كلية العلوم
جامعة عبد المالك السعدي
Université Abdelmalek Essaadi

Faculté des Sciences de Tétouan
Professeur Jaouad Diouri

Cours de physique 2 – M21
SVT – S2 – 2015
Mécanique

1. Introduction. Cinématique du point

Programme

Partie 1 : Mécanique

1. Cinématique : mouvements, coordonnées, et repères
2. Dynamique : Lois de Newton, mouvements planétaires, mécanique terrestre
3. Travail, énergie et puissance
4. Statique : équilibre des forces

Partie 2 : Mécanique des fluides

1. Pression, poussée d'Archimède, écoulement
2. Théorème de Bernoulli et applications (manomètre, gravitation et circulation sanguine)
3. Fluides visqueux; viscosité
4. Tension des vaisseaux

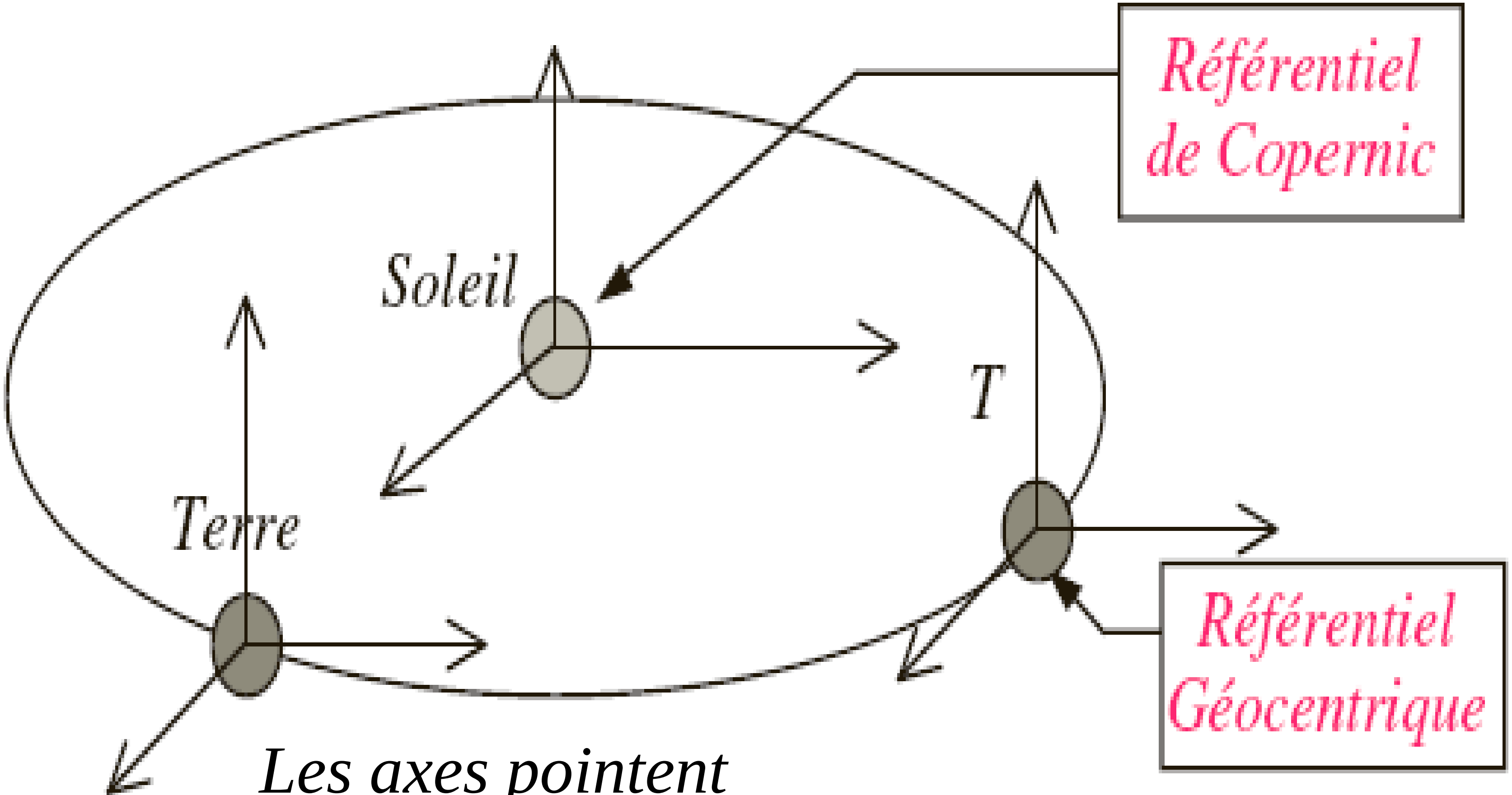
Références

Ancien polycopié de mécanique SVT

Lien personnel pour télécharger ce document : www.lcfst.c.la (Mécanique SVT, 2015)

