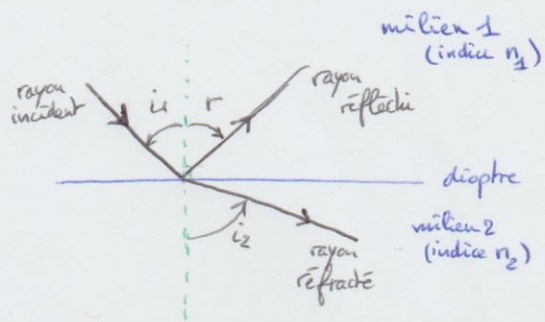
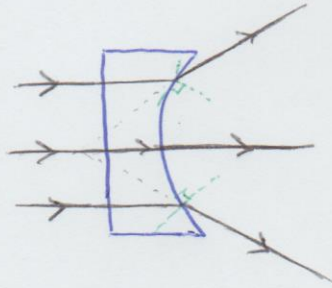
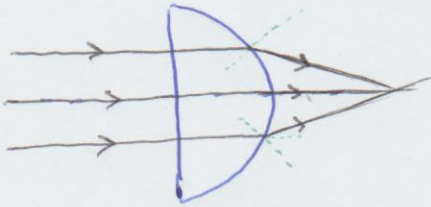


Exercice 1

- Q1 :
- 1^{ère} loi : Les 3 rayons sont dans le même plan.
 - 2^{ème} loi : $i_1 = -r$
 - 3^{ème} loi : $n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2)$.



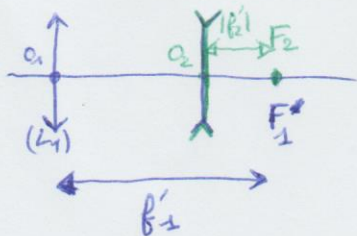
Q2 :



- Sur la 1^{ère} face, les rayons sont perpendiculaires au dioptre \rightarrow ils ne sont pas déviés.
- Sur la 2^{ème} face, les rayons passent du verre à l'air : on est dans le cas où $n_2 < n_1$ les rayons réfractés s'éloignent de la normale au dioptre.
Le rayon passant par l'axe optique n'est pas dévié car il arrive perpendiculairement au dioptre.

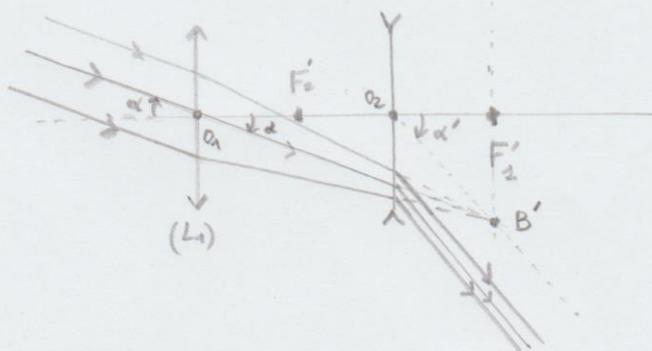
- Q3 :
- Lentille plan convexe : les rayons se rapprochent de l'axe optique
 \rightarrow lentille convergente
 - Lentille plan concave : les rayons s'éloignent de l'axe optique
 \rightarrow lentille divergente

Q4. Lunette afocale \rightarrow le foyer image de l'objectif F_1' est confondu avec le foyer objet de l'oculaire F_2 .



$$l = f_1 - |f_2|$$

Q5 :



Q6 : Le signe de α' est le même que celui de α : l'image est droite.

Q7: Conditions de Gauss : approximation des petits angles

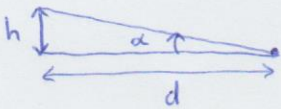
Dans le triangle $O_1F_1'B'$: $\tan(\alpha) = \frac{F_1'B'}{f_1'} \approx \alpha$

Dans le triangle $O_2F_1'B'$: $\tan(\alpha') = \frac{F_1'B'}{|f_2'|} \approx \alpha'$

