

CONSERVATION ? PAS CONSERVATION ?... de la quantité de mouvement

Objectifs : On se propose d'étudier différentes situations dans lesquelles il y a soit conservation, soit non conservation de la quantité de mouvement en s'efforçant de mettre en évidence d'une part les conditions, d'autre part les caractéristiques des mouvements associés de chacune des situations.

Le TP est donc divisé en deux parties qui seront faites en deux séances :

Partie I : cas de conservation de la quantité de mouvement

Dans cette partie, on étudie des chocs dans différentes situations.

- Choc entre deux boules suivant une ou deux directions
- Choc entre trois boules suivant une seule direction

Partie II : cas de non- conservation de la quantité de mouvement

- Etude d'une chute libre
- Etude d'un mobile autoporteur relié à un ressort accroché à un point fixe sur une table horizontale

CONSERVATION ? PAS CONSERVATION ?... de la quantité de mouvement

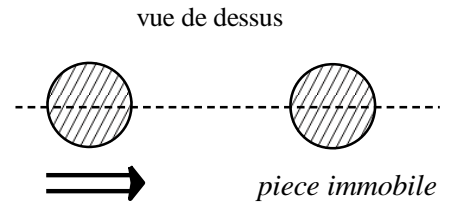
Partie I : CONSERVATION DE LA QUANTITE DE MOUVEMENT

A. Mouvement à une dimension : approche expérimentale simple

1. Première situation

a) protocole :

- Soient deux pièces de monnaie identiques (pièce de 1 ou 2 €) posées sur une feuille de papier sur la table horizontale.
- Lancer en la faisant glisser sur la table la première pièce de telle façon qu'elle vienne frapper l'autre pièce immobile suivant la direction passant par les deux centres des pièces (schéma ci-contre)



b) Observations :

- Noter les observations faites sur le comportement des pièces après le choc

.....

.....

2. Deuxième situation

a) protocole :

- Soient trois pièces de monnaie identiques (pièce de 1 ou 2 €) dont deux sont rendues solidaires par du scotch double face posées sur une feuille de papier sur la table horizontale et soient P_1 la pièce unique de masse $m_1 = m$ et P_2 la double pièce de masse $m_2 = 2.m$
- Dans les mêmes conditions que dans la première situation (lancement suivant la direction passant par les centres) lancer CAS 1 : P_2 sur P_1 immobile CAS 2 : P_1 sur P_2 immobile

b) Observations :

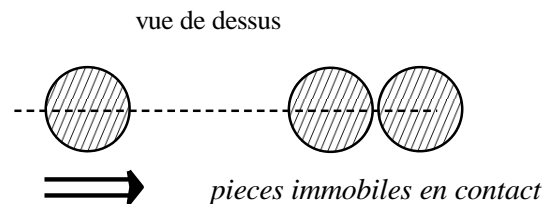
- Noter les observations faites sur les comportements respectifs de P_1 et P_2 après le choc

CAS 1 : P_2 sur P_1 immobile	CAS 2 : P_1 sur P_2 immobile
.....
.....
.....
.....
.....

3. Troisième situation

a) protocole :

- Soient trois pièces de monnaie identiques (pièce de 1 ou 2 €) posées sur une feuille de papier sur la table horizontale avec deux pièces immobiles accolées
- Lancer en la faisant glisser sur la table la première pièce sur les deux autres (schéma ci-contre)



b) Observations :

- Noter les observations faites sur le comportement des pièces après le choc

.....

.....

.....

B. Mouvement à une dimension : interprétation

On se propose maintenant de chercher à interpréter les observations faites précédemment en opérant les mêmes expériences dans un contexte expérimental plus rigoureux. Les masses m_1 et m_2 que l'on fait entrer en collision sont des mobiles se déplaçant sur un banc soufflant horizontal.

B.1 Chocs

1) Observations

On va étudier 3 situations :

CAS 1 : $m_1 = m_2$ ($V_{2i} = 0$)

CAS 2 : $m_1 > m_2$ ($V_{2i} = 0$)

CAS 3 : $m_2 < m_1$ ($V_{1i} = 0$)

CAS 1 : http://www.wfu.edu/physics/demolabs/demos/avimov/mechanics/elastic_collisions/elastic_cars.MPG

CAS 2 : http://www.wfu.edu/physics/demolabs/demos/avimov/mechanics/elastic_collisions/elastic_cars_bs.MPG

CAS 3 : http://www.wfu.edu/physics/demolabs/demos/avimov/mechanics/elastic_collisions/elastic_cars_sb.MPG

➤ Noter les observations faites sur les comportements respectifs des masses après le choc

CAS 1	CAS 2	CAS 3
.....
.....
.....
.....

➤ Les observations sont-elles cohérentes avec celles faites lors de l'étude empirique avec les pièces ?

.....

2) Questions et Interprétation

a) Faire le bilan des forces appliquées respectivement sur m_1 et m_2 AVANT et APRES le choc et en déduire les caractéristiques des systèmes respectifs $S_1 = \{m_1\}$ $S_2 = \{m_2\}$ $S = \{m_1 \cup m_2\}$

.....

b) Que peut-on dire du mouvement des masses m_1 et m_2 AVANT et APRES le choc ?