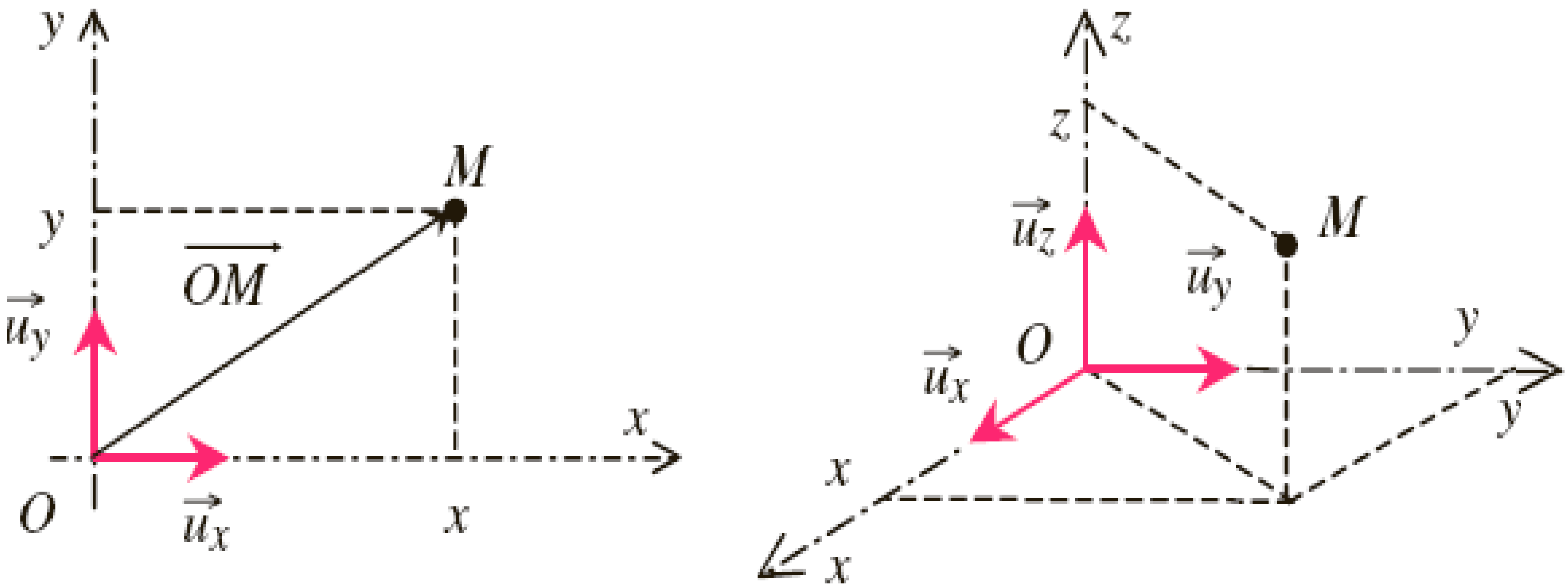
Lien personnel Dropbox pour une documentation élargie

Référentiel



Les axes pointent vers 3 étoiles fixes

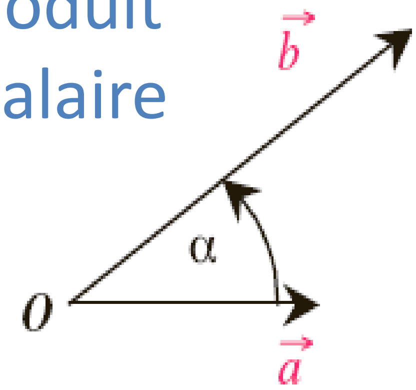
Systèmes de coordonnées



Coordonnées cartésiennes à 2 et à 3 dimensions

Produit de vecteurs

Produit scalaire



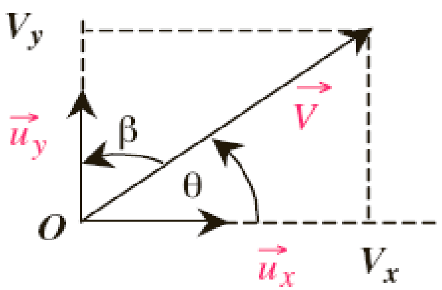
$$\vec{a}\cdot\vec{b} = \|\vec{a}\|\|\vec{b}\|\cos(\vec{a},\vec{b}) = ab\cos\alpha$$

$$\vec{a}\cdot\vec{b} = x_a x_b + y_a y_b + z_a z_b$$

$$\vec{a}\cdot\vec{a} = \vec{a}^{\,2} = \|\vec{a}\|^2 = a^2 = x_a^2 + y_a^2 + z_a^2$$

