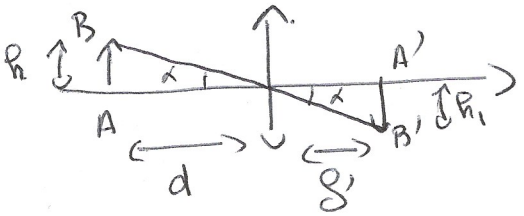
Etude d'un appareil photo

Partie A :

Q1. $A \xrightarrow{L} A'$ $\quad \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$ $\quad |\overline{OA}| = d \gg f'$ $\quad d = 2\,\text{m}$, $f' = 50\,\text{mm}$.

d'où $\frac{1}{\overline{OA}} \ll \frac{1}{f'} \rightarrow \boxed{\overline{OA'} = f' = D}$

Q2.

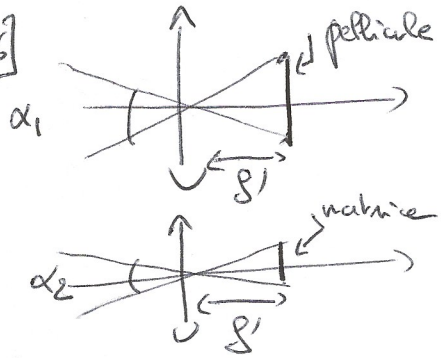


Q3] $\alpha = \frac{h}{d} = \frac{h'}{f'} \rightarrow \boxed{h' = \frac{f'}{d} \cdot h}$ AN $\boxed{h' = 8{,}1\,\text{mm}}$

Q4] Le grandissement de l'objectif augmente si sa focale augmente.

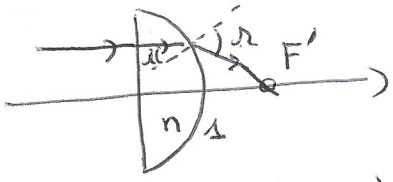
Q5] $h_2 = \frac{f'_0 \cdot h}{d} = 32\,\text{mm}$. L'encombrement égal à la focale soit 20 cm.

Q6]



$\alpha_1 > \alpha_2 \Rightarrow$ cadrage + serré.

Q7]



$n > 1$
$i < r$

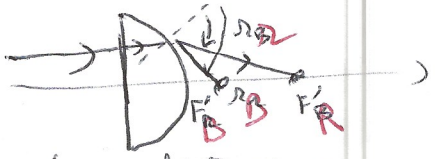
Q8] Le rayon emergent est rabattu vers l'axe optique, la lentille est convergente.

Q9] Le foyer image d'un système optique est l'image par ce système d'un point à l'∞ sur l'axe optique.
Le rayon incident de la fig 1 est issu d'un point à l'∞ sur l'axe optique. Le rayon emergent coupe l'axe optique en F'.

Q10] $\lambda_b < \lambda_r \rightarrow n_B > n_R \Rightarrow \sin r_B = \frac{\sin i}{n_B}$ et $\sin r_r = \frac{\sin i}{n_R}$

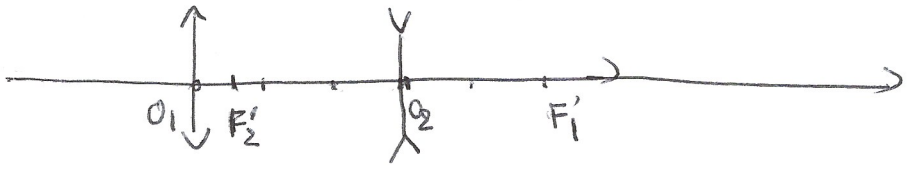
$\sin r_B < \sin r_R$. $\quad r_B < r_R$.

Les foyers images de la lentille ne sont pas les mêmes pour les $\neq$ radiations.



Q11] Image inversée.

Partie A3.



