1ère et 2ème LOI DE NEWTON

1. Introduction

Les expériences faites en classe de seconde nous ont montré qu'une force appliquée à un solide, de masse m et de centre d'inertie G, pouvait modifier sa quantité de mouvement $\vec{p}$ = m $\vec{v}_G$.

Nous nous proposons dans cette séquence de préciser la relation existant entre les forces appliquées à un solide et l variation de sa quantité de mouvement .

2. Relation Fondamentale de la Dynamique (RFD)

2.1 Énoncé

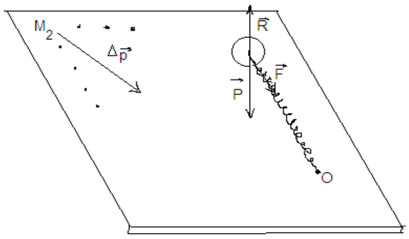
Si un ensemble de forces, de somme $\sum \vec{F}$, appliqué à un solide provoque une variation de sa quantité de mouvement $\vec{p}$, il existe un ensemble de référentiels espace-temps dits galiléens, dans lesquels est satisfaite la relation : $\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ **RFD**

Cette relation de la dynamique est vérifiée par la concordance des résultats théoriques et expérimentaux dans de nombreux domaines aussi variés que l'astronautique, l'astronomie, la physique des particules etc.

2.2 Vérification expérimentale de la RFD

2.2.1 Principe

On enregistre le mouvement du centre d'inertie G d'un solide S de masse , lié par un ressort de raideur k à un point fixe O d'une table à coussin d'air horizontale (fig1)



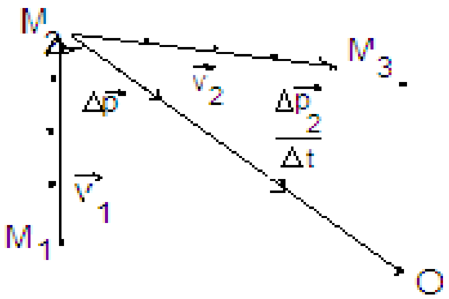
Lorsque G occupe la position M_2 à la date t_2, la force $\vec{F}_2$ exercée par le ressort a la direction et le sens du vecteur $\overrightarrow{M_2O}$.

De la longueur M_2O, on déduit la longueur l_2 du ressort, et son allongement $l_2 - l_0$ permet de calculer la norme de la force $F_2 = k(l_2 - l_0)$.

On détermine graphiquement la variation de vitesse $\Delta \vec{v}_2 = \vec{v}_3 - \vec{v}_1$ entre deux dates très proches $\Delta t = t_3 - t_1 = 8.10^{-3}$s encadrant t_2.

On s'intéresse au vecteur $\dfrac{\Delta \vec{p}_2}{\Delta t} = m \dfrac{\Delta \vec{v}_2}{\Delta t}$

On détermine $\dfrac{\Delta p_2}{\Delta t}$ que l'on compare à F_2 . Aux erreurs d'expérience près, on vérifie que les vecteurs $\dfrac{\Delta \vec{p}_2}{\Delta t}$ et $\vec{F}_2$ ont même direction, même sens et même norme (fig2).



Échelle : 4cm ⟷ 1cm / τ

$\vec{F}_2 + \vec{R} + \vec{P} = \dfrac{\Delta \vec{p}_2}{\Delta t}$ avec $\vec{R} + \vec{P} = \vec{0}$

soit $\vec{F}_2 = \dfrac{\Delta \vec{p}_2}{\Delta t}$ en général : $\vec{F} = \dfrac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \dfrac{d\vec{p}}{dt}$

2.2.2 Résultat

Données : τ = 1/30s ; longueur à vide du ressort : l_0 =30cm ; constante de raideur k = 3,5N/m.

A la date t_2 :

- Caractéristiques de la force $\vec{F}_2$: direction et sens de $\vec{M_2O}$; longueur du ressort : l_2=53cm

d'où : F_2 = 3,5 x (0,5 – 0,3) = 0,80N.

