COURS SAINTE MARIE DE HANN
1ère S

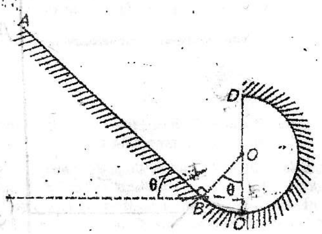
http:// www.mariste.sn
Email : mariste@mariste.sn
Tel : 832 08 29
B.P : 98 DAKAR SENEGAL

PHYSIQUE

ENERGIE POTENTIELLE
THEOREME DE L'ENERGIE MECANIQUE
APPLICATIONS

1

Une piste verticale est formée d'une partie rectiligne AB de longueur $AB = 1{,}00$ m, inclinée d'un angle $\theta = 45°$ sur l'horizontale et d'une partie circulaire BCD raccordée tangentiellement en B à AB, de rayon $R = 20{,}0$ cm.
Un chariot de masse $m = 200$ g, de dimensions négligeables, est abandonné en A sans vitesse initiale.



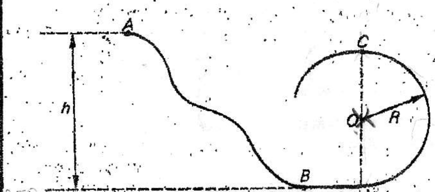
1° Calculer l'énergie mécanique du chariot en A. On choisit l'origine des altitudes en C. On prend également C comme position de référence pour l'énergie potentielle de pesanteur.

2° En supposant les frottements négligeables, quelle sera la vitesse du chariot en D?

3° On constate qu'en D le chariot n'a que la moitié de la vitesse précédente. En déduire la perte d'énergie mécanique du chariot entre A et D. On suppose que cette perte est due à des frottements. Calculer la valeur supposée constante de la force de frottement qui s'exerce sur le chariot entre A et D.

2

Dans une fête foraine, un wagonnet se déplace sur la piste d'une montagne russe, sous l'action de son poids. On l'assimile à un point matériel de masse m glissant sans frottement sur son support.
On donne $h = 8$ m et $R = 3$ m.

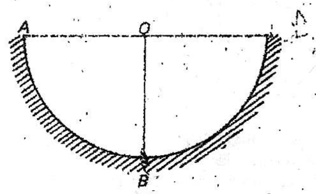


1° Le wagonnet possède en A une vitesse $v_A = 1\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. Calculer sa vitesse en B.

2° Il effectue ensuite une portion de boucle circulaire contenue dans un plan vertical. Calculer la vitesse du wagonnet en C.

3

Un solide ponctuel (S) est abandonné sans vitesse initiale en un point A de la surface intérieure d'une demi-sphère creuse de centre O. Les points A et O sont sur une même horizontale. Le rayon intérieur de la demi-sphère est $R = 10{,}0$ cm. On suppose que (S) glisse sans frottement.



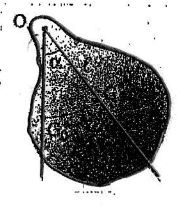
1° Quelle est la vitesse de (S) lorsqu'il atteint le point B situé au fond de la demi-sphère?

2° En quel point C, le solide (S) remonte-t-il après avoir dépassé le point B?

3° Après avoir atteint C, quel est le mouvement de (S)? Montrer que (S) oscille continuellement entre deux positions extrêmes, que l'on précisera.

4

Un solide volumineux de masse $m = 10$ kg peut tourner autour d'un axe horizontal (Δ) représenté par le point O dans un plan de coupe. La distance de O au centre d'inertie G du pendule est $\ell = 50$ cm. Lorsque le solide est au repos, le centre d'inertie est en G_0 sur la verticale passant par O.



On repère la position du solide au cours du mouvement par l'angle α formé par les droites (OG) et (OG_0).
On lâche le solide sans vitesse initiale depuis la position repérée par $\alpha = 90°$.

G_0 est choisi comme origine des altitudes et comme position de référence de l'énergie potentielle.

a. Exprimer l'altitude z du centre d'inertie en fonction de ℓ et α.

b. Donner l'expression de l'énergie potentielle du solide. La calculer pour $\alpha = 90°$, $\alpha = 45°$ et $\alpha = 0$.

c. Tracer le graphe de la fonction $E_p(\alpha)$ en choisissant une dizaine de valeurs de l'angle α comprises entre $-90°$ et $+90°$.

d. Les frottements sont si faibles que l'on peut considérer la somme $E_c + E_p$ comme constante au cours du mouvement. Tracer le graphe représentant l'énergie cinétique du solide en fonction de l'angle α.