$f'_1 = \overline{O_1F'_1} = 50\,mm.$

$f'_2 = \overline{O_2F'_2} = -25\,mm$

$\overline{O_1O_2} = 31\,mm.$

Q12] $A_\infty \xrightarrow{L_1} F'_1 \xrightarrow{O_2} F'$ $\quad \frac{1}{\overline{O_2F'}} \odot \frac{1}{\overline{O_2F'_1}} = \frac{1}{f'_2}$.

$$\overline{O_2F'} = \frac{f'_2 \cdot \overline{O_2F'_1}}{f'_2 + \overline{O_2F'_1}} = \frac{f'_2\,(\overline{O_2O_1} + \overline{O_1F'_1})}{f'_2 + \overline{O_2O_1} + \overline{O_1F'_1}} \Rightarrow \boxed{\overline{O_2F'} = \frac{f'_2\,(f'_1 - e)}{f'_1 + f'_2 - e}.}$$

$$\overline{O_1F'} = \overline{O_1O_2} + \overline{O_2F'} = \boxed{e + \frac{f'_2(f'_1 - e)}{f'_1 + f'_2 - e} = O_1F'}$$

AN $\quad \overline{O_1F'} = \overline{O_1P} = 31 + \frac{(-25\,(50 - 31)}{-31 + 50 - 25} = 111\,mm. = 11\,cm.$

Q13] $\quad \gamma_2 = \frac{\overline{O_2A'}}{\overline{O_2F_1}} = \frac{\overline{O_2F'}}{\overline{O_2O_1} + \overline{O_1F'_1}} = \frac{\overline{O_2F'}}{(f'_1 - e)} = \frac{f'_2}{f'_1 + f'_2 - e} = \frac{h_3}{h_1} \neq 0$

$$h_3 = \gamma_2 h_1 = \gamma_2 \gamma_1 \cdot h = \boxed{-\frac{f'_2}{f'_1 + f'_2 - e} \cdot \frac{f'_1}{d} \cdot h. = h_3.}$$

AN $\quad h_3 = -\frac{50.10^{-3} \cdot (-25.10^{-3}) \cdot 324.}{2\,\text{m}\,(50 - 56).10^{-3}} = \boxed{-34\,mm = h_3.}$

Q14] Teledyctaf : encombrement 11 cm. $h_3 = -34\,mm$.

Une lentille mince qui donnerait la même taille d'image devrait avoir une focale f' vérifiant :

$$f'.\frac{h}{d} = 34\,mm \Rightarrow f'.\frac{340}{2.10^{-3}} = 34.10^{-3} \quad \text{avec } f' \text{ en mètres}$$

$f'.\frac{340}{2} = 34 \Rightarrow f' = 0{,}2\,m \Rightarrow f' = 200\,mm$. L'encombrement

serait de $\overline{OF'} = 90\,cm$ donc système 2 fois + encombrant -

ex 4

1°] $dU = nC_v dT = \frac{nR}{\gamma-1} dT$ $\quad dH = nC_p dT = \frac{nR\gamma}{\gamma-1} dT$

2°] $dU = TdS - pdV \rightarrow dS = \frac{dU}{T} + \frac{p}{T} dV = \boxed{\frac{nR}{\gamma-1}\frac{dT}{T} + nR\frac{dV}{V} = dS}$

$dU = d(H-pV) = dH - pdV - Vdp = TdS - pdV \rightarrow dS = \frac{dH}{T} - \frac{VdP}{T}$

$\rightarrow \boxed{dS = \frac{nR\gamma}{\gamma-1}\frac{dT}{T} - nR\frac{dP}{P}}$

3°] $P_1V_1 = nRT_1 \Rightarrow V_1 = \frac{nRT_1}{P_1} = \frac{nRT_0}{P_1} = h_1 \cdot S$.

AN : $T_0 = 300K$ $\quad n = 0,2 mol$ $\quad P_1 = 10^5 Pa$. $\quad S = 10^{-2} m^2$ $\quad R = 8,32$

$\Rightarrow \boxed{V_1 = 5,00 \cdot 10^{-3} m^3 = 5l.} \quad \boxed{h_1 = 0,5m.}$

4°] Transformation adiabatique lente $\Rightarrow$ variables d'état bien définies au cours de la transformation. $\Rightarrow \begin{cases} PV^\gamma = cste \\ PT^{-1} = cste \end{cases} \Rightarrow \boxed{P^{1-\gamma}T^\gamma = cte.} \text{ ou } \boxed{TV^{\gamma-1} = cste}$

Le gaz obéit à la loi de LAPLACE.

