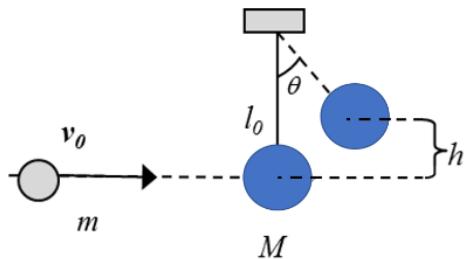
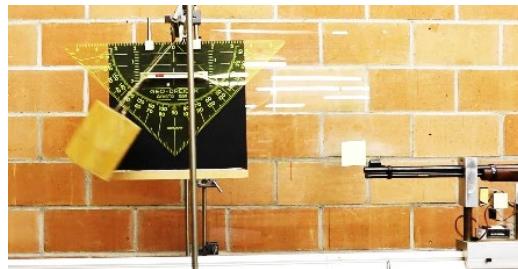


## Série 8

### Exercice S8E1\* (10 min) : Le pendule balistique



La police scientifique cherche à mesurer la vitesse  $v_0$  d'une balle tirée d'un fusil à une distance de 20 cm. Pour cela, on place un bloc en bois suspendu à un fil non extensible. La balle, une fois tirée, se loge dans le bloc, qui sous l'effet du choc remonte à la hauteur maximum  $h$ . L'angle  $\theta$  que forme alors le fil avec la verticale permet de mesurer la vitesse de la balle (on suppose la trajectoire de la balle horizontale). La masse du bloc est  $M$  et celle de la balle  $m$ . La longueur du fil est  $l_0$ . *On considérera les objets comme des points matériels.*

-  a) Trouvez la vitesse  $\vec{v}_b$  du système « bloc + projectile » juste après le choc.
- b) Calculez la hauteur  $h$  à laquelle le système « bloc + projectile » remonte en fonction de  $v_0$ .
- c) Exprimez la vitesse initiale  $v_0$  de la balle en fonction de l'angle  $\theta$ .

### Exercice S8E2\*\* (35 min) : Carreaux sur deux palets (Examen 2018)

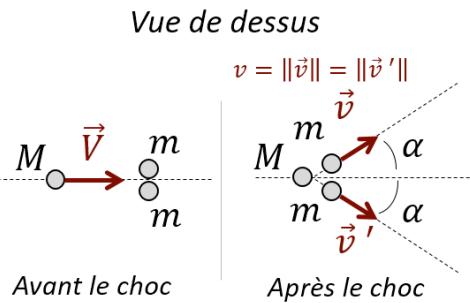
Dans ce problème, on cherche des conditions de «carreau» lors d'un choc. On dit qu'il y a «carreau» lorsqu'un palet lancé contre un (ou plusieurs) palets reste immobile après le choc.

*Difficulté des exercices : \* facile ; \*\* moyen (niveau examen) ; \*\*\* difficile*

Le temps est indicatif et correspond au temps considéré en conditions d'examen

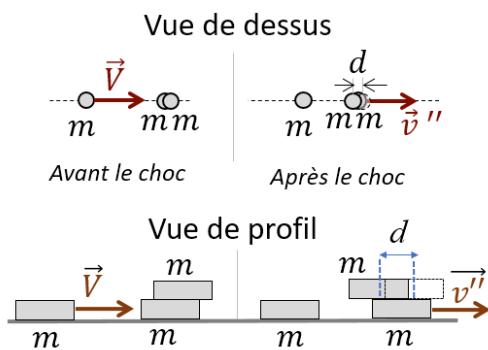
On fait les expériences sur une table à coussin d'air parfaitement horizontale ; les palets (des cylindres plats) y glissent sans aucun frottement. Le champ de gravitation est  $g$ . On considère les palets comme des objets solides sans rotation.

a) «Carreau» sur deux palets



On lance un palet de masse  $M$  contre deux palets de même masse  $m$ . Ces deux palets sont disposés symétriquement, de sorte qu'après le choc, ils partent de chaque côté avec une vitesse de même norme  $v$  et faisant le même angle  $\alpha$  avec la direction du lancer (schéma ci-contre). Le choc étant élastique, quelle est la valeur de la masse  $m$  pour qu'il y ait « carreau » ? On exprimera  $m$  en fonction des données du problème.