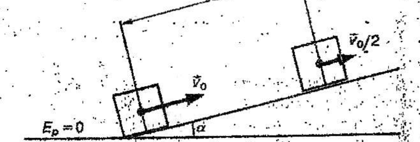
5

Un solide de masse $M = 0{,}5$ kg aborde un plan incliné avec la vitesse $v_0 = 5\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

1. **B2.** Quelle est son énergie cinétique au bas de la pente? Quelle est alors son énergie mécanique si on choisit comme état de référence pour l'énergie potentielle ($E_p = 0$), la position la plus basse que peut prendre le solide?

2. **B2.** Le plan est incliné de $\alpha = 10°$ sur l'horizontale (fig. 10) et la force de frottement $\vec{f}$ qui s'exerce sur le solide en mouvement est :
— parallèle au plan incliné;
— en sens inverse du mouvement;
— d'intensité $f = 1{,}2$ N.

Fig. 10.



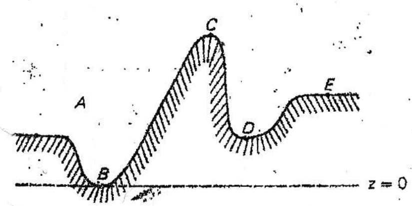
a) **B2.** En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, calculer la distance ℓ parcourue par le solide le long du plan incliné lorsque sa vitesse devient égale à $v_0/2$.

b) **B2.** Calculer pour le solide et à l'instant où sa vitesse vaut $v_0/2$:
— son énergie cinétique;
— son énergie potentielle;
— son énergie mécanique. Conclure.

6

Une piste a la forme représentée par la figure. Les altitudes des différents points notés par rapport au plan horizontal passant par le point le plus bas B sont les suivantes :

$z_A = 5$ m, $z_c = 15$ m, $z_D = 5$ m, $z_E = 10$ m.



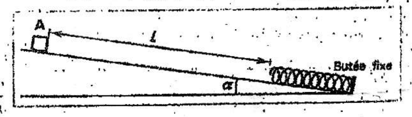
1° Avec quelle vitesse minimale faut-il lancer en A un solide (S) quasiponctuel pour qu'il puisse atteindre E en suivant la piste?
Évaluer la vitesse de (S) en E pour cette vitesse minimale en A.

2° On communique, en A, au solide (S) une vitesse deux fois plus importante que la vitesse minimale précédente. Quelle sera alors sa vitesse en C, D et E?

3° On communique, en A, au solide (S) une vitesse deux fois plus petite que la vitesse minimale calculée à la question 1°. Préciser l'altitude du point B' de BC où le solide (S) s'arrête avant de rebrousser chemin.
Dans tout l'exercice, on suppose que les frottements sur (S) sont négligeables.

7

Un corps A, de masse m, peut glisser sans frottements le long d'un plan incliné d'un angle α sur le plan horizontal. Il part du repos et après un parcours de longueur l (*fig. 8.19*) il comprime un ressort de masse négligeable, dont l'axe est parallèle au plan incliné et le coefficient de raideur K.



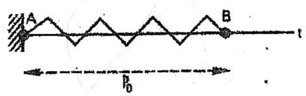
a) Considérant le système (A + ressort) dans le champ de pesanteur, chercher sans calculs, les transformations d'énergie pendant sa déformation.

b) Le raccourcissement maximal du ressort est a. En appliquant au système le principe de conservation de l'énergie mécanique totale, établir l'équation permettant de calculer a en fonction de m, l, K et α.

c) Application numérique :
$m = 100$ g, $K = 100$ S.I., $\alpha = 30°$, $g = 10$ S.I., $l = 20$ cm.

N. B. : Les spires du ressort ne deviennent jamais jointives.

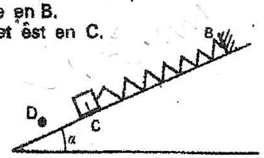
(8) Un ressort parfait de raideur k (spires non jointives, masse négligeable), enfilé sur une tige horizontale est fixé en son extrémité A. A l'autre extrémité B est attaché un objet de masse m, supposé ponctuel et coulissant sans frottements sur la tige. A l'équilibre, la longueur du ressort est l_0.



