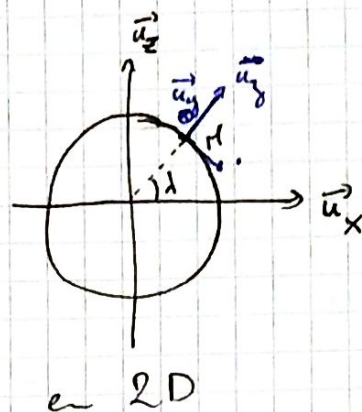
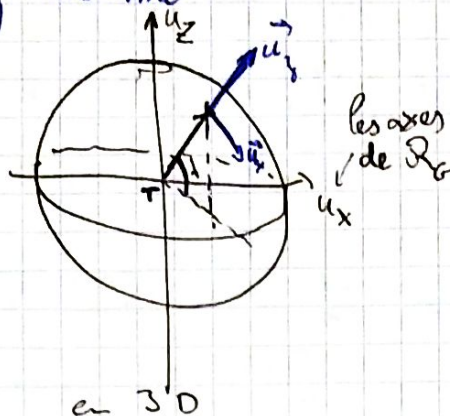
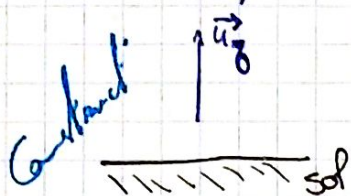


I] Caractère non-galiléen du ref terrestre

1) Définition du ref terrestre



Pour un pt H :

- $\vec{u}_z$ est selon la verticale ascendante $\vec{T}H$
- $\vec{u}_x$ tangent à la surface et dirigé vers le Sud
- $\vec{u}_y$ tangent à la surface et dirigé vers l'Est
 $\leftarrow \text{Nord} \rightarrow \text{Est}$

la latitude

Schéma sur SLIDE

2) Caractère galiléen d'un repère

Rappel: Si un référentiel R' est en translation rectiligne uniforme p/r à $R_{\text{galiléen}}$,
 Alors R' est galiléen

Dans toute le chapitre, on va considérer le ref géocentrique R_g comme galiléen

Pb: R_T est en rotation uniforme par rapport à R_g

On va chercher à approximer le rayon de courbure: $\vec{v}_{R_T/R_g} = R_T \Omega \vec{u}_y$

Période de rotation: $T = 1 \text{ jour} = 24 \times 60 \times 60 \text{ s} = 86400 \text{ s}$

$$\Rightarrow \Omega = \frac{2\pi}{T} = 7,27 \cdot 10^{-5} \text{ rad.s}^{-1}$$

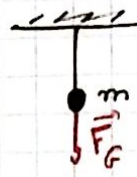
on veut $\frac{1 - \cos \Omega t}{\Omega t} \approx \frac{\Omega t}{2} \ll 1 \Rightarrow t \ll \frac{2}{\Omega} \approx T \cdot 1 \text{ jour}$

Pour considérer le ref terrestre comme galiléen
 Il faut que les expériences durent beaucoup moins qu'une journée

II) Effet de la force d'inertie d'entraînement

1) Redéfinit° du poids / Définition expérimentale du poids

Sys Ref Soit une masse m suspendue à un fil de masse négligeable, à l'équilibre dans R_T .



BdF Elle subit:

- la force du champ gravitationnelle: $\vec{F}_G = m\vec{G} = -g \frac{mR_T}{R_T} \vec{u}_z$
- la tension du fil $\vec{T}$
- les forces d'inertie $\vec{f}_{ie} = -m\vec{a}_{ie}$ $\vec{f}_{ic} = \vec{0}$ car $\vec{v}_{R_T} = \vec{0}$ à l'équilibre

PFD Le PFD à l'éq donc: $m\vec{a}_R = \vec{F}_G + \vec{T} + \vec{f}_{ie}$

On va définir le poids comme l'opposé de la tension à ce fil:

Def $\vec{P} = \vec{F}_G + \vec{f}_{ie} = m\vec{g} = m\vec{G} - m\vec{a}_{ie}$ $\vec{G} = g \frac{R_T}{R_T^2} \vec{u}_z$ $\vec{a}_{ie} = \vec{\Omega} \wedge (\vec{\Omega} \wedge \vec{r})$

Corollaire: le champ de pesanteur est

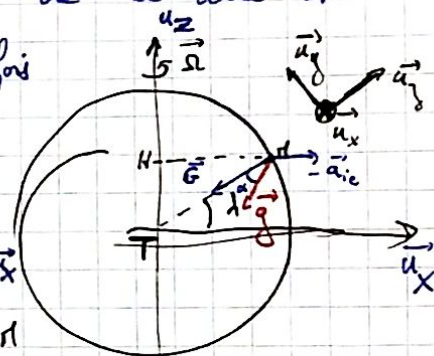
$$\vec{g} = \vec{G} - \vec{a}_{ie}$$

! Rmq la force d'inertie d'entraînement de la rotation de la terre est déjà dans le poids
 ⚠ à ne pas la prendre en compte une seconde fois

2) Champ de pesanteur terrestre

Note $\vec{G} = g \frac{R_T}{R_T^2} \vec{u}_z$

$$\vec{a}_{ie} = \vec{\Omega} \wedge (\vec{\Omega} \wedge \vec{r}) = -\Omega^2 H \vec{r} = -\Omega^2 R_T \cos \lambda \vec{u}_x$$



