teaching sciences UPSTI for innovation

Proposition de corrigé

Concours : Concours Commun Polytechniques

Année : 2016

Filière : TSI

Épreuve : Sciences Industrielles pour l'Ingénieur

Ceci est une proposition de corrigé des concours de CPGE, réalisée bénévolement par des enseignants de Sciences Industrielles de l'Ingénieur et d'Informatique, membres de l'UPSTI (Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles), et publiée sur le site de l'association :

https://www.upsti.fr/espace-etudiants/annales-de-concours

A l'attention des étudiants

Ce document vous apportera des éléments de corrections pour le sujet traité, mais n'est ni un corrigé officiel du concours, ni un corrigé détaillé ou exhaustif de l'épreuve en question.

L'UPSTI ne répondra pas directement aux questions que peuvent soulever ces corrigés : nous vous invitons à vous rapprocher de vos enseignants si vous souhaitez des compléments d'information, et à vous adresser à eux pour nous faire remonter vos éventuelles remarques.

Informez-vous !

Retrouvez plus d'information sur les Sciences de l'Ingénieur, l'orientation, les Grandes Ecoles ainsi que sur les Olympiades de Sciences de l'Ingénieur et sur les Sciences de l'Ingénieur au Féminin sur notre site : www.upsti.fr

L'équipe UPSTI

Télésiège 6 places débrayable

Q1. $Q_s = \frac{N_p.v_c.3600}{d}$ en personnes/h

A.N : $Q_s = \frac{6.5,5.3600}{36} = 3300$ p/h

Q2. $K_r = \frac{1}{r} = \frac{1}{59,1}$ et $K_c = R_p = 2,45\ m$

Q3.

a. v=$K_r\ .K_c.\omega_m = K_r\ .K_c.\frac{2\pi N_m}{60}$ (N_m est la vitesse de rotation en tr.min^{-1}) ⇒ $N_m = \frac{60.v}{2\pi.K_r\ .K_c}$
   Pour une résolution de v=5.10^{-3} m.s^{-1}, la résolution en tr.min^{-1} est $N_m = 1,15$ tr.min^{-1}

b. q=$\frac{Pleine\ échelle}{2^n}$, la pleine échelle du CAN est 20 V, et le nombre de bits n=16
   A.N. : q=$\frac{20}{2^{16}} = 3,05.10^{-4}\ V$
   La résolution de la dynamo tachymétrique est obtenue lorsque le CAN a à son entrée le quantum q, c'est-à-dire lorsque la tension en sortie de la dynamo tachymétrique est $U_{tachy} = 27q$ soit $U_{tachy} = 8,24.10^{-3}V$.
   Comme la dynamo tachymétrique fournit 30 V pour 1000 tr.min^{-1}, la résolution est donc de 0,27 tr.min^{-1}.

c. Comme v=$K_r\ .K_c.\frac{2\pi N_m}{60}$, la résolution de la mesure de vitesse est donc $v = 1,19.10^{-3}$ m.s^{-1} < 5.10^{-3} m.s^{-1}. Le cahier des charges est donc respecté.

Q4.

a. $K_g = \frac{30}{1000.\frac{2\pi}{60}} = 0,286\ V/rad/s.$

Remarque : on trouve une valeur différente de celle donnée dans l'annexe 4, ce qui n'a pas du gêné les candidats.

b. $\varepsilon(p) = K_a.V_c(p) - K_g.\Omega_m(p) = K_a.V_c(p) - \frac{K_g}{K_r\ .K_c}.V(p)$
   Il faut donc que $K_a = \frac{K_g}{K_r\ .K_c}$ pour avoir $\varepsilon(p) = 0$ lorsque $V(p) = V_c(p)$

Q5. Les inconvénients de la machine à courant continu résident essentiellement dans le fait qu'il faut assurer un contact électrique avec le rotor et que, donc, il est nécessaire d'utiliser des balais et un collecteur. Ceci a un coût de fabrication, mais aussi d'entretien.
Le moteur asynchrone est une solution plus appropriée.

