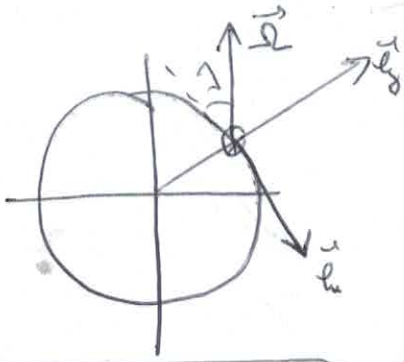


Effets de la rotation de la Terre

1)



$$\Omega = \frac{2\pi}{24 \times 3600} = 7.3 \times 10^{-5} \text{ rad s}^{-1}$$

(la Terre fait un tour sur elle-même en 24h)

$$\vec{\Omega} = \Omega [-\cos \lambda \vec{e}_1 + \sin \lambda \vec{e}_2]$$

2) Le référentiel terrestre est en rotation dans R_g (il n'est donc pas en translation rectiligne uniforme dans R_g galiléen) donc il n'est pas galiléen.

M subit les forces d'inertie :



$$\vec{F}_{ie} = m \Omega^2 \overline{HM} \quad (\text{force d'inertie d'entraînement})$$

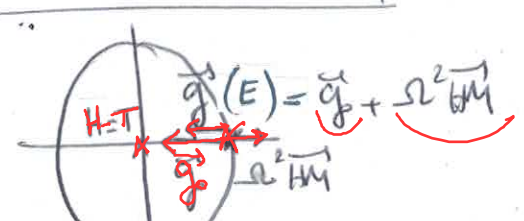
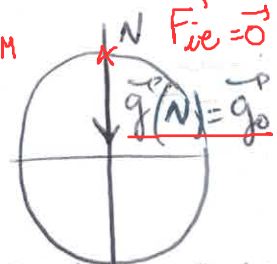
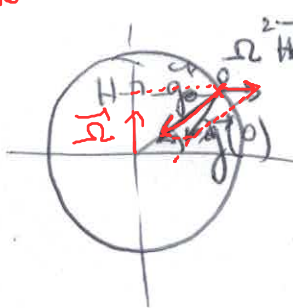
H: projeté \perp de M sur l'axe des pôles

$$\vec{F}_{ic} = -2m \vec{\Omega} \wedge \vec{v}(M) \quad (\text{force d'inertie centrifuge})$$

3) Le poids d'un corps est la résultante de l'attraction gravitationnelle de la Terre et de la force d'inertie d'entraînement soit :

$$\vec{P} = m \vec{g}_0 + m \Omega^2 \overline{HM} \quad \text{donc} \quad \vec{g} = \frac{\vec{P}}{m} = \vec{g}_0 + \Omega^2 \overline{HM}$$

en toute lettre



la force d'inertie d'entraînement est nulle sur l'axe de rotation

$$\|\vec{g}(E)\| = g_0 - \Omega^2 \frac{HM}{R_T} = g_0 - \Omega^2 R_T$$

$$\|\vec{g}(N)\| = g_0 = 9.81 \text{ ms}^{-2}$$

aux pôles on est le + lourd (g grand)

$$\|\vec{g}(E)\| = g_0 - \Omega^2 R_T = 9.78 \text{ ms}^{-2}$$

on est le + léger (g petit)

$$\Delta g = \Omega^2 R_T = 0.034 \text{ ms}^{-2}$$

$$\frac{\Delta g}{g_0} = 0.4\%$$

On conclut que les variations du champ de pesanteur avec la latitude liées à la force d'inertie d'entraînement sont négligeables. On peut négliger la force d'inertie d'entraînement devant la force d'attraction gravitationnelle soit

$$\vec{P} = m \vec{g} = m \vec{g}_0$$

4) RFD appliquée à M dans R_T en négligeant la force de Coriolis: $m \vec{a}(M)_{R_T} = m \vec{g}$ (R_T galiléen)

d'où

$\ddot{x} = 0$	$\ddot{y} = 0$	$\ddot{z} = -g$
$\dot{x} = 0$	$\dot{y} = 0$	$\dot{z} = -gt$
$x = 0$	$y = 0$	$z = -gt^2/2 + h$

M a un mouvement rectiligne en (Oyz) donc M tombe en O à l'instant t tel que $z(t_f) = 0 = -g \frac{t^2}{2} + h$ d'où