Application au calcul de l'angle entre 2 vecteurs

$$\boxed{\cos\alpha = \frac{\vec{a}\cdot\vec{b}}{ab}}$$

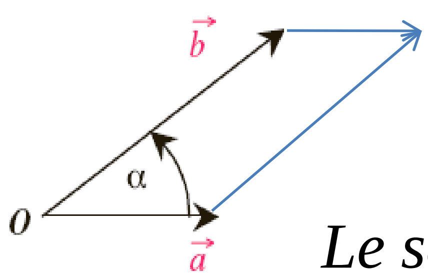


$$\vec{a}\cdot\vec{b} = 0 \text{ si } \vec{a} \text{ est perpendiculaire à } \vec{b}$$

$$\vec{V}\cdot\vec{u}_x = \|\vec{V}\|\|\vec{u}_x\|\cos\theta = V\cos\theta = V_x$$

$$\vec{V}\cdot\vec{u}_y = \|\vec{V}\|\|\vec{u}_y\|\cos\beta = V\cos\left(\frac{\pi}{2}-\theta\right) = V\sin\theta = V_y$$

Produit Vectoriel

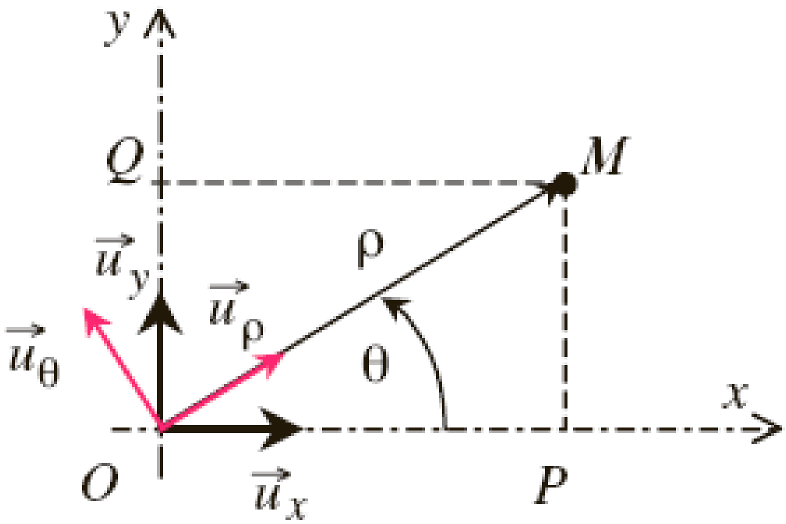


$$\vec{a}\wedge\vec{b} = \vec{c}\ ;\ |\vec{c}| = a.b.\sin\alpha$$ *= surface du parallélogramme (a,b)*

$$\vec{c}\perp(\vec{a},\vec{b})$$

Le sens $\vec{c}$ de est obtenu par la règle du tire bouchon

Coordonnées polaires

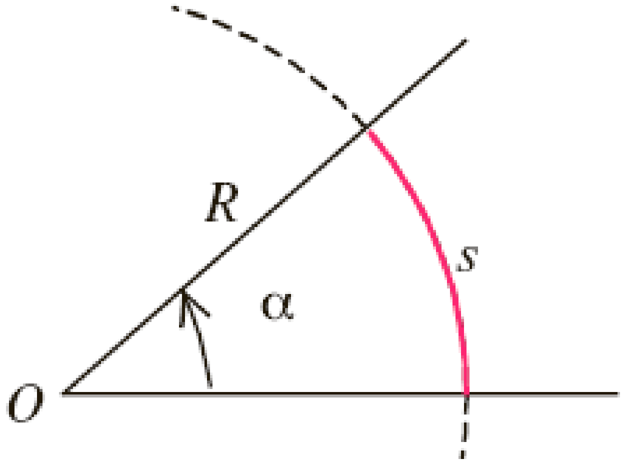


$$\overrightarrow{OM} = \left\|\overrightarrow{OM}\right\| \vec{u}_\rho = \rho\, \vec{u}_\rho$$

