Chapitre III
DYNAMIQUE DU POINT

Dynamique

Les lois de la dynamique établissent les liens entre le mouvement du corps et les causes ayant déclenché ou modifié ce mouvement. Et connaissant les conditions initiales de ce mouvement, il est possible de prévoir son déroulement ultérieur.

I. Éléments cinétiques d'un point matériel

I.1-NOTION DE FORCES

La notion de force est intuitive, elle n'apparaît qu'à travers les différents effets qu'elle produit.
Exemples:

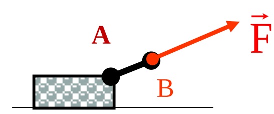
⇨ **Déformation d'un corps, Tirer sur un ressort,……**

1.1-Caractère vectoriel d'une force

Nous appliquons au point B une force $\vec{F}$ qui traduit l'effet produit

Cette force $\vec{F}$ est un vecteur, tel que :

- Son point d'application : B
- Sa direction : le support AB
- **Son sens : de A vers B**
- **Son module : intensité F**



3

1.2-Types de force

On distingue deux grandes catégories de forces :

- les forces à distance,
- les forces de contact.

Les "forces de contact" : Il y a force de contact lorsqu'elle traduit une interaction entre deux corps en contact physique.

Exemple

- ***les "forces de frottement" :*** les forces de frottement apparaissent lorsque deux corps en contact sont en mouvement relatif, l'un par rapport à l'autre. Elles s'opposent toujours au mouvement du corps considéré.
- ***les "forces de tension"*** exercées sur un corps : ce sont des forces qui tirent sur un élément d'un corps comme par exemple, la tension exercée par un fil ou par un ressort

4

Les "forces à distance" : sont des forces qui peuvent se manifester même s'il n'y a pas de contact physique entre les deux corps qui interagissent. Ces forces interviennent par l'intermédiaire de champs vectoriels.

Exemple

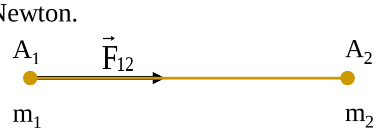
- ***les forces de gravitation*** : ce sont des forces d'attraction qui s'exercent entre des corps et qui sont dues à leurs masses. Le poids d'un corps et les forces échangées par les astres sont essentiellement des forces de gravitation.
- ***les forces électriques :*** elles s'exercent entre deux objets portant des charges électriques. Elles peuvent être aussi bien attractives que répulsives.
- ***les forces magnétiques*** : elles s'exercent entre des aimants, entre des aimants et certains matériaux (en particulier le fer) ou bien entre deux conducteurs parcourus par un courant électrique. Elles, aussi, peuvent être attractives ou répulsives.

5

1.3 - Caractéristiques de quelques types de forces:

a - Force d'attraction universelle

Si on considère deux particules A1 et A2 de masses m1 et m2 voisines l'une de l'autre, alors chacune exerce sur l'autre une force dite d'attraction universelle de Newton.



$$\vec{F}_{12} = -G\,\frac{m_1 m_2}{r^2}\,\frac{\vec{r}}{r}$$ Avec $r = /\overrightarrow{A_1A_2}/$

Où : G est la constante universelle , $G = 6{,}67\times10^{-11}\ \mathrm{N.m^2/kg^2}$

r est la distance entre les 2 charges

b- Force électrostatique (voir cours d'électricité en S2)

Considérons deux particules de charges électriques q_1 et q_2 , ces deux particules exercent l'une sur l'autre des forces d'interactions données par la loi de Coulomb :

$$\vec{F}_{12} = K\,\frac{q_1.q_2}{r^2}\,\frac{\vec{r}}{r}$$

Où $K= 8{,}99.10^9\ \mathrm{Nm/Coul^2}$ et
r est la distance entre les 2 charges

6

I.2- Quantité de mouvement

La quantité de mouvement (q.d.m) d'un point matériel M(m) mobile est le produit de sa vitesse par sa masse.