b) « Carreau » sur deux palets superposés



On empile maintenant les palets cibles, de même masse  $m$ , comme indiqué sur le schéma ci-contre : avant le choc, le palet supérieur est légèrement décalé sur la droite par rapport à celui du dessous. Il y a un frottement solide entre ces deux palets, avec  $\mu_d$  le coefficient de frottement dynamique. On lance contre l'empilement un palet de masse  $m$  à la vitesse  $\vec{V}$  et on constate que c'est à nouveau un « carreau ». Après le choc, les deux palets cibles sont toujours empilés et se déplacent tous les deux à la vitesse  $v''$  dans la direction du

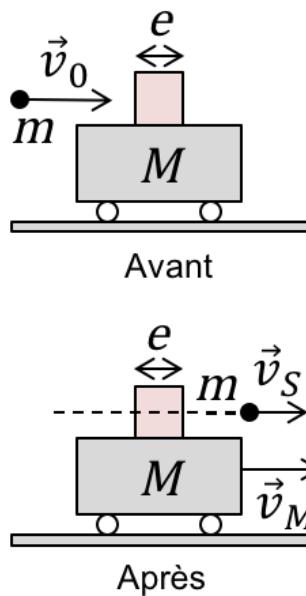
Difficulté des exercices : \* facile ; \*\* moyen (niveau examen) ; \*\*\* difficile

Le temps est indicatif et correspond au temps considéré en conditions d'examen

lancer. On observe aussi que le palet supérieur s'est décalé vers la gauche d'une distance  $d$  par rapport à sa position initiale sur le palet inférieur.

- Exprimez  $v''$  en fonction des données du problème.
- Le choc est-il élastique ? Quelle est l'énergie dissipée  $\Delta E$  ?  $\Delta E$  sera exprimée en fonction des données du problème.
- Déterminez le coefficient de frottement dynamique  $\mu_d$  en fonction des données du problème.

### Exercice S8E3\*\*(\*) (40 min) : Étude du coefficient de viscosité (extrait examen)



On souhaite mesurer le coefficient de viscosité  $\eta$  d'un matériau lorsque ce dernier est traversé par une balle (de facteur de forme  $K$  connu). Pour ce faire, on imagine un système constitué d'un bloc de ce matériau fixé sur un chariot roulant sans frottement (voir schéma). L'idée est de déduire le coefficient de viscosité à partir de la mesure de la vitesse du chariot, ce qui est plus facile que de déterminer la vitesse de la balle à la sortie du bloc. L'ensemble bloc + chariot est de masse  $M$ . Le bloc a une épaisseur  $d$ . La balle arrive avec une vitesse  $v_0$  qui est horizontale par rapport au sol. La balle a une masse  $m$ . La force de frottement fluide en régime laminaire s'écrit  $\vec{F}_f = -K\eta\vec{v}$ . On néglige la pesanteur dans ce problème.

- On cherche tout d'abord à calculer la vitesse de la balle à la sortie du bloc. On fait l'approximation que la vitesse du chariot est négligeable devant celle de la balle (le chariot



est considéré comme fixe dans ce cas). Exprimez la vitesse  $v_S$  de la balle à la sortie du bloc sachant qu'elle subit à l'intérieur de celui-ci un frottement fluide laminaire de type  $\vec{F}_f = -K\eta\vec{v}$ .

- b) La vitesse  $v_M$  du chariot, bien que faible, peut être mesurée précisément. Déterminez  $v_M$  en fonction de  $v_0, v_S, m$  et  $M$ .
- c) Trouvez l'expression du coefficient de viscosité  $\eta$  en fonction de  $v_M, K, d$  et  $M$ .

## Exercice S8E4\* (25 min) : Ressort oscillant vertical

On considère le montage suivant : une masse  $m$  est accrochée à un ressort, lui-même suspendu au plafond. Le ressort a une constante de raideur  $k$  et une longueur au repos  $l_0$ .

