

PARTIE D : EVOLUTION TEMPORELLE DES SYSTEMES MECANIQUES

Chapitre 9 : La mécanique de Newton

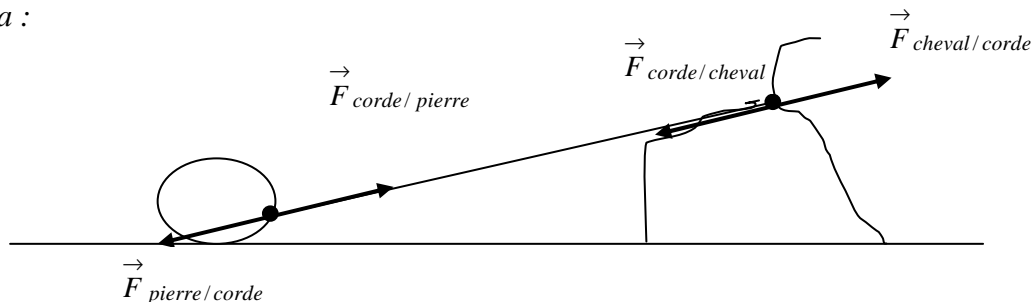
Connaissances et savoir-faire exigibles :

- (1) Choisir un système. Choisir les repères d'espace et de temps. (**Activité vecteurs**)
- (2) Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées à ce système. (**Activité vecteurs**)
- (3) Définir le vecteur accélération et exploiter cette définition, connaître son unité. (**Activité vecteurs**)
- (4) Enoncer les trois lois de Newton.
- (5) Savoir exploiter un document expérimental (série de photos, film, acquisition de données avec un ordinateur...) : reconnaître si le mouvement du centre d'inertie est rectiligne uniforme ou non, déterminer des vecteurs vitesse et accélération, mettre en relation accélération et somme des forces, tracer et exploiter des courbes $v_G = f(t)$. (**Activité vecteurs, en partie**) (**Exercices**)
Savoir-faire expérimentaux :
- (6) Savoir enregistrer expérimentalement le mouvement de chute d'un solide dans l'air et/ou dans un autre fluide en vue de l'exploitation du document obtenu. (**Voir TPφ n°7**)

Introduction :

Activité documentaire historique sur Newton

- 1) Pour que cet énoncé soit valable il faut que l'étude se fasse dans un référentiel galiléen.
- 2) On utilise plutôt le terme système.
- 3) La première loi s'applique au centre d'inertie du système.
- 4) On devrait indiquer que l'on parle de forces extérieures au système.
- 5) La trajectoire est droite.
- 6) La trajectoire est une droite et la vitesse constante. On appelle ce mouvement un mouvement rectiligne uniforme. C'est le vecteur vitesse du point G qui est constant.
- 7) L'autre nom de la première loi de Newton est le principe d'inertie. C'est Galilée qui a été le prédécesseur de Newton dans l'étude de cette loi.
- 8) Principe des interactions ou des actions réciproques.
- 9) La force exercée par le corps A sur le corps B est l'opposée de la force exercée par le corps B sur le corps A : $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$
- 10) La troisième loi de Newton ne dépend pas de l'état du mouvement des deux objets dans le référentiel d'étude et elle peut s'appliquer dans un référentiel non galiléen.
- 11) Schéma :



- 12) Il parle de l'accélération qui traduit les variations du vecteur vitesse.
- 13) ? Vitesse ?
- 14) Il lui manque l'outil dérivé.

La première loi de Newton :

- 1) Le vocabulaire approprié : Voir fichier PWP

Après l'act doc hist questions 1

a. Référentiel :

Lorsque l'on traite un exercice de mécanique, on commence par choisir le référentiel adéquat. Le mouvement d'un corps doit être **décrit par rapport à un solide de référence appelé référentiel**. On le choisit arbitrairement mais on préfère choisir un type de référentiel appelé **référentiels galiléens** : **Un référentiel est galiléen si dans celui-ci le principe d'inertie est vérifié.**

Dans nos études, on utilise **des référentiels terrestres**, ils sont **liés à n'importe quels objets posés sur terre et considérés comme galiléen**.

Importance du choix du référentiel : le manège

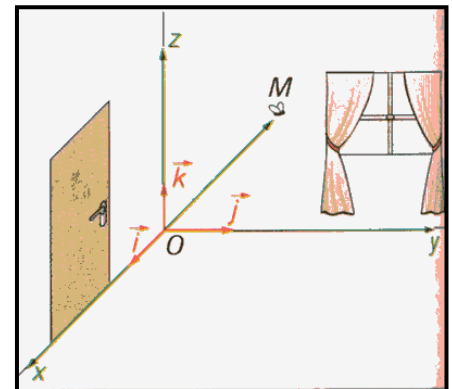
b. Repères d'espaces et de temps :

- Ils sont liés au référentiel choisi.
- Pour décrire un mouvement il faut avoir une **notion de temps**. Pour cela on introduit la date t . Elle correspond à **l'intervalle de temps entre l'instant de date t et un instant pris comme origine $t = 0$** .
- Il nous faut également un **repère d'espace**, on peut choisir un **repère orthonormé** dans lequel on repère les points par ses **coordonnées cartésiennes** :

Un point M sera repéré par trois coordonnées (x, y, z) :

$$\overrightarrow{OM} = x \vec{i} + y \vec{j} + z \vec{k}$$

Ces trois coordonnées sont fonctions du temps.



Après l'act doc hist question 2

c. Système mécanique :

Après avoir choisi le référentiel, on définit le système mécanique, c'est à dire le **solide ou l'ensemble de solides dont on va étudier le mouvement**. Celui-ci dépend des forces qu'il subit.

