teaching sciences UPSTI for innovation

Proposition de corrigé

Concours : Concours Commun Mines-Ponts

Année : 2014

Filière : PSI

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

Dans l'espace réponse réservé à chaque partie le candidat identifiera clairement le numéro de la question à laquelle il répond.

1- ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE

Question 1

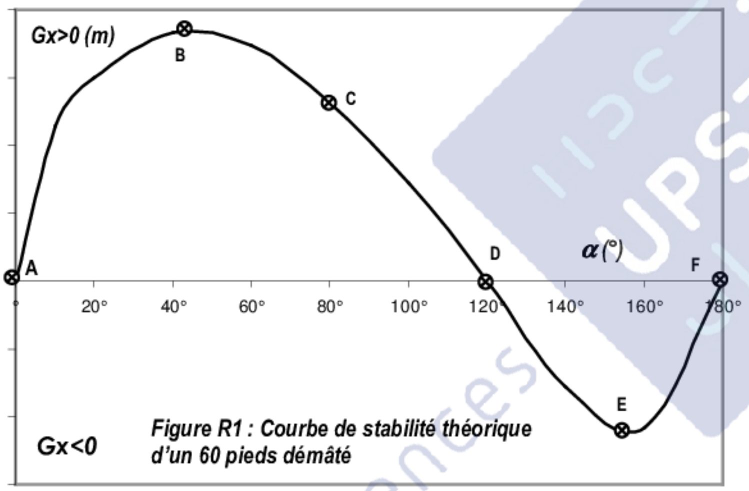


Figure R1 : Courbe de stabilité théorique d'un 60 pieds démâté

a- R_D est toujours positif (poussée d'Archimède) donc Gx suffit à caractériser le signe de $R_D.G_x$.

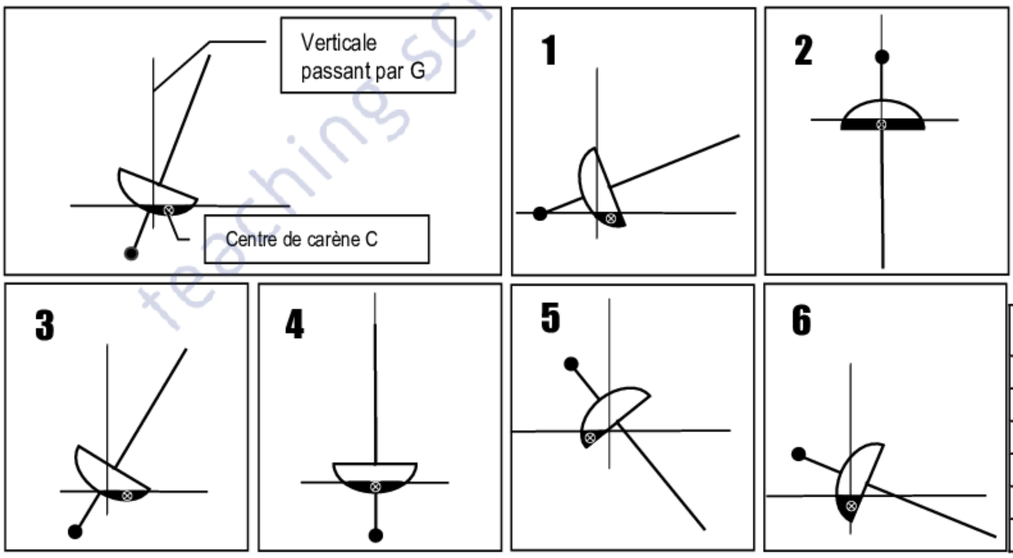


Figure R2 : Positions d'équilibre

b-

Point d'équilibre	N° de figure correspondant
A	4
B	3
C	1
D	6
E	5
F	2

Question 2

a- $P_{pes\rightarrow nav/Rg} = \vec{R}_{(pes\rightarrow nav)} . \underbrace{\vec{V}_{(H,nav/Rg)}}_{=\vec{0}} + \vec{M}_{(H,pes\rightarrow nav)} . \vec{\Omega}_{(nav/Rg)}$

$$P_{pes\rightarrow nav/Rg} = (\vec{HG} \wedge -Mg\,\vec{y}).(-\dot{\alpha}\,\vec{z}) = (\vec{HG} \wedge -Mg\,\vec{y}).(-\dot{\alpha}\,\vec{z}) = -L\,\vec{y}_N .(Mg\,\vec{y} \wedge \dot{\alpha}\,\vec{z})$$

$$\boxed{P_{pes\rightarrow nav/Rg} = -MgL\dot{\alpha}\sin\alpha}$$

b- On a $G_x(\alpha) = L.\sin\alpha$ soit $P_{pes\rightarrow nav/Rg} = -MgG_x\dot{\alpha}$

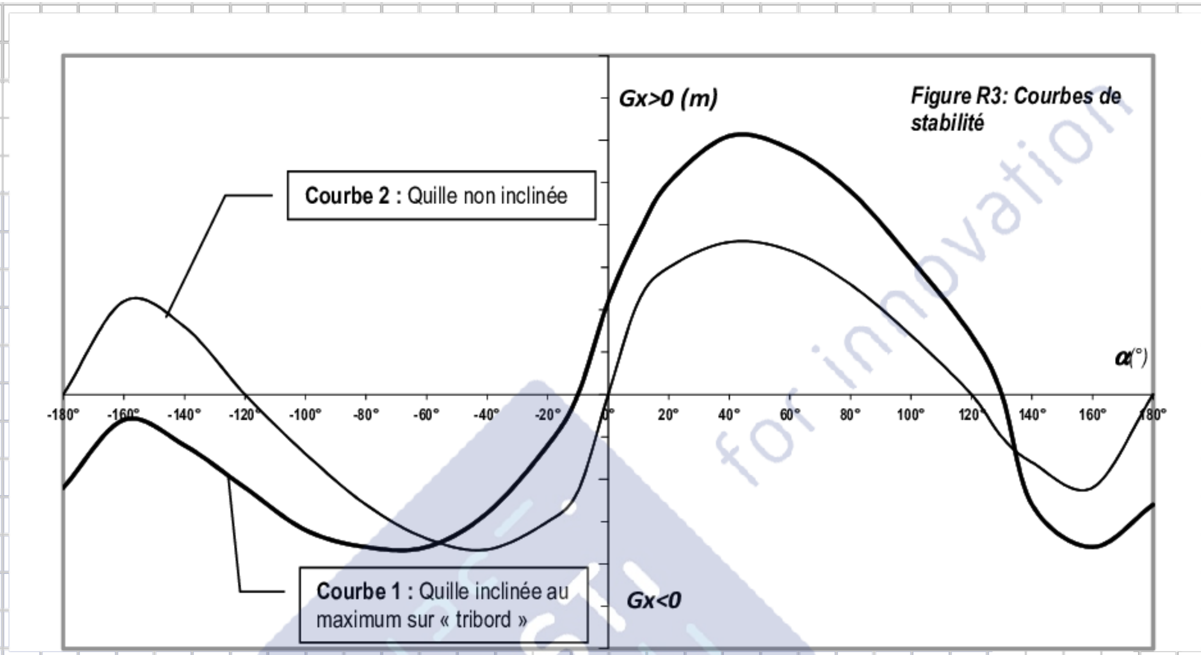
$$\boxed{W = \int_{ti}^{tj} P_{pes\rightarrow nav/Rg}.dt = -\int_{\alpha i}^{\alpha j} MgG_x \frac{d\alpha}{dt} dt = -Mg\int_{\alpha i}^{\alpha j} G_x\, d\alpha = -MgS_{ij}}$$