Q6.

a. $u_m(t) = e(t) + R.i(t) + L.\frac{di}{dt}$
   En régime permanent stabilisé : U_m=$E_m + R.I_m$
   Par conséquent $E_m = U_m - R.I_m$,
   A.N. pour le fonctionnement nominal : $E_n = 520 - 0,014 \times 1430 = 500\ V$
   $E_n = K.\Phi.\Omega_n$ donc $K.\Phi = \frac{E_n}{\Omega_n} = \frac{60E_n}{2\pi N_n}$
   A.N. : $K.\Phi = \frac{60\times500}{2\pi\times1273} = 3,75\ V.s$

b. Le couple électromagnétique nominal : $C_{em} = K.\Phi.I_n$

A.N. : $C_{em} = 3{,}75 \times 1430 = 5363\ N.m$

Le couple utile nominal : $C_m = \frac{60.P_n}{2\pi N_n}$

A.N. : $C_m = \frac{60\times 673.10^3}{2\pi\times 1273} = 5048\ N.m$

Le couple de perte : $C_p = C_{em} - C_m$

A.N. : $C_p = 5363 - 5048 = 315\ N.m$

Q7.

a. Parmi ces dispositifs d'antiparasitage, on peut utiliser une inductance.

b. $U_m = \frac{3.\sqrt{2}.U}{\pi}.\cos\psi$ avec $0 \le \psi \le 180°$

U_{max} pour $\psi = 0$ $U_{max} = \frac{3.\sqrt{2}.U}{\pi}$ A.N. : $U_{max} = 675\ V$

U_{min} pour $\psi = 180°$ $U_{min} = -\frac{3.\sqrt{2}.U}{\pi}$ A.N. : $U_{min} = -675\ V$

$U_n = \frac{3.\sqrt{2}.U}{\pi}.\cos\psi_n$ donc $\psi_n = Arcos\left(\frac{\pi U_n}{3.\sqrt{2}.U}\right)$

A.N. : $\psi_n = 39{,}6°$

c. Au démarrage la fcem est nulle, donc $U_d = R.I_d$

A.N. : $U_d = 0{,}014 \times 2000 = 28\ V$

$\psi_d = Arcos\left(\frac{\pi U_d}{3.\sqrt{2}.U}\right)$ A.N. : $\psi_d = 87{,}6\,°$

Q8.

a. Le nouveau couple électromagnétique : $C'_{em} = C'_m + C_p$

A.N. : $C'_{em} = 5050 + 320 = 5370\ N.m$

$C'_{em} = K.\Phi'.I'$ donc $K.\Phi' = \frac{C'_{em}}{I'}$

A.N. : $K.\Phi' = \frac{5370}{1200} = 4{,}48$ Nm.A^{-1} = 4,48 V.s

$E' = K.\Phi'.\Omega_n = K.\Phi'.\frac{2\pi N_n}{60}$

A.N. : $E' = 4{,}48 \times \frac{2\pi\times 1273}{60} = 597$ V

$U'_m = E' + R.I'$

A.N. : $U'_m = 597 + 0{,}014 \times 1200 = 614$ V

$\psi'_n = Arcos\left(\frac{\pi U'_m}{3.\sqrt{2}.U}\right)$

A.N. : $\psi'_n = 24{,}6\,°$

b. $I'_{ex} = \frac{K.\Phi}{K.\Phi'}\ I_{ex}$

A.N. : $I'_{ex} = \frac{4{,}48}{3{,}75} \times 11 = 13{,}1\ A$

Q9.

a. $\begin{cases} U_m(p) = E(p) + R.I(p) + L.p.I(p) \\ E(p) = K_e.\Omega_m(p) \\ C_{em}(p) = K_t.I(p) \end{cases}$

b. <u>Bloc 1 :</u> $\frac{1}{R+L.p}$ <u>Bloc 2 :</u> K_t <u>Bloc 3 :</u> K_e

Q10. $\mu_m = \mu_c + \frac{m_v + m_{6p}}{d} = 8 + \frac{530+480}{36} = 36{,}06$ kg/m

$\mu_d = \mu_c + \frac{m_v + 0{,}3.m_{6p}}{d} = 8 + \frac{530+0{,}3.480}{36} = 26{,}72$ kg/m

Q11.

a. $E_{c_{\varepsilon/Rg}} = E_c(arbre\ moteur) + E_c(pièces\ mobiles\ du\ réducteur) + E_c(volant\ d'inertie) + E_c(poulie\ motrice) + E_c(poulie\ réceptrice) + E_c(câble) + E_c(siège + skieurs) = \frac{1}{2}.I_{am}.\omega_m{}^2 + \frac{1}{2}.I_r.\omega_m{}^2 + \frac{1}{2}.I_v.\omega_m{}^2 + \frac{1}{2}.(I_{pm} + I_{pr}).\omega_p^2 + \frac{1}{2}.(\mu_m + \mu_d).L.V^2$ avec $\omega_p = \omega_m/r$ et $V = R_p.\omega_p = R_p.\omega_m/r$