Donc $G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{f_1'}{|f_2'|}$

Q8: $\begin{cases} l = f_1' - |f_2'| \\ G = \frac{f_1'}{|f_2'|} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} |f_2'| = \frac{l}{G-1} \\ f_1' = \frac{G \cdot l}{G-1} \end{cases}$ AN: $\begin{cases} |f_2'| = 1,3 \text{ cm} \Rightarrow \underline{f_2' = -1,3 \text{ cm}} \\ \underline{f_1' = 26,3 \text{ cm}} \end{cases}$

Q9: A l'œil nu:



$\alpha = \arctan\left(\frac{h}{d}\right)$

AN: $\alpha = 6,7 \times 10^{-3} \text{ rad}$

$\hookrightarrow \alpha' = G \cdot \alpha$

$\alpha' = 1,3 \times 10^{-1} \text{ rad}$

$\alpha \ll 1$

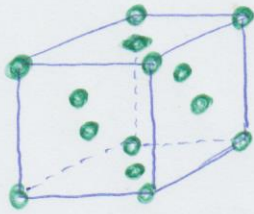
$\alpha' \ll 1$



les conditions de Gauss sont vérifiées.

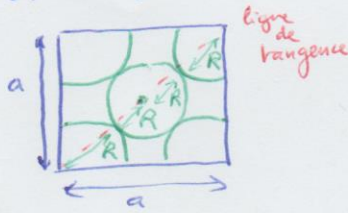
Exercice 2:

Q10:



population: $N = 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ atomes de cuivres

sur la face:



$$4R_{Cu} = a \cdot \sqrt{2}$$

$$\Rightarrow R_{Cu} = \frac{a \cdot \sqrt{2}}{4}$$

Q11:

$$\rho = \frac{N \times M(Cu)}{N_A \times a^3}$$

$$\rho = \frac{N \times M(Cu)}{N_A \times \left(\frac{4R_{Cu}}{\sqrt{2}}\right)^3}$$

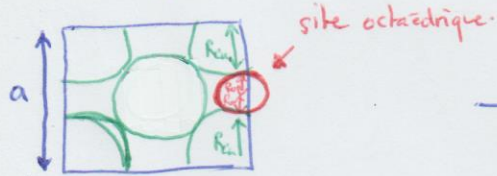
A.N: $\rho(Cu) = 8,89 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Q12: Sites octaédriques:

- le centre du cube $\rightarrow 1$ site
- chaque milieu des arêtes du cube $\rightarrow 12 \times \frac{1}{4} = 3$ sites dans la maille

\Rightarrow 4 sites octaédriques dans la maille

sur la face



$$\rightarrow 2R_{Cu} + 2R_o = a \Rightarrow R_o = \frac{a}{2} - R_{Cu}$$

$$R_o = R_{Cu} (\sqrt{2} - 1)$$

A.N: $R_o = 53 \text{ pm}$

Q13: Le rayon de l'étain est très supérieur à l'habitabilité du site octaédrique \Rightarrow il ne peut pas s'y insérer.

\Rightarrow L'alliage est un alliage de substitution.

Q14:

n.o. ($\text{Sn} \in \text{SnO}_2$) = +IV n.o. (Sn) + 2 \cdot (-II) = 0

n.o. ($\text{Sn} \in \text{Sn(s)}$) = 0

n.o. ($\text{Sn} \in \text{Sn}^{2+}$) = +II

n.o. ($\text{Sn} \in \text{Sn}^{4+}$) = +IV

n.o. ($\text{Sn} \in \text{SnO}_3^{2-}$) = +IV n.o. (Sn) + 3 \cdot (-II) = -II

n.o. ($\text{Sn} \in \text{HSnO}_2^-$) = +II n.o. (Sn) + I + 2 \cdot (-II) = -I

$$\Rightarrow$$

+IV	Sn^{4+}	SnO_2	SnO_3^{2-}
+II	Sn^{2+}	HSnO_2^-	
0	Sn(s)		

Domaine I: $\text{Sn}^{4+}_{(aq)}$

Domaine II: $\text{Sn}^{2+}_{(aq)}$

Domaine III: $\text{SnO}_2(s)$

Domaine IV: Sn(s)

