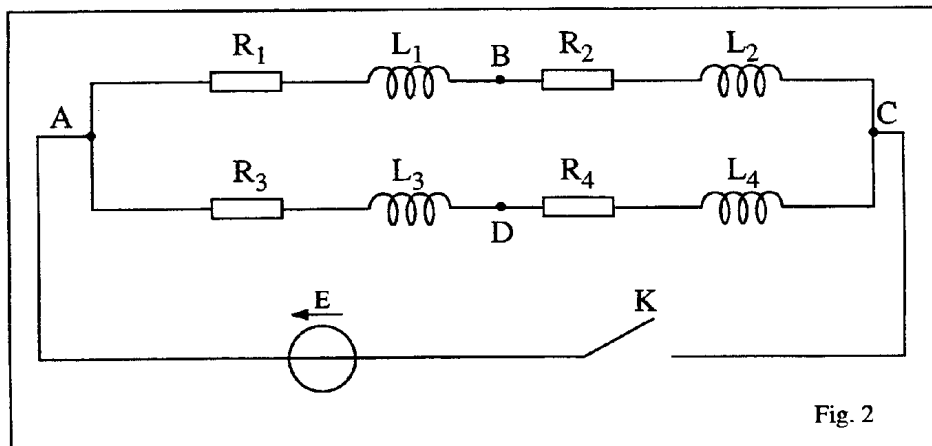
a)  $i(t) = \frac{E}{2R} \left( 1 - \exp - \frac{t}{RL} \right)$

b)  $i(t) = \frac{E}{R} \left( 1 + \exp - \frac{R}{L} t \right)$

c)  $i(t) = \frac{E}{R} \left( 1 - \exp - \frac{L}{R} t \right)$

d)  $i(t) = \frac{E}{R} \left( 1 - \exp - \frac{R}{L} t \right)$

2. Le même générateur alimente le circuit représenté sur la figure 2.



Déterminer la relation entre  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $R_1$  et  $R_2$  pour que la différence de potentiel  $v_{AB}$  entre les points A et B soit indépendante du temps.

a)  $L_1 R_1 = (L_1 + L_2)(R_1 - R_2)$

b)  $L_2 R_2 = (L_1 + L_2)(R_2 - R_1)$

c)  $\frac{L_1}{L_2} = \frac{R_1}{R_2}$

d)  $L_1 R_1 = L_2 R_2$

3. La relation établie à la question précédente étant vérifiée, calculer l'énergie  $W_{AB}$  consommée dans

le tronçon de circuit AB pendant l'intervalle de temps  $[0, t]$  en fonction de la variable  $\frac{R_1}{L_1} t$ .

$$a) W_{AB} = E^2 \frac{L_1}{(R_1 + R_2)^2} \left[ \frac{R_1}{L_1} t - \left( 1 - \exp - \frac{R_1}{L_1} t \right) \right]$$

$$b) W_{AB} = E^2 \frac{R_1}{(R_1 + R_2)^2} \left[ \frac{R_1}{L_1} t + 1 - \exp - \frac{R_1}{L_1} t \right]$$

$$c) W_{AB} = E^2 \frac{L_1}{(L_1 + L_2)^2} \left[ \frac{R_1}{L_1} t + 1 + \exp - \frac{R_1}{L_1} t \right]$$

$$d) W_{AB} = E^2 \frac{L_1}{2(R_1 + R_2)^2} \left[ - \frac{R_1}{L_1} t + 1 - \exp - \frac{R_1}{L_1} t \right]$$

4. La relation établie à la question 2 étant toujours vérifiée, déterminer les relations entre  $L_1, L_2, L_3, L_4, R_1, R_2, R_3, R_4$  pour que la différence de potentiel  $v_{BD}$  entre les points B et D soit constamment nulle.

