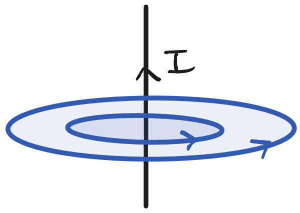
# Correction DS10

## Exercice 1

Q.1. Les lignes de champ magnétique d'un fil infini sont des cercles concentriques d'axe confondu avec le fil et orientées selon la règle de la main droite.



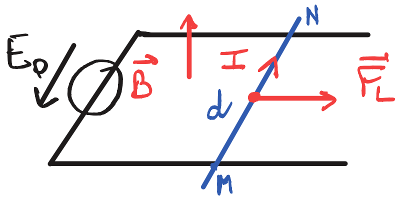

Q2. $\boxed{\vec{B}(M) = \mu_0 \dfrac{I}{2\pi r} \vec{e}_\theta}$

Q3. Mouvement rectiligne uniformément accéléré : $x = \dfrac{1}{2} a t^2$ $\quad (x(0)=0$ et $\dot{x}(0)=0)$

$\boxed{\Delta t = \sqrt{\dfrac{2\ell}{a}}}$ $\qquad \dot{x} = at \qquad v_1 = m\,\dot{x}(\Delta t) = m\,a\sqrt{\dfrac{2\ell}{a}} \rightarrow \boxed{a = \dfrac{v_1^2}{2\ell m^2}}$

AN : $\underline{\Delta t = 0{,}25\,s}$ $\quad \underline{a = 800\ m.s^{-2}} \gg g$ $\quad$ mg négligeable.

Q4. $\boxed{\vec{F}_L = I\,\vec{MN} \wedge \vec{B}}$

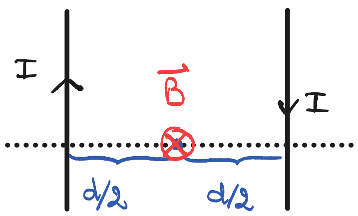



$\|\vec{F}_L\| = I d B$

Système : {canon} $\quad$ Réf : terrestre supposé galiléen $\quad$ BdF : poids, réaction du support, $\vec{F}_L$

PFD selon l'horizontale : $m a = I d B_0$ $\quad \boxed{B = \dfrac{m a}{I d}}$

Q5.




$\vec{B} = \vec{B}_{fil_1} + \vec{B}_{fil_2} \qquad \|\vec{B}\| = \dfrac{2\mu_0 I}{2\pi\, d/2} \qquad \|\vec{B}\| = \dfrac{2\mu_0 I}{\pi d}$

$I = \dfrac{B \pi d}{2\mu_0} \qquad \boxed{I = \sqrt{\dfrac{\pi m a}{2\mu_0}}}$

AN : $\underline{I = 7 \times 10^3\,A}$ $\quad$ C'est très grand !

Q6. $\Delta E_c = \frac{1}{2} m v_s^2 = \frac{p_s^2}{2m}$

Energie fournie par le générateur : $\Delta E_G = \Delta E_c + \Delta E_{Joule} = \frac{p_1^2}{2m} + RI^2\Delta t$

$R \simeq 10^{-1}\,\Omega \rightarrow RI^2\Delta t \simeq 12\text{ MJ}$

$\frac{p_1^2}{2m} \simeq 1\text{ kJ} \ll 12\text{ MJ}$

on peut négliger $\frac{p_1^2}{2m}$

$$\boxed{\eta = \frac{p_1^2/2m}{RI^2\Delta t}}$$

On pose $R_u = \frac{p_1^2}{2mI^2\Delta t} \rightarrow \eta = \frac{R_u}{R}$

$I^2 = \frac{\pi m a}{2\mu_0}$ $\qquad \Delta t = \frac{p_1}{m a}$

$R_u = \frac{p_s^{\cancel{2}}\, 2\mu_0\, \cancel{ma}}{\cancel{2}m\pi\, \cancel{ma}\, \cancel{p_s}}$

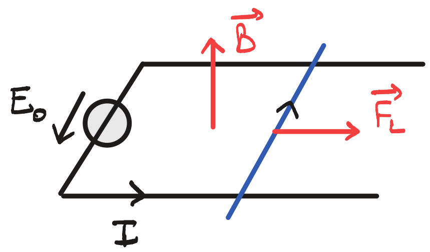
$$\boxed{R_u = \frac{p_s \mu_0}{\pi m}}$$

$\frac{10 \times 4\pi \times 10^{-7}}{\pi \times 0{,}05} = 8 \times 10^{-5}\,\Omega$

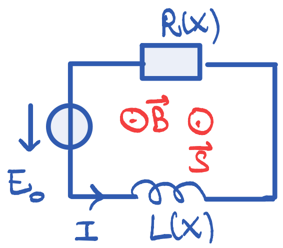
$R$ (fil) : quelques $\Omega$ donc $\eta$ très faible

Q7. $\boxed{e(t) = -\frac{d\Phi}{dt}}$ $\qquad \boxed{\Phi_p = L(x)\, I(t)}$

Q8.