Domaine V: $\text{HSnO}_2^-_{(aq)}$

Domaine VI: $\text{SnO}_3^{2-}_{(aq)}$



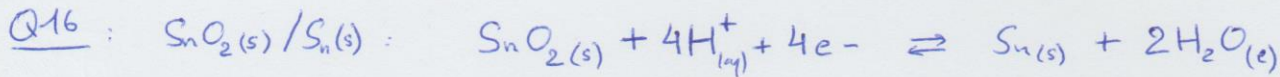
Formule de Nernst : $E(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) + \frac{0,06}{2} \times \log\left(\frac{[\text{Sn}^{2+}]}{1}\right)$

Sur la frontière entre les 2 espèces :

$$E_{\text{fr}}(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) + \frac{0,06}{2} \times \log\left(\frac{c_{\text{I}}}{c^\circ}\right)$$

$$\Rightarrow \boxed{E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = E_{\text{fr}} - \frac{0,06}{2} \times \log\left(\frac{c_{\text{I}}}{c^\circ}\right)}$$

AN : $E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0,23 - \frac{0,06}{2} \times \log(10^{-3}) = \underline{-0,14 \text{ V}}$
 Cette valeur est cohérente avec la valeur trouvée.



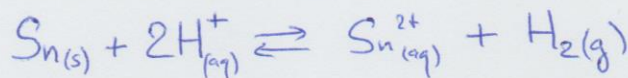
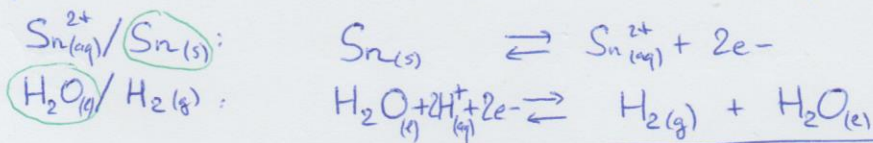
Formule de Nernst : $E(\text{SnO}_2/\text{Sn}) = E^\circ(\text{SnO}_2/\text{Sn}) + \frac{0,06}{4} \times \log\left(\frac{[\text{H}^+]^4 \times 1}{1 \times 1^2}\right)$

$$\boxed{E = E^\circ(\text{SnO}_2/\text{Sn}) - 0,06 \times \frac{4}{4} \times \text{pH}}$$

↳ la pente est de $-0,06 \text{ V/pH}$.

Q17 : $\text{Sn}(s)$ et $\text{H}_2\text{O}(l)$ n'ont pas de domaines communs : $\text{Sn}(s)$ n'est pas stable dans l'eau.

A faible pH (solution très acide), le couple de l'étain mis en jeu est :



↳ le gaz est du dihydrogène.

Q18 Loi des gaz parfait : $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$

$$\Rightarrow \boxed{V_m = \frac{V}{n} = \frac{R \cdot T}{P}}$$

AN : $V_m = 2,40 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{mol}$

↳ $V_m = \underline{24,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}}$

Q19 : La réaction entre l'étain et l'eau acidifiée est totale :

constante d'équilibre $K^\circ = 10^{\frac{2}{0,06} (E^\circ(\text{H}_2/\text{H}^+) - E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}))} = 3,7 \times 10^{45} \gg 10^4$

• Quantité de H_2 produite : $n_{\text{p}}(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} \Rightarrow$ AN : $n_{\text{p}}(\text{H}_2) = 6,38 \times 10^{-3} \text{ mol} \Rightarrow x_{\text{max}} = \underline{6,38 \times 10^{-3} \text{ mol}}$

• Quantité initiale de H^+ : $n_0(\text{H}^+) = C \times V \Rightarrow$ AN : $n_0(\text{H}^+) = 50 \times 10^{-2} \text{ mol}$. donc $n_0(\text{H}^+) > 2x_{\text{max}}$

↳ H^+ est en excès

• Quantité initiale de $\text{Sn}(s)$: $n_0(\text{Sn}) = x_{\text{max}} = 6,38 \times 10^{-3} \text{ mol}$

↳ $\text{Sn}(s)$ est limitant.

