

Proposition de corrigé

Concours : Concours Commun Mines-Ponts

Année : 2014

Filière : MP

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](http://www.upsti.fr) (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.

Licence et Copyright

Toute représentation ou reproduction (même partielle) de ce document faite sans l'accord de l'UPSTI est **interdite**. Seuls le téléchargement et la copie privée à usage personnel sont autorisés (protection au titre des [droits d'auteur](#)).

En cas de doute, n'hésitez pas à nous contacter à : corrigesconcours@upsti.fr.

Informez-vous !

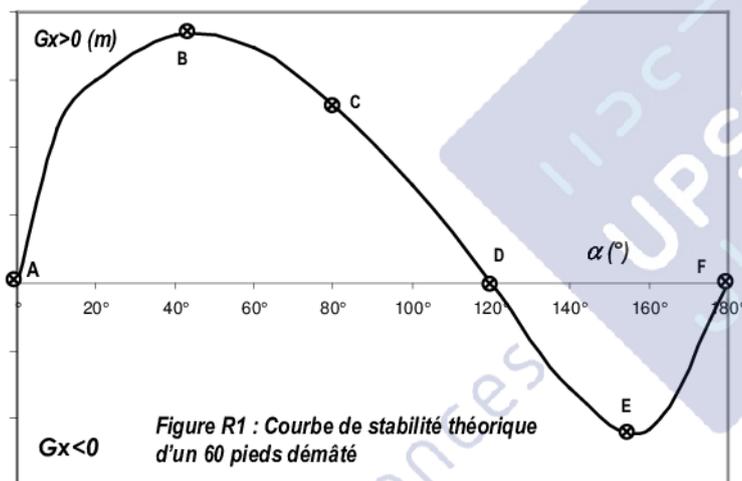
Retrouvez plus d'information sur les [Sciences de l'Ingénieur](#), l'[orientation](#), les [Grandes Ecoles](#) ainsi que sur les [Olympiades de Sciences de l'Ingénieur](#) et sur les [Sciences de l'Ingénieur au Féminin](#) sur notre site : www.upsti.fr

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



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

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

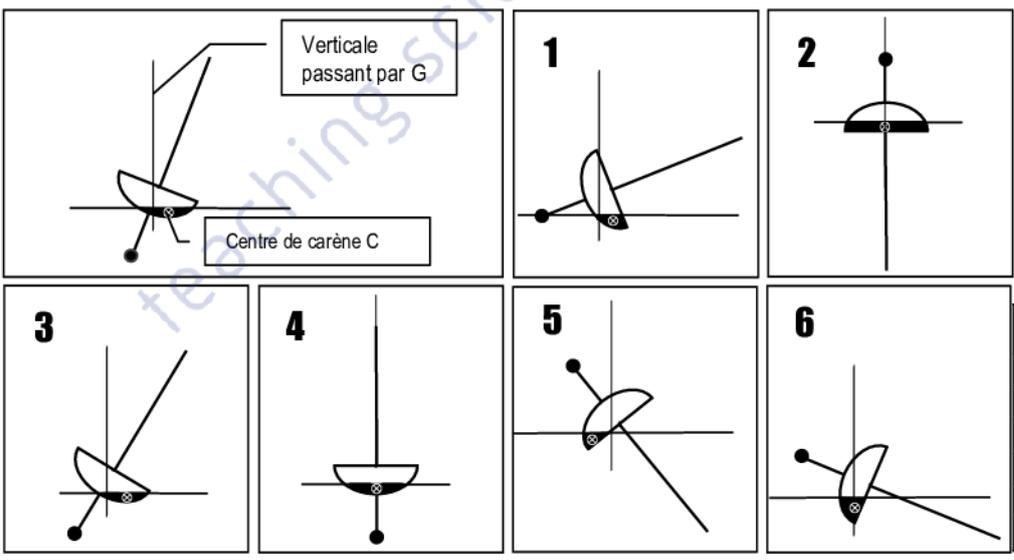


Figure R2 : Positions d'équilibre

b-

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

Question 2

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

$$P_{\text{pes} \rightarrow \text{nav} / \text{Rg}} = (\vec{HG} \wedge -\text{Mg } \vec{y}) \cdot (-\dot{\alpha} \vec{z}) = (\vec{HG} \wedge -\text{Mg } \vec{y}) \cdot (-\dot{\alpha} \vec{z}) = -L y_N \cdot (\text{Mg } \vec{y} \wedge \dot{\alpha} \vec{z})$$

