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

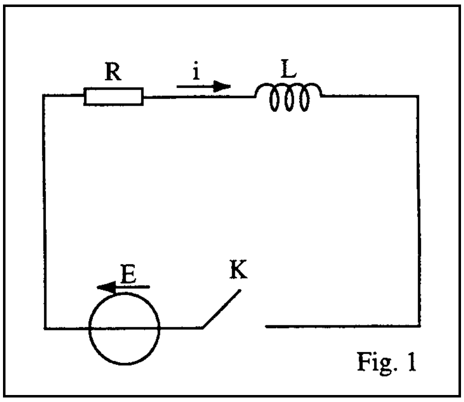

Fig. 1

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

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

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

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

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

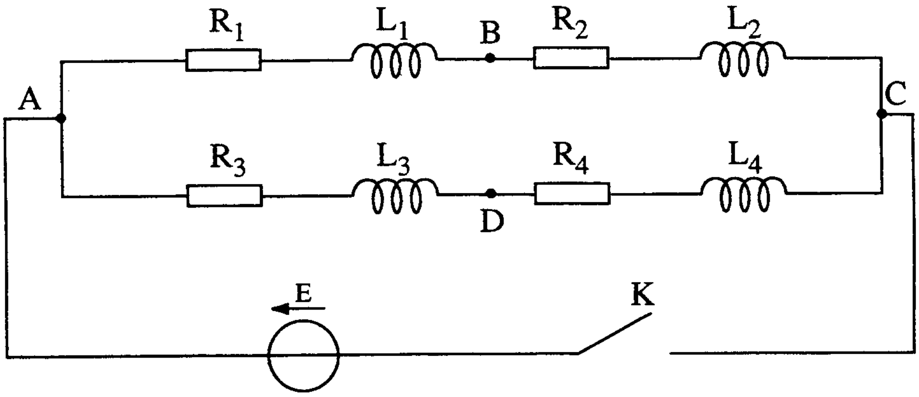

Fig. 2

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) $\dfrac{L_1}{L_2} = \dfrac{R_1}{R_2}$

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 $\dfrac{R_1}{L_1}t$.

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

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

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

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

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) $L_1R_1 = L_2R_2 = L_3R_3 = L_4R_4$

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

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

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.

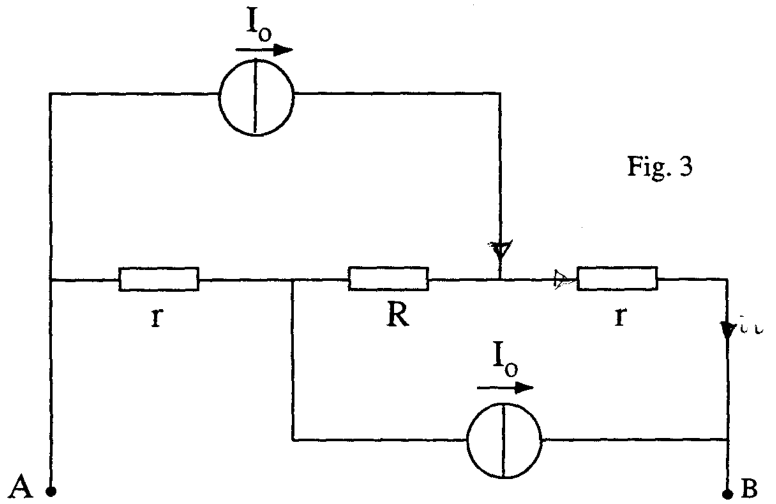

Fig. 3

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) $R_N = \dfrac{rR}{r+R}$

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) $I_N = \dfrac{2(r+R)}{2r+R}\ I_o$

c) $I_N = \dfrac{2r}{2r+R}\ I_o$

d) $I_N = \dfrac{R}{r+2R}\ I_o$

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 π dans les expressions des différents courants et résistances à calculer. Calculer la résistance équivalente R_{AB} entre A et B.

