

P7. Mouvement et forces Cours

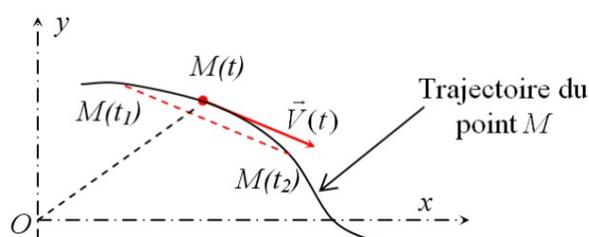
I Vecteurs vitesse et accélération

Voir document de cours : *Mouvement dans un référentiel*

Le mouvement d'un point est défini par son **vecteur vitesse instantanée** \vec{v} à chaque instant.

Le vecteur vitesse \vec{v} en un point M est caractérisé par :

- son point d'application : l'origine du vecteur est prise en M
- sa direction : le vecteur est tangent à la trajectoire en M
- son sens : le vecteur est orienté dans le sens du mouvement
- sa norme, notée $\|\vec{v}\|$



Dans de nombreuses situations, les grandeurs instantanées en un point M sont calculées, par approximation, à partir de grandeurs moyennes calculées entre 2 points pris les plus proches possible du point d'étude M (par exemple M_1 et M_2). Ainsi pour la vitesse instantanée au point M, on utilise la formule :

$$\|\vec{v}\| = M_1M_2 / \Delta t \quad \text{avec } \Delta t \text{ la durée du trajet entre } M_1 \text{ et } M_2.$$

On définit aussi le **vecteur variation de vitesse** au point M comme : $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ avec \vec{v}_2 et \vec{v}_1 les vitesses instantanées aux points M_1 et M_2 .

Le vecteur **accélération** au point M se calcule par la formule :

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

L'accélération se mesure donc en $m.s^{-2}$: elle correspond à la variation de vitesse à chaque seconde. Le vecteur accélération est colinéaire et de même sens que le vecteur variation de vitesse.

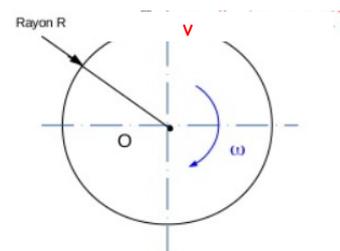
Pour un mouvement circulaire, on définit la **vitesse angulaire**, notée ω , comme la variation angulaire du point M en 1 seconde.

La vitesse angulaire s'exprime en $rad.s^{-1}$.

On peut montrer que pour un point en mouvement circulaire, dont la trajectoire est un cercle de rayon R parcouru à la vitesse angulaire ω , sa vitesse v (dite vitesse linéaire) est reliée à sa vitesse angulaire par :

$$\vec{v} = R \cdot \omega$$

v en $m.s^{-1}$, R en m et ω en rad



II Comment générer ou modifier un mouvement ?

Une action d'un corps sur un autre est modélisée par un **vecteur force** : une action peut être **répartie** (sur une surface ou un volume) ou **localisée** (ponctuelle) ; une action peut être **à distance** ou **de contact**.

Exemples : L'attraction gravitationnelle est une force à distance et répartie ; les forces de pression sont une force répartie et de contact.

Une force s'exprime en **Newton** et se mesure avec un **dynamomètre**.

Première loi de Newton : le principe d'inertie ou principe fondamental de la statique (PFS)

Dans un référentiel galiléen, si et seulement si la somme des forces qui s'exercent sur un solide est nulle, $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$, alors son centre d'inertie reste immobile ou en mouvement rectiligne uniforme.

Remarque : le référentiel terrestre peut être considéré comme galiléen pour des expériences de courte durée devant la période de rotation de la Terre (24h).

Deuxième loi de Newton : le principe fondamental de la dynamique (PFD)

Dans un référentiel galiléen, si le vecteur vitesse du centre d'inertie d'un solide varie (en intensité, en direction ou en sens), alors la somme des forces qui agissent sur ce solide $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}}$ n'est pas nulle et la résultante de ces forces est colinéaire au vecteur variation de vitesse donc au vecteur accélération.

On peut aussi écrire :

$$\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = m \vec{a}$$

Troisième loi de Newton : le principe des actions réciproques

Lorsqu'un corps A exerce une force $\vec{F}_{A \rightarrow B}$ sur un corps B (on dit que A et B sont en interaction), alors le corps B exerce sur A une force $\vec{F}_{B \rightarrow A}$ opposée telle que :

$$\vec{F}_{A \rightarrow B} = -\vec{F}_{B \rightarrow A}$$

Ce principe est valable quelque soit le mouvement de A et B et dans tout référentiel.