Question 3

Clause 1 : permettre au navire un angle de gîte le plus grand possible sans chavirage (on remarquera qu'à 120° le navire à le mât dans l'eau).

Clause 2 : Impose que le travail du poids soit 5 fois plus grand dans la zone de redressement que dans la zone de chavirage. Le bateau est 5 fois plus difficile à faire chavirer qu'à redresser.

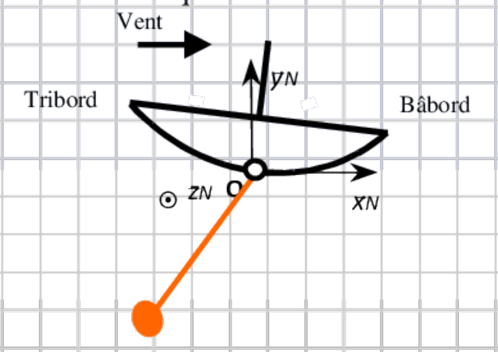
Question 4 :



a- Pour $\alpha > 0$ la quille pendulaire permet d'augmenter l'énergie nécessaire pour faire basculer le navire. Gx est plus grand pour $0 < \alpha < 130°$, donc le bateau s'inclinera moins pour une même action du vent.

b- Pour $\alpha < 0$ le basculement devient impossible car Gx ne change pas de signe. Par contre $|Gx|$ est plus petit pour $-50° < \alpha < 0$, donc le bateau s'inclinera plus pour une même action du vent.

c- Si le vent vient de tribord alors $\vec{M}_{(H,vent\rightarrow nav)} < \vec{0}$, il faut donc $Gx > 0$ et grand pour limiter l'inclinaison du bateau. On choisit la quille inclinée au maximum sur tribord.



d- En l'absence d'action extérieure autre que le poids la position $|\alpha| = 180°$ n'est pas une position d'équilibre. Le bateau se redresse même sans cause extérieure. Si une cause extérieure le maintien en équilibre dans cette position alors elle sera stable (pente positive de la courbe de G_x en $|\alpha| = 180°$).

2- FONCTION FT1.2 : « DEPLACER LA QUILLE ». FONCTION COMPOSANTE FT1.2.1 : « ALIMENTER : DEVELOPPER UNE PUISSANCE MOTRICE SUFFISANTE »

VALIDATION DE LA PUISSANCE INSTALLÉE.

Question 5

a- $\vec{V}(G_1,1/N)=\frac{d}{dt}(\vec{OG_1})_{/N}=\vec{\Omega}(1/N)\wedge\vec{OG_1}=\dot{\theta}_1\vec{z_N}\wedge -L_1\vec{y_1}=\boxed{L_1\dot{\theta}_1\vec{x_1}}$

b- $\vec{V}(G_2,2/N)=\frac{d}{dt}(\vec{CG_2})_{/N}=\frac{d}{dt}((x_{24}-L_2)\vec{x_2})_{/N}=\dot{x}_{24}\vec{x_2}+\dot{\theta}_2\vec{z_N}\wedge(x_{24}-L_2)\vec{x_2}$

$\boxed{\vec{V}(G_2,2/N)=\dot{x}_{24}\vec{x_2}+(x_{24}-L_2)\dot{\theta}_2\vec{y_2}}$

c- $\vec{V}(G_3,3/N)=\frac{d}{dt}(\vec{BG_3})_{/N}=\frac{d}{dt}((-x_{35}+L_2)\vec{x_3})_{/N}=-\dot{x}_{35}\vec{x_3}+\dot{\theta}_3\vec{z_N}\wedge(-x_{35}+L_2)\vec{x_3}$

$\boxed{\vec{V}(G_3,3/N)=-\dot{x}_{35}\vec{x_3}+(-x_{35}+L_2)\dot{\theta}_3\vec{y_3}}$

d- $\boxed{\vec{V}(A,2/4)=\frac{d}{dt}(\vec{CA})_{/4}=\dot{x}_{24}\vec{x_2}}$

Soit E l'ensemble constitué des solides 1, 2, 3, 4 et 5.

Evaluation des énergies cinétiques galiléennes (le repère R_N est galiléen) des solides de E en mouvement.

Question 6

a- $2.T(1/N)=M_1.\vec{V}(G_1,1/N).\vec{V}(G_1,1/N).+\vec{\sigma}(G_1,1/N).\vec{\Omega}(1/N)$ avec

$\vec{\sigma}(G_1,1/N)=[I(G_1,1)]\vec{\Omega}(1/N)$ soit $\boxed{T(1/N)=\frac{1}{2}(M_1.L_1^2+C_1)\dot{\theta}_1^2}$

b- $2.T(2/N)=M_2.\vec{V}(G_2,2/N).\vec{V}(G_2,2/N).+\vec{\sigma}(G_2,2/N).\vec{\Omega}(2/N)$

$=M_2.\dot{x}_{24}^2+M_2.(L_2-x_{24})^2\dot{\theta}_2^2+B_2.\dot{\theta}_2^2$

soit $\boxed{T(2/N)=\frac{1}{2}\left(M_2.\dot{x}_{24}^2+(M_2.(L_2-x_{24})^2+B_2)\dot{\theta}_2^2\right)}$

c- $\boxed{T(4/N)=\frac{1}{2}C_4\dot{\theta}_2^2}$ (rotation autour d'un axe fixe)

Evaluation des puissances développées par les actions mécaniques intérieures à E.
Question 7

$P(1\leftrightarrow 2)=P(1\to 2/1)$; $P(1\leftrightarrow 3)=P(1\to 3/1)$; $P(4\overset{ph}{\leftrightarrow}2)=P(ph\to 2/4)$;
$P(5\overset{ph}{\leftrightarrow}3)=P(ph\to 3/5)$; $P(4\overset{phf}{\leftrightarrow}2)=P(phf\to 2/4)$; $P(5\overset{phf}{\leftrightarrow}3)=P(phf\to 3/5)$.