$$\vec{u}_\rho = (\cos\theta)\,\vec{u}_x + (\sin\theta)\,\vec{u}_y$$

$$\vec{u}_\theta = (-\sin\theta)\,\vec{u}_x + (\cos\theta)\,\vec{u}_y$$

$$OM = \rho = \sqrt{x^2 + y^2}$$



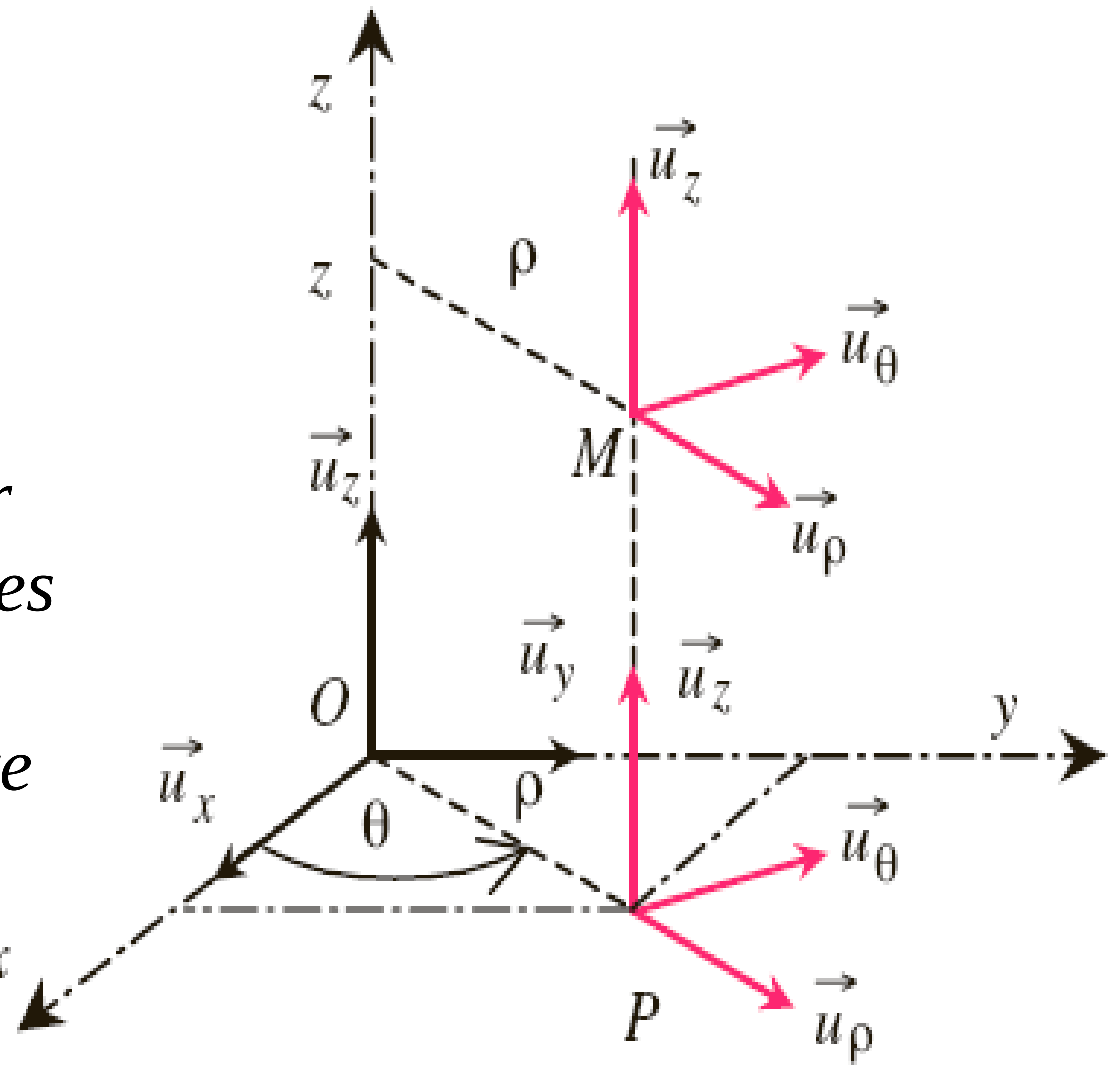
Mesure s de l'arc de cercle :

$$s = R\alpha$$

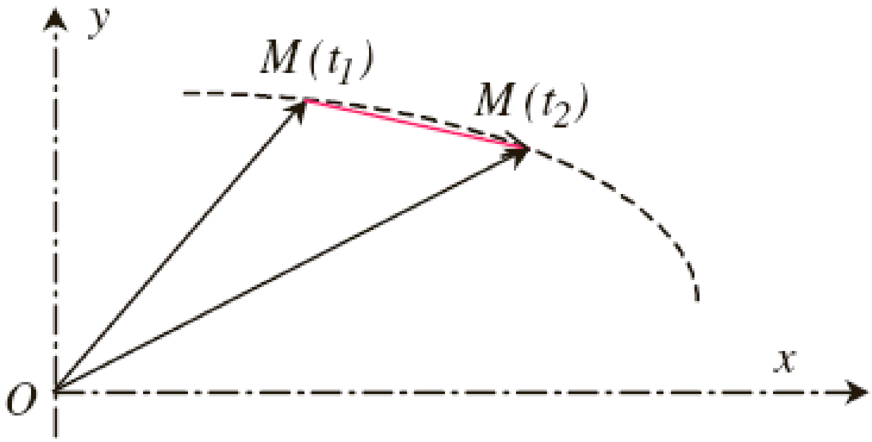
$$\Rightarrow \alpha = \frac{s}{R}$$

Coordonnées cylindriques

C'est le système des coordonnées polaires dans le plan Oxy auxquelles on ajoute l'axe perpendiculaire Oz. Utile pour étudier les mouvements sur des trajectoires situées à une distance constante d'un axe fixe (tuyau, canalisation)