$m_0(\text{Sn}) = n_0(\text{Sn}) \times M(\text{Sn}) \Rightarrow$ AN : $m_0(\text{Sn}) = \underline{0,757 \text{ g}}$

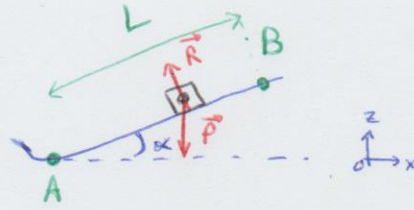
↳ titre massique :

$$\boxed{w(\text{Sn}) = \frac{m_0(\text{Sn})}{m(\text{Bronze})}}$$

AN : $w(\text{Sn}) = \frac{0,757}{3,00} = \underline{25,2 \%}$

Exercice 3: FREINAGE D'UNE LUGE

- Q20:
- système: { luge + lugeur }
 - référentiel: terrestre supposé galiléen.
 - bilan des forces extérieures:
 - poids: $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$
 - réaction de la piste $\vec{R} \perp$ à la piste. (frottements négligés)



- Théorème de l'énergie mécanique: $\Delta E_m = E_B - E_A = 0$ car $\left. \begin{array}{l} \vec{P} \\ \vec{R} \end{array} \right\}$ est une force conservative
 \vec{R} ne travaille pas ($\perp AB$).

$$\rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 + m \cdot g \cdot z_A = \frac{1}{2} m \cdot v_B^2 + m \cdot g \cdot z_B$$

avec $v_A = 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 et $v_B = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$\rightarrow \frac{1}{2} v_A^2 = g(z_B - z_A) = g \cdot L \cdot \sin(\alpha)$$

$$\rightarrow \boxed{L = \frac{v_A^2}{2 \cdot g \cdot \sin(\alpha)}} \quad \text{avec } \alpha = \arctan\left(\frac{10}{100}\right)$$

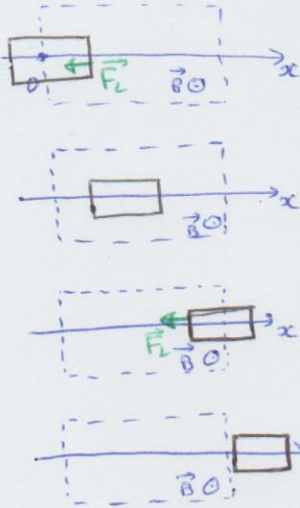
AN: $L = 452 \text{ m}$

Rmq: sans calculatrice: α petit

$$\rightarrow \sin(\alpha) \approx \alpha \approx \tan(\alpha) \approx \frac{10}{100}$$

c'est une distance assez importante!
 Il faut beaucoup de place.

Q21:



- La luge entre dans la zone soumise au champ \vec{B} : le flux magnétique Φ au travers de la luge augmente. D'après la loi de Lenz, cela engendre une force de Laplace qui vise à modérer cette augmentation: la luge ralentit.
- La luge est entièrement dans la zone: pas de variation de flux donc pas de courant induit et pas de force de Laplace. Le mouvement de la luge est uniforme.
- La luge quitte la zone soumise au champ \vec{B} : le flux Φ diminue. D'après la loi de Lenz, cela engendre une force de Laplace qui vise à modérer cette diminution: la luge ralentit.
- La luge a totalement quitté la zone. Le mouvement est uniforme (pas de force de Laplace).

Q22: Un champ de 1T est relativement élevé. On peut créer un tel champ avec un aimant permanent puissant ou un électroaimant. Le champ magnétique terrestre fait environ 50 μT .

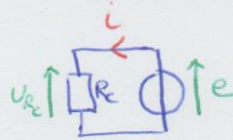
Q23 : Surface soumise au champ : $S = x \cdot l$

↳ $\boxed{\Phi = B \cdot S = B \cdot x \cdot l}$ (avec surface orientée vers $+\vec{u}_z$)

Q24 : Loi de Faraday : $e = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{d(B \cdot x \cdot l)}{dt} = - B \cdot l \cdot \frac{dx}{dt}$

↳ $\boxed{e = - B \cdot l \cdot v}$

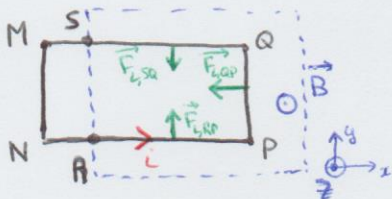
Q25 : Loi des mailles : $e = R_c \cdot i$



↳ $\boxed{i = \frac{e}{R_c} = - \frac{B \cdot l \cdot v}{R_c}}$

Q26 : $d\vec{F}_L = i \cdot d\vec{\ell} \wedge \vec{B}$

Q27



Sur le cadre : • trangers SM, MN, NR : pas soumis au champ \vec{B}
↳ pas de force de Laplace

- RP : $\vec{F}_{L,RP} = -i \cdot x \cdot B \cdot \vec{u}_y$
- SQ : $\vec{F}_{L,SQ} = i \cdot x \cdot B \cdot \vec{u}_y$ } ces 2 forces se compensent
- AP : $\vec{F}_{L,AP} = i \cdot l \cdot B \cdot \vec{u}_x$

Résultante sur le cadre : $\boxed{\vec{F}_L = - \frac{B^2 \cdot l^2}{R_c} \cdot v \cdot \vec{u}_x}$

⚠ courant négatif

- Q28 :
- système : {large + largeur}
 - référentiel : terrestre supposé galiléen
 - bilan des forces extérieures :
 - poids \vec{P}
 - réaction du support \vec{R} } se compensent
 - force de Laplace : \vec{F}_L
 - Principe fondamental de la dynamique

projeté sur Ox : $\boxed{m \cdot \frac{dv}{dt} = - \frac{B^2 \cdot l^2}{R_c} \cdot v}$

forme canonique : $\frac{dv}{dt} + \frac{v}{\tau} = 0$

Q29 : $\boxed{\tau = \frac{m \cdot R_c}{B^2 \cdot l^2}}$ AN : $\tau = 0,4 \text{ s}$ ⚠ unités

Q30: $v(t) = v_a \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$ et $v(t) = \frac{dx}{dt}$

$\hookrightarrow x(t) = \int_0^t v(t) dt = -v_a \cdot \tau \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + v_a \cdot \tau \Rightarrow x(t) = v_a \cdot \tau \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right)$

Q31: $x(T) = L$

$\Rightarrow v_a \cdot \tau \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{T}{\tau}\right)\right) = L$

$\Rightarrow T = -\tau \cdot \ln\left(1 - \frac{L}{v_a \cdot \tau}\right)$ AN: $T = 3,48 \times 10^{-2} \text{ s}$.

Q32: $v(T) = v_a \cdot \left(1 - \frac{L}{v_a \cdot \tau}\right)$

$\Delta v = v_a - v(T) = \frac{L}{v_a \cdot \tau}$ AN: $\Delta v = 8,33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Q33: Une fois la luge entièrement dans la zone ($x \geq L$), la vitesse de la luge est constante (voir Q.21) \Rightarrow il n'y a plus de freinage, cela ne sert donc à rien de rester dans la zone soumise au champ \vec{B} .

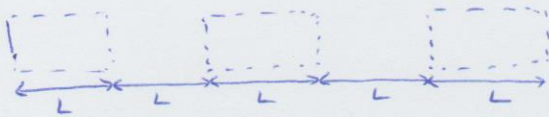
\hookrightarrow La longueur idéale de la zone soumise au champ \vec{B} est donc $L = 1 \text{ m}$.

Q34: voir Q21: nouvelle décélération. Avec un raisonnement analogue on peut montrer que la force de Laplace vaut encore:

$$\vec{F}_L = -\frac{B^2 \cdot l^2 \cdot v}{R_c} \vec{u}_x$$

\hookrightarrow l'expression pour la vitesse reste valable.

Q35



On a: $v(t) = v_a \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$

On cherche t_f tel que $v(t_f) = v_f = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow t_f = \tau \cdot \ln\left(\frac{v_a}{v_f}\right)$

On a alors $x(t_f) = v_a \cdot \tau \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{t_f}{\tau}\right)\right) = v_a \cdot \tau \cdot \left(1 - \frac{v_f}{v_a}\right)$

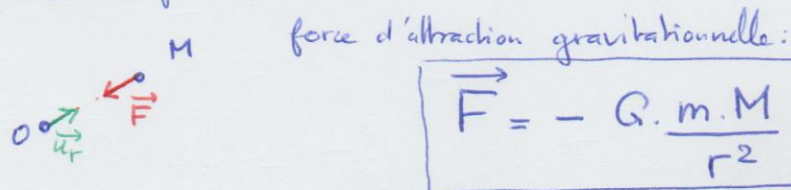
$\hookrightarrow x(t_f) = 10 \text{ m} \rightarrow$ Il faut 5 zones magnétiques

Q36: frein d'ascenseur

- frein de véhicule (avec éventuellement récupération d'énergie).