- $P(4\overset{ph}{\leftrightarrow}2)=P(ph\to 2/4)=\{F(ph\to 2)\}_C\{V(2/4)\}_C=\boxed{F_{h2}.\dot{x}_{24}}$
- $P(5\overset{ph}{\leftrightarrow}3)=P(ph\to 3/5)=\{F(ph\to 3)\}_B\{V(3/5)\}_B=\boxed{F_{h3}.\dot{x}_{35}=0}$
- $P(4\overset{phf}{\leftrightarrow}2)=P(phf\to 2/4)=\{F(phf\to 2)\}_C\{V(2/4)\}_C=\boxed{-k.\dot{x}_{24}^{2}}$
- $P(5\overset{phf}{\leftrightarrow}3)=P(phf\to 3/5)=\{F(phf\to 3)\}_B\{V(3/5)\}_B=\boxed{k.\dot{x}_{35}^{2}}$ (Doit être <0 soit k<0 !)

Evaluation des puissances développées par les actions mécaniques extérieures à E.
Question 8

$P(N\to 1/N)$; $P(N\to 4/N)$; $P(N\to 5/N)$; $P(pes\to E/N)$; $P(eau\to 1/N)$.

- $P(pes\to 1/N)=\{F(pes\to 1)\}\{V(1/N)\}=\vec{R}(pes\to 1).\vec{V}(G_1,1/N)=-M_1 g\,\vec{y}_N.L_1\dot{\theta}_1\vec{x}_1$

$\boxed{P(pes\to 1/N)=-M_1.g.L_1\,\dot{\theta}_1.\sin(\theta_1)}$

- $P(pes\to 2/N)=\{F(pes\to 2)\}\{V(2/N)\}=\vec{R}(pes\to 2).\vec{V}(G_2,2/N)$

$=-M_2 g\,\vec{y}_N.(\dot{x}_{24}\,\vec{x}_2+(x_{24}-L_2)\dot{\theta}_2\,\vec{y}_2)$

$\boxed{P(pes\to 2/N)=-M_2.g.(\dot{x}_{24}\sin\theta_2+(x_{24}-L_2)\dot{\theta}_2\cos\theta_2)}$

- $P(pes\to 3/N)=\{F(pes\to 3)\}\{V(3/N)\}=\vec{R}(pes\to 3).\vec{V}(G_3,3/N)$

$=-M_3 g\,\vec{y}_N.-\dot{x}_{35}\,\vec{x}_3+(-x_{35}+L_2)\dot{\theta}_3\,\vec{y}_3=-M_2.g.(-\dot{x}_{35}\sin\theta_3+(-x_{35}+L_2)\dot{\theta}_3\cos\theta_3)$

$\boxed{P(pes\to 3/N)=-M_2.g.(-\dot{x}_{35}\sin\theta_3+(-x_{35}+L_2)\dot{\theta}_3\cos\theta_3)}$

- $P(eau\to 1/N)=\{F(eau\to 1)\}\{V(1/N)\}=\vec{R}(eau\to 1).\vec{V}(P,1/N)=(F_p\,\vec{z}_1+F_t\,\vec{x}_1).h\dot{\theta}_1\,\vec{x}_1$

$\boxed{P(eau\to 1/N)=h.F_t\,\dot{\theta}_1}$

Question 9

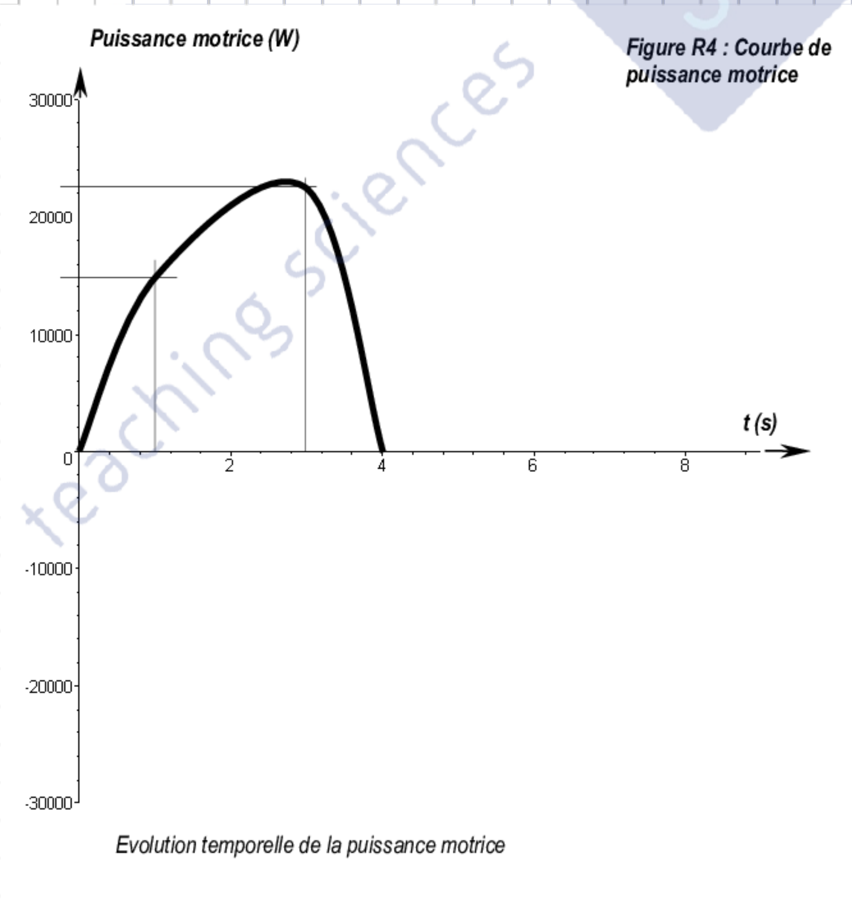
Théorème de l'énergie puissance appliqué à E dans le repère galiléen N:

$$P(\overline{E} \to E/N) + \sum_{(i,j)\in E; i<j} P(i \leftrightarrow j) = \frac{d}{dt} T(E/N)$$