.....

3) Interprétation

On va étudier le cas général : AVANT le choc m_1, \vec{V}_{1i} m_2, \vec{V}_{2i} (\vec{V}_{1i} et \vec{V}_{2i} colinéaires)
 APRES le choc m_1, \vec{V}_{1f} m_2, \vec{V}_{2f}

Etudié dans le repère $x'x$ dont la direction est définie par les centres d'inertie des deux masses m_1 et m_2

a) Ecrire les relations de conservation mises en jeu en précisant les conditions physiques qui légitiment ces relations

.....

b) Montrer que l'on peut en déduire les relations suivantes : (faire les calculs sur une feuille auxiliaire à joindre au compte rendu)

$$V_{1fx} = \frac{(m_1 - m_2) \cdot V_{1ix} + 2 m_2 \cdot V_{2ix}}{m_1 + m_2} \quad V_{2fx} = \frac{2 m_1 V_{1ix} + (m_2 - m_1) V_{2ix}}{m_1 + m_2}$$

c) Les relations obtenues permettent-elles de légitimer les observations faites.

.....

B.2 Eclatement

1) Observations

On va étudier une situation : $m_1 \neq m_2$ et $V_{1i} = V_{2i} = 0$

Le dispositif est constitué de deux mobiles autoporteurs reliés par un ressort comprimé. Les deux mobiles sont entourés d'une ficelle que l'on enflamme : le système « éclate », chaque mobile partant dans une direction différente.

Observer la video : « *eclatement_1.48kg_et_0.98kg.avi* »

2) Pointage

Dans le logiciel **Regavi** (consulter la feuille Doc du logiciel)

- Ouvrir le fichier video
- Choisir l'étude de 2 points (les deux centres des deux mobiles)
- Etalonner les distances
- Choisir un référentiel
- Faire le pointage

Puis transférer les valeurs pointées dans Régressi

(attention Régressi doit être « ouvert » avant de faire le transfert)

3) Exploitation

Dans le logiciel Régressi consulter la feuille Doc du logiciel)

- Etudier respectivement $x_1 = f(t)$, $y_1 = f(t)$, $x_2 = f(t)$ et $y_2 = f(t)$
- Modéliser les trois relations et en déduire respectivement (chaque grandeur sera écrite sous la forme $Xe \pm U(X)$)

$V_{1x} = \dots\dots\dots$ $V_{1y} = \dots\dots\dots$

$V_{2x} = \dots\dots\dots$ $V_{2y} = \dots\dots\dots$

➤ Calculer $V_1 = \dots\dots\dots$ $V_2 = \dots\dots\dots$

➤ Calculer $U(V_1) = \dots\dots\dots$ $U(V_2) = \dots\dots\dots$

➤ Calculer $\frac{V_2}{V_1} = \dots\dots\dots$ $U(\frac{V_2}{V_1}) = \dots\dots\dots$

➤ Calculer $\frac{m_1}{m_2} = \dots\dots\dots$ $U(\frac{m_1}{m_2}) = \dots\dots\dots$

4) Conclusions (à faire sur un feuille adjointe)

a) Comparer les rapports $\frac{m_1}{m_2}$ et $\frac{V_2}{V_1}$

b) Montrer que l'on peut déduire de la relation obtenue, la conservation de la quantité de mouvement (détailler votre raisonnement)

Annexe sur les calculs d'incertitude

Soit $y = \frac{a}{b}$ $\Rightarrow \frac{u(y)}{y} = \sqrt{(\frac{u(a)}{a})^2 + (\frac{u(b)}{b})^2}$

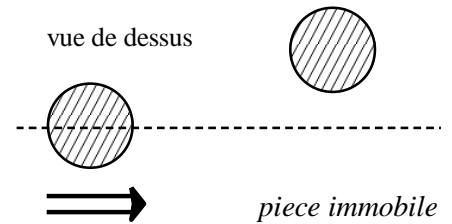
$y = \sqrt{a^2 + b^2}$ $\Rightarrow y \cdot u(y) = \sqrt{(a \cdot u(a))^2 + (b \cdot u(b))^2}$

C. Mouvement à deux dimensions : approche expérimentale

4. Quatrième situation

a) protocole :

- Soient deux pièces de monnaie identiques (pièce de 1 ou 2 €) posées sur une feuille de papier sur la table horizontale.
- Entourer au crayon de papier la position initiale de la pièce immobile
- Lancer en la faisant glisser sur la table la première pièce de telle façon qu'elle vienne frapper l'autre pièce immobile suivant une direction quelconque (*schéma ci-contre : éventuellement placer une règle et faire glisser la pièce mobile suivant celle-ci afin de s'assurer de la direction de déplacement*)
- Entourer les positions finales des deux pièces après le choc
- Mesurer l'angle entre les deux directions de déplacement des deux pièces après le choc



b) Observation

Que vaut l'angle entre les deux directions de déplacement des deux pièces après le choc ? $\beta = \dots\dots\dots$