On peut retrouver cette loi avec ~~le bilan entropique~~ $dU = \frac{nR}{\gamma-1} dT = \delta W = -pdV$

$\frac{nR}{\gamma-1} dT = -nRT\frac{dV}{V} \Rightarrow \frac{dT}{T} + (\gamma-1)\frac{dV}{V} = 0 \rightarrow \ln T \cdot V^{\gamma-1} = cste$

$\Rightarrow \boxed{TV^{\gamma-1} = cste}$ et $= V = \frac{cste}{P} \cdot T \Rightarrow \boxed{T^\gamma P^{1-\gamma} = cste.}$

4-2]. $V_2^\gamma \cdot P_2 = V_1^\gamma \cdot P_1 \Rightarrow \boxed{V_2 = V_1 \cdot \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}}}$ AN $\boxed{V_2 = 3,7l.}$

$\boxed{T_2 = \frac{P_2V_2}{nR} = 337K.}$

4-3] $W_T = U_2 - U_1 = \frac{nR}{\gamma-1}(T_2 - T_1) = \boxed{1537J = W_T}$

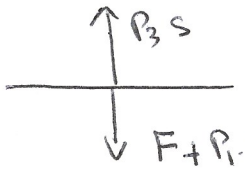
4-4] $\Delta S_{GP} = S_{cré} + S_{éch}$. $\quad S_{éch} = 0$ car $Q = 0$.

$\Delta S_{GP} = \frac{nR}{\gamma-1}\ln\frac{T_2}{T_1} + nR\ln\frac{V_2}{V_1} = \frac{nR}{\gamma-1}\ln\frac{T_2 \cdot V_2^{\gamma-1}}{T_1 \cdot V_1^{\gamma-1}} = 0 \Rightarrow S_{cré} = 0.$

La transformation est réversible.

5] La loi de LAPLACE ne s'applique plus.

5.1]



piston à l'eq de l'état final $P_1 S + F = P_3 \cdot S$.

$\Rightarrow \quad F = (P_3 - P_1) \cdot S = 0{,}5 \cdot P_1 \cdot S = 0{,}5 \cdot 10^5 \cdot 10^{-2} = \boxed{500\,N = F}$

5.2] $W = -P_3 (V_3 - V_1) = \Delta U = \frac{nR}{\gamma - 1} (T_3 - T_1) = \frac{P_3 V_3 - P_1 V_1}{\gamma - 1}$

5.3]

$\Rightarrow (\gamma - 1)\left[-P_3 V_3 + P_3 V_1\right] = P_3 V_3 - P_1 V_1 \cdot \Rightarrow (1-\gamma) P_3 V_3 - P_3 V_3 = -P_1 V_1 + (1-\gamma) P_3 V_1$

$-\gamma P_3 V_3 = \left[-P_1 + (1-\gamma) P_3\right] V_1 \Rightarrow \boxed{V_3 = \frac{V_1}{\gamma}\left[(\gamma - 1) + \frac{P_1}{P_3}\right]}$.

AN $V_3 = \frac{5}{1{,}4}\left[0{,}4 + \frac{2}{3}\right] = 3{,}81 \cdot 10^{-3}\ m^3$ $\quad T_3 = \frac{P_3 V_3}{n \cdot R} = \frac{1{,}5 \cdot 10^5 \cdot 3{,}81 \cdot 10^{-3}}{0{,}2 \cdot 8{,}32} = \boxed{343\,K. = T_3}$

Rq: $T_3 \neq T_2$.

5.4]. $\boxed{W_i = 179\,J}$ $\neq W_t$. W "dépend du chemin suivi".

5.5] $S_{ech} = 0$ $\quad S_{créé} = \Delta S_{Gaz} = nR \cdot \left[\frac{\gamma}{\gamma - 1} \ln \frac{T_3}{T_1} - \ln \frac{P_3}{P_1}\right] = 0{,}1\,J\,K^{-1}$.

Transformation irréversible.

6.1] $V_4 = 2{,}8 \cdot 10^{-3}\ m^3$

$T_4 = T_0 = 300K \Rightarrow P_4 \cdot V_4 = P_1 \cdot V_1 \rightarrow P_4 = P_1 \cdot \frac{V_1}{V_4} = 10^5 \cdot \frac{5}{2{,}8} \Rightarrow$

$\boxed{P_4 = 1{,}79 \cdot 10^5\ Pa.}$

Système n moles état 4 $\xrightarrow[\text{du robinet}]{\text{ouverture}}$ { n' moles T_0, P_0, volume V_0 à l'extérieur + (n−n') moles P_0, T_5, V_4 à l'intérieur du cylindre.