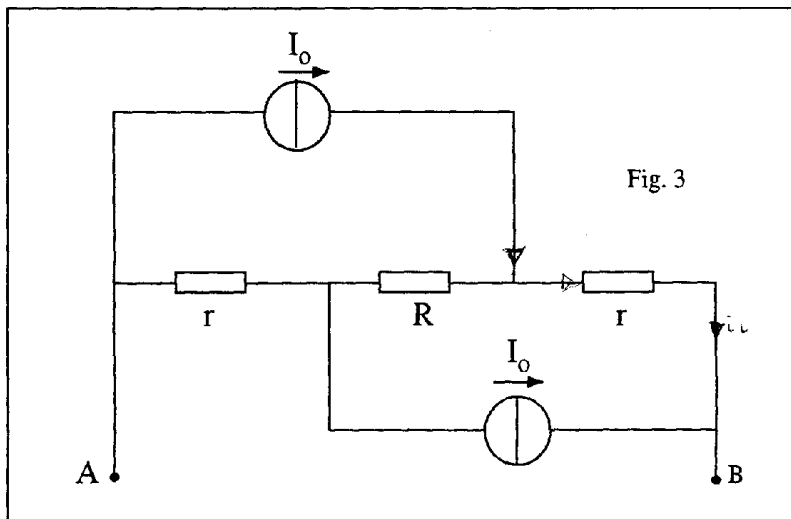
$$a) L_1 R_1 = L_2 R_2 = L_3 R_3 = L_4 R_4$$

$$b) (L_3 + L_4) R_1 = (L_4 + L_1) R_2 = (L_1 + L_2) R_3 = (L_2 + L_3) R_4$$

$$c) \frac{L_1}{L_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{L_3}{L_4} = \frac{R_3}{R_4}$$

$$d) \frac{R_1}{L_3 + L_4} = \frac{R_2}{L_4 + L_1} = \frac{R_3}{L_1 + L_2} = \frac{R_4}{L_2 + L_3}$$

5. Le dipôle de bornes A et B représenté sur la figure 3 est alimenté par deux générateurs idéaux de courant continu délivrant le même courant électromoteur d'intensité  $I_0$ .



Déterminer la résistance  $R_N$  du générateur de Norton équivalent au dipôle.

$$a) R_N = r + R$$

$$b) R_N = 2r$$

$$c) R_N = 2r + R$$

$$d) R_N = \frac{rR}{r + R}$$

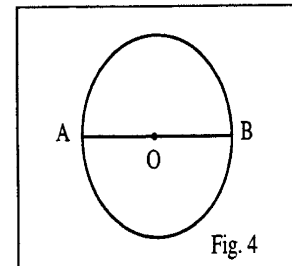
6. Déterminer l'intensité  $I_N$  du courant électromoteur du générateur de Norton équivalent au dipôle de la figure 3. orienté de B vers A.

- a)  $I_N = 2I_o$   
 b)  $I_N = \frac{2(r+R)}{2r+R} I_o$   
 c)  $I_N = \frac{2r}{2r+R} I_o$   
 d)  $I_N = \frac{R}{r+2R} I_o$

7. A l'aide d'un fil métallique homogène de section constante, on réalise un circuit constitué de deux conducteurs (figure 4) :

- l'un a la forme d'un cercle de centre O ;
- l'autre est un diamètre AB du cercle.

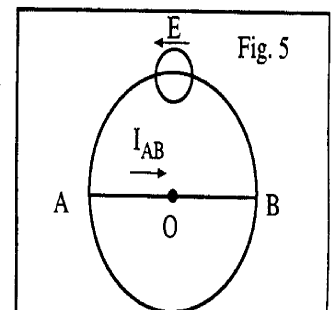
Le conducteur diamétral possède une résistance  $2r$ . Dans toute la suite, on conservera le nombre  $\pi$  dans les expressions des différents courants et résistances à calculer. Calculer la résistance équivalente  $R_{AB}$  entre A et B.



- a)  $R_{AB} = \frac{\pi}{\pi+2} r$   
 b)  $R_{AB} = \frac{1}{2\pi+3} r$   
 c)  $R_{AB} = \frac{4\pi}{3} r$   
 d)  $R_{AB} = \frac{2\pi}{\pi+4} r$

8. On ajoute sur le conducteur circulaire AB, comme l'indique la figure 5, un générateur de tension continue de f.é.m.  $E$  et de résistance interne négligeable devant celle du conducteur. Calculer l'intensité  $I_{AB}$  du courant qui circule dans le conducteur diamétral AB.