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

on a $\vec{v}(M)_{R_T} = -gt \vec{e}_z$ → ça sert à l'exercice Fic

5) RFD appliquée à M dans R_T en tenant compte de la force de Coriolis: (\vec{F}_{ic} est comprise dans \vec{F} et négligée / à $m\vec{g}$)

$$m \vec{a}(M)_{R_T} = \underbrace{m \vec{g}}_{\text{poids}} - \underbrace{2m \vec{\Omega} \wedge \vec{v}(M)_{R_T}}_{\text{Fic}}$$

avec $\vec{F}_{ic} = -2m \vec{\Omega} \wedge \vec{v}(M)_{R_T} = -2m \Omega [-\cos \lambda \vec{e}_x + \sin \lambda \vec{e}_y] \wedge [-gt \vec{e}_z] = 2m \Omega \cos \lambda g t \vec{e}_x$

en projection en (Oxy):

$\ddot{x} = 0$	$\ddot{y} = 2\Omega \cos \lambda g t$	$\ddot{z} = -g$
$\dot{x} = 0$	$\dot{y} = 2\Omega \cos \lambda g t^2$	$\dot{z} = -gt$

$$\begin{aligned} z &= -gt^2/2 + h \\ y &= 2\Omega \cos \lambda g \frac{t^3}{3} \end{aligned}$$

M touche le sol à t_f tel que $z(t_f) = 0$ soit $t_f = \sqrt{\frac{2h}{g}} = t$

et $y(t) = 2\Omega \cos \lambda g \frac{t^3}{3} = \frac{2\Omega \cos \lambda g}{3} \left(\frac{2h}{g}\right)^{3/2} \geq 0$ dérivé vers l'est

M touche le sol au point $(x=0, y = \frac{2\Omega \cos \lambda g}{3} \left(\frac{2h}{g}\right)^{3/2}, z=0)$, il est dévié vers l'est.

6) RFD appliquée à M dans R_T en tenant compte de la force de Coriolis:

$$m \vec{a}(M)_{R_T} = m \vec{g} - 2m \vec{\Omega} \wedge \vec{v}(M)_{R_T}$$

$$\vec{F}_{ic} = -2m \begin{vmatrix} -\Omega \cos \lambda & 0 & \Omega \sin \lambda \\ 0 & \Omega \cos \lambda & 0 \\ \Omega \sin \lambda & 0 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} +2m \Omega \sin \lambda \dot{y} \\ -2m \Omega \sin \lambda \dot{x} - 2m \Omega \cos \lambda \dot{z} \\ 2m \Omega \cos \lambda \dot{y} \end{vmatrix}$$

En projection sur (Ox): $\ddot{x} = + 2\Omega \sin \lambda \dot{y}$

sur (Oy): $\ddot{y} = - 2\Omega \sin \lambda \dot{x} - 2\Omega \cos \lambda \dot{z}$

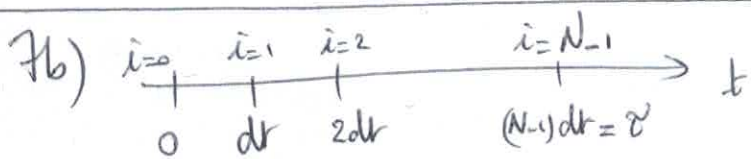
sur (Oz): $\ddot{z} = -g + 2\Omega \cos \lambda \dot{y}$

la identification: $\boxed{\Omega_1 = \Omega \sin \lambda}$ et $\boxed{\Omega_2 = \Omega \cos \lambda}$

7a) $\omega = 2 \times \pi \times \text{rpm} / 24 / 3600$

5 $C_1 = \omega \times \text{rpm} \times \sin(\text{lambda})$ soit $\boxed{C_1 = \Omega_1}$

6 $C_2 = \omega \times \text{rpm} \times \cos(\text{lambda})$ soit $\boxed{C_2 = \Omega_2}$



$\tau = (N-1) \cdot dt$
 d'où $\boxed{dt = \frac{\tau}{N-1}}$

(il y a N points
 le i^{ème} point est
 pour $i=0$ donc le
 dernier point est
 pour $i=N-1$)