Soit

$$P(ph \to 2/4) = \frac{d}{dt} T(E/N) - P(eau \to 1/N) - P(pes \to E/N) - P(phf \to 2/4) - P(phf \to 3/5)$$

Question 10



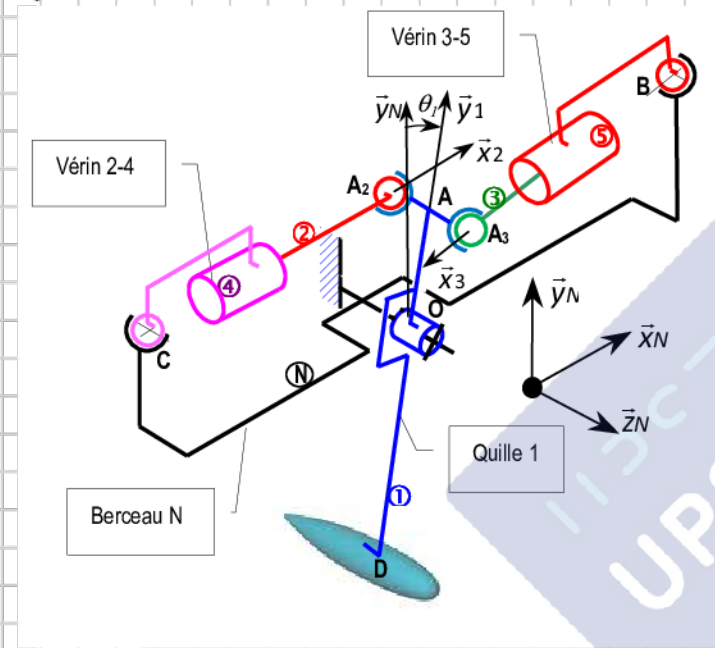
a-
à 1s
2200+5800+2500+4000=14500 W
à 3s
0+4000+2500+16000=22500 W

Maximum à environ 22,5 kW.
Le maximum est bien sur cet intervalle car le poids y est résistant (le poids est moteur sur [5s ; 8s])

b- La différence est de 7,5 kW.
Elle ne peut pas provenir des hypothèses faites (liaisons parfaites et R_N galiléen).
Elle provient certainement du fait que le système est surdimensionné pour pallier les erreurs de modélisation des actions de l'eau, le vieillissement de la quille avec les algues collées qui rajoutent du poids...

3- FONCTION FT1.2.4 : « TRANSMETTRE L'ENERGIE MECANIQUE ». FONCTION COMPOSANTE FT1.2.4.1 : « GUIDER LA QUILLE PAR RAPPORT A LA COQUE EN MAINTENANT LE CONTACT »

Question 11



On isole le vérin $2\cup 4$. Cet ensemble est soumis à deux glisseurs car 4 est en liaison rotule avec 2, 2 est en liaison rotule avec 1 et le poids de 2 et 4 est négligeable.

Théorème du moment en C :

$$\vec{M}(C,1\to 2)+\underbrace{\vec{M}(C,N\to 4)}_{\vec{0}}+\underbrace{\vec{M}(C,pes\to 2\cup 4)}_{\vec{0}}$$

$$=\underbrace{\vec{\delta}(C,2\cup 4/R_g)}_{\vec{0}}$$

donc $\underbrace{\vec{CA_2}}_{//\vec{x}_2}\wedge\vec{R}(1\to 2)=\vec{0}$ soit $\boxed{\vec{R}(1\to 2)=F_{12}\,\vec{x}_2}$

Question 12

On isole 1: $\{N\to 1\}+\{2\to 1\}+\{3\to 1\}+\{pes\to 1\}=\{0\}$

Équations vectorielles :

$$\vec{R}(N\to 1)+\vec{R}(2\to 1)+\vec{R}(pes\to 1)=\vec{0}$$

$$\vec{M}(O,N\to 1)+\vec{M}(O,2\to 1)+\vec{M}(O,pes\to 1)=\vec{0}$$

$$L_{N1}\,\vec{x}_N+M_{N1}\,\vec{y}_N+\vec{OA_2}\wedge F_{21}\,\vec{x}_N+\vec{OG_1}\wedge M_1\,\vec{y}_N=\vec{0}\ \text{ soit}$$

$$L_{N1}\,\vec{x}_N+M_{N1}\,\vec{y}_N+\left(R\,\vec{y}_1-d\,\vec{z}_N\right)\wedge F_{21}\,\vec{x}_N-L_1\,\vec{y}_1\wedge -M_1 g\,\vec{y}_N=\vec{0}$$

Équations en projection dans la base B_N :

$$\begin{cases}X_{N1}+F_{21}=0\\ Y_{N1}-M_1.g=0\\ Z_{N1}=0\\ L_{N1}=0\\ M_{N1}-dF_{21}=0\\ -R.F_{21}.\cos\theta_1-L_1.M_1.g.\sin\theta_1=0\end{cases}$$

$$\boxed{\text{d'où } \{N\to 1\}\equiv\left\{\begin{matrix}-F_{21}\,\vec{x}_N+M_1.g\,\vec{y}_N\\ d.F_{21}\,\vec{y}_N\end{matrix}\right\}_O}$$

Question 13

$$\{N \to 1\}_{pivot} = \{N \to 1\}_{sphère-cylindre} + \{N \to 1\}_{sphérique}$$

Expression en O_2 :

$$\left\{\begin{array}{l} -F_{21}\,\vec{x}_N + M_1.g\,\vec{y}_N \\ d.F_{21}\,\vec{y}_N + e.F_{21}\,\vec{y}_N + e.M_1.g\,\vec{x}_N \end{array}\right\}_{O_2} = \left\{\begin{array}{l} X_{O1}\,\vec{x}_N + Y_{O1}\,\vec{y}_N \\ -2e.X_{O1}\,\vec{y}_N + 2e.Y_{O1}\,\vec{x}_N \end{array}\right\}_{O_2} + \left\{\begin{array}{l} X_{O2}\,\vec{x}_N + Y_{O2}\,\vec{y}_N + Z_{O2}\,\vec{z}_N \\ \vec{0} \end{array}\right\}_{O_2}$$

soit $\boxed{\{N \to 1\}_{sphère-cylindre} = \left\{\begin{array}{l} -\dfrac{(e+d)}{2e}.F_{21}\,\vec{x}_N + \dfrac{M_1.g}{2}\,\vec{y}_N \\ \vec{0} \end{array}\right\}_{O_1}}$.