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

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

$$W = \int_{t_i}^{t_j} P_{\text{pes} \rightarrow \text{nav} / \text{Rg}} dt = - \int_{\alpha_i}^{\alpha_j} \text{Mg} G_x \frac{d\alpha}{dt} dt = -\text{Mg} \int_{\alpha_i}^{\alpha_j} G_x d\alpha = -\text{Mg} S_{ij}$$

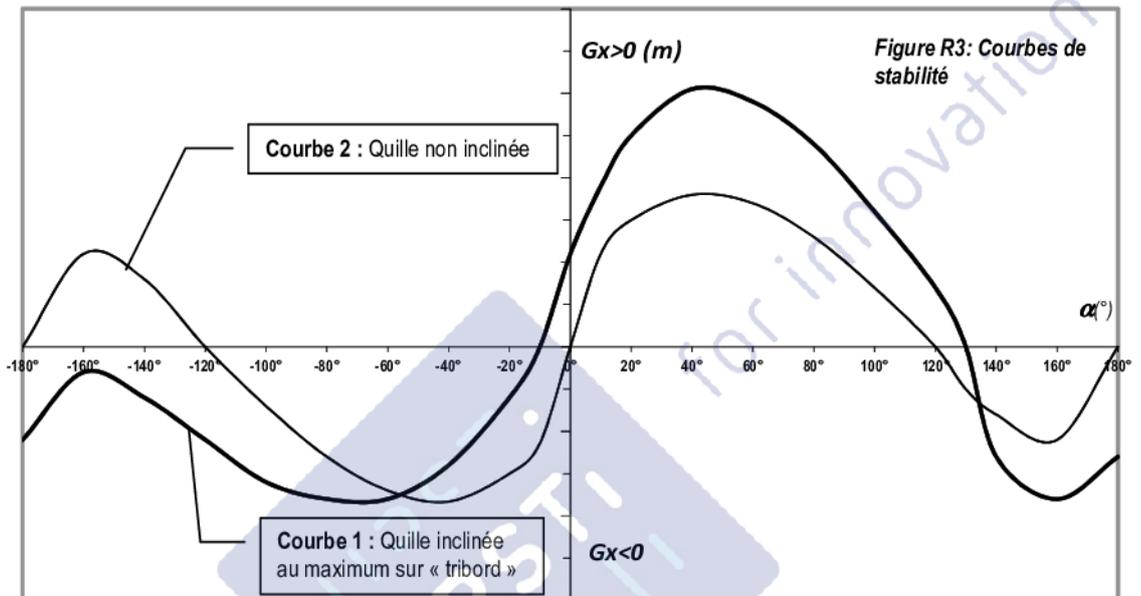
Question 3

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).

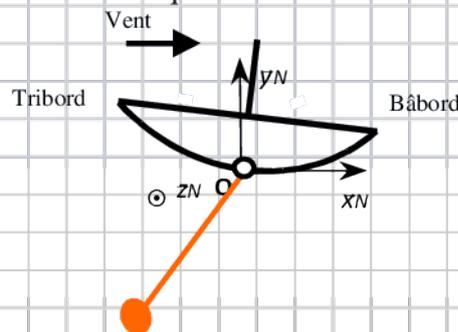
Clause 2 : Imposer que le travail du poids soit 5 fois plus grand dans la zone de redressement que dans la zone de chavirage. Le bateau est 5 fois plus difficile à faire chavirer qu'à redresser.