III Le poids d'un corps

Le **poids** d'un corps correspond à la force d'**attraction gravitationnelle** exercée par la Terre sur ce corps.

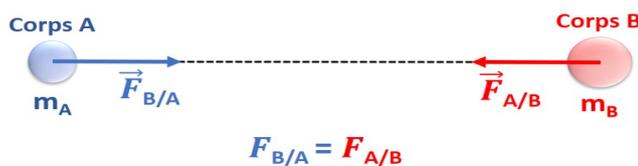
Ce phénomène, dit **gravitation universelle**, s'exerce entre tous les corps ayant une masse :

Deux corps A et B, de masses respectives m_A et m_B , régulièrement réparties autour de leur centre de gravité, et distants d'une distance d , exercent l'un sur l'autre des forces attractives telles que :

$$\|\vec{F}_{A \rightarrow B}\| = \|\vec{F}_{B \rightarrow A}\| = \frac{G \cdot m_A \cdot m_B}{d^2}$$

avec m_A et m_B en kg et d en m.

G est la **constante de gravitation** : $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ U.S.I.



Le poids d'un corps de masse m situé au niveau du sol, s'exprime donc :

$$\|\vec{P}\| = \frac{G \cdot m \cdot M_T}{R_T^2} \quad \text{que l'on peut écrire} \quad \|\vec{P}\| = m \cdot \frac{G \cdot M_T}{R_T^2}$$

Le terme $\frac{G \cdot M_T}{R_T^2}$ ne dépend que des caractéristiques de la Terre : il s'agit de la **pesanteur terrestre**, notée g :

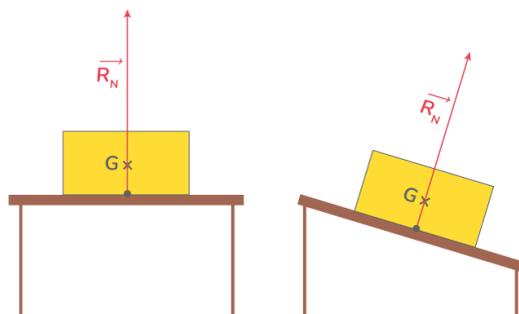
$$g = \frac{G \cdot M_T}{R_T^2} \quad \text{On obtient } g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Application numérique :
 masse de la Terre $M_T = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg
 rayon de la Terre $R_T = 6,38 \cdot 10^3$ km

IV La réaction d'un support

On appelle **réaction d'un support** la résultante des actions de contact exercées par un support sur l'objet en contact avec celui-ci.

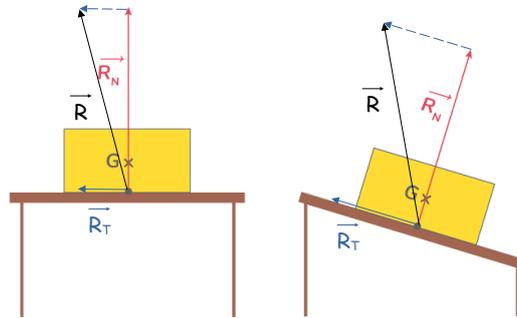
En l'absence de frottements, la réaction d'un support est perpendiculaire à la surface de contact : on parle de **réaction normale** et on la note en général \vec{R}_N .



En présence de frottements, on décompose la réaction du support en 2 composantes :

- une composante perpendiculaire au support, appelée réaction normale et notée en général \vec{R}_N
- une composante tangente au support, appelée **réaction tangentielle ou frottements**, orientée en sens inverse du mouvement, et notée en général \vec{R}_T ou \vec{f} .

La réaction du support $\vec{R} = \vec{R}_T + \vec{R}_N$:



L'intensité de la réaction d'un support dépend du mouvement de l'objet et des autres forces appliquées.

V La poussée d'Archimède

Tout corps (solide, liquide ou gaz) plongé en tout ou partie dans un fluide (liquide, gaz) subit une force verticale, dirigée de bas en haut, égale au poids du fluide déplacé. Cette force est appelée **poussée d'Archimède**.

La poussée d'Archimède est la résultante des forces de pression exercées par le fluide autour du corps.

Elle est notée $\vec{\Pi}$ ou \vec{P}_A .

$$\vec{\Pi} = -\rho_f \cdot V_i \cdot \vec{g} \quad \text{ou} \quad \|\vec{\Pi}\| = \rho_f \cdot V_i \cdot g$$

avec ρ_f : masse volumique du fluide en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
 V_i : volume immergé du corps en m^3
 g : pesanteur en $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$