Circuit équivalent :




Loi des mailles : $E_0 = RI + L\dot{I} + I\frac{dL}{dt} = RI + L\dot{I} + I\frac{dL}{dx}\dot{x}$

$$\boxed{E_0 = RI + L\dot{I} + I\frac{dL}{dx}\dot{x}}$$

Q9. $E_0 I = RI^2 + LI\dot{I} + \underbrace{I^2\frac{dL}{dx}\dot{x}}_{}$

homogène à force $\qquad \boxed{F = I^2\frac{dL}{dx}}$

PFD appliqué au projectile : $\boxed{m\ddot{x} = I^2\frac{dL}{dx}}$

Q10. $R = \dfrac{2X}{he\gamma}$ $\boxed{\rho = \dfrac{2}{he\gamma}}$

Q11. $\vec{F}_L = I\,d\,\vec{u}_y \wedge \mu_0 \dfrac{I}{h}\vec{u}_z = \mu_0 I^2 \dfrac{d}{h}\vec{u}_x$

$I^2 \dfrac{dL}{dX} = \mu_0 I^2 \dfrac{d}{h} \rightarrow \boxed{\dfrac{dL}{dX} = \mu_0 \dfrac{d}{h}}$ $\boxed{L(X) = \mu_0 \dfrac{d}{h} X}$

Q12. D'après le PFD appliqué dans Q9 : $\boxed{\alpha = \dfrac{\mu_0 d}{m h}}$

D'après la loi des mailles dans Q8 : $E_0 = RI + L\dot{I} + I \dfrac{dL}{dX}\dot{X}$

$$E_0 = \frac{2X}{he\gamma} I + \underbrace{\mu_0 \frac{d}{h} X \dot{I} + I \mu_0 \frac{d}{h} \dot{X}}_{\mu_0 \frac{d}{h}(X\dot{I} + I\dot{X})}$$

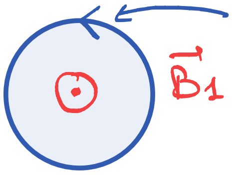
$\boxed{\beta = \dfrac{he\gamma}{2} E_0}$ $\tau = \mu_0 \dfrac{d}{\cancel{h}} \dfrac{\cancel{h}e\gamma}{2}$ $\boxed{\tau = \mu_0 \dfrac{de\gamma}{2}}$

$\tau$ est homogène à un temps, correspond sûrement à une durée caractéristique du régime transitoire.

## Exercice 2

Q13. $i_1$ variable $\Rightarrow$ $\vec{B}_1$ variable $\Rightarrow$ flux variable au travers la surface délimitée par la spire $\rightarrow$ f.é.m $\rightarrow$ courant induit dans le circuit fermé (spire)

Q14. Flux de $\vec{B_1}$ au travers de la surface délimitée par la spire :



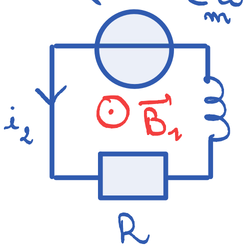

orientation du contour $\Rightarrow$ $\odot \vec{S}$

$$\Phi = \vec{B_1} . \vec{S} = \mu_0 n i_1 \pi a_1^2 \qquad \Phi = M i_1$$

$$\boxed{M = \underbrace{\mu_0 n}_{\frac{B_1}{I_0}} \pi a_1^2}$$

AN : $\underline{M = 3,6 \text{ mH}}$

Q15. Circuit équivalent :




$e_m(t) = -M \frac{di_1}{dt}$ ← fem liée à $\vec{B_1}$

$e_p(t) = -L \frac{di_2}{dt}$ ← fem liée à $\vec{B}$ propre.