Exercice 4 : Le système GPS.

- Q37 :
- système : { satellite NAVSTAR }
 - référentiel : géocentrique, supposé galiléen.
 - bilan des forces extérieures :



$$\vec{F} = -G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} \vec{u}_r$$

Q38 : a. Conservation du moment cinétique :

D'après le théorème du moment cinétique par rapport à O : $\frac{d\vec{L}_O}{dt} = \vec{M}_O(\vec{F}) = \vec{OM}_\Lambda \vec{F} = \vec{0}$

$$\Leftrightarrow \boxed{\vec{L}_O = \text{cste}}$$

↳ conséquence ① : \vec{OM} orthogonal à $\vec{L}_O = \text{cste}$ donc M contenu dans le plan perpendiculaire à \vec{L}_O passant par O.
 \Rightarrow la trajectoire est plane.

↳ conséquence ② : $\vec{L}_O = m \cdot r^2 \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{u}_z = \text{cste} \Rightarrow r^2 \cdot \dot{\theta} = \mathcal{C}$ ← constante des aires.

vitesse aréolaire : $\frac{dS}{dt} = \frac{v \cdot r}{2} = \frac{r^2 \cdot \dot{\theta}}{2} = \frac{\mathcal{C}}{2} = \text{cste}$

b. D'après le théorème de l'énergie mécanique, \vec{F} étant conservative (ne dépend que de la position)

$$\Delta E_m = 0 \Rightarrow \boxed{E_m = \text{cste}}$$

c.

$$E_m = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + \underbrace{\left(\frac{-G \cdot m \cdot M}{r} \right)}_{E_{\text{gravitationnelle}}}$$

avec $\vec{v} = \dot{r} \cdot \vec{u}_r + r \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{u}_\theta \Rightarrow v^2 = \dot{r}^2 + (r\dot{\theta})^2$

$$\Leftrightarrow E_m = \frac{1}{2} m \cdot \dot{r}^2 + \frac{1}{2} m r^2 \cdot \dot{\theta}^2 - \frac{G \cdot m \cdot M}{r}$$

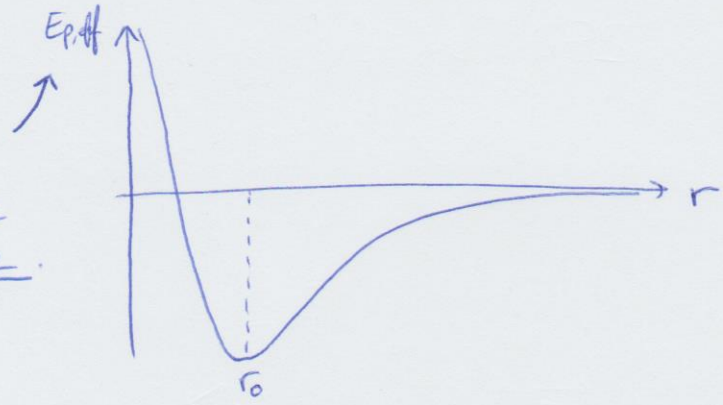
$$\Leftrightarrow \boxed{E_m = \frac{1}{2} m \cdot \dot{r}^2 + \frac{1}{2} \frac{m \mathcal{C}^2}{r^2} - \frac{G \cdot m \cdot M}{r}}$$

$$\rightarrow \boxed{A = G \cdot m \cdot M}$$

$$\rightarrow \boxed{B = \frac{m \cdot \mathcal{C}^2}{2}}$$

Q39:

Energie potentielle effective.



$$\frac{dE_{p,eff}(r)}{dr} = 0 \Rightarrow \frac{A}{r^2} - \frac{2B}{r^3} = 0$$

$$\Rightarrow A \cdot r_0 - 2B = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{r_0 = \frac{2B}{A} = \frac{v^2}{GM}}$$

r_0 est le rayon de l'orbite circulaire du satellite.

Pour le satellite, $r_0 = R_T + h \approx 264 \times 10^3 \text{ km}$

Q40: D'après la troisième loi de Kepler:

$$\frac{T^2}{r_0^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \Rightarrow \boxed{T = 2\pi \times \sqrt{\frac{r_0^3}{GM}}} \quad \text{AN: } T = 42,7 \times 10^3 \text{ s}$$

or $T_{\text{sidéral}} = 86164 \text{ s}$

$\hookrightarrow T < T_{\text{sidéral}} \rightarrow$ ce ne sont pas des satellites géostationnaires.

Q41:

$$\boxed{E_{m,1} = -G \cdot \frac{m \cdot M}{2 \cdot R_1}} \quad \text{AN: } E_{m,1} = -2,03 \times 10^{10} \text{ J}$$

Q42:

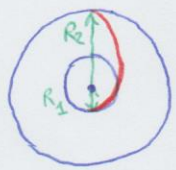
$$-5,006 \times 10^{10} < E_{m,0} < -4,997 \times 10^{10} \text{ J} \Rightarrow E_{m,1} > E_{m,0}$$

\hookrightarrow il faut fournir de l'énergie au satellite pour le mettre en orbite.

Pour minimiser l'énergie à fournir, il faut que $E_{m,0}$ soit maximal $\Rightarrow \lambda = 0$

\Rightarrow il faut que la base de lancement soit le plus près possible de l'équateur.

Q43



$$\Rightarrow 2a = R_1 + R_2 \Rightarrow \boxed{a = \frac{R_1 + R_2}{2}}$$

$$\hookrightarrow \boxed{E_{m,2} = -G \cdot \frac{m \cdot M}{2 \cdot \left(\frac{R_1 + R_2}{2}\right)}} \quad \text{AN: } E_{m,2} = -9,30 \times 10^9 \text{ J}$$

(avec $R_2 = R_T + h_2 = 6400 \times 10^3 + 200 \times 10^3$)

Q44:

$$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_{p,acc}$$

0 sur la phase d'accélération car la position reste quasi-constante.

$$E_{m,2} - E_{m,1} = \frac{1}{2} m \cdot v_{32}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_1^2$$

$$\text{or } v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1}} \quad \Rightarrow \quad v_{32} = \sqrt{v_1^2 + \frac{2}{m} \cdot (E_{m,2} - E_{m,1})}$$

AN: $v_{32} = 8,83 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 $v_1 = 7,12 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

\Downarrow
 $\Delta v_1 = v_{32} - v_1$
 $= 1,72 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

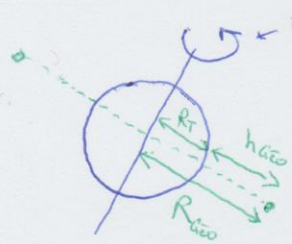
Q45: Le transfert dure une demi-période: $T_{12} = \frac{T}{2}$

or $\frac{T_{12}^2}{\left(\frac{R_1+R_2}{2}\right)^3} = \frac{4\pi^2}{G.M}$ (3^{ème} loi de Kepler)

$\Rightarrow T_{12} = \sqrt{\frac{4\pi^2}{G.M} \cdot \left(\frac{R_1+R_2}{2}\right)^3}$ AN: $T_{12} = 2,23 \times 10^4 \text{ s} = 6,20 \text{ h}$

La durée du transfert est donc de 3,10 h (= 3h 06 min)

Q46: Un satellite géostationnaire doit être dans le plan de l'équateur



il doit tourner dans le même sens que la Terre!

- avoir une période de révolution qui correspond au jour sidéral.
- avoir une trajectoire circulaire (pour avoir un mouvement uniforme).

$T = T_{\text{sidéral}} \Rightarrow R_{\text{GEO}} = \left(\frac{T^2 \cdot G.M}{4\pi^2}\right)^{1/3}$

\Rightarrow AN: $R_{\text{GEO}} = 4,22 \times 10^7 \text{ m}$.

$\hookrightarrow h_{\text{GEO}} = R_{\text{GEO}} - R_T = 3,58 \times 10^7 \text{ m}$

Un satellite géostationnaire apparaît immobile par rapport à la surface de la Terre: on peut s'en servir pour de la diffusion télé (orientation de parabole fixe) ou pour observer toujours la même zone (météo).