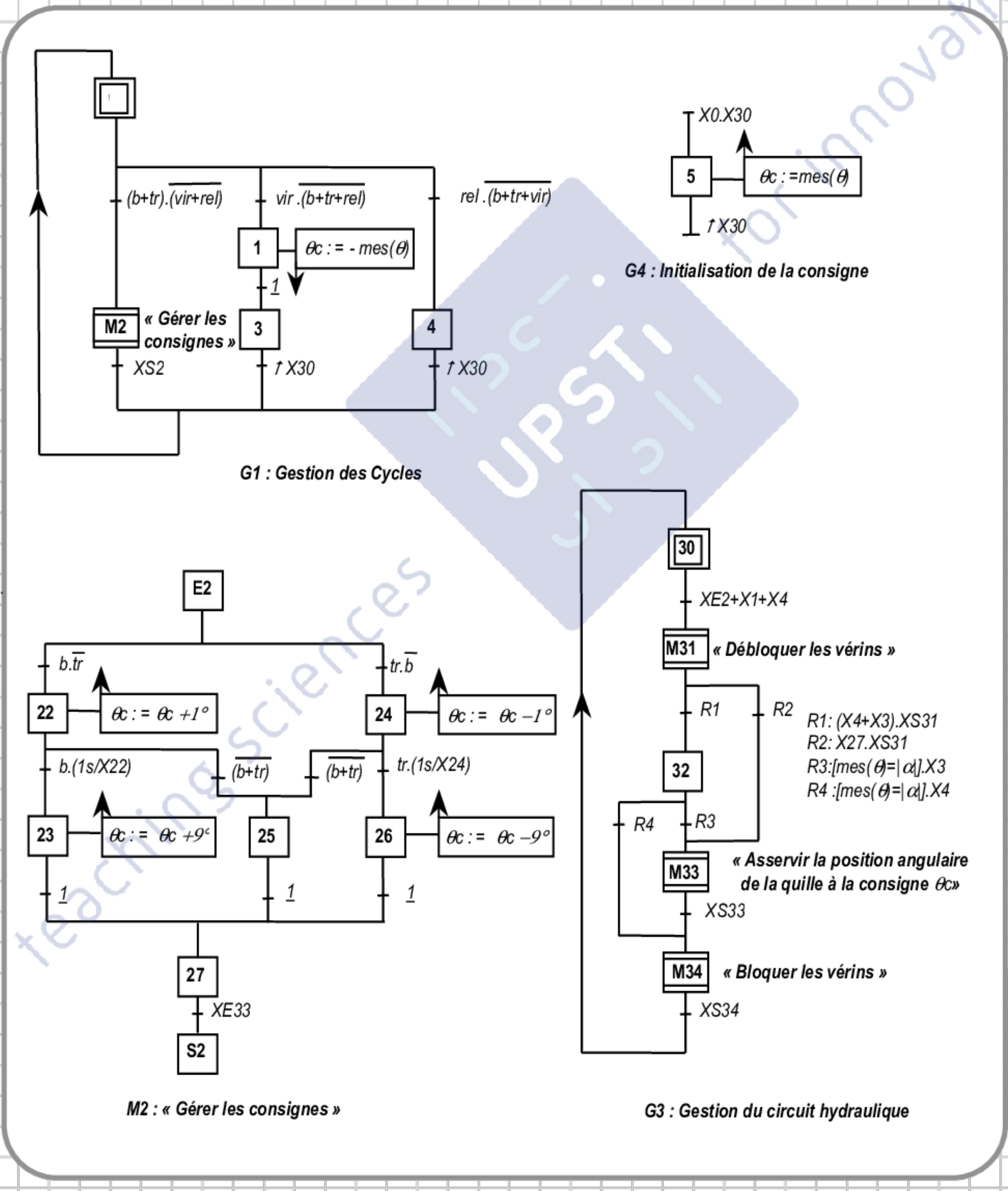
Question 14

L'effort radial vaut : $\boxed{F = \dfrac{1}{2e}\sqrt{\left((e+d).F_{21}\right)^2 + \left(e.M_1.g\right)^2}} = 15{,}8.10^4\ N$

La pression exercée sur le coussinet est $p = \dfrac{F}{d_c.L_c}$ $\boxed{= 39{,}62\ N/mm^2}$, ce qui valide le choix fait.

4- FONCTION FT1.1.2 : « TRAITER L'INFORMATION ». FONCTION COMPOSANTE FT1.1.2.1 : « GERER LES CYCLES PREPROGRAMMES»

