# TP Pendule balistique

## a) Principe

En 1742, Benjamin Robins mit au point le pendule balistique. Ce dispositif a pour but de mesurer la vitesse d'une balle de fusil. Le projectile de masse m est lancé vers un pendule de masse M initialement immobile. En pénétrant dans le pendule, le projectile fait monter l'ensemble d'une hauteur h. Il est alors possible de déterminer la vitesse initiale du projectile en mesurant la valeur de h.

La quantité de mouvement avant le choc vaut:

**(1)** $\quad \mathbf{p = m \cdot u}$

Immédiatement après le choc la quantité de mouvement vaut :

**(2)** $\quad \mathbf{p' = (m+M) \cdot V}$

La **quantité de mouvement sera conservée lors du choc mou** où la masse m va s'encastrer dans le pendule de masse M.

Comme p=p' on obtient:

(3) $\quad \boldsymbol{u = \frac{(m+M) \cdot V}{m}}$

L'énergie cinétique de l'ensemble m+M immédiatement après la collision se transforme en énergie potentielle gravitationnelle lorsque l'ensemble atteint une hauteur resp. un angle θ maximal.

La hauteur atteinte vaut :

**(4)** $\quad \mathbf{h = L - L \cdot \cos\theta = L\,(1-\cos\theta)}$

La conservation de l'énergie donne :

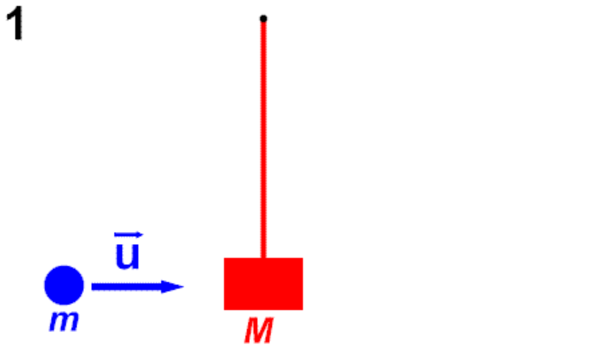
(5) $\boldsymbol{\frac{1}{2} \cdot (m+M) \cdot V^2 = (m+M) \cdot g \cdot h}$

En simplifiant et en appliquant (4) et (3) on a

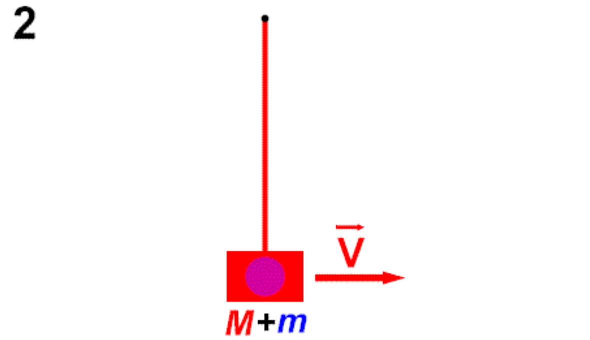
$\boldsymbol{V = \sqrt{2gL(1-cos\theta)}}$

et finalement

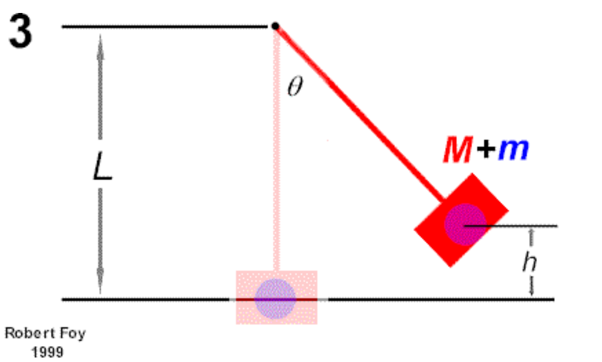
(F) $\boldsymbol{u = \frac{m+M}{m} \sqrt{2gL(1-cos\theta)}}$




Le projectile se dirige vers le pendule à une vitesse horizontale de grandeur u.




Le projectile a été ralentit par le pendule et l'ensemble possède alors une vitesse horizontale de grandeur V.




L'ensemble atteint une hauteur maximale h (en s'immobilisant pendant un bref instant) avant de redescendre.

**Rem : Dans le cas (3) du choc élastique le pendule monte avec sa masse propre M sans bille.**

## b) Mesures et exploitation

**(1) Mesures préliminiaires dur le pendule**

M= … kg M'= M +0,05 = ………. kg (avec 50g supplémentaires)

Déterminer ensuite la masse de chaque bille

$m_1$= ……… kg (plastique)

$m_2$= ……… kg (acier)

et la position du centre de masse par rapport à l'axe du pendule sans et avec la bille encastrée

$L_0$= 0,25 . m (sans bille) $L_0$'= m (avec 50g supplémentaires)

$L_1$=…….. m (avec bille en plastique)

$L_2$=…….. m (avec bille en acier)

Suspendre le corps avec un fil indiquant la verticale. Expliquer avec photo.

Remarque : Répéter chaque tir 2 fois pour augmenter la fiabilité.

**(2) Vitesse d'impact choc mou balle encastrée (photo 2)**

Mesures de l'angle de déviation maximale et calcul de la vitesse d'impact u selon (F)

Bille en plastique Bille en acier

| pos. | θ (°) | $u_{bal}$ (m/s) | $u_{chr}$(m/s) | écart % | θ (°) | $u_{bal}$ (m/s) | $u_{chr}$(m/s) | écart % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |

Mesure directe de la vitesse par chronométrage PASCO (photo 3). Indiquer le diamètre des billes $d_1$= $d_2$=……… m dans les constantes du capteur afin d'afficher la vitesse.

**(3) Transmission d'énergie choc mou et choc avec rebondissement (photo 4)**

Comparer l'énergie cinétique $E_c$=½·m·$u^2$ avant l'impact

- à l'énergie du pendule avec balle après choc mou : $E_p=(m+M)\cdot g\cdot L_i(1-\cos\theta)$
- à l'énergie du pendule sans balle après choc élastique : $E_p=M\cdot g\cdot L_0\cdot(1-\cos\theta)$

*= recopier les mesures sous (2)

**Bille plastique** choc mou choc élastique

| pos. | *$u_{chr}$(m/s) | $E_c$ (J) | *θ (°) | $E_p$ (J) | $E_c/E_p$ (%) | θ (°) | $E_p$ (J) | $E_c/E_p$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |

**Bille acier** choc mou choc élastique **(pendule +50g)**

| pos. | *uchr(m/s) | $E_c$ (J) | *θ (°) | $E_p$ (J) | $E_c/E_p$ (%) | θ (°) | $E_p$ (J) | $E_c/E_p$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |