DYNAMIQUE DU POINT

Plan *(Cliquer sur le titre pour accéder au paragraphe)*

* *

I. Référentiel galiléen. 1
II. Les forces. 3
III. Relation fondamentale de la dynamique (RFD) en référentiel galiléen. 6
IV. Principe des actions réciproques. 7
V. Conséquences de la RFD. 7
VI. Quelques exemples d'application : 9

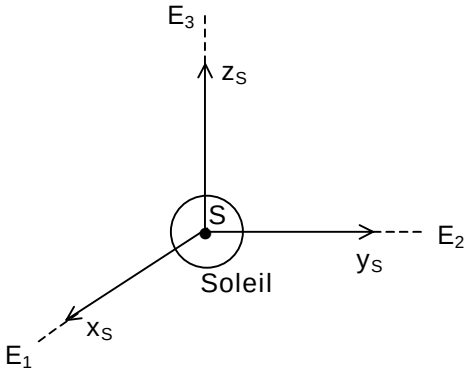
* *

I. Référentiel galiléen.

I.1. Définition : un référentiel est dit galiléen si le principe d'inertie y est satisfait.

Principe d'inertie : un système fermé isolé a une quantité de mouvement $\vec{P} = m\vec{V} = \overrightarrow{cste}$ (son centre d'inertie est en TRU).

I.2. Exemple : on postule, en mécanique classique, le référentiel héliocentrique galiléen.



On l'appelle aussi référentiel de Képler (R_S). Son centre est le centre S du soleil, les 3 axes pointent vers 3 étoiles fixes (E_1, E_2, E_3).

Rem. : on confond en général le référentiel de Képler, et le référentiel de Copernic, dont l'origine est au centre du Système Solaire.

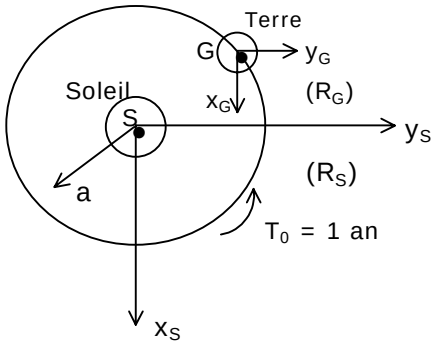
I.3. Propriété : tous les référentiels galiléens sont en TRU les uns par rapport aux autres.

I.4. Référentiels « liés à la Terre ».

- La Terre décrit autour du Soleil une ellipse que l'on peut assimiler à un cercle. Soit G son centre.

On définit le référentiel géocentrique (R_G) (ou référentiel de Foucault), de centre G, en translation (circulaire uniforme) par rapport à (R_S) : il n'est donc pas galiléen.

a = 1 u.A
= 150 x 10^6



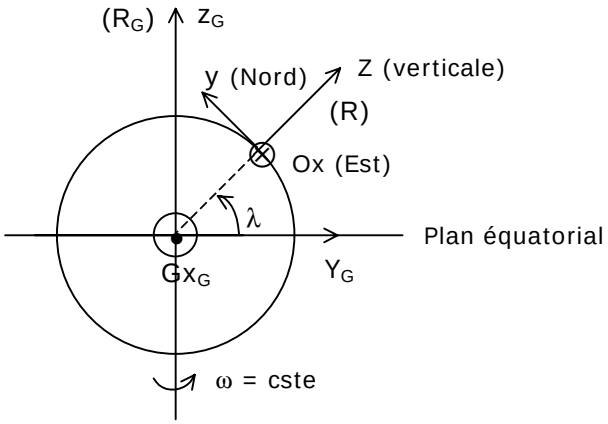
 © EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 15 pages.

Mais :
Si $\Delta t << T_0 = 1$ an : (Δt durée au phénomène étudié) l'arc GG' décrit par G pendant Δt peut être assimilé à une portion de droite, et (R_G) sera assimilé à un référentiel galiléen (ce qui revient à négliger l'action du Soleil – et de tous les autres astres – pour l'étude du mouvement d'un « point » au « voisinage » de la Terre).

- La Terre tourne autour de l'axe des pôles à la vitesse angulaire ω.

On peut alors définir un référentiel (R) « lié à la Terre » (tournant avec elle) :



On prend usuellement :

$\begin{cases} \overrightarrow{Oz} \text{ verticale ascendante} \\ \overrightarrow{Ox} \text{ vers le Nord} \\ \overrightarrow{Ox} \text{ vers l'Est} \end{cases}$

(R) est en rotation uniforme par rapport à (R_G), donc a priori non galiléen. On pourra approximer (R) comme étant galiléen si :

$\begin{cases} \Delta t << 24 \text{ h} \\ V \text{ « faible »} \end{cases}$

(cette dernière condition permettra de négliger la « force de Coriolis » due à rotation terrestre devant les autres forces).

Rem. **:** Jour sidéral (J_{sid})/Jour solaire (J_{sol})

- ☞ Le jour solaire est l'intervalle de temps séparant deux passages consécutifs du Soleil au même méridien d'un lieu.

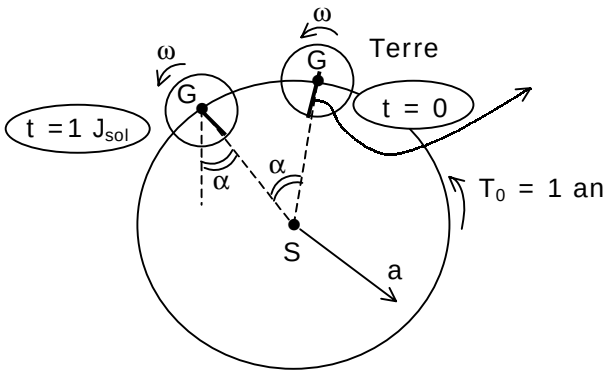
  $T_0 = 1 \text{ an} = 365{,}25\ J_{sol}$; $1\ J_{sol} = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$

- ☞ Le jour sidéral est la période de révolution de la Terre autour de l'axe des pôles :

$$J_{sid} = \frac{2\Pi}{\omega} = 86164 \text{ s} \approx 23 \text{ h } 56 \text{ min}$$

François MORAND
© EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 15 pages.



(Schéma non à l'échelle !)

On voit que, pendant 1 J_{sol}, la Terre a tourné de $2\Pi + \alpha$

Donc : $\dfrac{J_{sid}}{J_{sol}} = \dfrac{2\Pi}{2\Pi + \alpha}$

Avec : $\alpha = \dfrac{2\Pi}{365{,}25}$

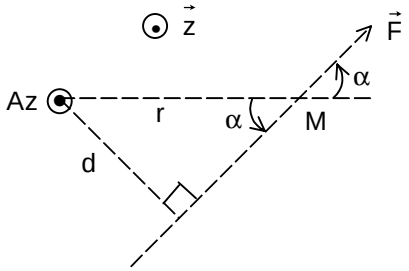
Ainsi : $J_{sid} = \dfrac{365{,}25}{366{,}25} J_{sol} = 86164 \text{ s}$

II. Les forces.

II.1. <u>Définitions</u> : en mécanique, l'action d'un système sur un autre est modélisée par un vecteur force $\vec{F}$.

Une force s'exprime en Newtons (symbole N). De manière qualitative, une force provoque un mouvement de translation d'un système matériel qui la subit.
Son moment provoquera une rotation du système : on définit le moment en un point A d'une force s'appliquant en un point M par :

$$\vec{m}_{\vec{F}}^{\,t}(A) = \overrightarrow{AM} \wedge \vec{F} \qquad \text{(en Nm)}$$



$$\vec{m}_{\vec{F}}^{\,t}(A) = F(r\sin\alpha)\vec{z} = F\,d\vec{z}$$

d est appelé « <u>bas de levier</u> »

Le moment d'une force (qui caractérise « l'efficacité » pour le mouvement de rotation de M autour de Az) est donc le produit du module de la force par le bras de levier (distance à l'axe).

© EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 15 pages.

II.2. Forces à distance / Forces de contact.

- Forces à distance : ce sont des forces de « champ ». Elles sont du type :

$$\vec{F} = \alpha \vec{G}$$

α grandeur caractéristique du point M
$\vec{G}$ champ créant la force

Ex. : $\vec{F} = m\vec{g}$, $\vec{F} = q\vec{E}$...

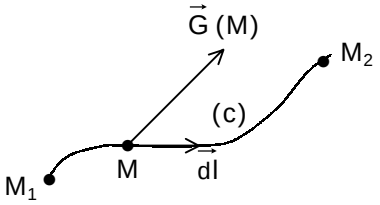
- Forces de contact : ce sont les forces de liaison, pour un point M « lié » (tension d'un fil, réaction d'un support).

II.3. Forces de champ dérivant d'une énergie potentielle :

- On dit que le champ $\vec{G}$ dérive d'un potentiel V si :

$$\boxed{\vec{G} = -\overrightarrow{\text{grad}}\, V}$$

Alors :



$$\int_{M_1}^{M_2} (c)\ \vec{G}.\vec{dl} = V(M_1) - V(M_2)$$

est indépendante du chemin suivi (c) pour aller de M_1 à M_2.

Et : $\oint \vec{G}.\vec{dl} = 0$ sur un chemin fermé.

On dit aussi que $\vec{G}$ est à circulation conservative.

- Si $\vec{G}$ dérive du potentiel V, alors :

$$\vec{F} = \alpha\vec{G} = -\overrightarrow{\text{grad}}\,(\alpha V) \qquad (\alpha = \text{cste})$$

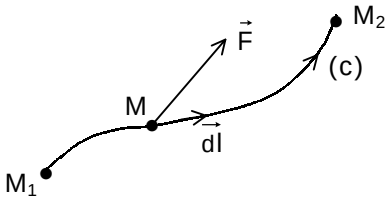
On dit alors que $\vec{F}$ dérive d'une énergie potentielle $E_P = \alpha V$ (E_P en Joules) :

$$\boxed{\vec{F} = -\overrightarrow{\text{grad}}\, E_P}$$

On aura de même :

© EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 15 pages.