Loi des mailles : $\boxed{R i_2 + M \frac{di_1}{dt} + L \frac{di_2}{dt} = 0}$

Q16. $i_2 = I_2 = Cte \rightarrow R I_2 = -\frac{M di_1}{dt} \rightarrow \boxed{i_1(t) = -\frac{R}{M} I_2 t + I_0}$

Q17. On veut $i_1 > 0$ soit $t > t_1$ avec $\boxed{t_1 = \frac{I_0 M}{R I_2}}$

Q18. $\Delta E_J = \int_0^{t_1} R i_2^2 \, dt = R I_2^2 \frac{I_0 M}{R I_2}$ $\qquad \boxed{\Delta E_J = M I_0 I_2}$

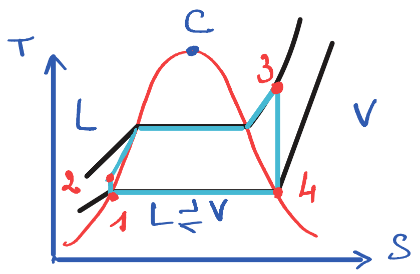
AN : $\underline{\Delta E_J = 2,5 \text{ GJ}}$ Cette énergie chauffe le plasma.

Q19. L'effet Joule a pour effet d'augmenter T donc diminuer R. Le chauffage est diminué.

Exercice 3

Q20. $\boxed{m = \rho_b V_\ell}$  AN : $\underline{m = 0{,}14g}$

Q21.




Q22. $\boxed{T_a = 56°C \qquad T_b = 57°C}$

Q23. adiabatique réversible : isentropique $S = Cte$, voir schéma Q21.

Q24. $\boxed{T_1 = T_a = T_4 = 56°C}$

Q25. $1 \to 2$ : isentropique d'1 PCII  $\Delta S = 0 = C_{v_\ell} \ln \frac{T_2}{T_1} = 0 \Rightarrow T_2 = T_1$

$\boxed{T_1 = 56°C}$

Q26 $3 \to 4$ : GP + isentropique → lois de Laplace  $P_3^{1-\gamma} T_3^\gamma = P_4^{1-\gamma} T_4^\gamma$

$$\boxed{T_3 = T_4 \left(\frac{P_4}{P_3}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}}$$

AN : $\underline{T_3 = 330{,}6K = 57{,}5°C}$

Q27. $\boxed{Q_f = -m \Delta h_{vap}(56°C)}$ AN : $\underline{Q_f = -12{,}2J}$  $<0$, le fluide cède de l'énergie lors de sa liquéfaction.

Q28. $\boxed{Q_c = m c_{p\ell}(T_b - T_a) + m \Delta h_{vap}(57°C) + m c_{pg}(T_3 - T_b)}$

AN : $\underline{Q_c = 12{,}3J}$

Q29. $\boxed{\eta_{cycle} = -\frac{|W|}{Q_c}}$  $|W| = -Q_c - Q_f - \underbrace{Q_{12}}_{0} - \underbrace{Q_{34}}_{0} = -53\ mJ$

$\boxed{\eta_{cycle} = 1 + \frac{Q_F}{Q_c}}$  AN : $\underline{\eta_{cycle} = 4{,}3 \times 10^{-3}}$

Q30. $\eta_{rev} = \frac{-|W|}{Q_c} = 1 + \frac{Q_F}{Q_c}$  $\Delta S = 0 = \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_F}{T_F} \rightarrow \frac{Q_F}{Q_c} = -\frac{T_F}{T_c}$

$\boxed{\eta_{Rev} = 1 - \frac{T_F}{T_c}}$  AN : $\underline{\eta_{Rev} = 6 \times 10^{-3}} > \eta_{cycle}$

Q31. les transferts thermiques 2→3 et 4→1 : T ≠ de la température de la source

ils ne sont pas réversibles.

Q32. $\boxed{h = \frac{P_2 - P_1}{\rho_e g}}$  AN : $\underline{h = 51\ cm}$

Q33. <u>Système</u> : {ballon}  <u>Réf</u> : terrestre supposé galiléen

<u>BdF</u> : $\left.\begin{array}{l} \cdot\ m\vec{g} \\ \cdot\ \vec{\Pi}_a \end{array}\right\} \vec{Cte} \Rightarrow \boxed{\vec{a} = \vec{Cte}}$  $m = \rho_e V$

$\boxed{\|\vec{a}\| = g\left(1 - \frac{\rho_e}{\rho_\ell}\right)}$  AN : $\underline{\|\vec{a}\| = 4{,}0\ m.s^{-2}}$

Q34. $h = \frac{1}{2} a \Delta t^2$  $\boxed{\Delta t = \sqrt{\frac{2h}{a}}}$  AN: $\underline{\Delta t = 0{,}50\ s}$

Q35. $\boxed{PV^\gamma = P_L V_L^\gamma}$

Q36. Lors de l'ascension, P diminue donc le volume augmente.