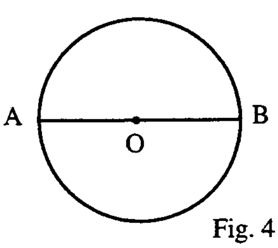

Fig. 4

a) $R_{AB} = \dfrac{\pi}{\pi+2}\ r$

b) $R_{AB} = \dfrac{1}{2\pi+3}\ r$

c) $R_{AB} = \dfrac{4\pi}{3}\ r$

d) $R_{AB} = \dfrac{2\pi}{\pi+4}\ r$

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.

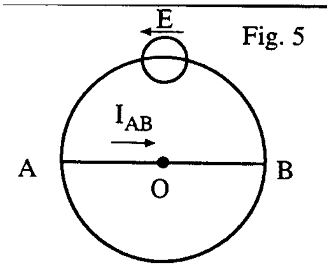

Fig. 5

a) $I_{AB} = \dfrac{\pi}{2\pi+3}\ \dfrac{E}{r}$

b) $I_{AB} = \dfrac{1}{\pi+4}\ \dfrac{E}{r}$

c) $I_{AB} = \dfrac{8\pi}{3}\ \dfrac{E}{r}$

d) $I_{AB} = \dfrac{4}{\pi+2}\ \dfrac{E}{r}$

9. On ajoute au circuit de la figure 4 :
- un autre conducteur diamétral CD perpendiculaire à AB et relié à lui en 0, 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.

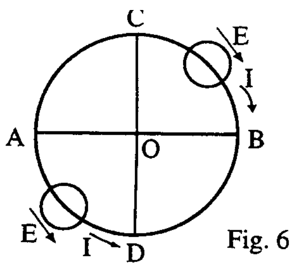

Fig. 6

a) $I_{AD} = \dfrac{2}{\pi + 4} \; \dfrac{E}{r}$

b) $I_{AD} = \dfrac{2}{\pi + 2} \; \dfrac{E}{r}$

c) $I_{DB} = 0$

d) $I_{DB} = \dfrac{\pi}{2} \; \dfrac{E}{r}$

10. On ajoute cette fois-ci quatre générateurs identiques et non plus deux (figure 7).
Calculer les intensités des courants I_{AD} et I_{D0} .

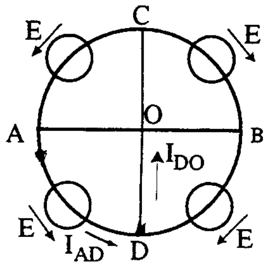

Fig. 7

a) $I_{AD} = \dfrac{2}{\pi + 4} \; \dfrac{E}{r}$

b) $I_{AD} = \dfrac{2}{\pi + 2} \; \dfrac{E}{r}$

c) $I_{DO} = \dfrac{2}{\pi + 2} \; \dfrac{E}{r}$

d) $I_{DO} = \dfrac{4}{\pi + 4} \; \dfrac{E}{r}$

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) $V = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_o} \; \dfrac{1}{2b}$

b) $V = 0$

c) $V = \dfrac{2Q}{4\pi\varepsilon_o} \; \dfrac{1}{b}$

d) $V = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_o} \; \dfrac{1}{b}$

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 0 (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).

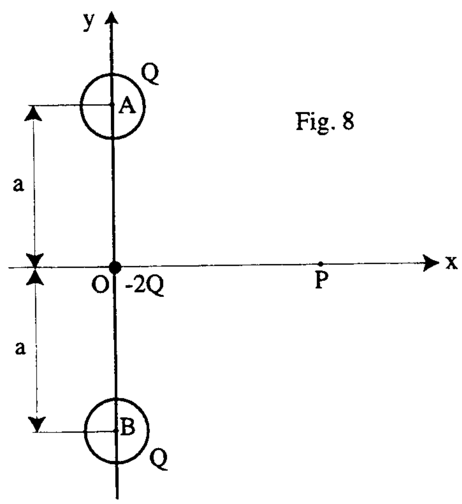

Fig. 8

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

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

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

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

13. Quatre sphères identiques du type précédent portant la même charge positive Q sont placées aux sommets O_1, O_2, O_3, O_4 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 cané, d'abscisse z.