On obtient donc $E_{c\frac{\varepsilon}{Rg}} = \frac{1}{2}.\left(I_{am} + I_r + I_v + \frac{I_{pm}+I_{pr}+(\mu_m+\mu_d).L.R_p{}^2}{r^2}\right).\omega_m^2$ donc $I_{eq} = I_{am} + I_r + I_v + \frac{I_{pm}+I_{pr}+(\mu_m+\mu_d).L.R_p{}^2}{r^2}$

$I_{eq} = 230\ kg.m^2$

b. $P_{ext} = P_{moteur} + P_{poids\ sur\ (câble+siège+skieurs\ montant)} + P_{poids\ sur\ (câble+siège+skieurs\ descendant)} + P_{galets\ sur\ (câble+siège+skieurs\ montant)} + P_{galets\ sur\ (câble+siège+skieurs\ desendant)} = C_m.\omega_m - sin\alpha.\mu_m.L.g.V + sin\alpha.\mu_d.L.g.V - 0{,}03.\mu_m.L.g.V - 0{,}03.\mu_d.L.g.V$

$P_{int} = 0$ car les liaisons sont parfaites

Q12.

a. On applique le théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble ε $\frac{\mathrm{d}(E_{c_{\varepsilon/Rg}})}{dt} = P_{ext} + P_{int}$

D'où $I_{eq}.\omega_m.\dot{\omega_m} = C_m.\omega_m - sin\alpha.\mu_m.L.g.V + sin\alpha.\mu_d.L.g.V - 0{,}03.\mu_m.L.g.V - 0{,}03.\mu_d.L.g.V$

Ou encore $I_{eq}.\omega_m.\dot{\omega_m} = C_m.\omega_m - L.g.\frac{R_p}{r}.(\mu_m.(0{,}03 + sin\alpha) + \mu_d.(0{,}03 - sin\alpha)).\omega_m$

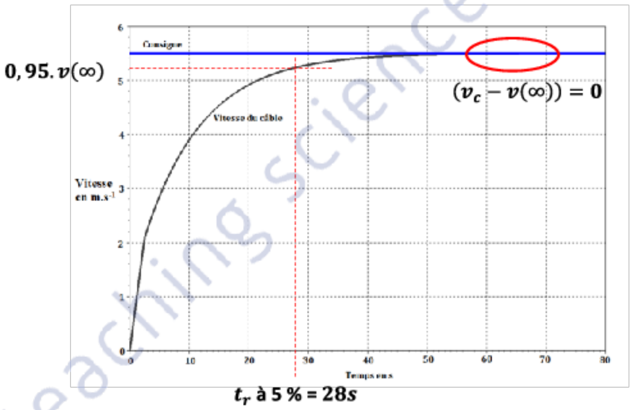
Donc $I_{eq}.\dot{\omega_m} = C_m - L.g.\frac{R_p}{r}.(\mu_m.(0{,}03 + sin\alpha) + \mu_d.(0{,}03 - sin\alpha))$

donc $C_r = L.g.\frac{R_p}{r}.\left(\mu_m.(0{,}03 + sin\alpha) + \mu_d.(0{,}03 - sin\alpha)\right) = 2660\ N.m$

b. Bloc 4 : $\frac{1}{I_{eq}.p}$

Q13.