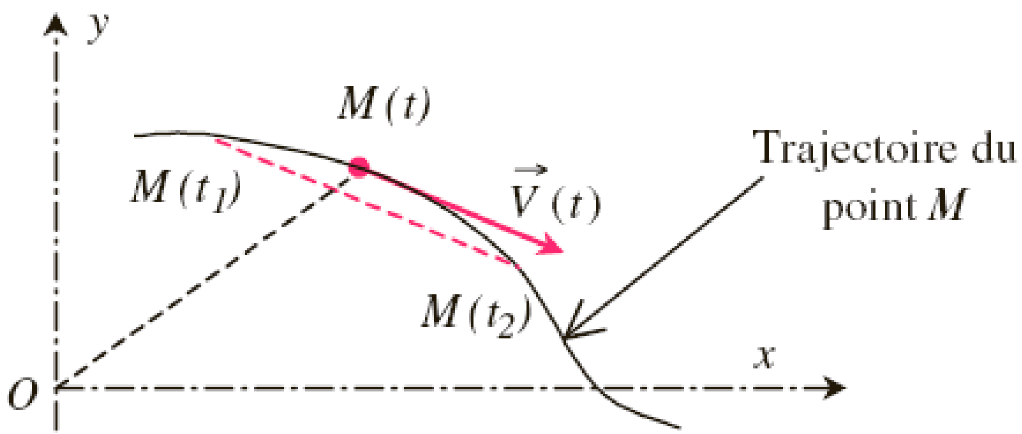


Vitesse



Vitesse moyenne

$$\vec{V}_m = \frac{\overrightarrow{M_1M_2}}{t_2 - t_1} = \frac{\overrightarrow{OM_2} - \overrightarrow{OM_1}}{\Delta t}$$



Vitesse instantanée

$$\vec{V}(t) = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$$

La vitesse instantanée est tangente en tout point à la trajectoire

Vitesse et accélération en coordonnées polaires

$$\overrightarrow{OM} = \left\|\overrightarrow{OM}\right\| \vec{u}_\rho = \rho\, \vec{u}_\rho$$

$$\vec{V}(t) = \frac{\mathrm{d}\,\overrightarrow{OM}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}[\rho\, \vec{u}_\rho]}{\mathrm{d}t}$$

$$\vec{V}(t) = \frac{\mathrm{d}\rho}{\mathrm{d}t}\vec{u}_\rho + \rho\frac{\mathrm{d}\,\vec{u}_\rho}{\mathrm{d}t} = \dot{\rho}\, \vec{u}_\rho + \rho\dot{\theta}\, \vec{u}_\theta$$

$$\vec{a} = \frac{\mathrm{d}\,\vec{V}(t)}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}[\dot{\rho}\, \vec{u}_\rho + \rho\dot{\theta}\, \vec{u}_\theta]}{\mathrm{d}t}$$

$$\vec{a} = (\ddot{\rho} - \rho\dot{\theta}^2)\, \vec{u}_\rho + (\rho\ddot{\theta} + 2\dot{\rho}\dot{\theta})\, \vec{u}_\theta$$

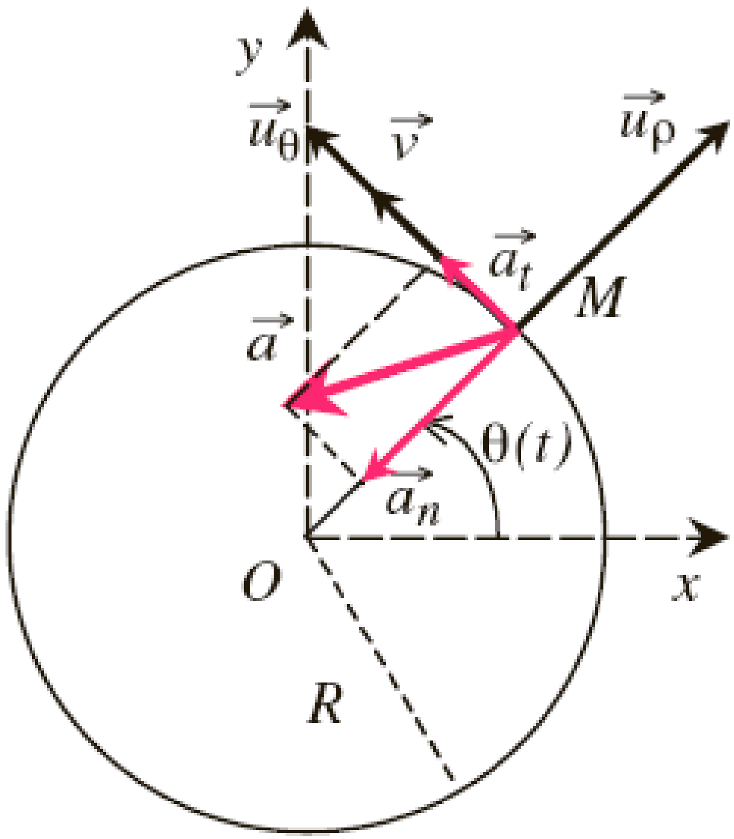
Composante radiale (sur u_ρ) et composante orthoradiale (sur u_θ)