- Le ressort est étiré. L'allongement est a. Quelle est l'énergie mécanique du système ressort-masse ?
- On lâche l'objet. Quelle est sa vitesse lorsqu'il repasse à sa position d'équilibre ?
- Déterminer la position extrême de l'objet après qu'il ait dépassé le point B, position d'équilibre.
- Représenter graphiquement les variations de l'énergie potentielle du système au cours des oscillations de l'objet.
- Déterminer graphiquement la valeur de l'énergie cinétique de l'objet pour les positions x_1, x_2, x_3.

Données numériques : $a = 5{,}0.10^{-2}$ m; $k = 1{,}0.10^2$ N.m^{-1}; $m = 2{,}0.10^{-1}$ kg; $x_1 = -0{,}50.10^{-2}$ m; $x_2 = 2{,}0.10^{-2}$ m; $x_3 = -4{,}0.10^{-2}$ m.

(9) Sur un plan incliné d'un angle α sur l'horizontale un objet de masse m, supposé ponctuel peut se déplacer sans frottement. Il est accroché à l'extrémité libre d'un ressort parfait de raideur k, dont l'autre extrémité est fixée en B.
A l'équilibre l'objet est en C.



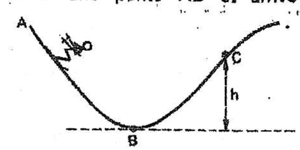
On exerce une force parallèle à la pente pour amener l'objet en D.

- Quels sont les types d'énergie potentielle mis en jeu ?
- Quelle est la variation totale d'énergie potentielle au cours du déplacement de C et D ?

Données numériques : $k = 50$ N.m^{-1}; $m = 5{,}0$ kg; CD = 10,0 cm; $\alpha = 30°$; $\|\vec{g}\| = 10$ N.kg^{-1}.

(10) Un skieur de masse m, descend une pente AB et arrive en B avec une vitesse $\vec{v}$.

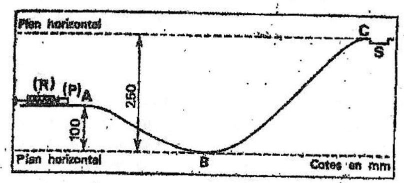
Il aborde à cette vitesse une montée. Sa vitesse s'annule en un point C. La différence d'altitude entre les points B et C est h.



- Calculer la variation d'énergie mécanique du système skieur-Terre, lorsque le skieur se déplace en B en C.
- Quels sont les transferts d'énergie qui se produisent au cours de ce déplacement ?

Données numériques : $\|\vec{g}\| = 10$ N.kg^{-1}; $m = 80{,}0$ kg; $\|\vec{v}\| = 80$ km.h^{-1}; $h = 20$ m.

(11) Un jeu d'enfant consiste, grâce au ressort (R), d'axe horizontal, que l'on comprime plus ou moins, à propulser un petit palet (P) sur la piste ABC, de façon à le loger dans la case qui est en S (*fig. 8.14*). Le palet, assimilable à un point matériel de masse $m = 60{,}0$ g, est guidé sans frottement sur sa trajectoire, entièrement située dans un plan vertical.



a) Quelle énergie W faut-il fournir pour que le palet arrive en S, avec une vitesse nulle ?

b) Le ressort, de masse négligeable, a une constante de raideur $K = 160$ S.I. Quel doit être son raccourcissement x ? $g = 9{,}80$ N·kg^{-1}.

N. B. : Pendant la déformation du ressort, les spires ne sont jamais jointives.

(12) Une barre de masse négligeable, de longueur $AB = 2\ell = 1$ m, est mobile sans frottement autour d'un axe horizontal Δ qui la traverse en son milieu.

Le mouvement s'effectue dans le plan vertical (fig. 15).

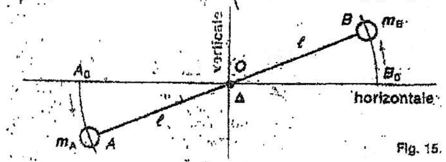


Fig. 15.