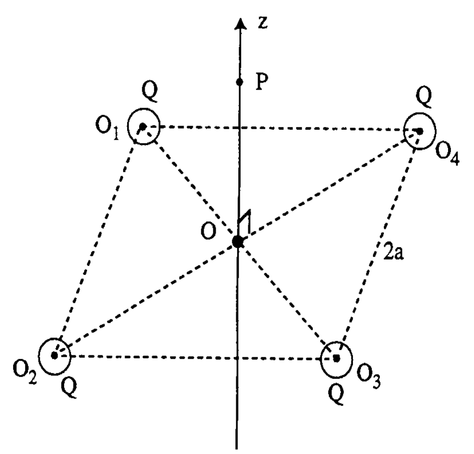

Fig. 9

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

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

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

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

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.

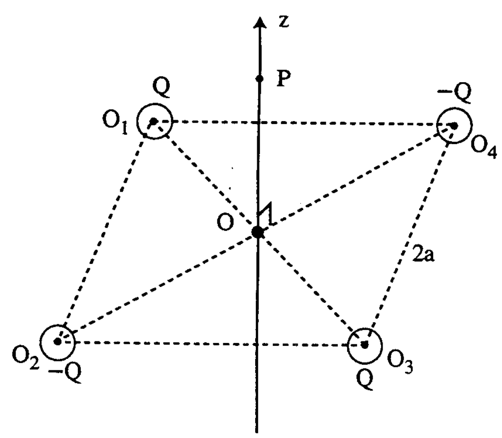

Fig. 10

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

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

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

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

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 θ ; $\vec{e}_r$ et $\vec{e}_\theta$ sont les vecteurs de la base polaire de P.

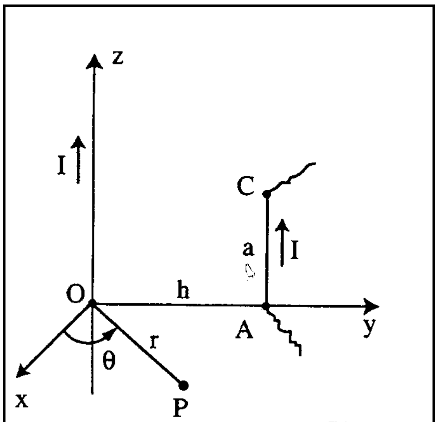

Fig. 11

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

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

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

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

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

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

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

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

17. Déterminer le moment $\vec{M}(O)$ en 0 des forces de Laplace qui s'exercent sur le fil A C.

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

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

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

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

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) $b = \dfrac{a+h}{2}$

b) $b = \dfrac{a}{2}$

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

d) $b = \dfrac{a}{3}$

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) $p' = f'_2 \dfrac{f'_1 f'_2 + (e + f'_2)p}{(f'_1 + f'_2 + e)^2}$