1.3 Intérêt d'une quille pendulaire

Question 4 :



- a- Pour $\alpha > 0$ la quille pendulaire permet d'augmenter l'énergie nécessaire pour faire basculer le navire. G_x est plus grand pour $0 < \alpha < 130^\circ$, donc le bateau s'inclinera moins pour une même action du vent.
- b- Pour $\alpha < 0$ le basculement devient impossible car G_x ne change pas de signe. Par contre $|G_x|$ est plus petit pour $-50^\circ < \alpha < 0$, donc le bateau s'inclinera plus pour une même action du vent.
- c- Si le vent vient de tribord alors $\vec{M}_{(H,vent \rightarrow nav)} < 0$, il faut donc $G_x > 0$ 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 $|\alpha| = 180^\circ$ n'est pas une position d'équilibre. Le bateau se redresse même sans cause extérieure. Si une cause extérieure le maintient en équilibre dans cette position alors elle sera stable (pente positive de la courbe de G_x en $|\alpha| = 180^\circ$).

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

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

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

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

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

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

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

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

Question 7

$$P(1 \leftrightarrow 2) = P(1 \rightarrow 2/1); P(1 \leftrightarrow 3) = P(1 \rightarrow 3/1); P(4 \leftrightarrow 2) = P(\overset{ph}{ph} \rightarrow 2/4);$$

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

- $P(4 \leftrightarrow 2) = P(\overset{ph}{ph} \rightarrow 2/4) = \{F(\overset{ph}{ph} \rightarrow 2)\}_C \{V(2/4)\}_C = \boxed{F_{h2} \cdot \dot{x}_{24}}$

- $P(5 \leftrightarrow 3) = P(\overset{ph}{ph} \rightarrow 3/5) = \{F(\overset{ph}{ph} \rightarrow 3)\}_B \{V(3/5)\}_B = \boxed{F_{h3} \cdot \dot{x}_{35} = 0}$

- $P(4 \leftrightarrow 2) = P(\overset{phf}{phf} \rightarrow 2/4) = \{F(\overset{phf}{phf} \rightarrow 2)\}_C \{V(2/4)\}_C = \boxed{-k \cdot x_{24}^2}$

- $P(5 \leftrightarrow 3) = P(\overset{phf}{phf} \rightarrow 3/5) = \{F(\overset{phf}{phf} \rightarrow 3)\}_B \{V(3/5)\}_B = \boxed{k \cdot x_{35}^2}$ (Doit être <0 soit k<0 !)

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

Question 8

$$P(N \rightarrow 1/N); P(N \rightarrow 4/N); P(N \rightarrow 5/N); P(\text{pes} \rightarrow E/N); P(\text{eau} \rightarrow 1/N).$$

- $P(\text{pes} \rightarrow 1/N) = \{F(\text{pes} \rightarrow 1)\} \{V(1/N)\} = \vec{R}(\text{pes} \rightarrow 1) \cdot \vec{V}(G_1, 1/N) = -M_1 g \dot{y}_N \cdot L_1 \dot{\theta}_1 x_1$

$$\boxed{P(\text{pes} \rightarrow 1/N) = -M_1 g \cdot L_1 \dot{\theta}_1 \cdot \sin(\theta_1)}$$

- $P(\text{pes} \rightarrow 2/N) = \{F(\text{pes} \rightarrow 2)\} \{V(2/N)\} = \vec{R}(\text{pes} \rightarrow 2) \cdot \vec{V}(G_2, 2/N)$
 $= -M_2 g \dot{y}_N \cdot (\dot{x}_{24} x_2 + (x_{24} - L_2) \dot{\theta}_2 y_2)$

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

- $P(\text{pes} \rightarrow 3/N) = \{F(\text{pes} \rightarrow 3)\} \{V(3/N)\} = \vec{R}(\text{pes} \rightarrow 3) \cdot \vec{V}(G_3, 3/N)$

$$= -M_3 g \dot{y}_N \cdot (-\dot{x}_{35} x_3 + (-x_{35} + L_2) \dot{\theta}_3 y_3) = -M_2 g \cdot (-\dot{x}_{35} \sin \theta_3 + (-x_{35} + L_2) \dot{\theta}_3 \cos \theta_3)$$