6.2] Les parois du cylindre et le robinet étant calorifugés, les (n−n') moles ne subissent pas de transfert thermique et subissent une détente $\Rightarrow$

$\Delta U_{n-n'} = \frac{(n-n')R}{\gamma-1}(T_5 - T_0) = \underbrace{W_{détente}}_{<0} \Rightarrow T_5 < T_0.$

6.3] Dans l'état final, les (n−n') moles à l'intérieur du cylindre vérifient

$(n-n')\,R\,T_5 = P_0 \cdot V_4 \Rightarrow \boxed{(n-n') = 0{,}122} \Rightarrow \boxed{n' = 0{,}078.}$

6.4] $W = -P_{ext}\,\Delta V$ avec $P_{ext} = P_0$ et les n moles occupent V_4 ds l'état initial. et $V_4 + V_0$ ds l'état final avec $P_0 V_0 = n' R T_0$.

$\Rightarrow W = -P_0\left[V_4 + V_0 - V_4\right] = -P_0 V_0 = \boxed{-n' R T_0 = W}$ AN $W = -0078 \cdot 8{,}31 \cdot 300$

$\boxed{W = -194{,}5\ J}$.

6.5] 1er principe appliqué au n moles $\rightarrow$ échangé avec les n' moles à l'ext.

$\Delta U_n = \underbrace{\Delta U_{n'}}_{=0} + \Delta U_{n-n'} = W + Q.$ AN: $\Delta U_{n-n'} = \frac{0{,}122 \cdot 8{,}32}{0{,}4}\left[276 - 300\right]$

$= \boxed{-60\ J = \Delta U_{n-n'}}$

$\Rightarrow Q = \frac{(n-n')R}{\gamma-1}\left[T_5 - T_0\right] + n' R T_0.$

$\boxed{Q = -134\ J.}$

$\Delta S_n = \Delta S_{n'} + \Delta S_{n-n'} = -n' R \ln\frac{P_0}{P_4} + \frac{(n-n')R\gamma}{\gamma-1}\ln\frac{T_5}{T_0} - (n-n')R\ln\frac{P_0}{P_4}$

$\boxed{\Delta S_n = \frac{(n-n')R\gamma}{\gamma-1}\ln\frac{T_5}{T_0} - nR\ln\frac{P_0}{P_4}.}$ (5)

AN : $\Delta S_n = \frac{0,122 \cdot 8,32}{0,4} \cdot \frac{1,4}{0,4} \ln\frac{276}{300} - 0,2 \cdot 8,32 \cdot \ln\frac{10^5}{1,79 \cdot 10^5} = 0,67 \text{ J K}^{-1}$.

$S_{ech} = \frac{Q}{T_0} = \frac{-134}{300} = -0,45 \text{ J K}^{-1}$.

$\Delta S_n = S_{ech} + S_{créé} \rightarrow S_{créé} = \Delta S_n - S_{ech} = 0,67 + 0,45 = \boxed{1,12 \text{ J K}^{-1} = S_{créé}}$

7.1] $P_6 \cdot V_4 = n'' R T_0 \rightarrow P_6 = \frac{0,122 \cdot 8,32 \cdot 300}{8,8 \cdot 10^{-3}} = \frac{0,122 \cdot 8,32 \cdot 3}{8,8} \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

$\boxed{P_6 = 1,1 \text{ bar}}$.

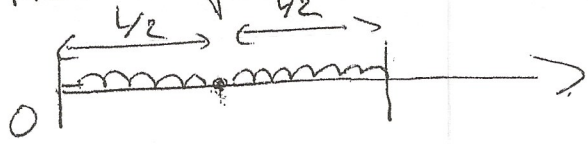
7.2] $Q = \Delta U = \frac{n'' R}{\gamma - 1}[T_0 - T_5] = \frac{0,122 \cdot 8,32}{0,4}[300 - 276] = \boxed{61 \text{ J} = Q}$

7.3] $\Delta S = \frac{n'' R}{\gamma - 1} \ln\frac{T_0}{T_5} = \frac{0,122 \cdot 8,32}{0,4} \ln\frac{300}{276} = 0,21 \text{ J K}^{-1}$

$S_{ech} = \frac{61}{300} = 0,20 \text{ J K}^{-1} \Rightarrow \boxed{S_{créé} = 0,01 \text{ J K}^{-1}}$

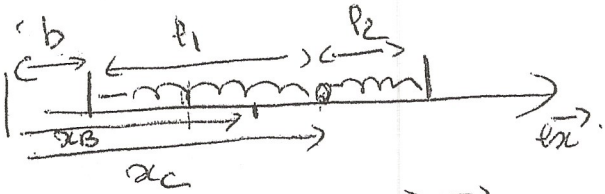
Partie 3. A Accelerometre.