OdG: $\|\vec{G}\| = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

$\|\vec{a}_{ie}\| = 0,034 \text{ m.s}^{-2} \ll \|\vec{G}\|$

H projetée de r sur $(T, \vec{\Omega})$

Calcul $\vec{g} = \vec{G} - \vec{a}_{ie} \Rightarrow \|\vec{g}\|^2 = \|\vec{G} - \vec{a}_{ie}\|^2 = \|\vec{G}\|^2 - 2\vec{G} \cdot \vec{a}_{ie} + \|\vec{a}_{ie}\|^2 \approx \|\vec{G}\|^2 (1 - 2 \frac{\vec{G} \cdot \vec{a}_{ie}}{\|\vec{G}\|^2})$

$\vec{a}_{ie} = \Omega^2 R_T \cos \lambda (\cos \lambda \vec{u}_z - \sin \lambda \vec{u}_y)$
 $\Rightarrow \|\vec{g}\| = \|\vec{G}\| (1 - 2 \frac{\vec{G} \cdot \vec{a}_{ie}}{\|\vec{G}\|^2})^{1/2} \approx \|\vec{G}\| (1 - \frac{\vec{a}_{ie} \cdot \vec{u}_z}{\|\vec{G}\|}) \Rightarrow g(\lambda) = g \frac{R_T}{R_T^2} (1 - \frac{\Omega^2 R_T^3}{g R_T} \cos^2 \lambda)$

$\alpha = \angle(\vec{G}, \vec{g}) = (\vec{g}, \vec{u}_z)$ $-\vec{g} \cdot \vec{u}_z = g \sin \alpha \approx g \alpha$ au 1^{er} ordre

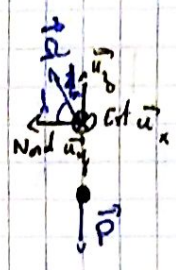
je passe les calculs $\alpha(\lambda) = \frac{1}{g} \vec{g} \cdot \vec{u}_z = \frac{\Omega^2 R_T^3}{g R_T} \cos^2 \lambda \sin \lambda$

Programme

Rmq: hyp: de sphère parfait et homogène (topographique et relief)

III) Effet de la force de coriolis

1) Chute libre / Descente vers l'est - slide grosses équations pas belles



hyp

On va supposer les effets faibles: $\dot{x}, \dot{y} \ll \dot{z}$ et $\dot{x}, \dot{y} \ll g$

Bolt

$$\begin{aligned} \bullet \vec{P} &= m\vec{g} \\ \bullet \vec{f}_{ic} &= -m\vec{a}_{ic} = -2m\vec{\Omega} \wedge \vec{v}_{RT} = -2m\left(\frac{\Omega}{\sin\lambda}\right)\left(\frac{\dot{z}}{\dot{y}}\right) = -2m\left(\frac{\Omega \cos\lambda}{\Omega \sin\lambda}\right) \wedge \begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{pmatrix} \end{aligned}$$

hyp

PFD PFD: $m\vec{a}_{RT} = \vec{P} + \vec{f}_{ic} \Rightarrow \begin{cases} \ddot{x} = -2\Omega(\cos\lambda\dot{y} - \sin\lambda\dot{z}) \\ \ddot{y} = -2\Omega\sin\lambda\dot{x} \\ \ddot{z} = -g - 2\Omega\cos\lambda\dot{x} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \ddot{x} = -2\Omega\cos\lambda\dot{y} \\ \ddot{y} = -2\Omega\sin\lambda\dot{x} \\ \ddot{z} = -g \end{cases}$

Come dans la chute libre classique: $\dot{z}(t) = -gt$ $z(t) = h - \frac{1}{2}gt^2$
 Posit° initiale (0,0,h)
 $\Rightarrow \ddot{x}(t) = 2g\Omega\cos\lambda t \Rightarrow \dot{x}(t) = g\Omega\cos\lambda t^2 \Rightarrow x(t) = \frac{1}{3}g\Omega\cos\lambda t^3$
 $\ddot{y}(t) = -2g\Omega\sin\lambda\cos\lambda t^2 \Rightarrow \dot{y}(t) = -\frac{2}{3}g\Omega\sin\lambda\cos\lambda t^3$
 $y(t) = -\frac{1}{6}g\Omega^2\sin\lambda\cos\lambda t^4$

Impact au sol à t_0 : $z(t_0) = h - \frac{1}{2}gt_0^2 \Rightarrow t_0 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$
 $\Rightarrow x(t_0) = \frac{1}{3}g\Omega\left(\sqrt{\frac{2h}{g}}\right)^3 \cos\lambda$
 $y(t_0) = -\frac{1}{6}g\Omega^2\sin\lambda\cos\lambda\left(\sqrt{\frac{2h}{g}}\right)^4 = -\frac{1}{3}\frac{\Omega^2 h^2}{g}\sin\lambda\cos\lambda$

$h = 100m$ $\alpha \approx 4cm$
 $\gamma \approx 24mm$

120th
360°

2) Foucault

Hist Exp historique 1851: • on sait déjà que la terre est ronde et tourne sur elle-même grâce à des observations astronomique mais aucunes exp sur Terre ne l'a montré
 • Léon Foucault au Panthéon.

les long câble $l = 67m$
 de masse $m = 28kg$

• on observe une déviation lente dans le sens horaire

osel Calculs lents: on considère $z = r\theta = l$ (θ petit et l grand)

Si on regarde l'amplitude des oscillations dans le plan (x,y): $\vec{u}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix} = \underbrace{R_0}_{=R_0} \sin\theta_0 \cos(\omega_0 t) \vec{u}_0(t)$

$\vec{u}_0 = \begin{pmatrix} \cos(\Omega \sin\lambda t) \\ \sin(\Omega \sin\lambda t) \end{pmatrix}$
 $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} = 0.38 rad.s^{-1} \Rightarrow T_0 \approx 16.5s$
 $\Omega \sin\lambda = 3.6 \cdot 10^{-5} \ll \omega_0$
 $T_a = \frac{2\pi}{\Omega \sin\lambda} \approx 1 \text{ jour}$

ODG