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

- $P(\text{eau} \rightarrow 1/N) = \{F(\text{eau} \rightarrow 1)\} \{V(1/N)\} = \vec{R}(\text{eau} \rightarrow 1) \cdot \vec{V}(P, 1/N) = (F_p \vec{z}_1 + F_t \vec{x}_1) \cdot h \dot{\theta}_1 x_1$

$$\boxed{P(\text{eau} \rightarrow 1/N) = h \cdot F_t \dot{\theta}_1}$$

Question 9

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

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

Soit

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

Question 10

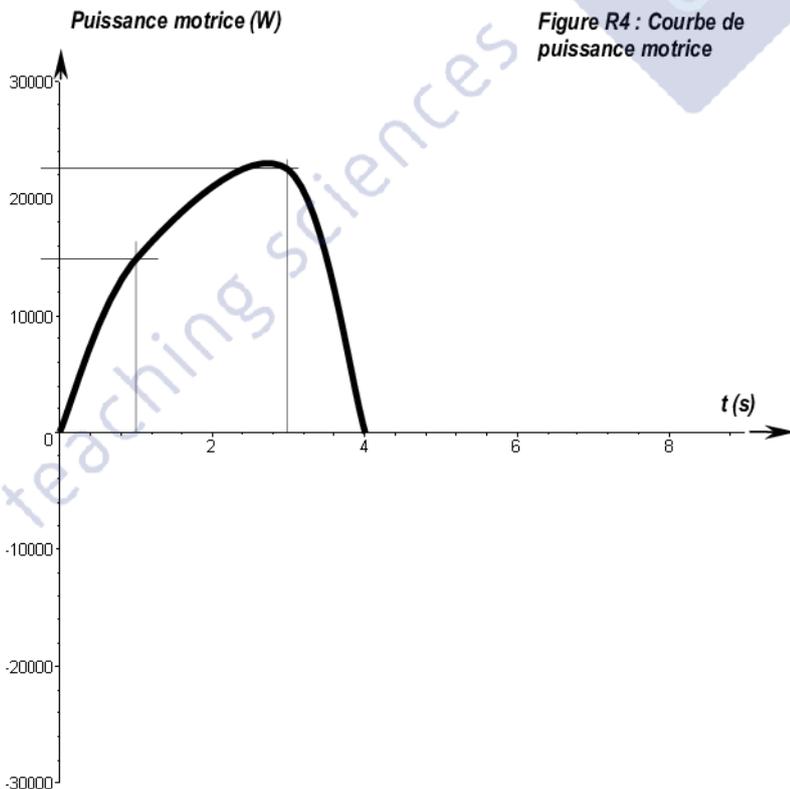


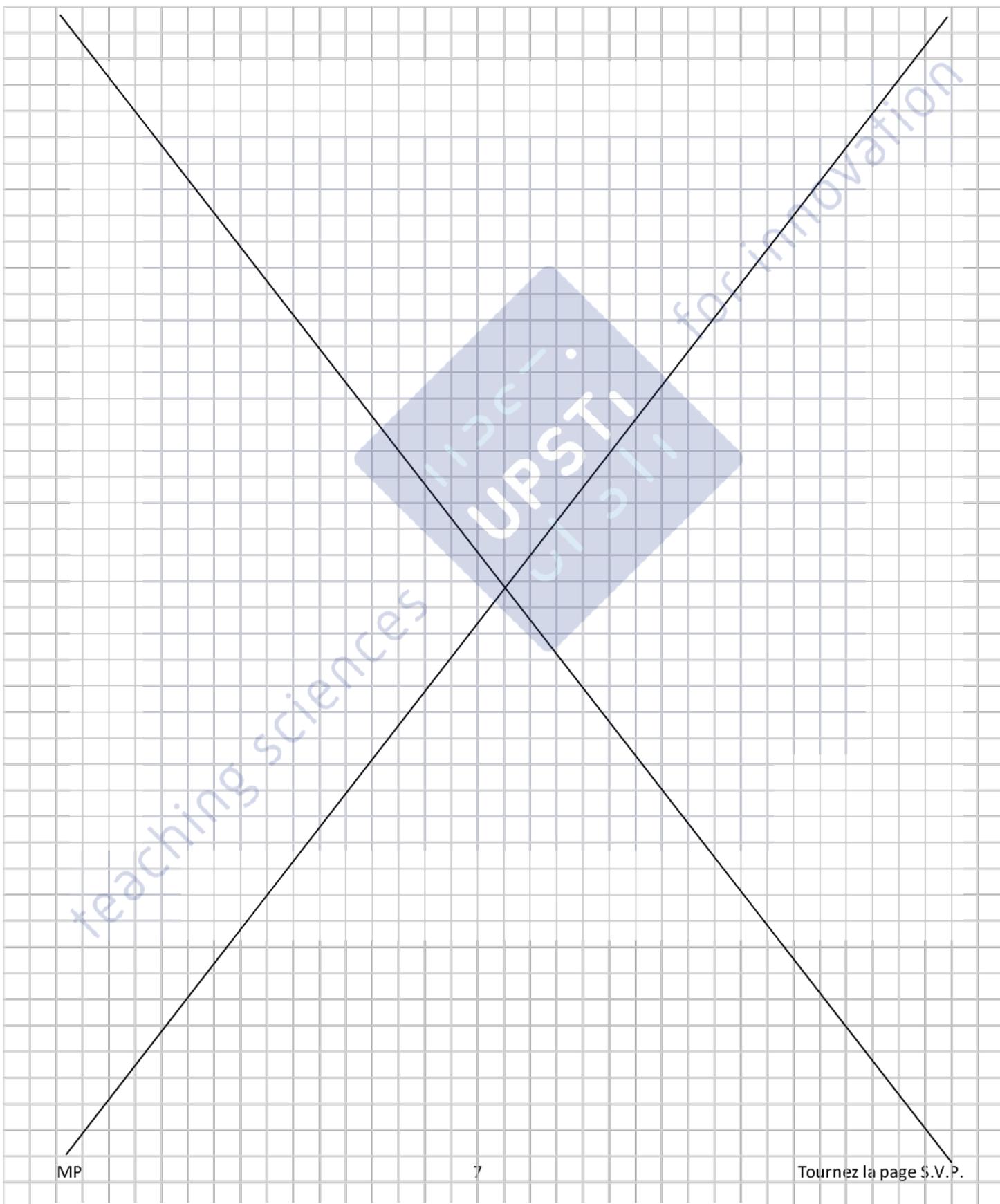
Figure R4 : Courbe de puissance motrice

