



F.O.R.CO.

DAEU B

Session de septembre 2004

Physique

Durée : 3 heures

I. Athlétisme

En athlétisme, on trouve de nombreuses applications du mouvement d'un corps dans le champ de pesanteur uniforme. On se propose, dans cet exercice, d'en étudier quelques-unes.

Dans chaque cas, on négligera l'action de l'air et on prendra $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ pour la valeur du champ de pesanteur.

Les questions 1 et 2 sont indépendantes.

1) Le saut en hauteur :

Pour un sauteur en hauteur, il faut que le sommet de la trajectoire de son centre d'inertie soit le plus haut possible. Pour cela, l'athlète doit augmenter à la fois sa vitesse initiale et l'angle d'impulsion. Dans les faits, l'impulsion est presque verticale.

Les lois de la mécanique associées aux conclusions de la biologie sur l'évaluation des capacités maximales permettent de prévoir certaines limites pour les records. Elles fixent ainsi la limite actuelle du saut en hauteur à 2,50 m.

Considérant que le centre d'inertie du sauteur est initialement à 1,25 m du sol, calculer la vitesse initiale minimale pour que le centre d'inertie du sauteur atteigne cette limite.

On appliquera le théorème de l'énergie cinétique et on considérera le déplacement vertical.

Adresse : IFR, Rue Jules Ferry
BP 27540 - 64075 PAU Cedex
Tél. : 05 59 40 78 88
Fax : 05 59 40 78 87
Site web : www.univ-pau.fr/forco
Mél : accueil.forco@univ-pau.fr
APE 803Z - SIRET 196 402 515 00171

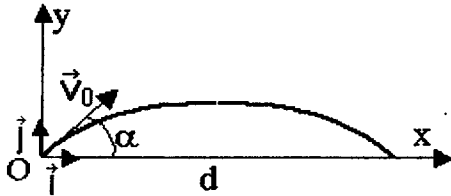
2) Le saut en longueur :

Un sauteur en longueur cherche à obtenir une portée la plus grande possible. Il doit pour cela acquérir une vitesse importante (les sauteurs en longueur sont souvent aussi des coureurs de 100 m et de 200 m) et la physique montre qu'il lui faut un angle de 45° à l'impulsion.

Avec $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ et $v_0 = 10 \text{ m.s}^{-1}$, cela donnerait un saut de 10 m, ce qui est bien au-delà du record du monde 8,95 m établi en 1991 par Mike Powell.

On prendra comme origine du repère la position du centre d'inertie du sauteur à l'instant $t = 0$. Après le saut, on considérera que le centre d'inertie de l'athlète se retrouve dans le même plan horizontal qu'à l'instant de départ $t = 0$.

Données: pour $\alpha = 45^\circ$, $\sin^2 \alpha = \cos^2 \alpha = 0,5$ et $\tan \alpha = 1$



1) Etablir sous forme littérale les équations horaires du mouvement du centre d'inertie du sauteur dans le repère $(0; i, j)$ ci-contre.

2) En déduire l'équation littérale de la trajectoire et préciser sa nature.

3) La longueur du saut correspond ici à la portée dans le repère (O, i, j) .

Elle a pour expression $d = v_0^2 \cdot \sin 2\alpha / g$

Retrouver, en les justifiant, les conditions précédemment énoncées pour que la portée soit la plus grande possible et confirmer sa valeur numérique.

II . Le système mondial des satellites météorologiques opérationnels.

Sur Internet, le site d'Eumetsat donne la définition suivante de ce système de satellites: «... une constellation [synonyme: ensemble ou groupe] d'au moins cinq satellites espacés régulièrement autour de l'équateur en orbite géostationnaire et au minimum deux satellites quasi polaires... » Les satellites des deux familles citées ayant des orbites circulaires, nous allons commencer par définir les caractéristiques générales des mouvements circulaires des satellites terrestres, puis nous examinerons les caractéristiques propres aux deux familles.

Données : Terre : supposée parfaitement sphérique de centre O ; masse $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; rayon $R_T = 6\,380 \text{ km}$; période du mouvement d'ouest en est, autour de l'axe des pôles: $T = 86\,164 \text{ s}$.