7 $\tau_{\text{eau}} = (2 \times h / g) \times \pi \times 0.5$

9 $dt = \tau_{\text{eau}} / N$

7c) Pour dt petit on a: $\frac{dv_x}{dt}(t) = \frac{v_x(t+dt) - v_x(t)}{dt}$

d'où $\boxed{v_x(t+dt) = v_x(t) + dt \times \frac{dv_x}{dt}(t)}$

De la même façon $\boxed{x(t+dt) = x(t) + dt \times v_x(t)}$

Dans les lignes 17, 18 et 19, on complète les listes v_x , v_y et v_z avec la méthode d'Euler: $a = \frac{dv_x}{dt} = \ddot{x}$, $b = \frac{dv_y}{dt} = \ddot{y}$ et $c = \frac{dv_z}{dt} = \ddot{z}$

d'où 14 $a = 2 \times \omega_1 \times v_y[i]$

15 $b = - 2 \times \omega_1 \times v_x[i] - 2 \times \omega_2 \times v_z[i]$

16 $c = -g + 2 \times \omega_2 \times v_y[i]$

et pour compléter les listes x , y et z

20 $x_0.append(x[i] + v_x[i] \times dt)$

21 $y_0.append(y[i] + v_y[i] \times dt)$

22 $z_0.append(z[i] + v_z[i] \times dt)$

7d) $3 \quad h = 400 \quad \lambda_{amb} = 60 \times 2 \times \pi \times \pi / 360$

11 $x, y, z = [0], [0], [h]$

12 $v_x, v_y, v_z = [0], [0], [0]$ # les tangentes à $t=0$ sont horizontales pour $x(t), y(t)$ et $z(t)$, ce qui confirme que les vitesses sont nulles à $t=0$

7e) On lit $z=0$ pour $t=9,1$

alors $x = 28 \mu m > 0$ \Rightarrow déviation très faible vers le sud

$y = 0,135 m > 0$ \Rightarrow déviation plus importante vers l'est

AN à l'aide de la question 5 :

$$y = \frac{\Omega}{3} \cos 2\theta g \left(\frac{2h}{g}\right)^{3/2} = \frac{7,3 \cdot 10^{-5}}{3} \times \cos 60^\circ \times 9,8 \left(\frac{2 \times 400}{9,8}\right)^{3/2} = 13,5 \text{ cm} \quad \text{cohérent}$$

avec la méthode approchée de la question 5, on ne trouve pas de déviation vers le sud mais la déviation vers l'est est la bonne.

7f) $x(t=0) = 0 \text{ m}$

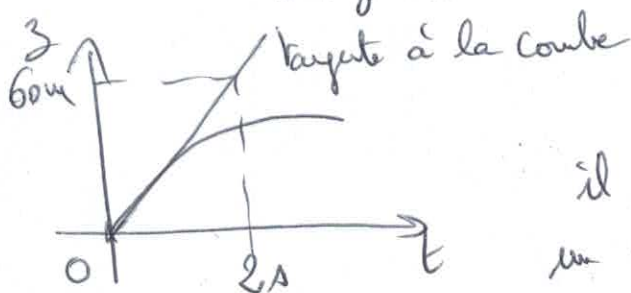
$\dot{x}(t=0) = 0 \text{ ms}^{-1}$ tangente horizontale

$y(t=0) = 0$

$\dot{y}(t=0) = 0 \text{ ms}^{-1}$ tangente horizontale

$z(t=0) = 0$

$\dot{z}(t=0) > 0$



$\dot{z}(t=0) = \frac{60}{2} = 30 \text{ ms}^{-1}$

il s'agit d'une expérience où l'on lance un objet depuis le sol verticalement avec une vitesse initiale de 30 ms^{-1} .

On lit $z=0$ pour $t=6,2 \text{ s}$

alors $x(t=6,2 \text{ s}) = -6 \mu m < 0$ déviation très faible vers le nord

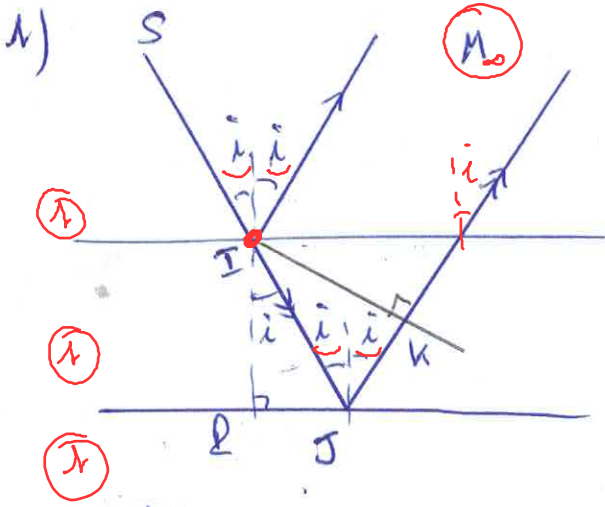
$y(t=6,2 \text{ s}) = -0,02 \text{ m} < 0$ déviation plus importante vers l'ouest

7g) $x=y=0$, le mouvement de M est rectiligne. Le point est lâché de l'altitude $h=60 \text{ m}$ sans vitesse et il tombe sur le sol en O.