Q47: Difficile car les satellites seront très bas sur l'horizon vu des pôles.

Oscillateur à quartz

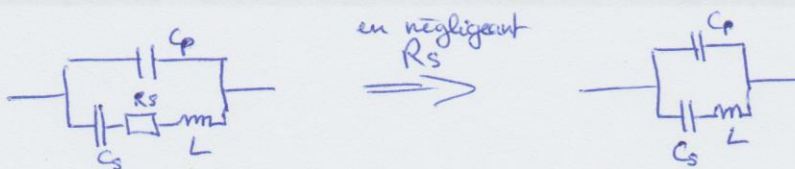
Q48: $\Delta t \approx \frac{\Delta d}{c}$ AN: précision sur la mesure: $\Delta t = 3,3 \times 10^{-8} \text{ s}$.

précision de l'horloge: $\frac{1}{\Delta t_s} = 1,1 \times 10^{-10} \text{ s} \Rightarrow$ une horloge est suffisamment précise.

Q49: $\Delta d = c \times \Delta t \Rightarrow$ AN: dérive journalière $\Delta d = 11,4 \times 10^3 \text{ m} \approx 11 \text{ km}! \Rightarrow$ pb!

Q50: 1 seconde/mois $\Rightarrow \approx 3 \times 10^{-2}$ seconde/jour $\gg 38 \mu\text{s} \Rightarrow$ ce n'est pas compatible (dérive de $3 \times 10^3 \text{ km/jour!}$)
 \hookrightarrow il faut utiliser un autre moyen de mesurer le temps!

Q51



$$\underline{Z} = \frac{\frac{1}{jC_p\omega} \times \left(\frac{1}{jC_s\omega} + jL\omega\right)}{\frac{1}{jC_p\omega} + \frac{1}{jC_s\omega} + jL\omega} = \frac{\frac{1}{jC_p\omega} \times \frac{1}{jC_s\omega} (1 - LC_s\omega^2)}{\frac{C_s + C_p}{j(C_p \cdot C_s)\omega} (1 - L\left(\frac{C_s \cdot C_p}{C_s + C_p}\right)\omega^2)}$$

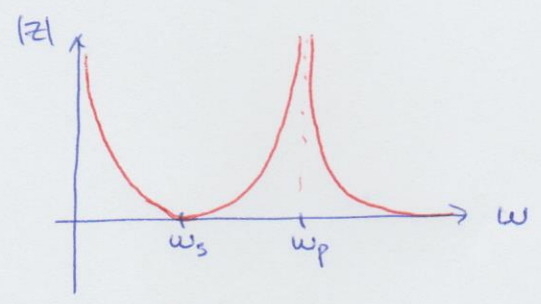
$$\hookrightarrow \underline{Z} = \frac{1}{j(C_s + C_p) \cdot \omega} \left(\frac{1 - LC_s \cdot \omega^2}{1 - L\left(\frac{C_s \cdot C_p}{C_s + C_p}\right)\omega^2} \right)$$

$$\underline{Z} = \frac{1}{jC_{eq}\omega} \times \frac{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_s}\right)^2}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)^2}$$

(imaginaire pur)

$$C_{eq} = C_s + C_p, \quad \omega_s = \frac{1}{\sqrt{LC_s}} \quad \text{et} \quad \omega_p = \frac{1}{\sqrt{L \cdot \left(\frac{C_s \cdot C_p}{C_s + C_p}\right)}}$$

$\left. \begin{array}{l} \text{Si } \omega \rightarrow 0 \text{ ou } \omega \rightarrow \omega_p \Rightarrow |Z| \rightarrow \infty \\ \text{Si } \omega \rightarrow \infty \text{ ou } \omega \rightarrow \omega_s \Rightarrow |Z| \rightarrow 0 \end{array} \right\} \Rightarrow$
 et $\omega_p = \omega_s \times \sqrt{1 + \frac{C_s}{C_p}} > \omega_s$



Q52 : C_p et C_s est très petites (valeur typique entre 1nF et 1F)
 L est très très grande (valeur typique entre 1mH et 1H).