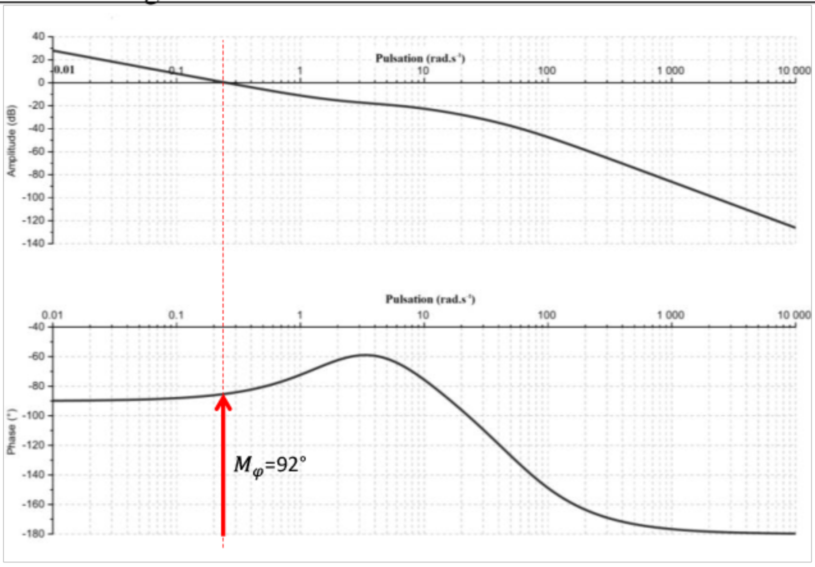
a. On a



b. Le cahier des charges est respecté puisque l'erreur statique est nulle et le temps de réponse est inférieur à 40s.

Q14.

a. On a



b. Le cahier des charges est respecté puisque la marge de phase est supérieure à 45°.

Q15. En se plaçant en régime établi, on a : $2.C_{ms} = \frac{(T_B - T_A).R_p}{r_1.\frac{Z_C}{Z_P}}$

Au début de l'évacuation : $C_{ms} = 59{,}9$ N.m
A la fin de l'évacuation : $C_{ms} = 209{,}8$ N.m

Q16. N_n = 2978 tr.min^{-1} et f=50 Hz ⇒ N_s = 3000 tr.min^{-1}
p= 1 paire de pôles
$g_n = \frac{N_s - N_n}{N_s}$ A.N. : $g_n = \frac{3000-2978}{3000} = 7{,}3.10^{-3}$

Q17. $I_2' = \frac{V_1}{\sqrt{\left(\frac{R_2'}{g}\right)^2 + (X_2')^2}}$

Q18.

a. $P_{tr} = \frac{3\frac{R_2'}{g}I_2'^2}{\left(\frac{R_2'}{g}\right)^2 + (X_2')^2} = \frac{3\frac{R_2'}{g}.V_1^2}{\left(\frac{R_2'}{g}\right)^2 + (X_2')^2}$

On a $P_{méca} = (1-g)P_{tr} = \frac{3R_2'\left(\frac{1-g}{g}\right).V_1^2}{\left(\frac{R_2'}{g}\right)^2 + (X_2')^2}$

b. $C_{ms} = \frac{P_{méca}}{\omega_{ms}}$ avec $\omega_{ms} = (1-g)\frac{\omega}{p}$

donc $C_{ms} = \frac{P_{méca}}{(1-g)\frac{\omega}{p}} = \frac{3.p.V_1^2}{\omega}.\frac{\frac{R_2'}{g}}{\left(\frac{R_2'}{g}\right)^2 + (X_2')^2}$

c. Le couple C_{ms} est fonction du glissement g, il est maximum pour g=g_M=$\frac{R_2'}{X_2'}$

A. N. : $g_M = 0{,}0457$

Q19.

a. $C_{ms} = \frac{3.p.V_1^2}{\omega}.\frac{gR_2'}{(R_2')^2 + (gx_2')^2}$

On obtient l'équation : $g^2(X_2')^2C_{ms} - g\frac{3.p.V_1^2R_2'}{\omega} + (R_2')^2C_{ms}=0$

En début d'évacuation $C_{ms} = 420\ N.m$, l'équation devient :

$22{,}218g^2 - 5{,}304g + 0{,}0463 = 0$, on résoud l'équation on obtient $g' = 9{,}07.10^{-3}$ ou $g'' = 0{,}23$ comme le glissement doit être inférieur à $g_M \Rightarrow {g_1}' = 9{,}07.10^{-3}$

En fin d'évacuation $C_{ms} = 120\ N.m$, l'équation devient :

$6{,}348g^2 - 5{,}304g + 0{,}013 = 0$, on résoud l'équation on obtient $g' = 2{,}5.10^{-3}$ ou $g'' = 0{,}83$ comme le glissement doit être inférieur à $g_M \Rightarrow {g_1}' = 2{,}5.10^{-3}$

b. En début d'évacuation $C_{ms} = 420\ N.m$, ${g_1}' = 9{,}07.10^{-3}$ donc la vitesse de rotation ${N_1}' = 2973$ tr.min^{-1} soit une vitesse de translation ${v_1}' = \frac{2\pi {N_1}'}{60} \times \frac{\mathrm{R_p}}{\mathrm{r_1}} \times \frac{\mathrm{Z_p}}{\mathrm{Z_c}}$ A.N. : ${v_1}' = 1{,}70$ m.s^{-1}