Evolution temporelle de la puissance motrice

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

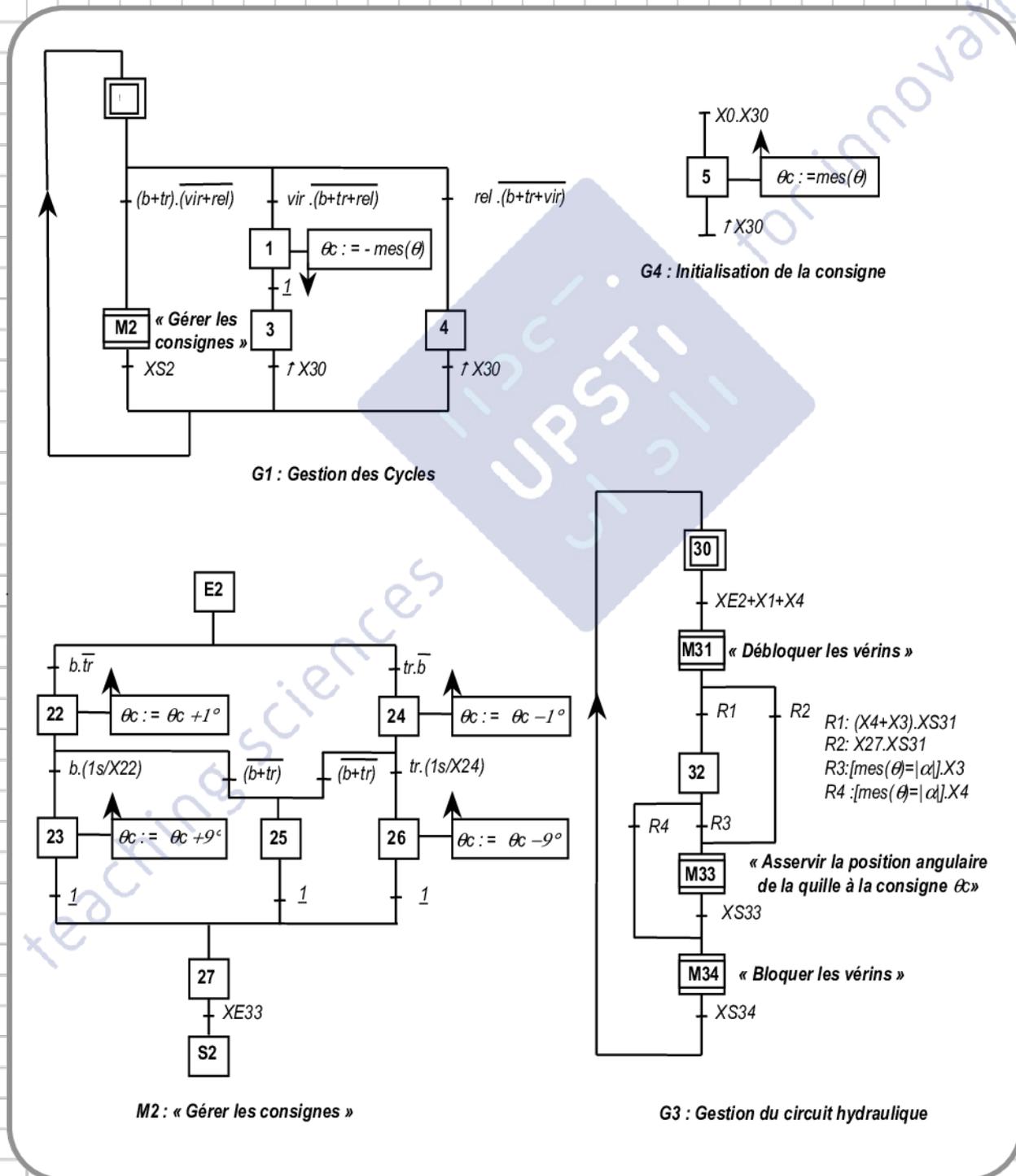
Maximum à environ 22,5 kW.
Le maximum est bien sur cet intervalle car le poids y est résistant (le poids est moteur sur [5s ; 8s])

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...

