Université P. et M. Curie L1-MIME13 LP101 (2007-2008)

TD N°4

Energie potentielle. Energie mécanique totale

**[1]** Mouvement d'un pendule simple

Une bille de masse m, assimilée à un point matériel, est suspendue par un fil de longueur l à une potence fixe. Le pendule oscillant dans un plan vertical, son mouvement est décrit par la variation de l'angle $\theta(t)$ que fait le fil avec la verticale descendante. Le fil est inextensible et a une masse n´égligeable devant m.

1. Pour une valeur donnée de l'angle θ, écrire l'expression de l'énergie potentielle $E_p(\theta)$ du système {pendule+support+terre} en prenant $E_p = 0$ pour la position d'équilibre du pendule simple.

2. Pour une valeur donnée de la vitesse angulaire $\dot{\theta}$, écrire l'expression de l'énergie cinétique du même système.

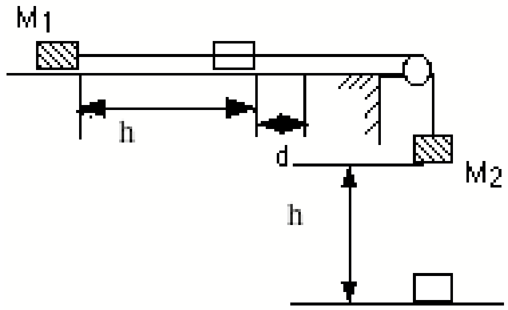
3. En exprimant la conservation de l'énergie mécanique du système et en supposant qu'il n'y ait aucun frottement, retrouver l'équation différentielle du mouvement du pendule

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l}\sin\theta = 0 \qquad (1)$$

4. Lors d'une expérience, le pendule est lâché sans vitesse initiale à un angle $\theta_0$.
Faites un graphique qualitatif de $E_p(\theta)$. Sur ce graphe comment peut-on représenter l'énergie cinétique du pendule à tout instant lors de son mouvement ?

**[2]** Coefficient de frottement dynamique

Une brique de bois, de masse $M_1$, glisse avec frottement sur une table horizontale elle-même en bois. Initialement immobile, $M_1$ est entraînée par la chute verticale d'une masse $M_2 = M_1$ grâce à un fil passant sur une poulie. La hauteur de chute de $M_2$ est limitée à $h = 58{,}5$ cm. La brique $M_1$ est ainsi accélérée sur une distance h (vitesse maximum v) après quoi, le fil étant détendu, elle s'arrête sur une distance $d = 27$ cm. On suppose que le fil et la poulie ont des masses négligeables, et qu'ils fonctionnent sans frottement.




1. Noter $T$ la tension du fil au cours de la première phase d'accélération. Justifier que cette tension soit uniforme tout le long du fil.

2. En appliquant *le théorème de l'énergie cinétique* au mouvement de la masse $M_1$ d'une part (1er et 2e phase), et au mouvement de la masse $M_2$ d'autre part (1er phase), déduire une expression du coefficient de frottement dynamique k en fonction de $M_1$, $M_2$, h et d, puis de h et d compte tenu du fait que $M_2 = M_1$. Enfin, donner une valeur de k.
3. Une autre méthode consiste à écrire l'énergie mécanique $E_{méc}$ du système $\{M_1, M_2,$ Terre$\}$. Montrere que $\Delta E_{méc} = W$ , en précisant le sens physique de W. Résoudre le problème 2) ci-dessus. Quelle méthode préférez-vous ?

**[3]** La molécule diatomique

On considère un système constitué de deux atomes identiques A et B. L'énergie potentielle d'interaction $E_p(r)$ entre ces deux atomes est représentée en fonction de leur distance r = ||**AB**|| sur le graphe de la figure 1, où les énergies sont mesurées en électron-volts (eV) et les distances en Angströms (Å). On convient de prendre $E_p(r) = 0$ pour r infini.