La poussée d'Archimède augmente, dépasse $m\vec{g}$, le ballon accélère.

Q37. $P\left(\frac{m}{\rho}\right)^\gamma = P_L\left(\frac{m}{\rho_L}\right)^\gamma$ $\boxed{\rho = \rho_L\left(\frac{P}{P_L}\right)^{1/\gamma}}$

Q38. $\rho = \rho_L\left(1+\frac{\rho_e g z}{P_L}\right)^{1/\gamma} \underset{0{,}05 \ll 1}{\overset{DL}{\simeq}} \boxed{\rho_L\left(1+\frac{\rho_e g}{P_L\gamma}z\right)}$ $\boxed{H = \frac{P_L\gamma}{\rho_e g}}$

AN : $H \simeq 11$ m

Q39. $\boxed{\rho_L = \frac{P_L M}{RT_L}}$ (en remplaçant m par n M et n par $\frac{P_L V_L}{RT_L}$)

AN : $\rho_L = 12{,}4$ kg/m$^3$

Q40. PFD : $\ddot{z} = g\left(1-\frac{\rho_e}{\rho}\right) = g\left(1-\frac{\rho_e}{\rho_L}\left(1+\frac{z}{H}\right)^{-1}\right) \overset{DL}{\simeq} g\left(1-\frac{\rho_e}{\rho_L}\left(1-\frac{z}{H}\right)\right)$

$$\boxed{\ddot{z} - \underbrace{\frac{\rho_e g}{\rho_L H}}_{\omega_0^2} z = -\underbrace{\left(\frac{\rho_e}{\rho_L}-1\right)g}_{\alpha}}$$

Q41. $z(t) = A\exp(\omega_0 t) + B\exp(-\omega_0 t) + \frac{\alpha}{\omega_0^2}$

- $z(0) = h$ $\quad A + B + \frac{\alpha}{\omega_0^2} = h$
- $\dot{z}(0) = 0$ $\quad \omega_0(A-B) = 0$ $\quad A = B$

$A = \frac{1}{2}\left(h - \frac{\alpha}{\omega_0^2}\right)$

$$z(t) = \frac{1}{2}\left(h-\frac{\alpha}{\omega_0^2}\right)\left(\exp(\omega_0 t)+\exp(-\omega_0 t)\right) + \frac{\alpha}{\omega_0^2}$$

$$\boxed{z(t) = \left(h - \frac{\alpha}{\omega_0^2}\right) \cosh(\omega_0 t) + \frac{\alpha}{\omega_0^2}}$$

Q42. Calcul de tous le travaux algébriquement reçus par le ballon :

* $W(m\vec{g}) = 0$ sur l'aller retour

* $$W(\vec{\Pi_a}) = \int_0^{\Delta t'} -\rho_e V \vec{g} \cdot \vec{dl} = \underbrace{\int_0^h -\rho_e V_e g \, dz}_{\text{descente}} + \underbrace{\int_h^0 -\rho_e \frac{m}{\rho_4}\left(1 - \frac{z}{H}\right) dz}_{\text{montée}}$$

$$\boxed{W(\vec{\Pi_a}) = -\rho_e V_e g h + g \frac{\rho_e}{\rho_4} m \left(h + \frac{h^2}{2H}\right)}$$ ← étapes 1→2 et 3→4

* $W_p(4 \to 1) = -P_1 (V_1 - V_4)$ $\quad V_1 = V_e \quad V_4 = \frac{m}{M} R \frac{T_a}{P_1}$ $\quad \boxed{W_p(4\to1) = \frac{m}{M} R T_a - P_1 V_e}$

* $W_p(2 \to 3) = -P_2 (V_3 - V_2)$ $\quad V_2 = V_e \quad V_3 = \frac{m}{M} R \frac{T_3}{P_2}$ $\quad \boxed{W_p(2\to3) = -\frac{m}{M} R T_3 + P_2 V_e}$

$$\boxed{W = 53,1 \text{ mJ}}$$ $\quad (W = -W_{cycle})$