Modèle de commande



Question 15

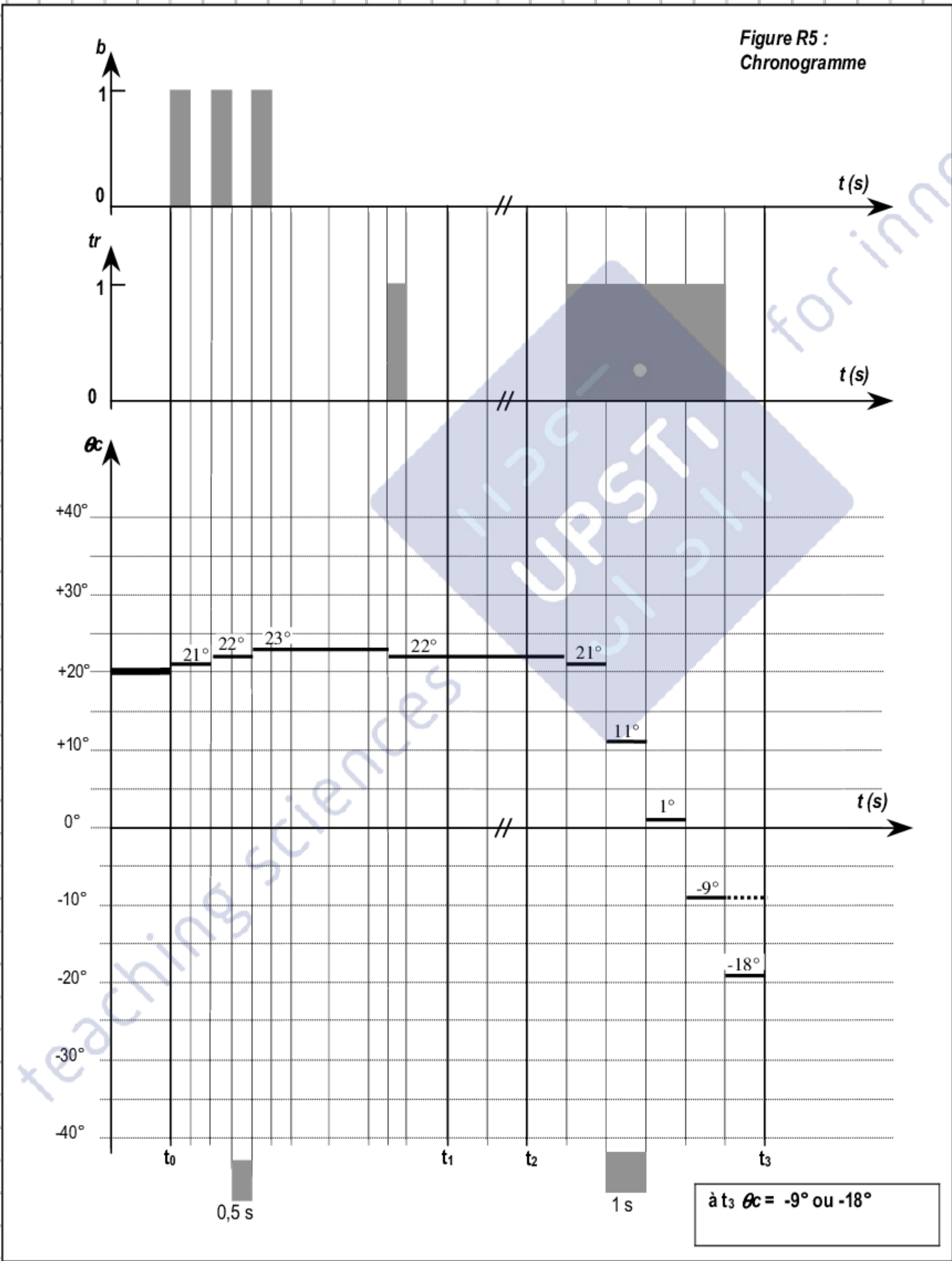


Figure R5 :
Chronogramme
b
1
0
t (s)
tr
1
0
t (s)
θc
+40°
+30°
+20°
+10°
0°
-10°
-20°
-30°
-40°
21°
22°
23°
22°
21°
11°
1°
-9°
-18°
t (s)
t0
t1
t2
t3
0,5 s
1 s
à t3 θc = -9° ou -18°

Question 16

a- (0, 30) → (1,30, 5) → (3, M31, 5) → (3, 32, 5) → (3, M33,5) → (3, M34, 5) → (3, 30, 5) → (0, 30,5) → (0, 30).

b- mes(Θ) = -40°.

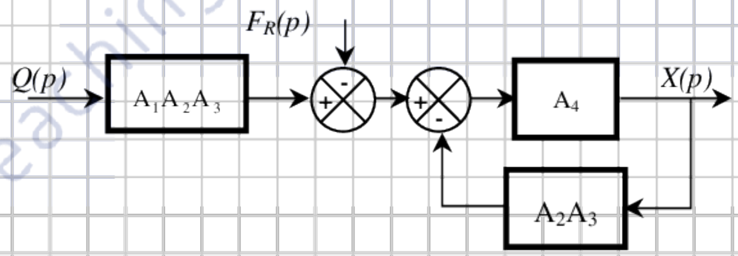
5- FONCTION FT1.1.2 : « TRAITER L'INFORMATION ». FONCTION COMPOSANTE FT1.1.2.2 : « RESPECTER LA CONSIGNE ANGULAIRE DE POSITION »

Question 17

$$\frac{Q(p)}{Sp} - X(p) = \frac{V}{2BS}\Sigma(p) \text{ et } \left(\mathrm{Mp}^2 + \lambda \mathrm{p} + \mathrm{k}\right)\mathrm{X(p)} = \mathrm{S}.\Sigma(\mathrm{p}) - \mathrm{F_R(p)} \text{ d'où}$$

$$A_1(p) = \frac{1}{Sp} \qquad A_2(p) = \frac{2BS}{V} \qquad A_3(p) = S \qquad A_4(p) = \frac{1}{Mp^2 + \lambda p + k}$$

Question 18



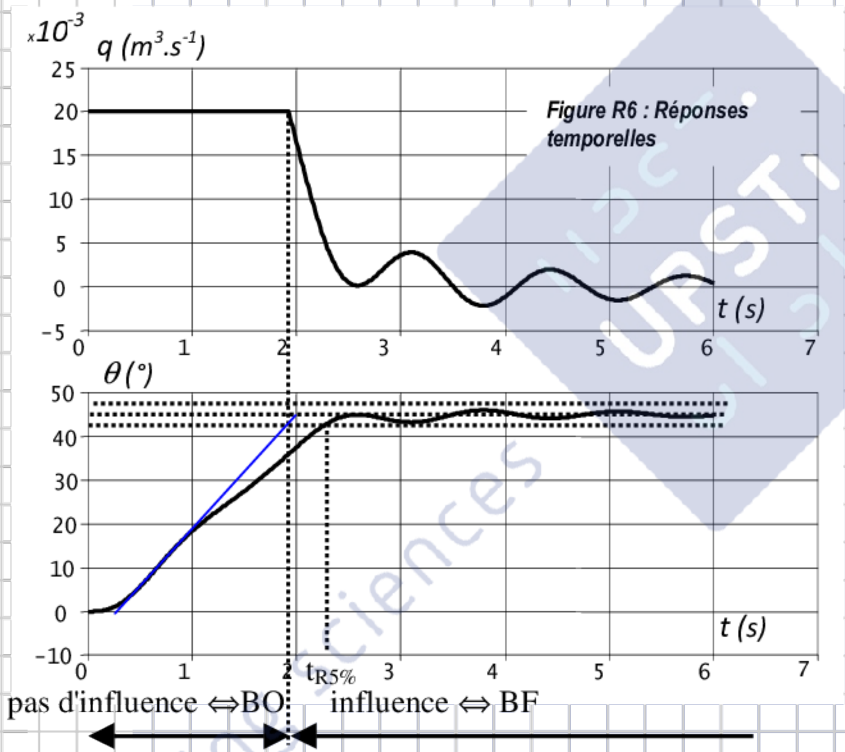
$$H_1(p) = A_1(p).A_2(p).A_3(p) = \frac{2BS}{Vp}$$

$$H_2(p) = \frac{A_4(p)}{1 + A_2(p).A_3(p).A_4(p)} = \frac{1}{Mp^2 + \lambda p + k + \dfrac{2BS^2}{V}} = \frac{V}{kV + 2BS^2 + \lambda Vp + MVp^2}$$

Question 19

$$\frac{X(p)}{Q(p)} = H_1.H_2 = \frac{2BS}{p(kV + 2BS^2 + \lambda Vp + MVp^2)}$$

Question 20



a- Situation où v(t) > V_{max} d'où le palier à $q_{max} = 2.10^{-2}$ $m^3.s^{-1}$ (pb sur l'unité de q : je suppose 10^{-3} $m^3.s^{-1}$)
La servovalve sature.

$$\boxed{K_{SV} = \frac{q_{max}}{V_{max}} = 2.10^{-3}\ m^3.s^{-1}.V^{-1}}$$

b-
BO : boucle ouverte,
BF boucle fermée.