- a)  $I_{AB} = \frac{\pi}{2\pi+3} \frac{E}{r}$   
 b)  $I_{AB} = \frac{1}{\pi+4} \frac{E}{r}$   
 c)  $I_{AB} = \frac{8\pi}{3} \frac{E}{r}$   
 d)  $I_{AB} = \frac{4}{\pi+2} \frac{E}{r}$

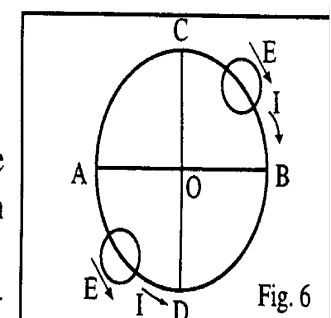


9. On ajoute au circuit de la figure 4 :

- un autre conducteur diamétral CD perpendiculaire à AB et relié à lui en O, fait du même fil métallique ;
- deux générateurs de tension continue de f.é.m.  $E$  et de résistance interne négligeable, montés en opposition (figure 6).

Le dispositif est symétrique ; en particulier, les deux générateurs sont traversés par le même courant d'intensité  $I$ .

Calculer les intensités  $I_{AD} = I$  et  $I_{DB}$  qui circulent respectivement dans les arcs AD et DB.

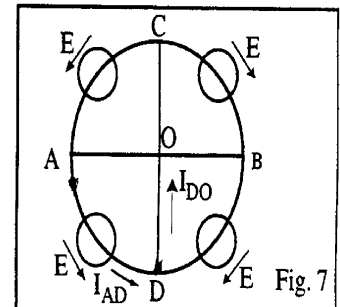


- a)  $I_{AD} = \frac{2}{\pi + 4} \frac{E}{r}$   
 b)  $I_{AD} = \frac{2}{\pi + 2} \frac{E}{r}$   
 c)  $I_{DB} = 0$   
 d)  $I_{DB} = \frac{\pi}{2} \frac{E}{r}$

10. On ajoute cette fois-ci quatre générateurs identiques et non plus deux (figure 7).

Calculer les intensités des courants  $I_{AD}$  et  $I_{DO}$ .

- a)  $I_{AD} = \frac{2}{\pi + 4} \frac{E}{r}$   
 b)  $I_{AD} = \frac{2}{\pi + 2} \frac{E}{r}$   
 c)  $I_{DO} = \frac{2}{\pi + 2} \frac{E}{r}$   
 d)  $I_{DO} = \frac{4}{\pi + 4} \frac{E}{r}$

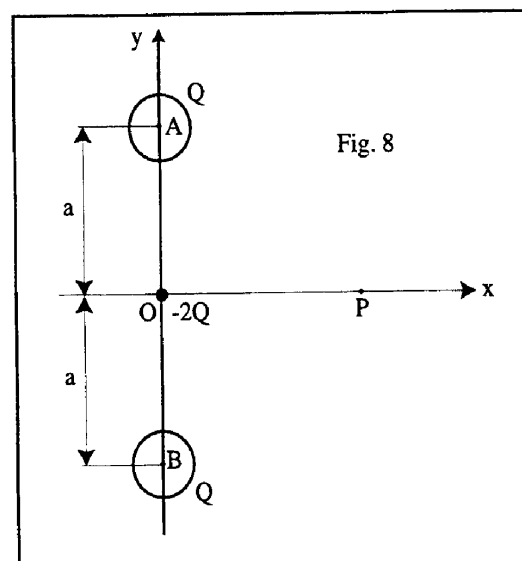


11. Une sphère de rayon  $b$  porte une charge positive  $Q$  répartie uniformément sur sa surface. En s'aidant du théorème de Gauss, calculer le potentiel  $V$  créé par la charge  $Q$  à l'intérieur de la sphère. L'origine des potentiels est prise à l'infini.

- a)  $V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{2b}$   
 b)  $V = 0$   
 c)  $V = \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{b}$   
 d)  $V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{b}$

12. Deux sphères identiques du type précédent portent chacune la charge positive  $Q$  répartie uniformément sur leurs surfaces. Leurs centres A et B distants de  $2a$  ( $a > b$ ) sont disposés sur l'axe Oy symétriquement par rapport à l'origine O (figure 8). Une troisième charge  $-2Q$  qui peut être considérée comme ponctuelle se trouve au point O. Déterminer l'expression du vecteur champ

électrostatique  $\vec{E}(P)$  créé par les trois charges ( $Q$ ,  $Q$  et  $-2Q$ ) au point P de l'axe Ox d'abscisse  $x$  positive (figure 8).