La quantité de mouvement de M(m) est donc lié à la quantité de matière contenue dans le point matériel mobile.

Elle sera notée :

$$\boxed{\vec{P} = m\,\vec{V}(M)}$$

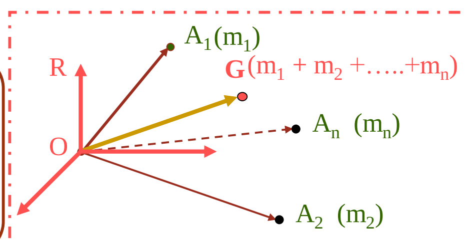
I.3- Centre d'inertie d'un système de particules

En mécanique classique, on considère que tout système de particules physique est réduit à un point matériel coïncidant avec son centre de gravité et contenant sa masse totale **m**.

Soit système matériel est formé de plusieurs particules quasi ponctuelles A_1 , A_2 , ..A_n de masse m_1 , m_2 , …m_n

Le centre d'inertie G de ce système est défini par :

$$m_1\,\vec{GA_1} + m_2\,\vec{GA_2} + \ldots\ldots m_n\,\vec{GA_n} = \vec{0}$$



Soit un point O quelconque (généralement origine d'un repère), On peut montrer à partir de cette relation que :

$$\vec{OG} = \frac{m_1\,\vec{OA_1} + m_2\,\vec{OA_2} + \ldots\ldots\vec{OA_n}}{m_1 + m_2 + \ldots\ldots m_n}$$

8

II- LOIS DE NEWTON (1687)

Ces lois constituent les lois fondamentales de la mécanique.

➔ 1ère loi : Principe d'inertie.

Un corps soumis à aucune force **reste immobile** ou décrit **un mouvement rectiligne uniforme** :

Si $\vec{F} = \vec{O}$ donc $\vec{V} = \vec{V}_0 = \text{constant} \Rightarrow \begin{cases} \vec{V}_0 = \vec{0} \\ \text{ou} \\ \vec{V}_0 = \text{constante} \neq \vec{0} \end{cases}$

➔ 2ème loi : Principe fondamental de la dynamique.

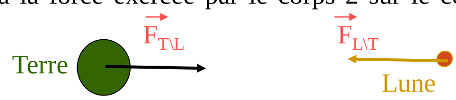
Lorsque la force totale $\vec{F}$ agissant sur un corps et Celle-ci lui communique une accélération $\vec{\gamma}$, on a:

$$\boxed{\vec{F} = m\vec{\gamma}}$$

➔ 3ème loi : Principe de l'action et de la réaction

Quand deux corps 1et 2 interagissent, la force exercée par le corps 1 sur le corps 2 est égale et opposée à la force exercée par le corps 2 sur le corps 1. Exemple :

$\vec{F}_{L\backslash T} = - \vec{F}_{T\backslash L}$



9

III- FORME GÉNÉRALE DE LA SECONDE LOI DE NEWTON (PFD)

Le P. F.D s'annonce sous la forme : $\left(\dfrac{d\vec{p}}{dt}\right)_R = \vec{F}$

ou bien $\left(\dfrac{d(m\vec{v})}{dt}\right)_R = \vec{F}$ qui s'écrit encore : $m\left(\dfrac{d\vec{v}}{dt}\right)_R + \dfrac{dm}{dt}\vec{v} = \vec{F}$

Puisque la masse du point matériel est invariante au cours du mouvement:

$$\vec{F} = m\vec{\gamma} \quad \text{puisque} \quad \frac{dm}{dt} = 0$$

Dans la mécanique moderne, il est démontré que la masse m d'un corps dépend de la vitesse du mouvement quand celle-ci s'approche de celle de la lumière c ($c=3.\ 10^8$ m/s):

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}$$

Où m_0 est la masse constante du corps à la vitesse v.