Soit on a fait $\omega = 0$ (comme si la Terre ne tourne pas)

Soit $\lambda_{amb} = 90 \times \pi \times \pi / 180$ (au pôle, la force de Coriolis est nulle pour une chute libre)

Source : le cœli

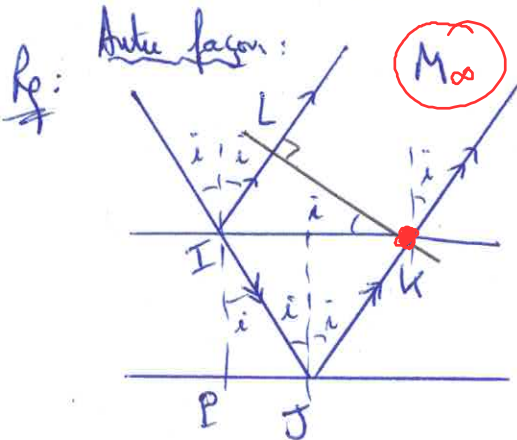


$\delta_{2,1}(M) = (SI) + (IJ) + (JK) + (KM) - (SI) - (IM)$
 or entre la source M (par principe de retour inverse, M se comporte comme une source) et la surface d'onde IK, le chemin optique est constant donc $(MI) = (MK)$
 $\delta_{2,1}(M) = IJ + JK$

triangle IJS: $\cos i = \frac{e}{IJ} \Rightarrow IJ = \frac{e}{\cos i}$

triangle IJK: $\cos(2i) = \frac{JK}{IJ} \Rightarrow JK = IJ \cos 2i = \frac{e}{\cos i} \times \cos(2i)$

d'où $\delta_{2,1}(M) = \frac{e}{\cos i} (1 + \cos(2i)) = \frac{e}{\cos i} 2\cos^2 i = \boxed{2e \cos i}$



$\delta_{2,1}(M) = \cancel{(SI)} + (IJ) + (JK) + \cancel{(KM)} - \cancel{(SI)} - \cancel{(IL)} - \cancel{(LM)}$
 avec $(LM) = (KM) \Rightarrow \delta_{2,1}(M) = (IJ) + (JK) - (IL)$

d'où $\delta_{2,1}(M) = 2IJ - IL$

il faut penser à tenir compte des chemins optiques en distance.

triangle IJS: $\cos i = \frac{e}{IJ} \Rightarrow IJ = \frac{e}{\cos i}$

$\tan i = \frac{IJ}{e} \Rightarrow IJ = e \tan i$

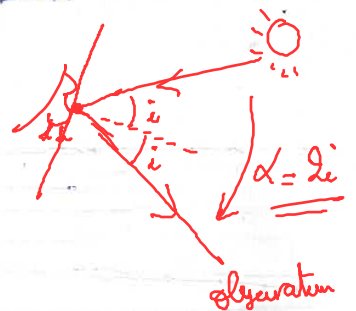
triangle IJK: $\sin i = \frac{IL}{IK} = \frac{IL}{2IJ} \Rightarrow IL = 2IJ \sin i = 2e \tan i \sin i = \frac{2e \sin^2 i}{\cos i}$

soit $\delta_{2,1}(M) = \frac{2e}{\cos i} - \frac{2e \sin^2 i}{\cos i} = \frac{2e}{\cos i} (1 - \sin^2 i) = 2e \cos i$

2) $p = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{2e \cos i}{\lambda} = 1$ soit $\cos i = \frac{\lambda}{2e}$

pour le bleu: $\lambda = 400 \text{ nm}$: $i = 66^\circ$ et $\alpha = 2i = 132^\circ$

le rouge: $\lambda = 800 \text{ nm}$: $i = 37^\circ$ et $\alpha = 2i = 74^\circ$



$$1) \quad \delta_{21}(M) = (SS_2) + (S_2I) + (IM) - (SS_1) - (S_1M) = S_2I$$

M se comporte comme une source par principe de retour inverse de la lumière.
 Entre la source S et la surface d'onde S_2 le chemin optique est constant.