$\int_{M_1}^{M_2} (c)\ \vec{F}.\vec{dl} = E_{P_1} - E_{P_2}$ ne dépend pas du chemin suivi pour aller de M_1 à M_2.

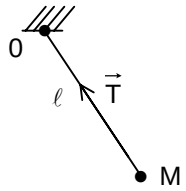
Rem. : • La circulation de $\vec{F}$ de M_1 à M_2 représente le travail de la force $\vec{F}$ (cf IV).

• Une force dérivant d'une énergie potentielle sera aussi appelée force « conservative » (cf IV).

II.4. Forces de liaison.

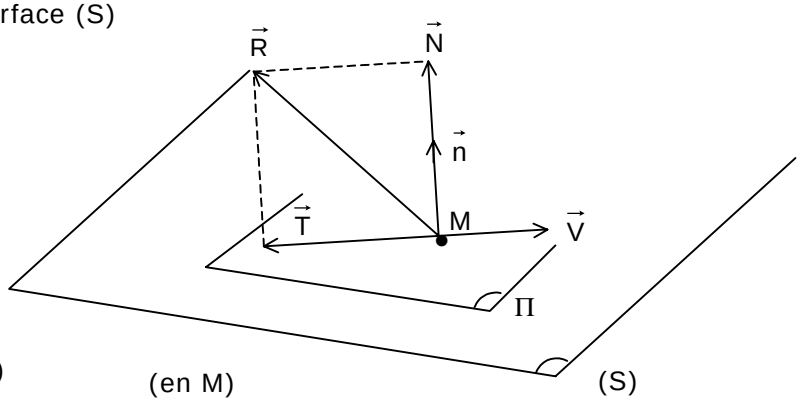
- Tension d'un fil

$$\vec{T} = T\,\frac{\overrightarrow{MO}}{\ell}$$



- Réaction d'un support : lois de Coulomb pour le frottement de glissement.

1er cas : Point lié à une surface (S)



$\begin{cases} \vec{n} : \text{normale à (S)} \\ (\Pi) : \text{plan tangent à (S)} \end{cases}$

Soit $\vec{V}$(M/S) vitesse de M par rapport au support (S) ; M est soumis de la part de (S) à une réaction $\vec{R}$ telle que :

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

$\begin{cases} \vec{T} \ // \ (\Pi) \text{ réaction tangentielle, ou force de frottement} \\ \vec{N} = N\vec{n} \ (N > 0) \text{ réaction normale} \end{cases}$

• Si $\vec{V} = \vec{O}$ (Non glissement) :

$$\left\| \vec{T} \right\| < f_s\, N$$

f_s : coefficient de frottement (solide) statique.

Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

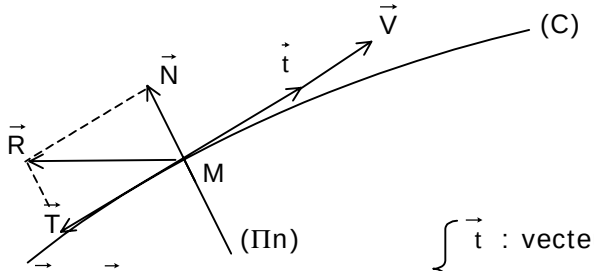
Extrait gratuit de document, le document original comporte 15 pages.

• Si $\vec{V} \neq \vec{O}$ (Glissement de M sur (S)) :

$$\begin{cases} \vec{T} = -\lambda \vec{V} \quad , \quad \lambda > 0 \\ \left\| \vec{T} \right\| = f_d N \end{cases}$$

f_d coefficient de frottement dynamique.

2e cas : Point lié à une courbe (C)



$\vec{V} = V\vec{t}$

Cette fois : $\vec{R} = T\vec{t} + \vec{N}$

$\begin{cases} \vec{t} : \text{vecteur tangent unitaire à (C) en M} \\ (\Pi n) : \text{plan normal à (C) en M} \end{cases}$

Avec : $\begin{cases} T < f_s N \\ \begin{cases} T.V < O \\ \left\|\vec{T}\right\| = f_d N \end{cases} \end{cases}$ si $\vec{V} = \vec{O}$; si $\vec{V} \neq \vec{O}$

En général, on confond f_d avec f_s : $f_d \approx f_s = f$

Pour une liaison sans frottement (parfaite) :

$$\begin{cases} f = O \\ \vec{R} = \vec{N} \end{cases}$$

III. Relation fondamentale de la dynamique (RFD) en référentiel galiléen.

Soit $\Sigma\vec{F}$ la somme de toutes les forces exercées sur un point matériel M dans un référentiel galiléen (R).

Le principe fondamental de la dynamique (PFD) postule que $\Sigma\vec{F}$ est liée à l'accélération du point M par la relation (RFD) :

$$\Sigma\vec{F} = m\vec{a}(M/R) = m\frac{d\vec{V}(M/R)}{dt}$$

Dans cette expression, m est la « masse d'inertie » du point matériel M.
(En mécanique classique et relativiste, cette masse est confondue avec la masse de gravitation M, qui intervient dans la loi de Newton).

Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 15 pages.