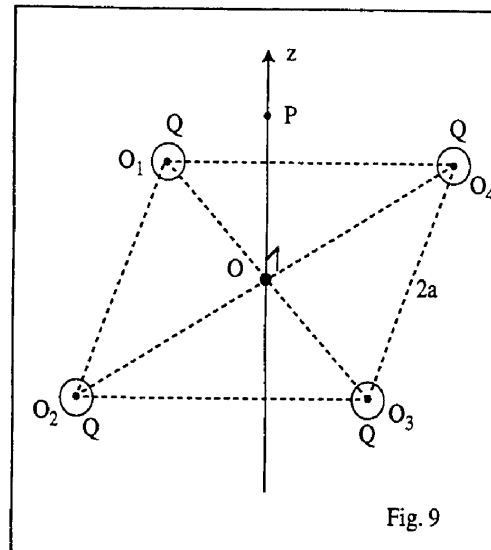


Fig. 9

$$a) \vec{E}(P) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_o} \frac{x}{(2a^2 + x^2)^{3/2}} \vec{e}_x \quad (\vec{e}_x : \text{vecteur unitaire de l'axe } Ox)$$

$$b) \vec{E}(P) = \frac{2Qx}{4\pi\epsilon_o} \left[ \frac{1}{(a^2 + x^2)^{3/2}} - \frac{1}{x^3} \right] \vec{e}_x$$

$$c) \vec{E}(P) = \frac{Qx}{4\pi\epsilon_o} \left[ \frac{1}{(a^2 + x^2)^{3/2}} + \frac{1}{x^3} \right] \vec{e}_y \quad (\vec{e}_y : \text{vecteur unitaire de l'axe } Oy)$$

$$d) \vec{E}(P) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_o} \left[ \frac{1}{(2a^2 + x^2)} - \frac{2}{x^2} \right] \vec{e}_y$$

13. Quatre sphères identiques du type précédent portant la même charge positive Q sont placées aux sommets O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub> d'un carré de côté 2a (a > b) (figure 9).

Déterminer l'expression du vecteur champ

électrostatique  $\vec{E}'(P)$  créé par les quatre charges au point P, de l'axe Oz du carré, d'abscisse z.

$$a) \vec{E}'(P) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{4}{a^2 + z^2} \vec{e}_z \quad (\vec{e}_z : \text{vecteur unitaire de l'axe des } z)$$

$$b) \vec{E}'(P) = \vec{0}$$

$$c) \vec{E}'(P) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{4z}{(2a^2 + z^2)^{3/2}} \vec{e}_z$$

$$d) \vec{E}'(P) = - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{2z}{(2a^2 + z^2)^{3/2}} \vec{e}_z$$

14. Deux sphères identiques du type précédent centrées en  $O_1$  et  $O_3$  portent la charge positive  $Q$  ; deux autres sphères analogues centrées en  $O_2$  et  $O_4$  portent la charge négative  $-Q$ . Les points  $O_1, O_2, O_3, O_4$  sont les sommets d'un carré de côté  $2a$  ( $a > b$ ) (figure 10). Déterminer l'expression du vecteur champ

électrostatique  $\vec{E}''(P)$  créé par les quatre charges au point  $P$ , de l'axe  $Oz$  du carré, d'abscisse  $z$ .

$$a) \vec{E}''(P) = - \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{a^2 + z^2} \vec{e}_z$$

$$b) \vec{E}''(P) = \vec{0}$$

$$c) \vec{E}''(P) = \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{z}{(2a^2 + z^2)^{3/2}} \vec{e}_z$$

$$d) \vec{E}''(P) = - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{4}{2a^2 + z^2} \vec{e}_z$$

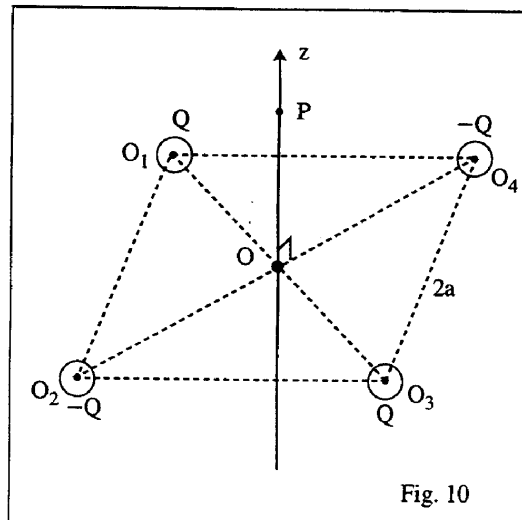


Fig. 10

15. Un fil rectiligne de longueur "infinie" et de section négligeable est disposé selon l'axe  $Oz$  du repère (figure 11). Il est parcouru par un courant continu d'intensité  $I$  qui circule dans le sens des  $z$  positifs.