Mise en équation.



équilibre $(x_{B\text{eq}} = x_{C\text{eq}} = \frac{L}{2})$

Enoncé donne $X = x_C - x_B$



$\left.\begin{aligned} \vec{T_1} &= -k(l_1 - l_0)\vec{e_x} \\ \vec{T_2} &= +k(l_2 - l_0)\vec{e_x} \end{aligned}\right\} \vec{T_1} + \vec{T_2} = -k(l_1 - l_2)\vec{e_x}$.

$l_1 = x_C - b$ et $b = x_B - x_{B\text{eq}} = x_B - \frac{L}{2}$

$l_1 = x_C - x_B + \frac{L}{2}$ et $l_2 = L - l_1 = \frac{L}{2} - (x_C - x_B)$

$\Rightarrow \vec{T_1} + \vec{T_2} = \vec{T} = -2k(x_C - x_B)\vec{e_x} = -2kX\vec{e_x}$.

b) PFD appliqué à C ds R_T galiléen.

$m \cdot \vec{a}_{C/R_T} = \vec{T} + \vec{f}_g$. et $\vec{a_C} = \ddot{x}_C \vec{e_x} = \left(\ddot{X} + \ddot{x}_B\right)\vec{e_x}$.

$= \left(\ddot{X} + a\right)\vec{e_x}$.

$\vec{e_x}$ $m\ddot{X} + ma = -2kX - 2g\dot{X}$.

$$\ddot{X} + \frac{2g}{m}\dot{X} + \omega_0^2 X = -a$$ avec $\omega_0^2 = \frac{2k}{m}$ $\frac{2g}{m} = \frac{\omega_0}{Q}$.

Par identification, $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{2k}{m}}$ et $Q = \dfrac{m\omega_0}{2f} = \dfrac{\sqrt{mk}}{\sqrt{2}f}$

3. La constante de raideur d'un ressort est en $\mathrm{N.m^{-1}} = \mathrm{kg.s^{-2}}$, le rapport entre cette constante de raideur et la masse est en s^{-2} et la pulsation propre ω_0 est en $\mathrm{s^{-1}}$.
Le coefficient de frottement fluide est en $\mathrm{N.s.m^{-1}} = \mathrm{kg.s^{-1}}$, $\sqrt{mk}$ est en $\mathrm{kg.s^{-1}}$, on en déduit que le facteur de qualité Q est sans dimension.

4. Lorsque la pulsation ω est faible devant ω_0, l'équation différentielle est approximativement : $\omega_0^2 X \approx -a$.
Dans ces conditions, la position relative de la masse est proportionnelle à l'accélération :

> À basse fréquence : $\omega \ll \omega_0$, $X \approx -\dfrac{a}{\omega_0^2}$, le MEMS se comporte comme un accéléromètre.

Lorsque la pulsation ω est grande devant ω_0, l'équation différentielle est approximativement : $\ddot{X} \approx -a$. Dans ces conditions, la dérivée seconde de la position relative de la masse est proportionnelle à l'accélération :

> À haute fréquence : $\omega \gg \omega_0$, $\ddot{X} \approx -\dfrac{a}{\omega_0^2}$, le MEMS se comporte comme un capteur de position.

5. On peut déterminer le déterminant de l'équation caractéristique du second : $\Delta = \dfrac{\omega_0^2}{Q^2} - 4\omega_0^2 < 0$.

Les racines ont pour expression : $-\dfrac{\omega_0}{2Q} \pm i\omega_0\sqrt{1 - \dfrac{1}{4Q^2}}$

On identifie ensuite τ et ω_p :

$$\tau = \frac{2Q}{\omega_0} = \frac{m}{f} \quad \omega_p = \sqrt{\frac{2k}{m} - \frac{f^2}{m^2}}$$