La barre porte, au voisinage immédiat de ses extrémités, deux masses de petites dimensions : $m_A = 400$ g et $m_B = 100$ g. On la lâche sans vitesse dans la position horizontale A_0B_0 où son énergie potentielle est nulle.

a) **C1.** Calculer le travail W effectué par les poids des masses lorsque la barre passe de la position A_0B_0 à la position A_1B_1 où AB est verticale.

b) **B3.** Calculer, lors du passage en A_1B_1 :

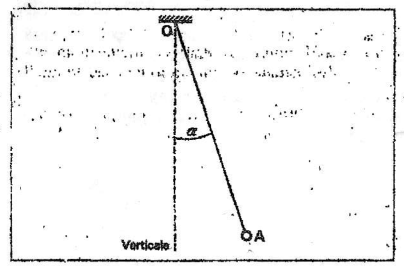
— l'énergie potentielle du système;

— son énergie cinétique;

— la vitesse du point A.

c) **B3.** Mêmes questions qu'au *b*) lors du passage par la position AB caractérisée par l'angle θ. On donnera la vitesse du point A en fonction de θ, ℓ et des masses.

(13) Une bille A, assimilable à un point, de masse m, est attachée à l'extrémité d'un fil de longueur l et de masse négligeable. L'autre extrémité du fil est fixée en O (*fig. 8.13*).



a) On écarte le fil OA d'un angle α à partir de la verticale, puis on le lâche.
Quelle est, au passage par la verticale, la diminution d'énergie potentielle de la bille dans le champ de pesanteur ?

b) Exprimer, à ce même instant, le module v de la vitesse de la bille. Représenter $\vec{v}$. Quelle est alors la vitesse angulaire ω ?

c) Application numérique avec :

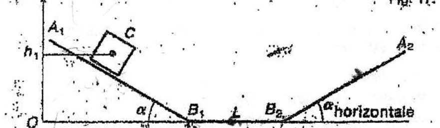
$m = 10$ g, $l = 0{,}80$ m, $\alpha = 70°$
$g = 10$ N·kg^{-1}.

(14) Un petit cube C, de masse $m = 1$ kg, glisse le long du profil $A_1B_1B_2A_2$ représenté à la figure 17.

Les plans A_1B_1 et A_2B_2 sont inclinés du même angle $\alpha = 30°$ sur l'horizontale; les déplacements du cube s'y effectuent sans frottement. Sur la partie horizontale B_1B_2, de longueur $L = 2$ m, le cube est soumis à une force de frottement constante $f = 3{,}92$ N, parallèle au déplacement mais de sens opposé.

On lâche le cube sans vitesse sur le plan A_1B_1 d'une position où son centre d'inertie est situé à la hauteur $h_1 = 1$ m au-dessus du niveau B_1B_2.

Fig. 17.



a) **A1.** En prenant l'énergie potentielle du cube égale à zéro lorsqu'il est en contact avec la partie B_1B_2, calculer, au départ du mouvement :

— son énergie potentielle;

— son énergie mécanique E_1.

b) **B2.** Calculer l'énergie mécanique E_2 du cube lorsqu'il arrive en B_2. Quelle est alors sa vitesse?

c) **B2.** A quelle hauteur h_2 le mobile va-t-il faire demi-tour, le long du plan B_2A_2?

d) **C1.** Montrer, qu'au retour, le cube s'arrête. Préciser la position de ce point d'arrêt.

Quelle est alors son énergie mécanique E_3?

15 Un petit cube *C*, de masse $m = 2$ kg, glisse à la vitesse $v = 10\ m \cdot s^{-1}$ sur un plan horizontal $x'x$ parfaitement lisse (fig. 16).

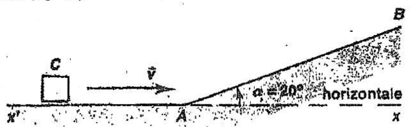


Fig. 16.

Il aborde en *A* une montée *AB*, inclinée d'un angle $\alpha = 20°$ sur l'horizontale, le long de laquelle il se déplace en étant soumis à une force de frottement d'intensité $f = 1{,}96$ N, parallèle au déplacement mais de sens opposé.

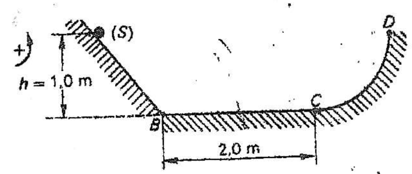
a) **B2.** L'énergie potentielle du cube est nulle lorsqu'il est en contact avec le plan horizontal $x'x$.