En fin d'évacuation $C_{ms} = 120\ N.m$, ${g_2}' = 2{,}5.10^{-3}$ donc la vitesse de rotation ${N_2}' = 2992$ tr.min^{-1} soit une vitesse de translation ${v_2}' = \frac{2\pi {N_1}'}{60} \times \frac{\mathrm{R_p}}{\mathrm{r_1}} \times \frac{\mathrm{Z_p}}{\mathrm{Z_c}}$ A.N. : ${v_2}' = 1{,}71$ m.s^{-1}

Q20. Que ce soit en début ou en fin d'évacuation, le cahier des charges concernant les vitesses (comprises entre 0,8 m.s^{-1} et 1,8 m.s^{-1}) est respecté. Un seul moteur serait suffisant, mais pour des raisons de sécurité (en cas de défaillance) un deuxième est nécessaire.

Q21.

a. A partir des relations $T_B = T_0 + \mu_m.g.(H + 0{,}03.L)\ et\ T_A = T_0 + \mu_d.g.(H - 0{,}03.L)$, on en déduit que la tension est la plus importante en B et la plus faible sur l'arc $\widehat{CD}$.

b. C'est donc T_0 qui doit satisfaire les critères de déflexion et de déformation car c'est la tension la plus faible.

Critère de déflexion : $T_0 \geq 15.P_{siège+6personnes}$ soit $T_0 \geq 15.9{,}81.(530 + 480)$ soit $T_0 \geq 148\,650$ N (valeur arrondie légèrement au-dessus)

Critère de déformation : $T_0 \geq 300.g.\mu_m$ soit $T_0 \geq 9{,}81.36{,}1.300$ soit $T_0 \geq 106\,250$ N (valeur arrondie légèrement au-dessus)

Le critère de déflexion est donc le plus contraignant soit $T_0 \geq 148\,650$ N

$T_B = T_0 + \mu_m.g.(H + 0{,}03.L)$ soit $T_B \geq 295300$ N (valeur arrondie légèrement au-dessus)

$T_A = T_0 + \mu_d.g.(H - 0{,}03.L)$ soit $T_A \geq 230900$ N (valeur arrondie légèrement au-dessus)

Q22. T_B étant la tension la plus importante, c'est elle qui doit satisfaire ce critère de résistance : $T_B \leq T_{rupt}/4$

Or on a trouvé $T_B \geq 295300$ N donc $T_{Bmini} = 295300$ N et $\frac{T_{rupt}}{4} = \frac{1605000}{4} = 401250$ N.

Le critère est donc respecté.

Q23. $R_{fil} = \rho_{cu} \times \frac{L_{fil}}{S_{fil}}$ A. N. : $R_{fil} = 22{,}5\,.10^{-3} \times \frac{20}{0{,}5} = 0{,}9\ \Omega$

Q24.

a. Pour un effort de 418 000 N, le capteur délivre une tension $V_0 = 418000 \times 10^{-5} = 4{,}18$ V

$V_{mesure} = \frac{R_e.V_0}{R_e+R_s+R_{fil}}$ A.N. : $V_{mesure} = \frac{100.10^3 \times 4{,}18}{100.10^3+350+0{,}9} = 4{,}165\ V$

soit une erreur de mesure de $\varepsilon_{\%} = \frac{V_0 - V_{mesure}}{V_0} \times 100$ A.N. : $\varepsilon_{\%} = 0{,}35\ \%$

b. Comme l'erreur maximale de mesure est de 1 %, le cahier des charges est respecté, il n'est pas nécessaire d'amplifier le signal.

Q25.

a. $\underline{V_A} = \frac{\frac{\underline{V_e}}{R}+\frac{\underline{V_s}}{R}}{\frac{1}{R}+\frac{1}{R}+jC\omega} \Rightarrow \underline{V_A} = \frac{\underline{V_e}+\underline{V_s}}{2+jRC\omega}$ (Théorème de Millman)

$\underline{V_s} = \frac{\frac{\underline{V_A}}{jC\omega}}{R+\frac{1}{jC\omega}} = \frac{\underline{V_A}}{1+jRC\omega}$ (Diviseur de tension)

$\underline{V_s}(1+jRC\omega) = \frac{\underline{V_e}+\underline{V_s}}{2+jRC\omega} \Rightarrow \underline{V_s}(1+jRC\omega)(2+jRC\omega) = \underline{V_e}+\underline{V_s}$

$\Rightarrow \underline{H}(j\omega) = \frac{1}{1+3jRC\omega+(jRC\omega)^2} = \frac{1}{1+2mj\frac{\omega}{\omega_0}+\left(j\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$

b. $\omega_0 = \frac{1}{RC}$ et $m = \frac{3}{2}$. Comme $m > \frac{\sqrt{2}}{2}$, il ne peut y avoir résonance.