5 **6.** On cherche l'instant t_f pour lequel la voiture s'arrête :

$$v(t) = -a_0 t + v_0 \Rightarrow x(t) = -\frac{a_0}{2} t^2 + v_0 t$$

A l'instant t_f, la voiture est arrêtée et elle est s'est déplacée sur une distance D : $v(t_f) = 0 \Rightarrow t_f = \frac{v_0}{a_0}$,
$x(t_f) = -\frac{a_0}{2} t_f^2 + v_0 t_f = \frac{v_0^2}{2a_0} = D$.
On en déduit la valeur de la décélération :

$$a_0 = \frac{v_0^2}{2D} = 0,96\, m.s^{-2}$$

6 **7.** Pour déterminer k et f, il faut préalablement déterminer des grandeurs caractéristiques du fonctionnement (τ, T_p, $Q\ldots$; 2 sont suffisantes).
On s'intéresse d'abord au décrément logarithmique noté $\delta = \ln\left(\frac{X(t) - X(\infty)}{X(t+T_p) - X(\infty)}\right) = \ln\left(\frac{27}{6}\right) = 1,5$.
Remarque : Les mathématiciens aguerris m'excuseront pour la notation.
On déterminer ensuite la pseudo-période : $T_p = 2,9/2 = 1,45$ ms.

$$\begin{cases} \delta = \frac{\omega_0}{2Q} T_p = \frac{f}{m} T_p \\ \omega_p^2 = \omega_0^2 \left(1 - \frac{1}{4Q^2}\right) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} f = \frac{m\delta}{T_p} \\ \frac{4\pi^2}{T_p^2} = \frac{2k}{m} - \frac{\delta^2}{T_p^2} \end{cases}$$

Finalement nous trouvons pour les expressions et valeurs de k et f :

$$f = \frac{m\delta}{T_p} \approx 1,0.10^{-5}\,\text{kg.s}^{-1} \quad k = \frac{m}{2T_p^2}\left(4\pi^2 + \delta^2\right) = 0,1\,\text{kg.s}^{-1}$$

En régime permanent, la valeur de la position relative de la masse est égale à $-(-a_0)/\omega_0^2 = ma_0/k = 50\,\text{nm} > 0\,\text{nm}$, ce qui est cohérent avec la valeur affichée sur le graphique.

7 **8.** On applique le principe fondamental de la dynamique à la voiture assimilable à un point matériel en mouvement uniforme ($||\vec{v}|| = R\dot{\theta} = cte$) dans le référentiel terrestre supposé galiléen :

$$m\vec{a} = \vec{F} + \overrightarrow{R_T} + \underbrace{\vec{P} + \overrightarrow{R_N}}_{=\vec{0}} \quad \begin{cases} \vec{e_r} : -mR\dot{\theta}^2 = -||\overrightarrow{R_T}|| \cos\alpha \\ \vec{e_\theta} : 0 = F - ||\overrightarrow{R_T}|| \sin\alpha \end{cases}$$

8 **9.** La vitesse étant uniforme, nous pouvons dire que l'accélération radiale est relié à la norme de la vitesse de la façon suivante : $a_r = -R\dot{\theta}^2 = \frac{||\vec{v}||^2}{R}$.
Pour une accélération de $-a_0 = -1\,\text{m.s}^{-1}$ la position de la masse était de 50 nm. Le dispositif étant linéaire, son accélération pour une position de 72 nm est $a_r = -1.44\,\text{m.s}^{-2}$.
On en déduit $||\vec{v}|| = \sqrt{-Ra_r} = 3,8\,\text{m.s}^{-1}$.

3 **10.** Plaçons nous à la limite du glissement, c'est-à-dire : $||\overrightarrow{R_T}|| = \beta||\overrightarrow{R_N}|| = \beta mg$
En sommant les expressions obtenues avec le PFD élevées au carré, il vient :

$$F^2 + m^2 \frac{||\vec{v}||_{max}^4}{R^2} = \beta^2 m^2 g^2$$

8

Soit une vitesse maximale :

$$||\vec{v}||_{max} = \left(R^2\beta^2 g^2 - \frac{F^2R^2}{m^2}\right)^{1/4} = 8,2\,\text{m.s}^{-1}$$

Partie 3-B: Conditionnement de l'accéléromètre

1. Notons $\underline{u_2}(t)$ la tension complexe aux bornes du condensateur de capacité C_2 (orientée vers le point A).

En appliquant le diviseur de tension, il vient : $\underline{u_2}(t) = \dfrac{\dfrac{1}{\jmath C_2\omega}}{\dfrac{1}{\jmath C_1\omega} + \dfrac{1}{\jmath C_2\omega}} 2\underline{u_a}(t) = \dfrac{2C_1}{C_1+C_2}\underline{u_a}(t)$.