Question 21

- La réponse comporte des dépassements → C_{12} n'est pas respectée.
- La vitesse maximale est $\frac{20}{0{,}7} \approx 29°/s > 8°/s$ → C_{22} n'est pas respectée.

Question 22

a- $v(0+) = \theta_0.K_c' - 0 = 5 \times 1{,}1 = 5{,}5V$

b- $v(0+) < 10V$ donc le fonctionnement est sans saturation.

c- Sans saturation on valide l'hypothèse de système linéaire.

Question 23

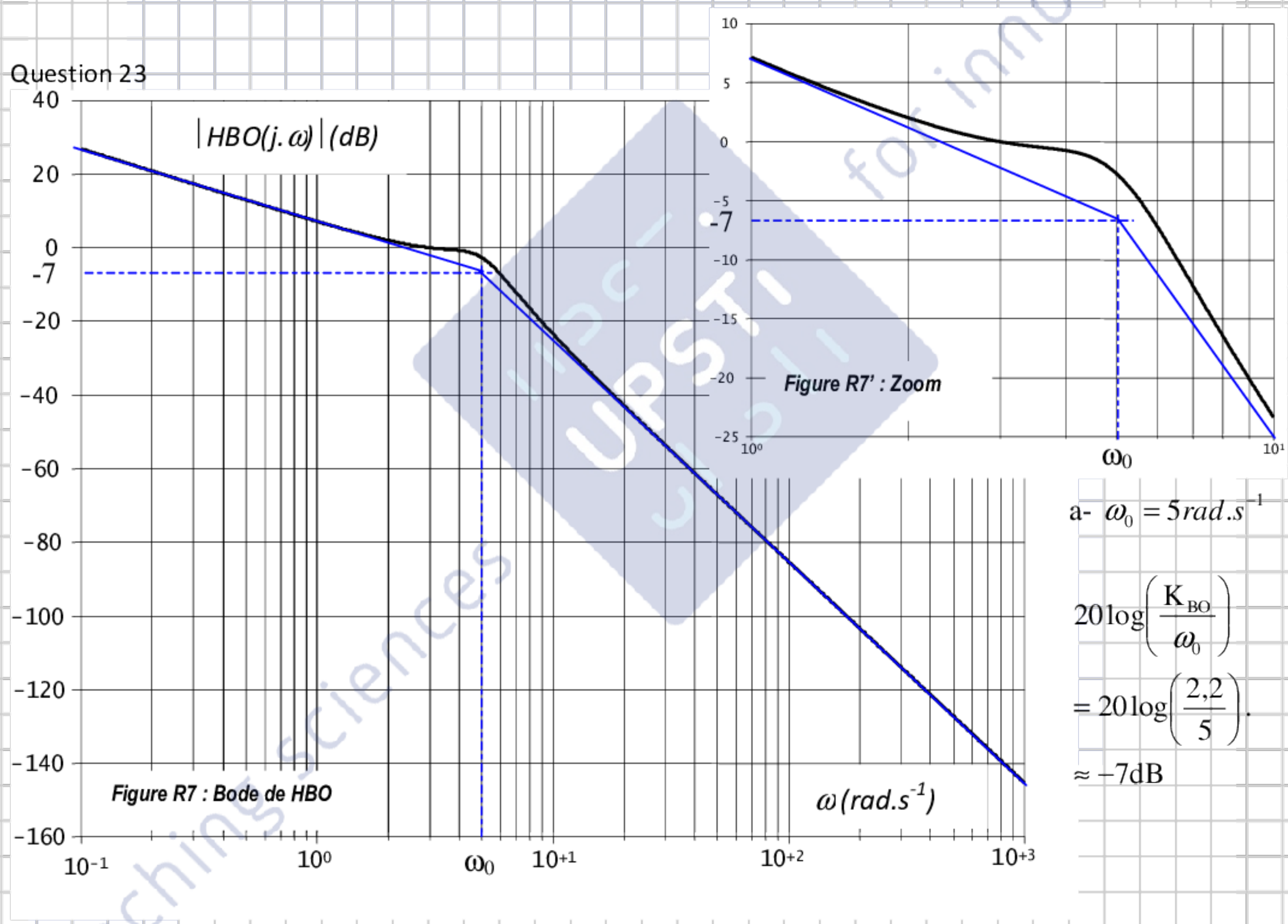


Figure R7 : Bode de HBO

Figure R7' : Zoom

a- $\omega_0 = 5 rad.s^{-1}$

$$20\log\left(\frac{K_{BO}}{\omega_0}\right)$$

$$= 20\log\left(\frac{2{,}2}{5}\right).$$

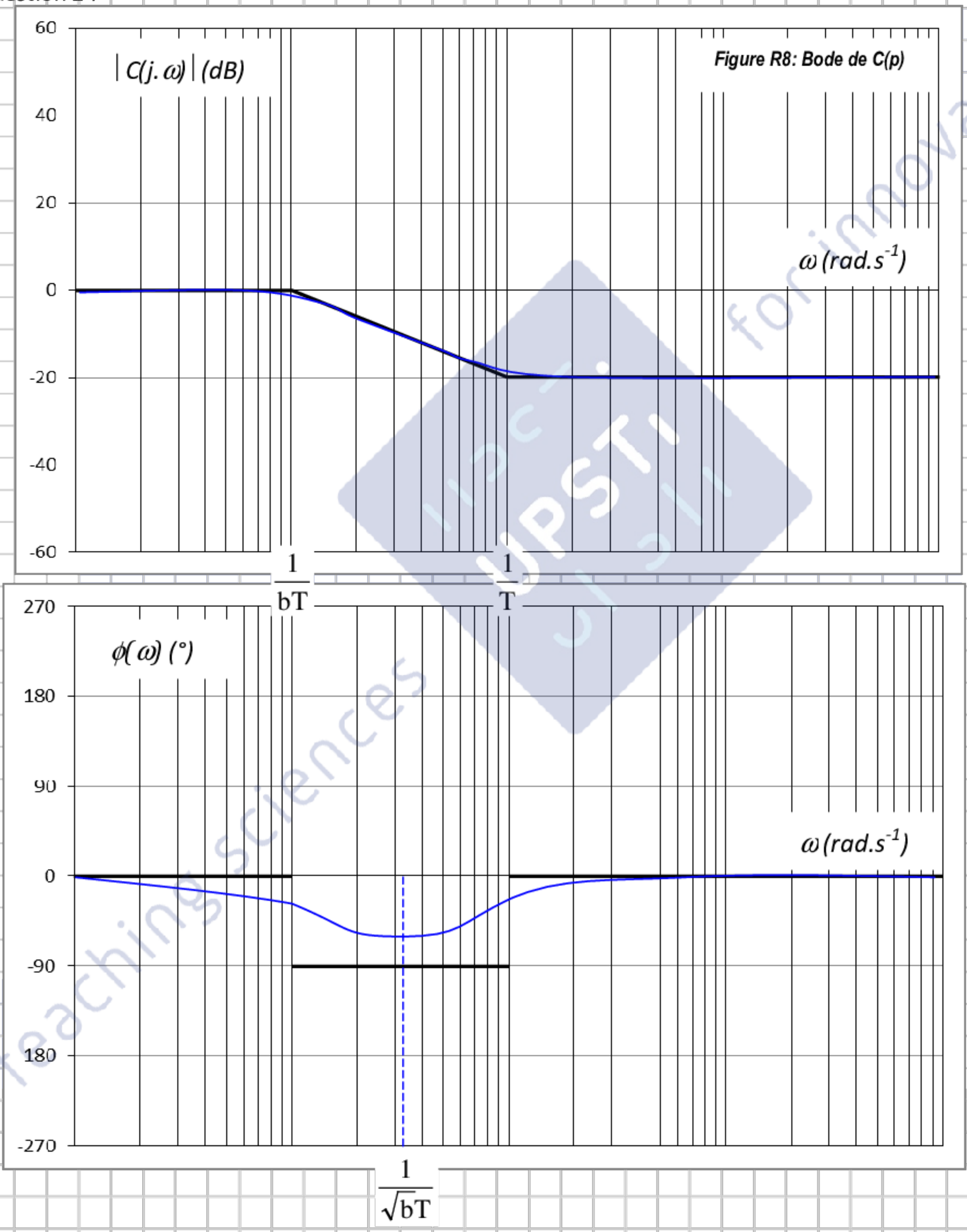
$$\approx -7\text{dB}$$

b- $\dfrac{2\xi}{\omega_0} = 0{,}12 \quad \Rightarrow \qquad \xi = \dfrac{0{,}12}{2}\omega_0 = 0{,}3$

$$\omega_r = \omega_0.\sqrt{1-2\xi^2} = 4{,}5 rad.s^{-1}$$