Q26.

a. $\frac{1}{RC} = 2\pi f_o \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi f_o R}$ A.N. : C =1,6 µF

b. Pour f = 3Hz $\Rightarrow \omega = \frac{3.\omega_0}{10} \Rightarrow \underline{H}(j\omega) = \frac{1}{1+9j/10+\left(j\frac{3}{10}\right)^2} \Rightarrow \underline{H}(j\omega) = \frac{1}{\frac{1}{10}+\frac{9j}{10}} \Rightarrow \left|\underline{H}(j\omega)\right|_{dB} = -2{,}14\ dB > -3\ dB$

Pour f = 10Hz $\Rightarrow \omega = \omega_0 \Rightarrow \underline{H}(j\omega) = \frac{1}{1+3j+(j)^2} \Rightarrow \underline{H}(j\omega) = \frac{1}{3j} \Rightarrow \left|\underline{H}(j\omega)\right|_{dB} = -9{,}54\ dB < -6\ dB$

Le gabarit est donc respecté.

Q27.

a. $\{\mathcal{F}_{Leq,2\to3}\} = \{\mathcal{F}_{LA,2\to3}\} + \{\mathcal{F}_{LB,2\to3}\}$

avec

$\{\mathcal{F}_{LA,2\to3}\} = {}_A\begin{Bmatrix} X_A\vec{x}+Y_A\vec{y}+Z_A\vec{z} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$ et $\{\mathcal{F}_{LB,2\to3}\} = {}_B\begin{Bmatrix} X_B\vec{x}+Y_B\vec{y}+Z_B\vec{z} \\ \vec{0} \end{Bmatrix} = {}_A\begin{Bmatrix} X_B\vec{x}+Y_B\vec{y}+Z_B\vec{z} \\ (b-a).Z_B\vec{y}-(b-a).Y_B\vec{z} \end{Bmatrix}$

d'où $\{\mathcal{F}_{Leq,2\to3}\} = {}_A\begin{Bmatrix} (X_A+X_B).\vec{x}+(Y_A+Y_B).\vec{y}+(Z_A+Z_B).\vec{z} \\ (b-a).Z_B\vec{y}-(b-a).Y_B\vec{z} \end{Bmatrix}$ Ce torseur statique a 5 composantes non nulles indépendantes, c'est le torseur d'action transmissible par une pivot d'axe $(A,\vec{x})$.

b. $h = I_S - E_s + m$

Avec $I_S = 2*3 = 6$, $E_S = 6.(N_p-1) = 6$ et $m = 1$ d'où $h = 1$. Le problème étant hyperstatique, on ne peut pas trouver l'ensemble des inconnues statiques avec le PFS.

Q28.

a. $\{\mathcal{F}^A_{2\to3}\} = {}_A\begin{Bmatrix} Y_A.\vec{y} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$ et $\{\mathcal{F}^B_{2\to3}\} = {}_B\begin{Bmatrix} Y_B.\vec{y} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$

b. On isole $\{3\}$.