Mouvement circulaire

$$\overrightarrow{OM}(t) = \rho\,\vec{u}_\rho(t) = R\,\vec{u}_\rho$$

$$\vec{v} = R\dot{\theta}\,\vec{u}_\theta = R\omega(t)\,\vec{u}_\theta$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = -R\omega^2\vec{u}_\rho + R\dot{\omega}\vec{u}_\theta$$



La vitesse est tangentielle.
L'accélération a une composante tangentielle et une composante normale.
ω vitesse angulaire

Mouvement circulaire uniforme si ω est constante.
Alors l'accélération est normale : $\vec{a} = \vec{a}_n = -\omega^2\,\overrightarrow{OM}$

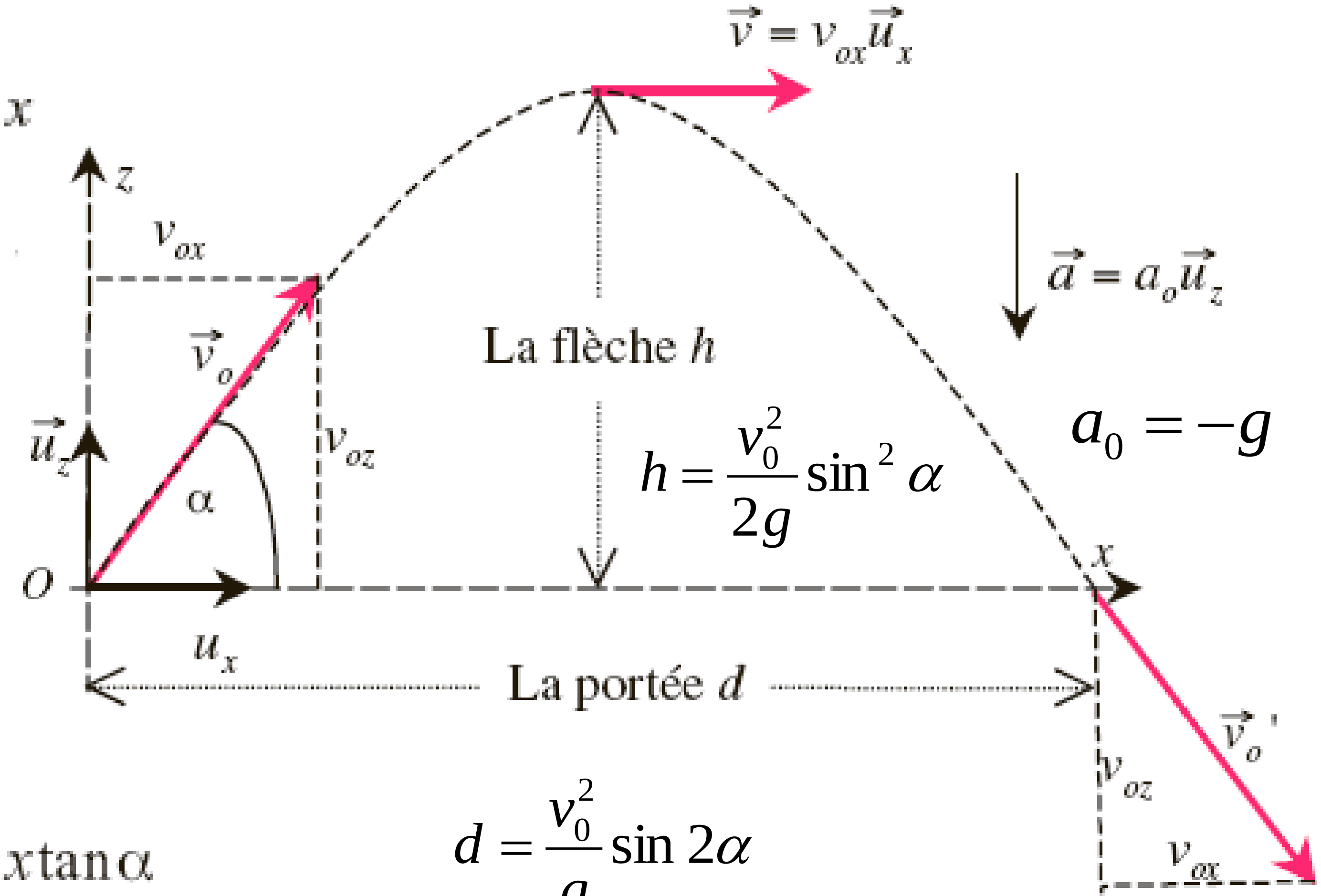
Mouvement parabolique

Lancement d'un projectile sous l'action de la pesanteur

$$x = v_{ox}t + x_{ox}$$

$$z = \frac{1}{2}a_o t^2 + v_{oz}t$$

$$z = \frac{1}{2}\frac{a_o}{v_o^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha$$



$$h = \frac{v_0^2}{2g}\sin^2\alpha$$

$$a_0 = -g$$

$$d = \frac{v_0^2}{g}\sin 2\alpha$$

Mouvement sinusoïdal

-X = l'amplitude.