c- $\Delta K = 20\log\left(\dfrac{1}{2\xi\sqrt{1-\xi^2}}\right) = 4{,}84dB$

Question 24



$$\left|C(j\omega^*)\right|_{dB} = 20\log K_{COR} - 10\log(1+b) + 10\log(1+\frac{1}{b}) = -10\log b$$

Question 25

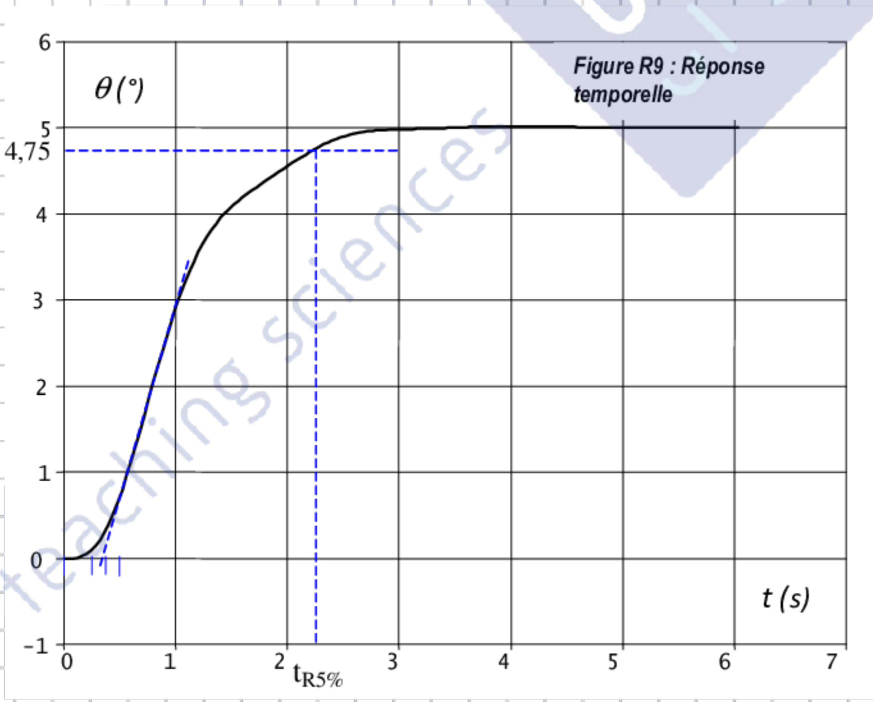
a-

$$10\log(b) = \Delta K \text{ soit } b = 10^{\frac{\Delta K}{10}} \text{. A.N. b = 3,05}$$

$$\text{Il faut } \omega^* = \omega_r = \frac{1}{T\sqrt{b}} \Rightarrow \text{T} = \frac{1}{\omega_r\sqrt{\text{b}}} = 0{,}127\text{s}$$

$$\text{b- } \varphi(\omega^*) = \text{Arc}\sin\frac{1-\text{b}}{1+\text{b}} = -30{,}4°$$

Question 26



$$\text{a- } \omega_{max} = \frac{3}{0{,}625} = 4{,}8°/\text{s}$$

b-

$t_{R5\%} = 2{,}3\text{s} < 4\text{s}$ et

$\omega_{max} = 4{,}8°/\text{s} < 8°/\text{s}$.

Les critères C_{21} et C_{22} sont donc respectés (mais le temps nécessaire pour passer de 0 à 45° sera > à 9,3s. Voir Q15)