Satellite: centre d'inertie S masse m telle que $m \ll M_T$; altitude h .

Constante de gravitation universelle: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$.

Partie 1 : Caractéristiques générales des mouvements circulaires des satellites

1) Force(s) mise(s) en jeu :

a) Quelles sont les actions négligées lorsqu'un satellite est supposé soumis à la seule attraction gravitationnelle de la Terre (ce que nous admettrons dans la suite de l'exercice) ?

b) Quelles hypothèses fait-on sur la répartition de la masse de la Terre et sur la taille du satellite quand l'intensité de la force d'attraction a pour expression $F_{T/S} = G \times M_T \times m / (R_T + h)^2$

c) Faire un schéma clair représentant la Terre, le satellite et sa trajectoire ainsi que la force de gravitation exercée par la Terre sur le satellite

2) Grandeurs cinématiques

a) Par rapport à quel référentiel considéré comme galiléen le satellite est-il animé d'un mouvement circulaire?

b) Montrer que le satellite a une accélération centripète et un mouvement uniforme

c) En déduire l'expression suivante donnant la vitesse linéaire: $v = \sqrt{G \times M_T / (R_T + h)}$

d) Retrouver la troisième loi de Kepler (relation liant le carré de la période de révolution et le cube du rayon r de l'orbite circulaire : $T^2 / r^3 = \text{constante}$) en utilisant l'expression de v établie à la question précédente.

III) Dipôle RLC :

On considère le circuit électrique comportant un générateur de tension continue de f.e.m. $E = 6 \text{ V}$, un condensateur de capacité C , une bobine d'inductance L et de résistance négligeable, deux conducteurs ohmiques de résistance R et deux interrupteurs K et K' (figure 1).

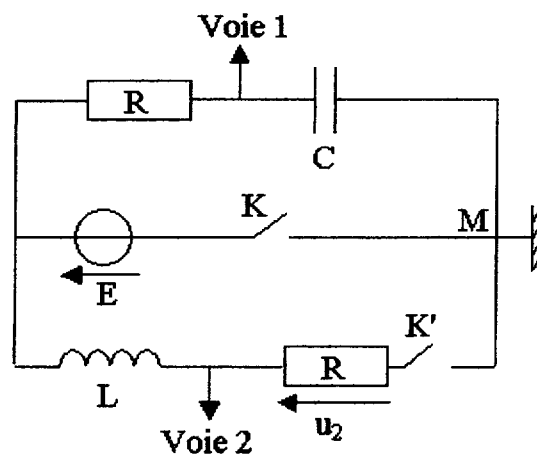


figure 1

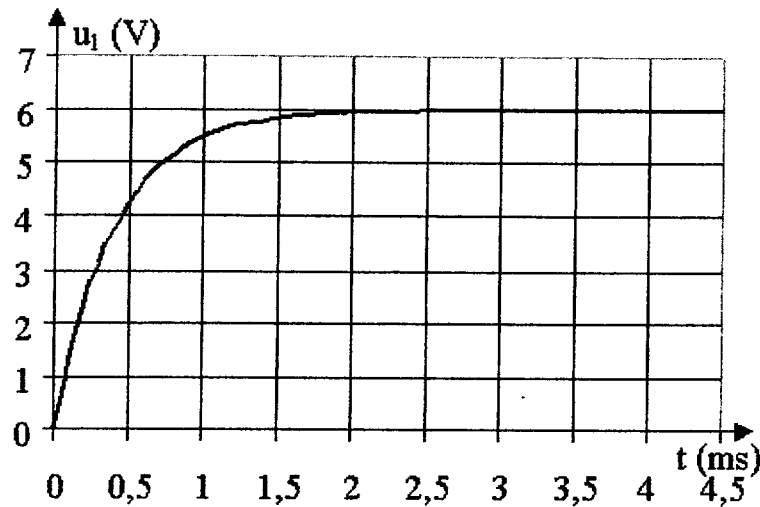
On utilise un dispositif informatisé d'acquisition de données qui permet de visualiser sur la voie 1 la tension u_1 aux bornes du condensateur en fonction du temps.

A) Première expérience

Dans cette expérience, on ferme K (en maintenant K' ouvert). Le dipôle (R,C) est alors soumis à un échelon de tension de valeur E .

1) Quel est le nom du phénomène observé sur la voie 1 à la fermeture de K ?

2) Reproduire sur la copie la partie du circuit concernée et indiquer sur ce schéma ci-dessus la fermeture de l'interrupteur K, le sens du courant, le signe des charges de chacune des armatures du condensateur. Indiquer la flèche-tension u_1 aux bornes du condensateur.



3) Sur la voie 1, on obtient la courbe de la figure 2 ci-dessous : Déterminer graphiquement la constante de temps τ du dipôle (R, C) en expliquant la méthode utilisée. Sachant que $R = 20 \Omega$, en déduire la valeur de capacité C.

4) L'étude théorique du dipôle (R,C) conduit à l'équation différentielle $\tau \cdot du_1/dt + u_1 = E$.

a) Retrouver cette équation différentielle en appliquant la loi d'additivité des tensions.

b) Compte tenu des conditions initiales, la solution de cette équation est de la forme $u_1 = E \cdot (1 - e^{-t/\tau})$

Calculer la valeur de u_1 pour $t = 5 \tau$. Conclure.

B) Deuxième expérience

Une fois la première expérience réalisée, on ouvre K puis on ferme K'.

Le circuit est alors le siège d'oscillations électriques. On utilise le même dispositif informatisé d'acquisition de données pour visualiser, sur la voie 1, la tension u_1 aux bornes du condensateur et sur la voie 2, la tension u_2 aux bornes du conducteur ohmique R. L'acquisition est synchronisée avec la fermeture de l'interrupteur. On obtient les courbes de la figure 3 :

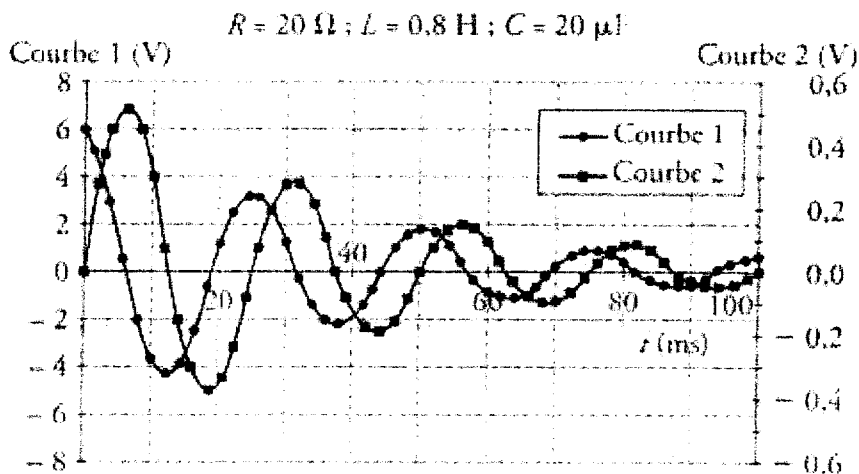


Figure 3

1) Attribuer à chaque courbe de la figure 3 la tension correspondante en justifiant brièvement pour une courbe seulement.

2) Mesurer la pseudo-période T des oscillations. Calculer la période propre correspondant au cas où les résistances R sont négligeables. Conclure.

3) Influence des paramètres :

On réalise à présent la deuxième expérience en modifiant un seul des paramètres L ou C .

Deux cas sont proposés. Dans l'un, on a diminué la valeur de L , dans l'autre, on a augmenté la valeur de C .

On obtient les figures 4 et 5.

Attribuer à chaque cas proposé la figure qui lui correspond. Justifier.