- Détermination de $\dfrac{\Delta \vec{p}_2}{\Delta t}$. Ce vecteur a quasiment la direction et le sens de $\vec{M_2O}$

Δv_2 image = 2,5cm sur l'enregistrement. Compte tenu de l'échelle : Δv_2=0,62cms^{-1}=0,31ms^{-1}
Avec m = 0,2kg il vient : Δp_2 = 0,31 x 0,2 = 0,062 kgms^{-1} . Or $\Delta t = 4\tau = 8.10^{-2}$s d'où

$\dfrac{\Delta p_2}{\Delta t} = \dfrac{0{,}062}{8.10^{-2}}$ = 0,78kgms^{-2}

- Conclusion :

$F_2 = \dfrac{\Delta p_2}{\Delta t}$ à 2,5 % près et $\vec{F}_2 = \dfrac{\Delta \vec{p}_2}{\Delta t}$

3. 1ère loi et 2ème loi de Newton

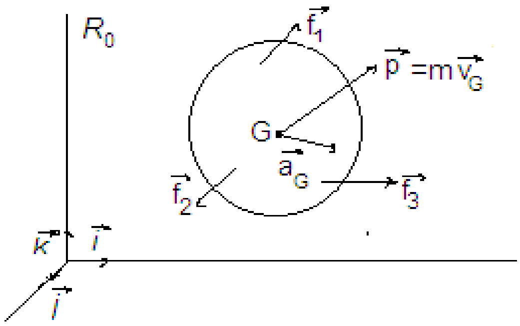
3.1 Théorème du centre d'inertie (TCI) ou 2ème loi de Newton

D'après la RFD : $\sum \vec{f} = \dfrac{d\vec{p}}{dt} = \dfrac{dm\vec{v}_G}{dt}$

soit : $\vec{F} = \sum \vec{f} = m \dfrac{d\vec{v}_G}{dt} = m\ \vec{a}_G$ **TCI**

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces appliquées à un solide est égale au produit de sa masse par le vecteur accélération de son centre d'inertie G.

$\vec{F} = \vec{f}_1 + \vec{f}_2 + \vec{f}_3$



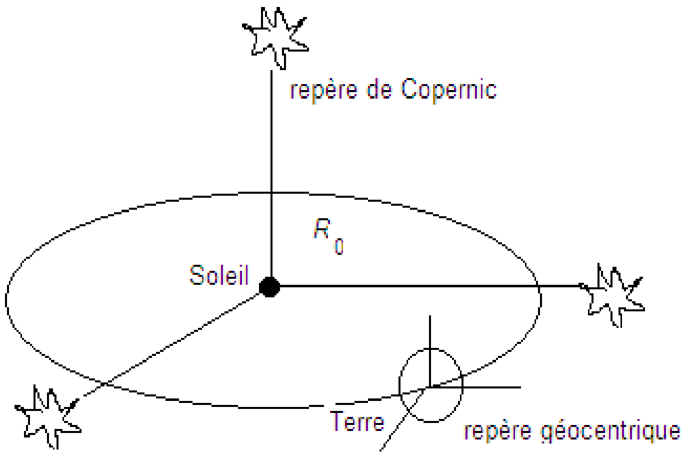
3.2 Principe de l'inertie ou 1ère loi de Newton

Un solide mécaniquement isolé n'est soumis à aucune force et qu'un solide est dit pseudo-isolé si les forces agissant sur celui-ci se compensent à chaque instant. Dans l'un et l'autre cas :

$$\sum \vec{f} = \vec{0}$$

D'après le TCI : m $\vec{a}_G = \vec{0}$ soit $\vec{a}_G = \vec{0}$ $\longrightarrow$ $\vec{v}_G$ est un vecteur constant.

4. Choix du référentiel galiléens



4.1 Référentiel de Copernic

Un référentiel de Copernic a le centre d'inertie du système solaire pour origine et trois axes dirigés vers trois étoiles fixes.

Ce référentiel galiléen est utilisé pour étudier les mouvements des planètes et des sondes interplanétaires avec une grande précision.

4.2 Référentiel géocentrique

Un repère du référentiel géocentrique a pour origine le centre d'inertie de la terre et trois axes dirigés vers les trois étoiles fixes.

Ce référentiel galiléen est utilisé pour étudier les mouvements des satellites artificiels.

4.3 Référentiel terrestre ou du laboratoire

Un repère du référentiel terrestre est lié à la terre, il est entraîné par cette dernière dans son mouvement de rotation sur elle-même.

Dans tous les cas, on peut assimiler ce repère à un repère galiléen.

Tout mouvement du solide sur la terre utilise ce repère.

En revanche, tout repère associé à un solide en mouvement accéléré par rapport au sol ne peut être considéré comme galiléen.