Calculer son énergie mécanique lorsqu'il se déplace entre x' et *A*.

b) **B2.** Quelle distance *L* le cube parcourt-il le long de *AB* avant de faire demi-tour? Quelle est alors la valeur de son énergie mécanique?

c) **C1.** Avec quelle vitesse le cube repasse-t-il au point *A*? Quelle est sa nouvelle énergie mécanique?

16 **Un solide (*S*) de masse $m = 2{,}0$ kg descend un plan incliné poli (frottements négligeables) d'une hauteur $h = 1{,}0$ m en partant sans vitesse initiale. Arrivé au bas du plan incliné, il rencontre un plan rugueux horizontal *BC* où il est soumis à une force de frottement d'intensité constante $f = 6{,}0$ N. En *C*, il monte sur une surface courbe *CD* polie. La longueur du parcours *BC* est 2,0 m. On néglige les dimensions du solide (*S*).**



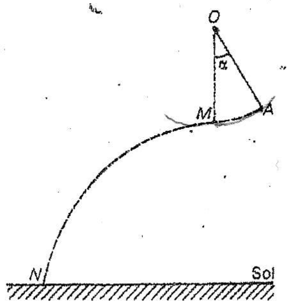
1° Quelle est la vitesse de (*S*) en *B*?

2° Quelle est la vitesse de (*S*) en *C*?

3° A quelle hauteur (*S*) remonte-t-il sur la surface *CD*?

4° A quel endroit (*S*) va-t-il finalement s'arrêter?

17 Un pendule simple est formé d'une bille, assimilable à un point matériel, qui est suspendue à l'extrémité d'un fil inextensible *OA* de longueur $l = 75$ cm.
Le fil est accroché par son autre extrémité en un point fixe *O*. On écarte le pendule de sa position d'équilibre d'un angle $\alpha = 30°$ et on l'abandonne sans vitesse initiale. On néglige tout frottement.



1° Déterminer :

a) la vitesse de la bille lors du passage par la position d'équilibre *M*;

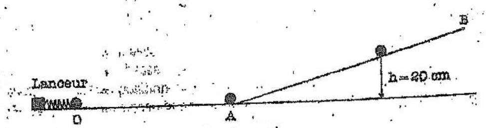
b) l'angle α' dont s'écarte le fil par rapport à la position d'équilibre après avoir dépassé celle-ci.

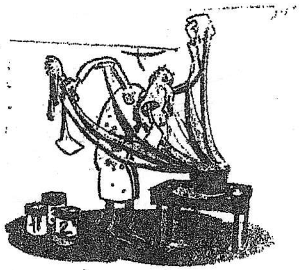
2° On recommence l'expérience précédente, mais cette fois le fil casse lors du passage par la position d'équilibre.
Quelle est la vitesse de la bille lorsqu'elle atteint le sol au point *N*? Le point *O* est à 2 m au-dessus du sol.

18 Une bille que l'on assimilera à un point matériel de masse $m = 50$ g est propulsée par un lanceur qui lui communique une énergie de 0,125 J. Elle remonte sur le plan AB jusqu'à la hauteur $h = 20$ cm.

1. Le système (préciser) est-il conservatif?

2. Est-il possible de calculer la vitesse de la bille en A? Si oui, la calculer.





19 Un solide (*S*) de masse $m = 100$ g, de dimensions négligeables, peut glisser dans une gouttière *ADB* dont le plan de symétrie est vertical et qui est formée d'une partie inclinée *AD* et d'une partie circulaire *DB* de rayon $r = 50$ cm.
$\widehat{AOD} = \alpha = 60°$ (*fig.* 1).

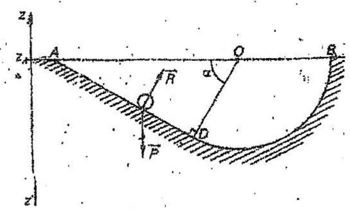


FIG. 1.

1° (*S*) est abandonné en *A* sans vitesse initiale, à quel niveau remonterait-il si les frottements étaient négligeables?