Après l'act doc hist question 3

d. Centre d'inertie :

On le note généralement G . C'est le point du système qui a le **mouvement le plus simple**.

Après l'act doc hist question 4

e. Bilan des forces :

- Lorsque l'on traite un exercice de mécanique, on effectue **en dernier lieu le bilan des forces**.
- Les forces qui nous intéressent sont les **forces extérieures**, c'est à dire celles **exercées par un corps extérieur au système sur le système**.
- Il existe aussi des forces intérieures au système, elles s'exercent entre deux corps faisant partie du système.

Après l'act doc hist question 5

f. Trajectoire :

La trajectoire d'un point du système est **l'ensemble des positions successives prises par ce point au cours du temps**. Celle-ci dépend du choix du référentiel.

Après l'act doc hist question 6

g. Vecteur vitesse :

On parle de **vecteur vitesse en un point de la trajectoire**. Il a alors les caractéristiques suivantes :

- Son **point d'application** est G



- Sa **direction** est tangente à la trajectoire au point G.
 - Son **sens** est celui du mouvement.
 - Sa **valeur** est donnée par : $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta OM}{\Delta t} = \frac{dOM}{dt}$
- ΔOM est la distance parcourue par M sur la trajectoire pendant Δt .

Après l'act doc hist question 7

2) Enoncé du principe d'inertie ⁽⁴⁾:

Dans un référentiel galiléen, si la somme des forces extérieures appliquées à un système mécanique est nulle, son centre d'inertie est au repos ou a un mouvement rectiligne uniforme. La réciproque est vraie, d'où :

$$\boxed{\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v}_G = cte}$$

3) La première loi dans la vie de tous les jours :

- Un livre posé sur une table.
- Un skieur qui remonte en haut d'une piste est en mouvement rectiligne uniforme dans le référentiel de la piste, galiléen : Première loi de Newton : les forces qui s'exercent sur lui (poids, réaction et tension) se compensent.
- Une pierre de Curling qui glisse vers la cible : son poids et la réaction de la piste se compensent : mouvement rectiligne uniforme (au début).

II La troisième loi de Newton :

Après l'act doc hist questions 8 à 11

1) L'énoncé de la loi ⁽⁴⁾:

Soit A et B deux corps en interaction : la force $\vec{F}_{A/B}$ exercée par le corps A sur le corps B et la force $\vec{F}_{B/A}$ exercée par le corps B sur le corps A ont même direction, même valeur mais des sens opposés :

$$\boxed{\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}}$$

2) La troisième loi dans la vie de tous les jours :

- Un lustre pendu à son fil exerce sur le fil une force $\vec{F}_{l/f}$ alors le fil sur le lustre exerce une force $\vec{F}_{f/l} = -\vec{F}_{l/f}$ sur le lustre.
- Un rugbyman frappe le ballon avec une force $\vec{F}_{r/b}$ alors le ballon exerce une force sur le rugbyman $\vec{F}_{b/r} = -\vec{F}_{r/b}$.

III La deuxième loi de Newton :

Après l'act doc hist questions 12 à 14

Après l'activité tracé des vecteurs

1) Définition : le vecteur accélération :



On appelle **vecteur accélération de G**, à la date t, le vecteur défini par : $\vec{a}_G = \frac{d\vec{v}_G}{dt}$

\vec{v}_G est donc le vecteur vitesse instantanée à la date t et s'exprime en m.s^{-1} .

\vec{a}_G est le vecteur accélération qui s'exprime en m.s^{-2} .

2) Relation entre la somme des forces, la masse et l'accélération :

Nous allons étudier **l'influence des deux premiers paramètres sur le dernier** à l'aide d'un dispositif expérimental :

On dispose d'un pendule simple sur son support, d'un mobile autoporteur pouvant se mouvoir sur une table à coussin d'air. Ce mobile peut être alourdi.

Quelles expériences pourrions-nous mettre en place pour connaître la relation entre les trois paramètres considérés ?

➤ Le mobile étant sur coussin d'air, les forces \vec{P} et \vec{R} se compensent, la seule force appliquée est donc \vec{F} .

➤ Le mobile à une masse m_1 , on lui applique une force de valeur F (grâce au pendule écarté de l'angle θ) et on évalue (qualitativement) l'accélération a_1 .

Recommençons cette expérience avec un mobile de masse $m_2 > m_1$ en gardant une valeur de force égale à F :

On évalue que $a_2 < a_1$.

Cl : L'accélération est inversement proportionnelle à la masse du système.

\Leftrightarrow **L'accélération est proportionnelle à l'inverse de la masse du système.**

➤ Maintenant nous gardons la même masse pour le mobile : m_1 ; mais nous appliquons à celui-ci une force de valeur $F' > F$ ((grâce au pendule écarté de l'angle $\theta' > \theta$).

On obtient une accélération a' supérieure à l'accélération a.

Cl : **L'accélération est proportionnelle à la force appliquée donc à la somme des forces appliquées.**

Conclusion : d'après nos expériences, on peut écrire qualitativement que $\mathbf{a} = \frac{1}{M} \times F$

Comme les vecteurs \vec{a} et \vec{F} ont même sens et même direction : $\vec{a} = \frac{1}{M} \times \vec{F}$

3) La deuxième loi de Newton ⁽⁴⁾ :

Dans un référentiel Galiléen, la somme des forces extérieures exercées sur un système mécanique est

égale au produit de la masse m du solide par l'accélération \vec{a}_G de son centre d'inertie : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a}_G$

Rq : Si $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$ alors $\vec{a}_G = \vec{0}$ et, par conséquent, \vec{v}_G reste constant en direction, sens et norme (on retrouve la première loi de Newton).

Exercices n°10, 16, 21 et 29 p 212/215