*On prendra un repère avec un axe orienté vers le bas, l'origine étant fixée à l'extrémité libre du ressort (sans la masse).*

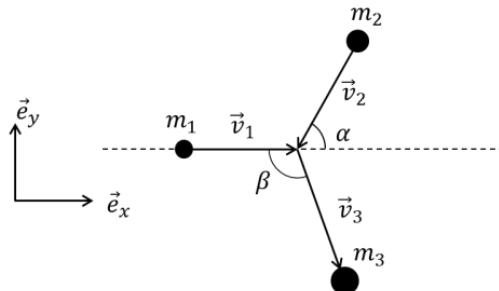


- a) On accroche la masse. Quel est l'allongement  $d_0$  du ressort quand il est immobile ?
- b) Maintenant, on tire la masse vers le bas d'une distance  $x_0$  par rapport à sa position d'équilibre et on la lâche sans vitesse.
  - i. Déterminez l'équation différentielle de mouvement de deux manières différentes
    1. En utilisant les forces
    2. En considérant l'énergie mécanique du système.
  - ii. Résolvez l'équation différentielle du mouvement et montrez que le système oscille autour de la position d'équilibre  $d_0$ .

\* \* \* \* \*

*Exercices supplémentaires*

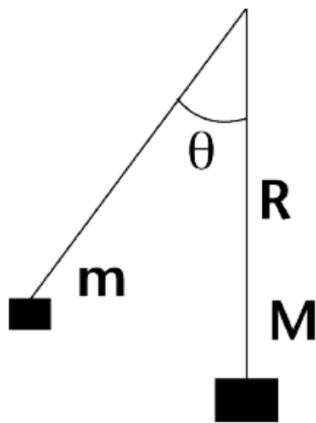
**Exercice S8ES1\*(\*)(20 min) : Lutte suisse**



Soient deux lutteurs suisses de masse  $m_1$  et  $m_2$ . Les deux combattants se percutent avec des vitesses  $\vec{v}_1$  et  $\vec{v}_2$  et restent accrochés l'un à l'autre après le choc (schéma ci-dessous).

- Déterminez la quantité de mouvement des deux lutteurs avant le choc.
- Déterminez la vitesse  $\vec{v}_3$  (norme et angle  $\beta$ ) des deux lutteurs après le choc.
- Calculez l'énergie dissipée lors du choc. Pour quelle valeur de  $\alpha$  l'énergie dissipée est-elle maximale ?

## Exercice S8ES2\*\* (20 min) : Choc entre deux pendules

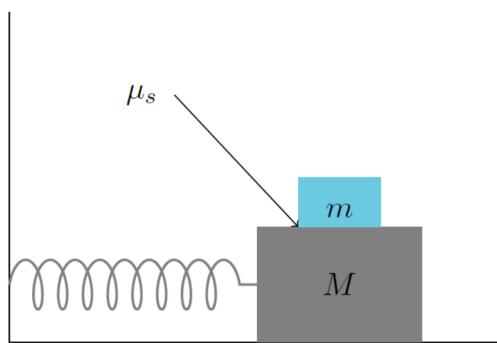


Deux masses ( $M$  et  $m = \frac{M}{2}$ ) sont accrochées à des fils de longueur  $R = 30$  cm. On lâche  $m$  lorsque le fil fait un angle de  $60^\circ$  avec la verticale.

Le choc est élastique. Que se passe-t-il?

- a) À quelle hauteur arrive  $M$  ? De quel côté?
- b) À quelle hauteur arrive  $m$  ? De quel côté?

## Exercice S8ES3\*\* (15 min) : Condition de stabilité



Une masse  $M$  est fixée à un ressort et peut glisser sans frottement sur le sol horizontal. Elle effectue donc des oscillations harmoniques simples à une fréquence  $f$ . Au-dessus, un bloc de masse  $m$  est posé et des frottements secs sont présents entre les masses  $m$  et  $M$  avec un coefficient de frottements statique  $\mu_s$ .

Quelle est l'amplitude maximale des oscillations que le système peut avoir pour que le bloc de masse  $m$  ne glisse pas sur le bloc de masse  $M$  ?