ω = pulsation

$\omega t+\phi$ = phase

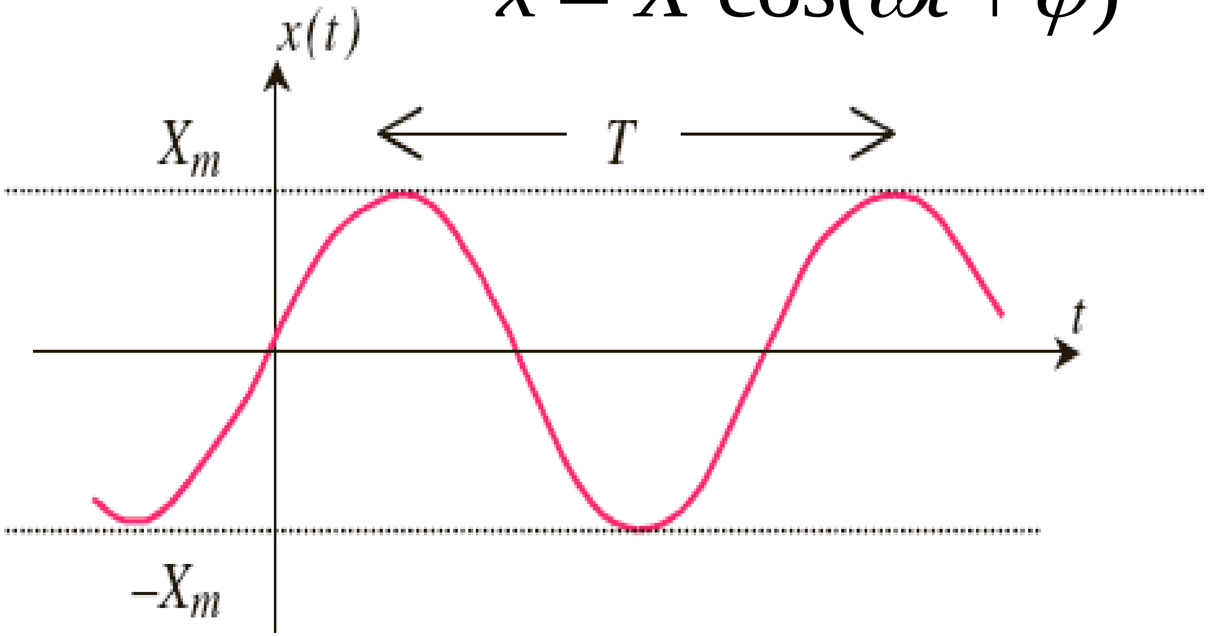
ϕ = phase à l'origine

Mouvement périodique de période T :

$$x = X\cos(\omega t + \varphi)$$

$$x(t+T) = x(t)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

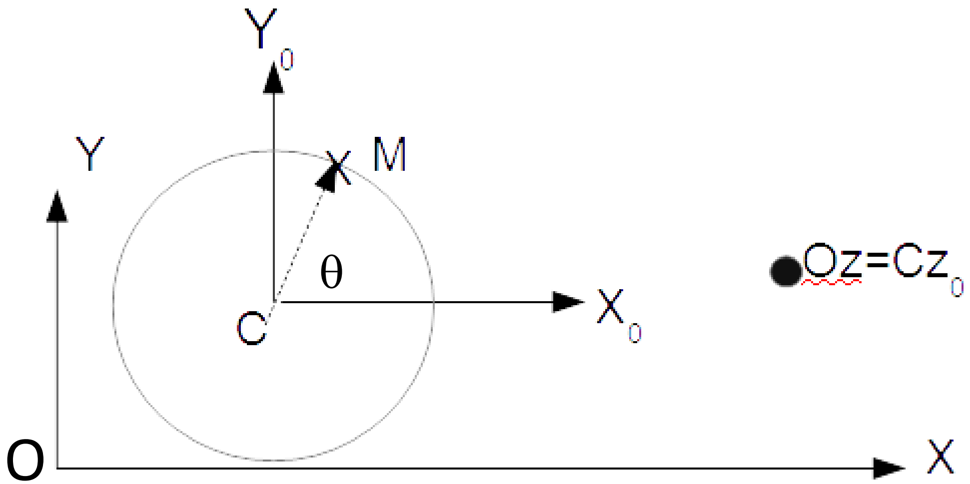


La fréquence *f* est le nombre des oscillations (périodes) par unité de temps : *f=1/T*