b) $p' = f'_1 \dfrac{(f'_1 + f'_2 + p)e}{f'^2_2 + ep}$

c) $p' = f'_2 \dfrac{f'^2_1 + (e + f'_2)(p + f'_1)}{f'^2_1 + e(p + f'_1)}$

d) $p' = f'_1 \dfrac{f'^2_1 - (e + f'_1)(p + f'_2)}{f'^2_2 - e(p + f'_2)}$

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) $p' \quad \infty$

c) $p' = f'_1 + e$

d) $p' = f'_2\left(1 + \dfrac{f'_2}{e}\right)$

21. Calculer en fonction de p le grandissement transversal γ.

a) $\gamma = \dfrac{f'_1}{f'_2 + p}$

b) $\gamma = -\dfrac{f'_1 f'_2}{f'^2_1 + e(p + f'_1)}$

c) $\gamma = -\dfrac{f'_1 e}{f'^2_2 + ep}$

d) $\gamma = \dfrac{f'_2 e}{f'^2_1 + e(p + f'_2)}$

22. On choisit comme distance entre les deux lentilles d = f_1' +f_2' (système afocal). Déterminer dans ce cas p' et γ.

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

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

c) $\gamma = -\frac{f'_1 f'_2}{(f'_1 + f'_2)^2}$

d) $\gamma = -\frac{f'_2}{f'_1}$

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

a) $p' = 0,5$ m

b) $p' = 0,625$ 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 : $y = \frac{x^2}{2p}$ (p : 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.

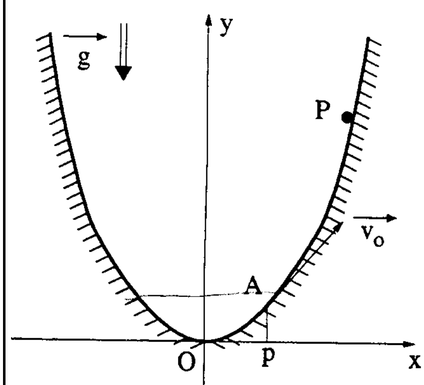

Fig. 12

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

a) $\dot{x}^2 = p\frac{p(v_0^2 - gp) + gx^2}{p^2 - x^2}$

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

c) $\dot{x}^2 = \frac{p^2v_0^2 + gpx^2}{p^2 + 2px}$

d) $\dot{x}^2 = \frac{p^2v_0^2 - 2gpx^2}{(p + x)^2}$

25. Le plan (x 0z) symbolisant le sol, calculer l'altitude maximale y_1 atteinte par P.

a) $y_1 = p\left(1 + 2\dfrac{v_o^2}{pg}\right)$

b) $y_1 = p\left(1 - \dfrac{v_o^2}{pg}\right)$

c) $y_1 = 2p\left(1 + \dfrac{v_o^2}{2pg}\right)$

d) $y_1 = \dfrac{p}{2}\left(1 + \dfrac{v_o^2}{pg}\right)$

26. Déduire de la question 24 l'expression en fonction de la seule variable x de la composante $\ddot{x}$ selon Ox du vecteur accélération de P.

$a)$ $\ddot{x} = 2x\,\dfrac{v_0^2 - gp}{p^2 - x^2}$

$b)$ $\ddot{x} = -p^2 x\,\dfrac{v_0^2 + 2gp}{\left(p^2 + x^2\right)^2}$

$c)$ $\ddot{x} = p\,\dfrac{v_0^2 + gp}{p^2 + x^2}$

$d)$ $\ddot{x} = x^2\,\dfrac{pv_0^2 + gpx}{\left(p^2 + 2px\right)^2}$

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) $\ddot{y} = \dfrac{p^3(v_o^2 + gp) + gp^2x^2 + gx^4}{(p^2 + x^2)^2}$

b) $\ddot{y} = -x\,\dfrac{p^2(v_o^2 - gp) + gp(p^2 - x^2)}{(p^2 + x^2)^2}$

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

d) $\ddot{y} = px^2\,\dfrac{v_o x - gp}{(p^2 + 2px)^2}$

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

a) $N_x = \dfrac{mx}{p^2 - x^2}(v_o^2 + gp)$

b) $N_x = \dfrac{2mx}{(p^2 + 2px)^2}(v_o^2 - gp)$

c) $N_x = -\dfrac{2m}{(p + x)^3}(2v_o^2 + gp)$

d) $N_x = -mp^2 \dfrac{x}{(p^2 + x^2)^2}(v_o^2 + 2gp)$

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

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

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

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

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

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.