2° On constate que (*S*) remonte jusqu'en *C* tel que $\widehat{BOC} = \beta = 30°$.
En déduire le travail des forces de frottement entre *A* et *C* et la valeur moyenne f_m de ces frottements.

$g = 9{,}8\ m \cdot s^{-2}$.

20 ***Vitesse de libération d'un satellite.***

On suppose dans cette partie que $\vec{g}$ a une norme constante, que les frottements sont négligeables.

1° On lance un projectile de masse *m* avec une vitesse verticale $\vec{v}_1$ d'une altitude z_1 par rapport au sol. Quelle est la vitesse $\vec{v}_2$ du projectile à l'altitude z_2?
En fait $\|\vec{g}\|$ varie avec l'altitude suivant

$$\|\vec{g}\| = \|\vec{g}_0\| \cdot \frac{R^2}{(R+z)^2}.$$

$\|\vec{g}_0\|$ étant la norme de $\vec{g}$ au niveau du sol, R le rayon de la Terre, z l'altitude de l'objet par rapport à la surface du sol.
On peut alors définir une énergie potentielle de pesanteur d'un objet de masse *m*

$$E_p = -\frac{m\|\vec{g}_0\|R^2}{(R+z)},$$

les frottements sont toujours négligés.
2° Quelle référence ($E_p = 0$) a-t-on choisi?
3° On appelle vitesse de libération, la vitesse minimale qu'il faut communiquer à un objet pour qu'il s'échappe de l'attraction terrestre.
***a*) Écrire que l'énergie mécanique totale d'un objet est constante.**
***b*) Que vaut E_p à l'infini?**
***c*) En supposant que la vitesse de l'objet est nulle à l'infini calculer la vitesse de libération de l'objet de la surface de la Terre.**
$\|\vec{g}_0\| = 9{,}8$ unités SI, R = 6400 km.

21 ***Rentrée d'un satellite dans l'atmosphère.***

Un satellite de masse *m* qui gravite autour de la Terre sur une orbite circulaire, de rayon *r* possède une énergie potentielle de gravitation

$$E_p = -m\|\vec{g}\|r,$$

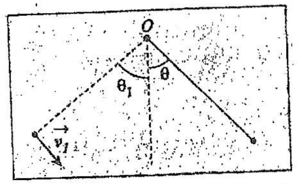
où $\|\vec{g}\|$ est la valeur de l'attraction terrestre à l'altitude où se trouve le satellite. (La référence est $E_p = 0$ à l'infini.)
La vitesse du satellite est donnée (programme de terminale) par

$$\vec{v} = \sqrt{r\|\vec{g}\|}.$$

1° Calculer l'énergie mécanique totale du satellite lorsqu'il est sur une orbite de rayon *r*.

2° Par suite de frottement du satellite sur les couches (très raréfiées) de l'atmosphère, le satellite voit son altitude varier très légèrement.
***a*) Comment varie en présence de frottement l'énergie mécanique totale d'un système?**
***b*) Qu'en résulte-t-il pour le satellite? Son altitude augmente-t-elle ou diminue-t-elle?**
Que fait son énergie cinétique?

22 Une petite bille *S quasi* ponctuelle, de masse $m = 200$ g, est accrochée à un point fixe *O* par un fil inextensible, de masse négligeable, de longueur $L = 80$ cm. L'ensemble constitue un pendule simple.



On repère sa position par l'angle θ que fait le fil avec la verticale passant par *O*.
Le fil est écarté vers la gauche et lancé vers la droite avec une vitesse initiale v_1. Lorsque $\theta_1 = 30°$, la vitesse initiale vaut $v_1 = 1{,}5\ m \cdot s^{-1}$, le fil étant tendu.

— a) **B2.** Calculer l'énergie mécanique E_{m_1} et justifier que l'énergie mécanique se conserve.

— b) **B2.** Déterminer l'angle maximum θ_m de remontée.

Quel est le mouvement ultérieur du pendule ?

— c) **C1.** Quelle vitesse initiale v_1' devrait-on communiquer à *S* lorsque $\theta = \theta_1$ pour que la bille arrive à la verticale ($\theta = 180°$) avec une vitesse $v = 5\ m \cdot s^{-1}$ (le fil reste alors toujours tendu) ?

Quel est le mouvement ultérieur du pendule ?

RÉPONSE PARTIELLE : — b) $\theta_m = 43{,}7°$.