Propriété : $\ddot{x} = -\omega^2 x$

Composition des mouvements

Exemple du mouvement d'un point sur une roue par rapport à la route



$$\overrightarrow{OM} = \overrightarrow{OC} + \overrightarrow{CM}$$

$$\overrightarrow{OC} = vt\,\vec{u}_x + R\,\vec{u}_y$$

$$\overrightarrow{CM} = R\cos\theta\,\vec{u}_x + R\sin\theta\,\vec{u}_y$$

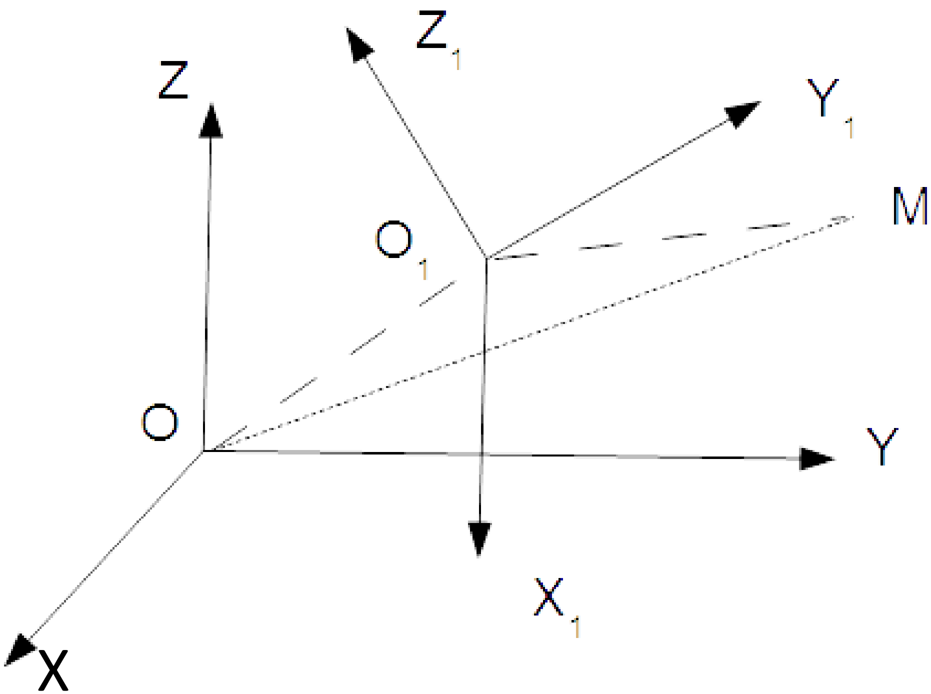
$$\theta = \omega t \;;\; v = R\omega$$

Mouvement de M par rapport à la route (mouvement absolu) est composé de :

Mouvement circulaire uniforme de vitesse angulaire ω dans le repère $Cx_0y_0z_0$ (mouvement relatif)

Mouvement de ce repère dans un repère lié à la route (mouvement d'entraînement) Oxyz

Cas général : composition des vitesses



$$\overrightarrow{OM} = \overrightarrow{OO_1} + \overrightarrow{O_1M}$$

$$\overrightarrow{O_1M} = x_1\vec{u}_{x_1} + y_1\vec{u}_{y_1} + z_1\vec{u}_{z_1}$$

$$\dot{\vec{u}}_{x_1} = \vec{\omega} \wedge \vec{u}_{x_1}$$

$$\dot{\vec{u}}_{y_1} = \vec{\omega} \wedge \vec{u}_{y_1}$$

$$\dot{\vec{u}}_{z_1} = \vec{\omega} \wedge \vec{u}_{z_1}$$

$$\vec{\omega}(\Re_1/\Re)$$

$$\vec{V}(M/\Re) = \frac{d}{dt}\overrightarrow{OM} = \underbrace{\frac{d}{dt}\overrightarrow{OO_1} + x_1\dot{\vec{u}}_{x_1} + y_1\dot{\vec{u}}_{y_1} + z_1\dot{\vec{u}}_{z_1}}_{\text{Vitesse d'entraînement de } \Re_1/\Re} + \underbrace{\dot{x}_1\vec{u}_{x_1} + \dot{y}_1\vec{u}_{y_1} + \dot{z}_1\vec{u}_{z_1}}_{\text{Vitesse relative de } M \text{ dans } \Re_1}$$

$$x_1\dot{\vec{u}}_{x_1} + y_1\dot{\vec{u}}_{y_1} + z_1\dot{\vec{u}}_{z_1} = \vec{\omega} \wedge \overrightarrow{O_1M}$$

Composition des accélérations

En faisant un calcul de dérivation (voir TD, exercice 3), on trouve

$$\vec{a}_a = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_c$$

$$\vec{a}_r = \ddot{x}_1 \vec{u}_{x_1} + \ddot{y} \vec{u}_{y_1} + \ddot{z} \vec{u}_{z_1}$$ *Accélération relative*

$$\vec{a}_e = \frac{d^2}{dt^2}\overrightarrow{OO_1} + \frac{d\vec{\omega}}{dt} \wedge \overrightarrow{O_1M} + \vec{\omega} \wedge \underbrace{(\vec{\omega} \wedge \overrightarrow{O_1M})}_{\vec{V}_r}$$ *Accélération d'entraînement*

$$\vec{a}_c = 2\vec{\omega} \wedge \vec{V}_r$$ *Accélération complémentaire, ou de Coriolis*

N'existe que si ω est non nul