SERIE D'EXERCICES N° 19 : CHOC DE DEUX POINTS MATERIELS

On appelle *choc direct* ou de *plein fouet*, un choc au cours duquel les diverses vitesses restent colinéaires.

Le choc est *mou* si les deux points matériels ne forment plus qu'un après le choc. Il n'y a pas conservation de l'énergie cinétique lors d'un choc mou.

Exercice 1 : optimisation de l'énergie transférée par un choc de plein fouet.

1. Décrire des possibilités de réalisation matérielle d'un tel cas.
2. Dans le repère (R) du laboratoire, la particule de masse m_1 est lancée à la vitesse v_1 sur une cible initialement immobile de masse $m_2 = \alpha\, m_1$. En supposant le choc élastique, calculer les vitesses v'_1 et v'_2 après le choc en fonction de α et de v_1 . Commentez les cas limites $\alpha \to 0$ (on pourra faire intervenir le référentiel (R') de vitesse $\overrightarrow{v_1}$ par rapport à (R)) et $\alpha \to \infty$.
3. Exprimer en fonction de α le coefficient de transfert $\eta = K_2 / K_1$, quotient de l'énergie cinétique transférée à la cible par l'énergie cinétique initiale totale. Quelle est la valeur de α qui optimise le transfert ? Déterminer la situation correspondante.

Exercice 2 : choc élastique de deux particules de même masse.

Une particule 1 de vitesse initiale $\overrightarrow{v_1}$ heurte une particule 2 de même masse initialement immobile. Ecrire deux équations qui relient aux données les vitesses $\overrightarrow{v'_1}$ et $\overrightarrow{v'_2}$ après le choc supposé élastique. En déduire que, à part deux cas particuliers dont on analysera le sens physique, les vitesses $\overrightarrow{v'_1}$ et $\overrightarrow{v'_2}$ sont orthogonales. En se référant à l'exemple du billard, expliquer qualitativement pourquoi le problème n'a pas de solution unique.

Exercice 3.

Un neutron (masse m) entre en collision élastique avec un noyau de masse Am , au repos dans le référentiel du laboratoire (R) . Soit θ_B l'angle de diffusion du neutron dans le référentiel barycentrique (B) . On désigne par K l'énergie cinétique dans le référentiel du laboratoire du neutron incident et par K' son énergie cinétique dans ce référentiel après le choc. Calculer K' / K en fonction de A et de θ_B .

Exercice 4 : collision de deux pendules simples.

Deux pendules simples de même longueur l , sont suspendus au même point O . Les billes A_1 et A_2 qui les constituent possèdent les masses m_1 et m_2 , et seront supposées ponctuelles. Au départ, A_1 et A_2 sont en équilibre. On écarte A_1 d'un angle α , puis on l'abandonne sans vitesse initiale.

1. Déterminer les angles d'écart maximum α_1 et α_2 de A_1 et A_2 après le choc, en fonction de α et du rapport des masses $x = m_2 / m_1$:

a) en supposant la collision parfaitement élastique (que se passe-t-il pour $x > 1$; $x = 1$; $x < 1$?) ;
b) si on enduit A_1 et A_2 de glu, de manière à rester collés après la collision (choc mou).

2. Application numérique : $\alpha = 60°$.

a) On se place dans le cas 1.a).
Pour quelle valeur de x les pendules remontent-ils en sens contraire, du même angle que l'on déterminera ?
b) Pour $x = 2$, déterminer les angles d'écart dans les cas 1.a) et 1.b) .

Réponses (les vecteurs sont ici notés en caractères gras).

Exercice 1.

1) Deux chariots sur un banc à coussin d'air.

2) $v'_{2x} = \dfrac{2}{1+\alpha}\, v_{1x}$ et $v'_{1x} = \dfrac{1-\alpha}{1+\alpha}\, v_{1x}$.

Pour $\alpha \to 0$: $v'_{1x} = v_{1x}$ et $v'_{2x} = 2\, v_{1x}$: la particule 1 continue sa course sans être influencée par la particule 2 trop légère, et, dans (R') la particule 1 joue le rôle de mur sur lequel la particule 2 se réfléchit.

Pour $\alpha \to \infty$: $v'_{1x} = - v_{1x}$ et $v'_{2x} = 0$: dans (R) la particule 2 joue le rôle de mur sur lequel la particule 1 se réfléchit.

3) $\eta = \dfrac{4\,\alpha}{(1+\alpha)^2}$ et pour $\alpha = 1$: transfert total.

Exercice 2.

$\mathbf{v_1} = \mathbf{v'_1} + \mathbf{v'_2}$ et $\mathbf{v_1}^2 = \mathbf{v'_1}^2 + \mathbf{v'_2}^2$ donc $\mathbf{v'_1}\,\mathbf{v'_2} = 0$: choc de plein fouet ($\mathbf{v'_1} = \mathbf{0}$) ou tir raté ($\mathbf{v'_2} = \mathbf{0}$) ou vitesses orthogonales.

Exercice 3.

$\dfrac{K'}{K} = \dfrac{1 + 2\,A\cos\theta_B + A^2}{(1+A)^2}$.

Exercice 4.

1.a) $\cos\alpha_1 = 1 - \left(\dfrac{1-x}{1+x}\right)^2 (1-\cos\alpha)$ et $\cos\alpha_2 = 1 - \dfrac{4}{(1+x)^2}(1-\cos\alpha)$. 1.b) $\cos\alpha' = 1 - \dfrac{1}{(1+x)^2}(1-\cos\alpha)$.

2.a) $x = 3$ et $|\alpha| = 29\,°$. 2.b) cas 1.a) $\alpha_1 = -19\,°$ et $\alpha_2 = 39\,°$; cas 1.b) $\alpha' = 19\,°$.