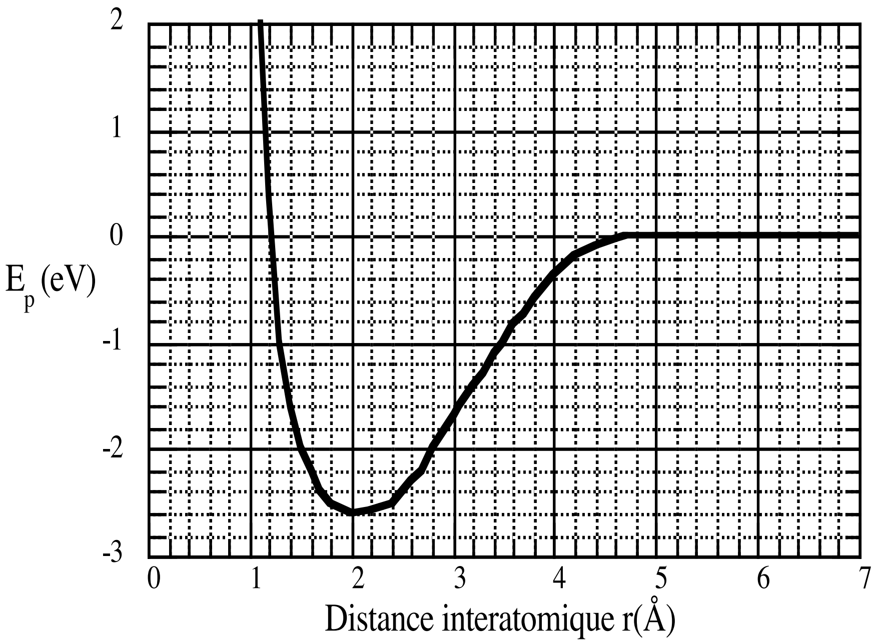



Figure 1

1°) a) A quelle distance les deux atomes A et B doivent-ils s'approcher pour que les forces interatomiques commencent à se faire sentir ? Quelle est la distance interatomique $r_e$ à laquelle le système resterait en équilibre stable ?
b) Ecrire la relation vectorielle qui exprime le fait que la force **f** entre les deux atomes dérive de $E_p(r)$. Estimer graphiquement le module de la force entre les deux atomes quand leur distance est de 3 Å. Préciser s'il s'agit, pour cette distance, d'une force attractive ou répulsive. Donner sa valeur en Newton. On rappelle que 1 eV = 1,6. $10^{-19}$ J et que 1Å = $10^{-10}$ m.

2°) Le système A + B est isolé. Initialement les deux atomes sont à une distance supérieure à 5 Å et se dirigent l'un vers l'autre le long de l'axe qui joint leurs centres, avec une énergie cinétique totale de 0,1 eV.

a) Quelle est l'énergie mécanique totale du système ?

b) Décrire l'évolution du système pendant cette collision. A quelle distance interatomique le système possède-t-il une énergie cinétique maximale ? Quelle est la valeur de ce maximum ?

c) Quelle est la distance minimum d'approche de A et B ?

d) Quelle est l'énergie cinétique du système longtemps après la collision ?

[4] Energie potentielle de deux billes électrisées

Deux billes métalliques identiques, de masse m=3,6 g et de diamètre 2R=1 cm, sont placées au contact, l'une (2) au dessus de l'autre (1) dans un tube vertical parfaitement isolant. La bille numéro 1 est irradiée par un faisceua d'électrons à travers une ouverture latérale.

Les électrons qui atteignent la bille (1) se répartissent en quantités égales sur les surfaces des deux billes tant que celles-ci sont en contact, puis ensuite uniquement sur (1).

En ce qui concerne les interactions électriques, on admettra, en première approximation, que les billes se comportent comme si leurs charges étaient entièrement concentrées en leur centre respectifs. On donne: l'accélération de la pesanteur $g=9{,}8\ ms^{-2}$, de la charge élémentaire $e= 1{,}6.\ 10^{-19}C$ et de la constante de l'électricité $K=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9.10^{9}$S.I.

1) Au bout d'un certain temps d'irradiation, la bille (2) décolle de la bille (1). Expliquer pourquoi. En supposant que tous les électrons sont captés par les billes, quelles sont, au moment du décollement, les charges $q_1 = q_2$ des deux billes ?

2) Une fois que les deux billes sont séparées, la bille (1) continue à se charger. On arrête l'irradiation lorsque les charges des deux billes valent respectivement $q'_1 = -2{,}5.\ 10^{-6}$ C et $q'_2 =-2.10^{-8}$ C. Exprimer l'énergie potentielle du système en fonction de la cote z du centre de la bille (2). On donne $\sqrt{5} = 2{,}24$. On tracera sommairement un graphe des variations de $E_p(z)$.