$$\text{Donc } (SS_2) = (SS_1)$$

De même entre la source M et la surface d'onde S_1 soit $(IM) = (S_1M)$

$$\text{Soit } \sin \alpha = \frac{S_2I}{a} \approx \alpha \quad \text{Donc } \alpha = \frac{x}{f_2} \approx \alpha \quad \text{d'où } S_2I = a\alpha = \frac{ax}{f_2}$$

$$\text{soit } \boxed{\delta_{21}(M) = \frac{ax}{f_2}}$$

L'interfrange est la distance entre les milieux de deux franges brillantes, ou soit n_k la position de la frange brillante d'ordre k : $i = n_{k+1} - n_k$

$$\text{avec } p = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{axk}{\lambda f_2} = k \quad (\text{entier relatif}) \quad \text{et } n_k = k \frac{\lambda f_2}{a}$$

$$\text{d'où } \boxed{i = \frac{\lambda f_2}{a}}$$

2) b - $\Delta x = \frac{2f_2' b}{\lambda}$ ne convient pas car plus la fente est fine (b petit) et plus la diffraction est importante (Δx grand)

c - $\Delta x = \frac{2\lambda}{f_2' b}$ ne convient pas car ce n'est pas homogène

$$\text{on retient a - } \boxed{\Delta x = \frac{2f_2' \lambda}{b}}$$

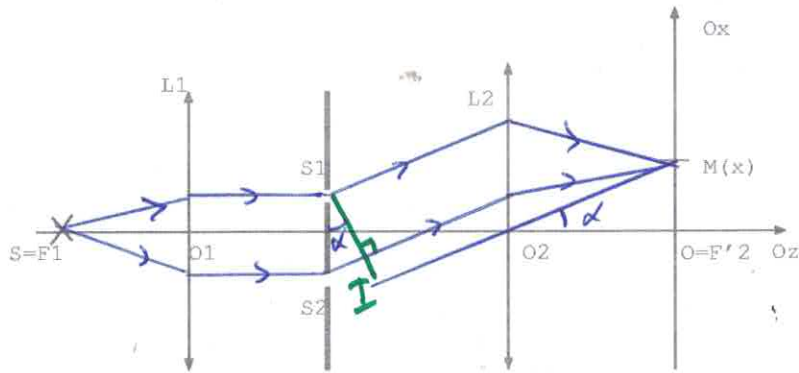
$$\text{on a même } \Delta x = \frac{\Delta x_{\text{min}} + \Delta x_{\text{max}}}{2} = \frac{3,1 + 3,4}{2} = 3,3 \text{ cm}$$

$$\text{d'où } \boxed{\lambda = \frac{\Delta x b}{2f_2'}} = \frac{3,3 \cdot 10^{-2} \times 17 \cdot 10^{-6}}{2 \times 0,5} = \underline{561 \text{ nm}}$$

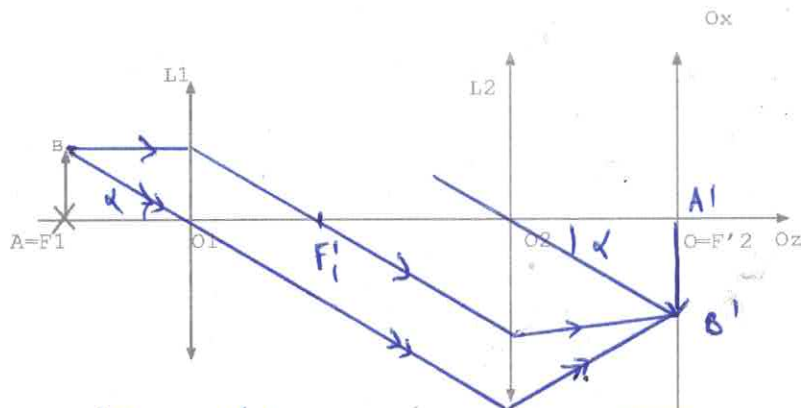
3) On a même $12i = 3 \text{ cm}$ soit $i = 0,25 \text{ cm}$ avec $i = \frac{\lambda f_2'}{a}$

$$\text{d'où } \boxed{a = \frac{\lambda f_2'}{i}} = \frac{561 \cdot 10^{-9} \times 0,5}{0,25 \cdot 10^{-2}} = \underline{110 \mu\text{m}}$$

Annexe 3:



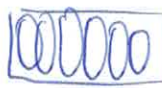
Annexe 4:



$$\tan \alpha = \frac{AB}{f_1} = \frac{A'B'}{f_2} \quad \text{d'où} \quad \boxed{\frac{A'B'}{AB} = \frac{f_1}{f_2} = 25}$$

Sur la photo on mesure : $A'B' = 4 \text{ cm}$

$$\text{d'où} \quad \boxed{AB = \frac{A'B'}{25} = \frac{4 \text{ cm}}{25} = 0,16 \text{ cm} = h}$$

 $A'B'$
(hauteur de la fente)