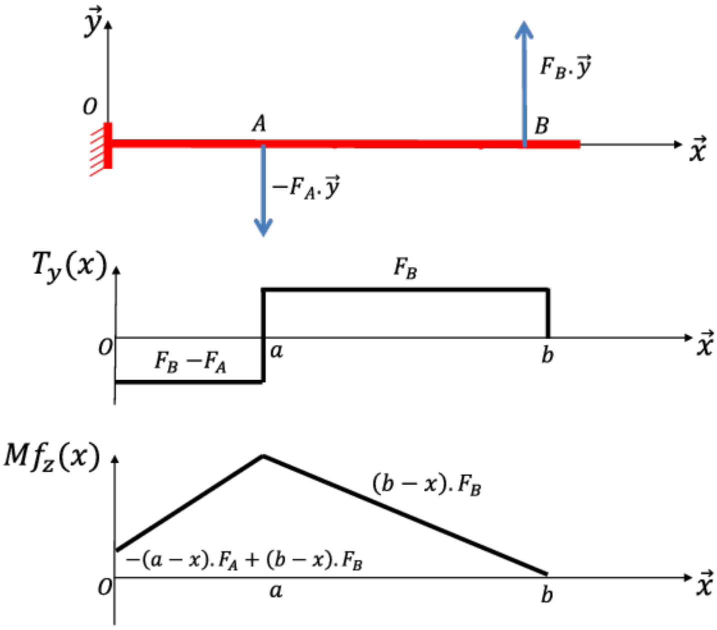
BAME : $\{\mathcal{F}^A_{2\to3}\} = {}_A\begin{Bmatrix} Y_A.\vec{y} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$, $\{\mathcal{F}^B_{2\to3}\} = {}_B\begin{Bmatrix} Y_B.\vec{y} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$, $\{\mathcal{F}_{Poids\to3}\} = {}_G\begin{Bmatrix} -g.(m_v+m_{6p})\vec{y} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$

TRS suivant $\vec{y}$ donne : $Y_A + Y_B - g.(m_v+m_{6p}) = 0$

TMS en G suivant $\vec{z}$ donne : $Y_B.(b-a) + g.(m_v+m_{6p}).(x_g+a) = 0$

La résolution nous donne : $Y_B = -g.(m_v+m_{6p}).\frac{x_g+a}{(b-a)} = -53300$ N et : $Y_A = g.(m_v+m_{6p}).\frac{x_g+b}{(b-a)} = 63200$ N.

Q29.



La poutre est sollicitée en flexion simple.

Q30.

a. La zone la plus sollicitée est en au point A.

b. En flexion, nous avons $\sigma_{xx}(x,y) = -\frac{M_{fz}(x).y}{I_{Gz}}$. On a $\sigma_{xx_{max}}$ pour $M_{fz}(x=a) = (b-a).F_B$ et $y = \pm d/2$ avec $I_{Gz} = \frac{\pi d^4}{64}$

C'est-à-dire $\sigma_{xx_{max}} = \frac{(b-a).F_B.d/2}{\pi d^4/64} = \frac{32.(b-a).F_B}{\pi.d^3}$

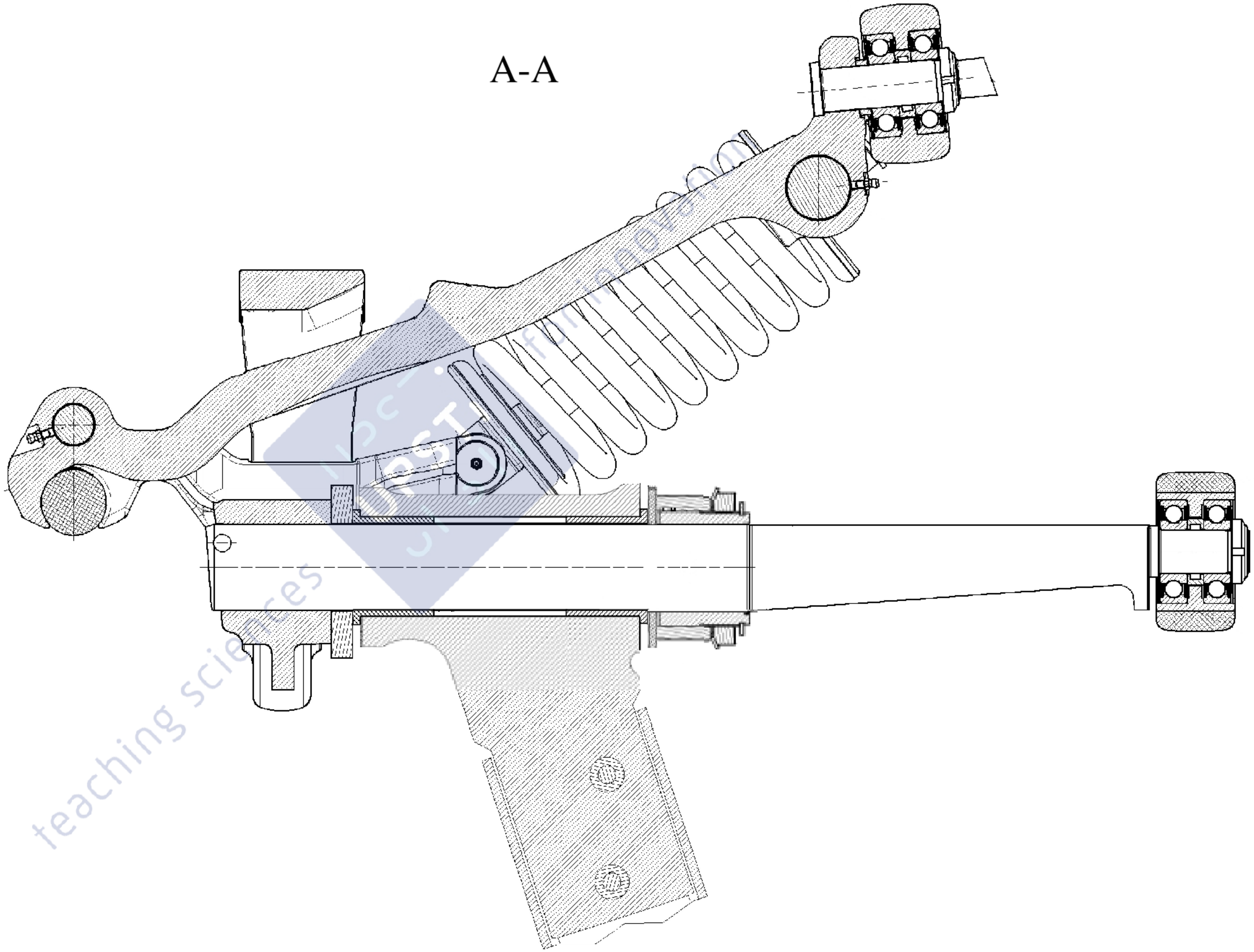
Q31. On doit avoir $\sigma_{xx\ Max} < \frac{R_e}{S_c}$ soit $\frac{32.(b-a).F_B}{\pi.d^3} < \frac{R_e}{S_c}$.