Déterminer le vecteur champ magnétique  $\vec{B}(P)$  créé au point  $P$  du plan  $(xOy)$  repéré par ses coordonnées polaires  $r$  et  $\theta$  ;  $\vec{e}_r$  et  $\vec{e}_\theta$  sont les vecteurs de la base polaire de  $P$ .

$$a) \vec{B}(P) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{e}_r$$

$$b) \vec{B}(P) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{e}_\theta$$

$$c) \vec{B}(P) = \frac{2\mu_0 I}{\pi r} \vec{e}_r$$

$$d) \vec{B}(P) = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} \vec{e}_\theta$$

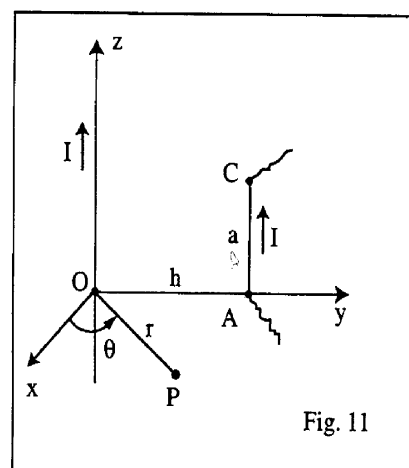


Fig. 11

16. Un second fil rectiligne de longueur  $a$  et de section négligeable est disposé dans le plan  $(yOz)$  selon le segment  $AC$  parallèle à  $Oz$ , à la distance  $h$  de cet axe,  $A$  appartenant à l'axe  $Oy$ . Il est parcouru de  $A$  vers  $C$  par un courant continu d'intensité  $I$  (figure 11). Déterminer la résultante  $F$  des forces de Laplace qui s'exercent sur le fil  $AC$ .

$$a) \quad \vec{F} = - \frac{\mu_0 I^2}{2p} \frac{a}{\sqrt{a^2 + h^2}} \vec{e}_x$$

$$b) \quad \vec{F} = \frac{\mu_0 I^2}{4p} \frac{a^2}{h^2} \vec{e}_y$$

$$c) \quad \vec{F} = \frac{2\mu_0 I^2}{p} \frac{h}{\sqrt{a^2 + h^2}} \vec{e}_y$$

$$d) \quad \vec{F} = - \frac{\mu_0 I^2}{2p} \frac{a}{h} \vec{e}_y$$

17. Déterminer le moment  $\vec{M}(O)$  en O des forces de Laplace qui s'exercent sur le fil A C.

$$a) \quad \vec{M}(O) = \frac{\mu_0 I^2}{4\pi} \frac{a^2}{h} \vec{e}_x$$

$$b) \quad \vec{M}(O) = \frac{2\mu_0 I^2}{\pi} \frac{h^2}{\sqrt{a^2 + h^2}} \vec{e}_z$$

$$c) \quad \vec{M}(O) = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi} \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + h^2}} \vec{e}_x$$

$$d) \quad \vec{M}(O) = \frac{\mu_0 I^2}{4\pi} \frac{a^3}{h^2} \vec{e}_z$$

18. Déterminer dans ces conditions la distance b qui sépare le point A du point K de AC, point où la force unique F peut être considérée comme appliquée à AC.

$$a) \quad b = \frac{a+h}{2}$$

$$b) \quad b = \frac{a}{2}$$

$$c) \quad b = \frac{a+2h}{4}$$

$$d) \quad b = \frac{a}{3}$$

19. Deux lentilles minces convergentes  $L_1$  et  $L_2$ , dont les axes coïncident ont pour caractéristiques respectives : centres :  $O_1$  et  $O_2$ , foyers objets :  $F_1$  et  $F_2$ , foyers images :  $F_1'$  et  $F_2'$ , distances focales

images :  $f_1'$  et  $f_2'$ . Elles sont à une distance telle que  $\overline{F_1'F_2} = e$ .