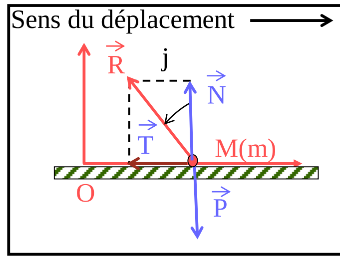
10

4.2- Forces de contact: FORCE DE FROTTEMENT

Soit M en mouvement rectiligne sur un support (sol) tel que /OM/= x
Il est soumis à deux forces : son poids et la réaction du sol sur M

On a :

$$\sum \vec{F} = m\vec{\gamma}_{/R}(M) \qquad \vec{P} + \vec{R} = m\,\vec{\gamma}_{/R}(M)$$



- Choix de la base de la projection :

Soit la base $(\vec{n}, \vec{\tau}, \vec{b})$

$$\begin{cases} \vec{R} = R_n\vec{n} + R_\tau\vec{\tau} + R_b\vec{b} \\ \vec{P} = -mg\,\vec{n} \\ \overrightarrow{OM} = x(-\vec{\tau}) \end{cases}$$

$$\text{P.F.D.} \Rightarrow -m\,g\,\vec{n} + R_n\,\vec{n} + R_\tau\,\vec{\tau} + R_b\,\vec{b} = -m\,\ddot{x}\,\vec{\tau}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} R_n = m\,g \\ R_\tau = -m\ddot{x} \\ R_b = 0 \end{cases} \Rightarrow \boxed{\vec{R} = mg\,\vec{n} - m\ddot{x}\,\vec{\tau}}$$

11

Remarque 1 :

Donc le cas général, la force $\vec{R}$ est inclinée par rapport à la normale à la surface de mouvement.

$$\vec{R} = \vec{N} + \vec{T}$$

$\vec{N}$ force normale à la surface de contact

$\vec{T}$ force tangente à cette surface :

$\vec{R} = mg\,\vec{n} - m\ddot{x}\,\vec{\tau}$

Remarque 2 :

S il n y a **pas de frottement** du sol sur M, on a:

$$\vec{R} \perp \overrightarrow{(deplacement)} \qquad \vec{R}.\overrightarrow{Vect\ de\ déplacement} = 0$$

Dans notre cas : Le vecteur de déplacement = $\vec{\tau}$, donc : $\vec{R}.\vec{\tau} = 0$

On a : $(mg\,\vec{n} - m\ddot{x}\,\vec{\tau}) \bullet \vec{\tau} = 0 \Rightarrow m\ddot{x} = 0$ $\Rightarrow$

Donc : $\boxed{\vec{R} = mg\,\vec{n}}$

12

V- REFERENTIELS GALILEENS

5.1- Définition

Un référentiel R, dans lequel la 1ère loi de Newton est vérifiée, est Galiléen

$$\vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \begin{cases} \vec{V} = \text{constant} \neq \vec{0} \\ \text{ou} \\ \vec{V} = \vec{0} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \text{R est en Mouvement rectiligne uniforme} \\ \text{ou} \\ \text{au repos} \end{cases}$$

- *Exemples de repères Galiléens :*

1- Référentiel de Copernic :

l'origine est le centre de gravité du système solaire et ses 3 axes sont dirigés vers trois étoiles fixes.

2- Référentiel terrestre :

l'origine est le centre de la Terre et les axes sont liés à la Terre.

13

- Remarques pratiques : Définition d'un repère Galiléen

1- Si un repère quelconque R est en mouvement rectiligne uniforme ou au repos par rapport à un repère Galiléen, ce repère R est Galiléen.

2- Dans un repère Galiléen, les forces exercés sur une particule, lié à ce repère, sont uniquement des forces réelles (Poids, Réactions, …..)

3- Soient un repère R_0 Galiléen et un repère R en mouvement par rapport à R_0

R est Galiléen , si :
$$\begin{cases} \vec{\Omega}_{R/R_0} = \vec{0} \\ \text{et} \\ \text{la vitesse de son origine O est constante par rapport à } R_0 \end{cases}$$

14