La tension $\underline{u_m}(t) = \underline{u_2}(t) - \underline{u_a}(t) = \dfrac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2}\underline{u_a}(t)$

En adaptant l'expression de la capacité d'un condensateur, $C_1 = \dfrac{\varepsilon_0 S}{e+X}$ et $C_2 = \dfrac{\varepsilon_0 S}{e-X}$:

$$\underline{u_m}(t) = \frac{\dfrac{\varepsilon_0 S}{e+X} - \dfrac{\varepsilon_0 S}{e-X}}{\dfrac{\varepsilon_0 S}{e-X} + \dfrac{\varepsilon_0 S}{e+X}}\underline{u_a}(t) = -\frac{X}{e}\underline{u_a}(t)$$

L'amplitude U_m de la tension $u_m(t)$ a pour ordre de grandeur : $U_m = \dfrac{X}{e}U_a \sim 1.10^{-2}\,\text{V}$.
Cette amplitude est très faible, il faut amplifier le signal.

2. L'A.L.I est soumis à une rétroaction négative (rebouclage de la sortie sur la borne inverseuse via la résistance R_2), ce qui permet de le stabiliser.
L'A.L.I est idéal ($i^+ = i^- = 0$) et on suppose qu'il fonctionne en régime linéaire ($V^+ = V^-$).

$$i_1 = \frac{u_1 - V^-}{R_1} = \frac{V^- - u_2}{R_2}$$

Or $V^- = V^+ = 0$, il vient :

$$u_2 = -\frac{R_2}{R_1}u_1$$

L'impédance d'entrée du montage a pour expression : $\dfrac{u_1}{i_1} = \dfrac{u_1 - V^-}{i_1} = R_1$.
Cette impédance d'entrée n'est pas infini, lorsque l'on connecte le point A au point B, les condensateurs de capacités C_1 et C_2 ne sont plus en série et l'expression de u_m n'est plus valable. Il faut réaliser une adaptation d'impédance.

3. Le montage utilisé est un suiveur. Comme $i^+ = 0$, il ne perturbe pas le montage capacitif. De plus, $u'_m = V^+ = V^- = u'_2$, il "recopie" la tension d'entrée.

$$U_2 = \frac{XR_2}{eR_1}U_a$$

4. A basse fréquence, le condensateur se comporte comme un circuit ouvert et l'inductance comme un fil.
La tension u_3 est nulle. (Faire un schéma)

A haute fréquence, le condensateur se comporte comme un fil et l'inductance comme un circuit ouvert.
La tension u_3 est nulle. (Faire un schéma)

La tension de sortie est nulle (quasi-nulle) à basse fréquence et haute fréquence. C 'est bien un filtre passe-bande.

5. On note $\underline{Z}$ respectivement $\underline{Y}$ l'impédance et l'admittance du dipôle représentant l'association parallèle du condensateur et de l'inductance.
En appliquant le diviseur de tension, il vient :

$$\underline{H} = \frac{\underline{u_3}}{\underline{u_2}} = \frac{\underline{Z}}{R+\underline{Z}} = \frac{1}{1+R\underline{Y}} = \frac{1}{1+\jmath R\left(C\omega - \frac{1}{L\omega}\right)}$$

On met ensuite en évidence le facteur de qualité et la fréquence centrale :

$$\boxed{\underline{H} = \frac{1}{1+\jmath R\sqrt{\frac{C}{L}}\left(\sqrt{LC}\omega - \frac{1}{\sqrt{LC}\omega}\right)} = \frac{H_0}{1+\jmath Q\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}}$$

avec $H_0 = 1$, $Q = R\sqrt{\frac{C}{L}}$ et $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

6.

7. On peut déterminer L à partie de la fréquence centrale f_0 :

$$\boxed{L = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 C} = 5,8.10^{-4}\,\text{H}}$$

La valeur de R peut être déterminée au choix à partir de la bande passante ($\Delta f = f_0/Q$) ou à partir du croisement des asymptotes :

$$\boxed{R = \frac{Q}{C\omega_0} = \frac{1}{2\pi C\Delta f} \approx 6.10^2\,\Omega}$$ 3600 Ω.

Remarque : On ne laisse qu'un seul chiffre significatif vu la précision sur la détermination de Q et de Δf.

10.