5. Situations concrètes

- CAS 1 : curling <http://www.dynamicscience.com.au/tester/solutions/flight/winterolympics/curln.html>
 CAS 2 : billard http://www.engr.colostate.edu/~dga/pool/normal_videos/NV3-4.htm

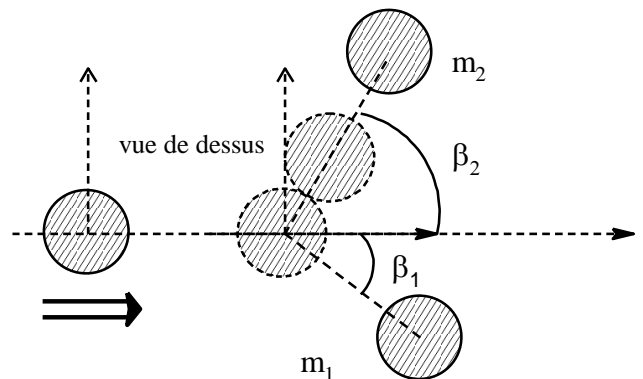
Que vaut l'angle entre les deux directions de déplacement des systèmes après le choc ? $\beta = \dots\dots\dots$

D. Mouvement à deux dimensions : interprétation

On se propose maintenant de chercher à interpréter les observations faites précédemment en opérant les mêmes expériences dans un contexte expérimental plus rigoureux. Les masses m_1 et m_2 que l'on fait entrer en collision sont des mobiles autoporteurs. On se limitera à étudier la situation où l'une des deux masses est initialement immobiles (comme dans le billard ou le curling)

On va étudier le cas général :

AVANT le choc m_1, \vec{V}_{1i} $m_2, \vec{V}_{2i} = \vec{0}$
 APRES le choc m_1, \vec{V}_{1f} m_2, \vec{V}_{2f}
 dans le repère Oxy défini ci-contre



a) Ecrire les relations de conservation mises en jeu en précisant les conditions physiques qui légitiment ces relations

.....

b) Exprimer les projections de la relation vectorielle sur les axes en fonction de β_1 et β_2

Projection sur $x'x$:

Projection sur $y'y$:

c) Dédire la relation entre β_1 et β_2 qui permettent de satisfaire l'ensemble des relations écrites si $m_1 = m_2$ (*faire les calculs sur une feuille auxiliaire qui sera jointe au compte rendu*)

.....

E . Pendule de Newton et quantité de mouvement

1) Observations

Cas 1 : deux boules identiques

http://www.wfu.edu/physics/demolabs/demos/avimov/mechanics/newtons_cradle/single_small_ball.MPG

Cas 2 : deux boules différentes

http://www.wfu.edu/physics/demolabs/demos/avimov/mechanics/newtons_cradle/big_and_small_balls.MPG

Cas 3 : n boules identiques

http://www.wfu.edu/physics/demolabs/demos/avimov/mechanics/newtons_cradle/all_except_one_small_ball.MPG

http://www.wfu.edu/physics/demolabs/demos/avimov/mechanics/newtons_cradle/all_except_two_small_balls.MPG

http://www.wfu.edu/physics/demolabs/demos/avimov/mechanics/newtons_cradle/double_small_ball.MPG

➤ Noter les observations faites

.....
.....
.....

2) Interprétation générale

Cas de deux boules

A partir des équations de 3) **Interprétation a)** (page 2) , montrer que, dans le cas de deux boules, il y a une solution mathématique évidente qui est physiquement absurde

.....
.....

Quelle est la condition mathématique nécessaire entre V_{1fx} et V_{2fx} qui doit être respectée pour ne pas avoir cette situation absurde ?

.....
.....

Cas de trois boules

On va étudier le cas général : AVANT le choc $m_1, \vec{V}_{1i} \quad m_2, m_3, \vec{V}_{2i} = \vec{V}_{3i} = 0 \quad (m_1 = m_2 = m_3 = m)$

APRES le choc $m_1, \vec{V}_{1f} \quad m_2, \vec{V}_{2f} \quad m_3, \vec{V}_{3f}$

Etudié dans le repère x'x dont la direction est définie par les centres d'inertie des deux masses m_1, m_2 et m_3

a) Ecrire les relations de conservation mises en jeu en précisant les conditions physiques qui légitiment ces relations

.....
.....

b) **D'après les observations faites**, quelle est la solution du système d'équations ci-dessus pour les $\vec{V}_{ki,f}$

$\vec{V}_{1f} = \dots\dots\dots$ $\vec{V}_{2f} = \dots\dots\dots$ $\vec{V}_{3f} = \dots\dots\dots$

c) **Mathématiquement**, y-a-t-il d'autres solutions au système d'équations ci-dessus (on ne demande pas de chercher les autres solutions éventuelles !)

.....
.....

Pour simuler toutes les situations étudiées, voir: http://phet.colorado.edu/sims/collision-lab/collision-lab_fr.html