Un objet AB perpendiculaire à l'axe commun est disposé de telle sorte que  $p = \overline{O_1A}$ .

Son image A'B' à travers les deux lentilles est telle que  $p' = \overline{O_2A'}$ .  
Déterminer l'expression de  $p'$  en fonction de p.

a)  $p' = f'_2 \frac{f'_1 f'_2 + (e + f'_2)p}{(f'_1 + f'_2 + e)^2}$   
 b)  $p' = f'_1 \frac{(f'_1 + f'_2 + p)e}{f'^2_2 + ep}$   
 c)  $p' = f'_2 \frac{f'^2_1 + (e + f'_2)(p + f'_1)}{f'^2_1 + e(p + f'_1)}$   
 d)  $p' = f'_1 \frac{f'^2_1 - (e + f'_1)(p + f'_2)}{f'^2_2 - e(p + f'_2)}$

20. Indiquer la valeur de  $p'$  lorsque l'objet AB se trouve dans le plan focal objet de  $L_1$ .

a)  $p' = f'_2$   
 b)  $p' = \infty$   
 c)  $p' = f'_1 + e$   
 d)  $p' = f'_2 \left( 1 + \frac{f'_2}{e} \right)$

21. Calculer en fonction de  $p$  le grandissement transversal  $\gamma$ .

a)  $\gamma = \frac{f'_1}{f'_2 + p}$   
 b)  $\gamma = - \frac{f'_1 f'_2}{f'^2_1 + e(p + f'_1)}$   
 c)  $\gamma = - \frac{f'_1 e}{f'^2_2 + ep}$   
 d)  $\gamma = \frac{f'_2 e}{f'^2_1 + e(p + f'_2)}$

22. On choisit comme distance entre les deux lentilles  $d = f'_1 + f'_2$  (système afocal). Déterminer dans ce cas  $p'$  et  $\gamma$ .

a)  $p' = f'_2 \left[ 1 + \frac{f'_2}{f'_1} (p + f'_1) \right]$   
 b)  $p' = f'_1 \left[ 1 + \frac{f'_1}{f'_2} (p + f'_2) \right]$   
 c)  $\gamma = - \frac{f'_1 f'_2}{(f'_1 + f'_2)^2}$   
 d)  $\gamma = - \frac{f'_2}{f'_1}$

23. Application numérique :  $f_1' = 1 \text{ m}$  ;  $f_2' = 0,5 \text{ m}$  ;  $d = 1,5 \text{ m}$ . Calculer  $p'$  et  $\gamma$  lorsque l'objet est à  $0,5 \text{ m}$  en avant de  $L_1$ .

- a)  $p' = 0,5 \text{ m}$
- b)  $p' = 0,625 \text{ m}$
- c)  $\gamma = -0,5$
- d)  $\gamma = +0,5$

24. L'axe Oy du référentiel galiléen R(Oxyz) est la verticale ascendante ; on appelle  $g$  l'accélération de la pesanteur supposée uniforme. Un mobile assimilable à un point matériel P de masse  $m$  est astreint à se déplacer sans frottement dans le plan (xOy) à l'intérieur d'un guide parabolique qui a pour équation cartésienne :

$$y = \frac{x^2}{2p} \quad (p : \text{constante positive}).$$

A l'instant  $t = 0$ , P se trouve au

point A d'abscisse  $p$  et possède le vecteur vitesse  $\vec{v}_0$  tangent au guide, situé dans le plan de figure et orienté vers le haut (figure 12).

Outre son poids, le mobile est soumis à la réaction  $\vec{N}$  du support, perpendiculaire à son déplacement.

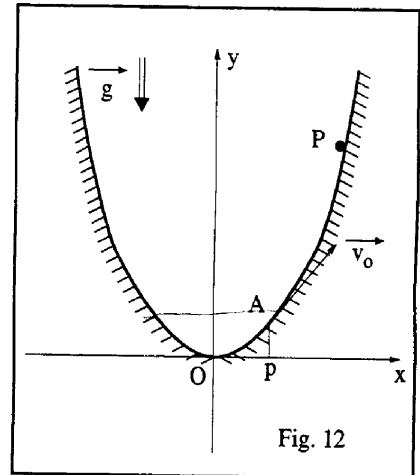


Fig. 12

Déterminer l'expression de  $\frac{d^2x}{dt^2}$  en fonction de la seule variable  $x$  (il est commode de faire appel à des considérations énergétiques).

- a)  $\frac{d^2x}{dt^2} = p \frac{p(v_0^2 - gp) + gx^2}{p^2 - x^2}$
- b)  $\frac{d^2x}{dt^2} = p \frac{p(v_0^2 + gp) - gx^2}{p^2 + x^2}$
- c)  $\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{p^2 v_0^2 + gp x^2}{p^2 + 2px}$
- d)  $\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{p^2 v_0^2 - 2gp x^2}{(p + x)^2}$

25. Le plan (xOz) symbolisant le sol, calculer l'altitude maximale  $y_1$  atteinte par P.

- a)  $y_1 = p \left( 1 + 2 \frac{v_0^2}{pg} \right)$
- b)  $y_1 = p \left( 1 - \frac{v_0^2}{pg} \right)$
- c)  $y_1 = 2p \left( 1 + \frac{v_0^2}{2pg} \right)$
- d)  $y_1 = \frac{p}{2} \left( 1 + \frac{v_0^2}{pg} \right)$

26. Dédurre de la question 24 l'expression en fonction de la seule variable  $x$  de la composante  $\frac{d^2x}{dt^2}$  selon Ox du vecteur accélération de P.

$$a) \quad \ddot{x} = 2x \frac{v_0^2 - gp}{p^2 - x^2}$$

$$b) \quad \ddot{x} = -p^2 x \frac{v_0^2 + 2gp}{(p^2 + x^2)^2}$$

$$c) \quad \ddot{x} = p \frac{v_0^2 + gp}{p^2 + x^2}$$

$$d) \quad \ddot{x} = x^2 \frac{pv_0^2 + gpx}{(p^2 + 2px)^2}$$

27. Déterminer dans ces conditions l'expression en fonction de la seule variable  $x$  de la composante  $\ddot{y}$  selon Oy du vecteur accélération de P.

$$a) \quad \ddot{y} = \frac{p^3(v_0^2 + gp) + gp^2x^2 + gx^4}{(p^2 + x^2)^2}$$

$$b) \quad \ddot{y} = -x \frac{p^2(v_0^2 - gp) + gp(p^2 - x^2)}{(p^2 + x^2)^2}$$

$$c) \quad \ddot{y} = \frac{p^3(v_0^2 + gp) - 2gp^2x^2 - gx^4}{(p^2 + x^2)^2}$$

$$d) \quad \ddot{y} = px^2 \frac{v_0x - gp}{(p^2 + 2px)^2}$$

28. Déterminer l'expression en fonction de la seule variable  $x$  de la composante  $N_x$  selon Ox de la réaction  $\vec{N}$ .

$$a) \quad N_x = \frac{mx}{p^2 - x^2}(v_0^2 + gp)$$

$$b) \quad N_x = \frac{2mx}{(p^2 + 2px)^2}(v_0^2 - gp)$$

$$c) \quad N_x = -\frac{2m}{(p+x)^3}(2v_0^2 + gp)$$

$$d) \quad N_x = -mp^2 \frac{x}{(p^2 + x^2)^2}(v_0^2 + 2gp)$$

29. Déterminer l'expression en fonction de la seule variable  $x$  de la composante  $N_y$  selon Oy de la réaction  $\vec{N}$ .

$$a) N_y = \frac{mp^3}{(p^2 + x^2)^2} (v_o^2 + 2gp)$$

$$b) N_y = \frac{mpx^2}{(p^2 - x^2)^2} (v_o^2 + gp)$$

$$c) N_y = \frac{2mp}{(p+x)^2} (2v_o^2 - gp)$$

$$d) N_y = \frac{2mpx^2}{(p^2 + 2px)^2} (v_o^2 + 2gp)$$

30. L'orientation de  $\vec{N}$  indique si le mobile peut rester sur son support.

a)  $\vec{N}$  est toujours orienté dans la concavité de la parabole.

b)  $\vec{N}$  n'est orienté dans la concavité de la parabole que sur une partie de la trajectoire de P.

c) L'orientation de  $\vec{N}$  est compatible avec un mouvement de P sur son support.

d) L'orientation de  $\vec{N}$  est incompatible avec un mouvement de P sur son support.