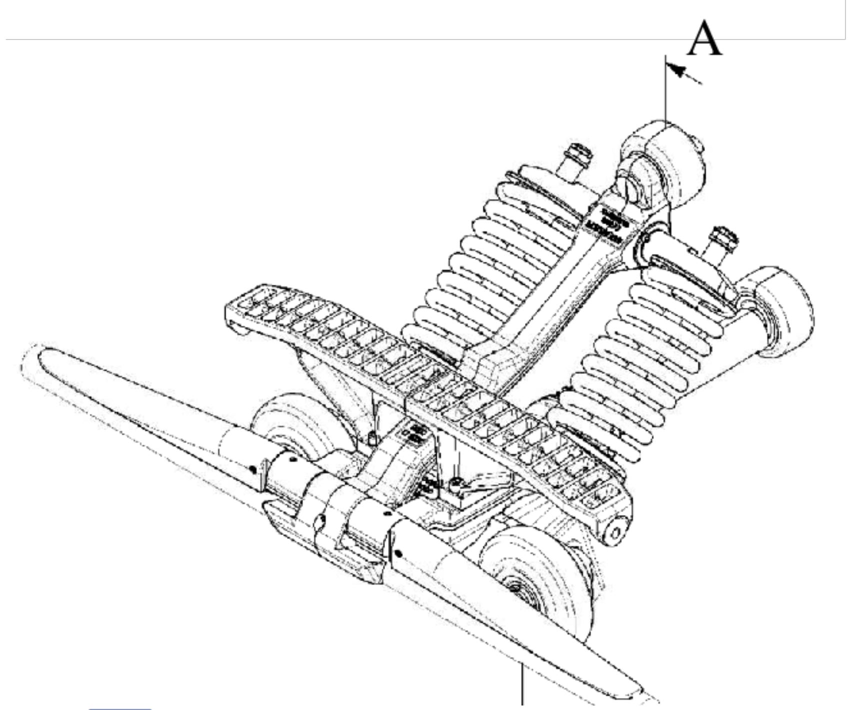
Or $\sigma_{xx\ Max} = \frac{32.(b-a).F_B}{\pi.d^3} = 125{,}7\ MPa$ et $\frac{R_e}{S_c} = 150\ MPa$

Q32. Les dimensions du palier lisse : $D_{int} = 60\ mm$ et $L = 50$ ou $60\ mm$.

DOCUMENT RÉPONSE : DR4

Questions 32 et 33.





Echelle 1:3