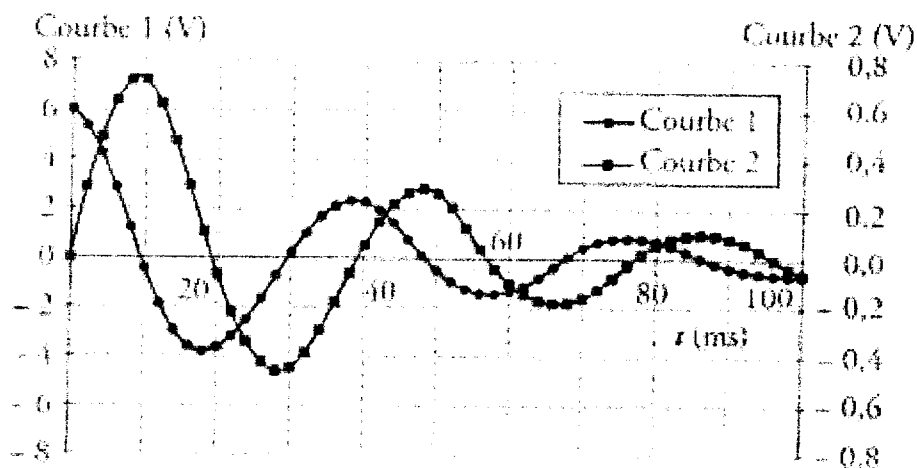


Figure 4

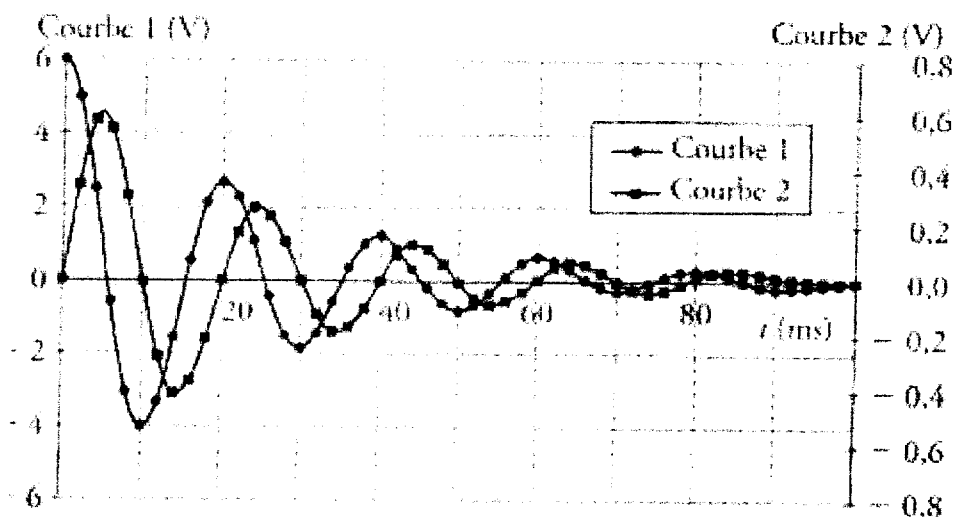


Figure 5

IV. Datation au carbone 14 .

Lorsque, dans la haute atmosphère, un neutrino ${}^0_0\nu$ provenant du soleil rencontre un noyau d'azote ${}^{14}_7\text{N}$ stable, la réaction donne naissance à du carbone ${}^{14}_6\text{C}$, isotope radioactif du carbone ${}^{12}_6\text{C}$.

Le carbone 14 se désintègre en émettant une particule β^- .

- 1) Ecrire l'équation de la réaction de formation du carbone 14.
Préciser la nature de la particule créée.
- 2) Ecrire l'équation de désintégration du carbone 14.

Les végétaux absorbent du carbone en prélevant du dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Le carbone assimilé est indifféremment du carbone stable ${}^{12}_6\text{C}$ et du carbone radioactif ${}^{14}_6\text{C}$.

Tant que le végétal est vivant, la proportion des deux isotopes dans le végétal est identique à celle dans l'atmosphère. A sa mort, le carbone radioactif du végétal n'est plus renouvelé : la quantité d'atomes radioactifs diminue. La demi-vie du carbone 14 est $T_{1/2} = 5\,570$ ans.

3) Au bout de combien de temps, après la mort d'une plante, la quantité de carbone 14 qu'elle contenait à sa mort a-t-elle diminuée de moitié ?

4) On émet l'hypothèse que la proportion des deux isotopes n'a pas changé au cours de l'histoire. Afin de dater une tombe égyptienne, on mesure l'activité β^- d'un spécimen de bois trouvé sur place avec celle d'un spécimen analogue encore vivant. Le rapport vaut : $r = 0,56$.

Déterminer l'âge de la tombe découverte