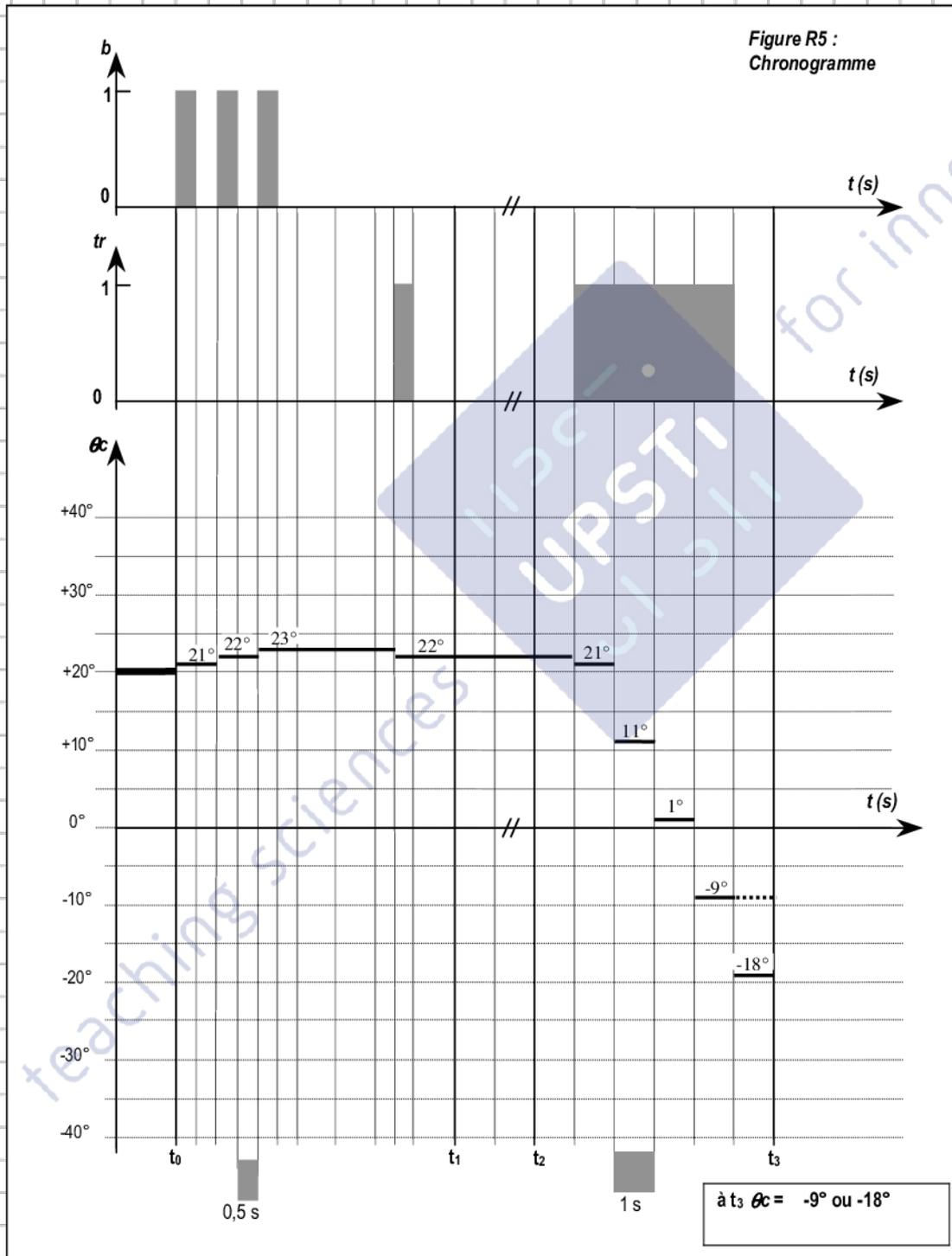


3- FONCTION FT1.1.2 : « TRAITER L'INFORMATION ». FONCTION COMPOSANTE FT1.1.2.1 : « GERER LES CYCLES PREPROGRAMMES »

Modèle de commande



Question 11



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

Question 12

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

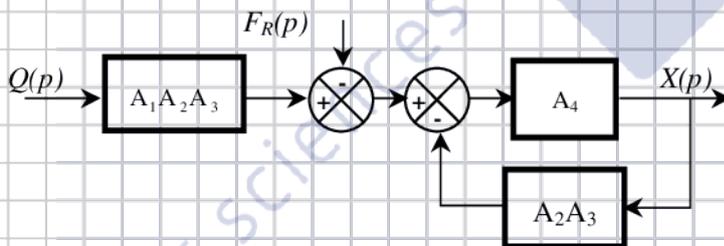
$$A_1(p) = \frac{1}{Sp}$$

$$A_2(p) = \frac{2BS}{V}$$

$$A_3(p) = S$$

$$A_4(p) = \frac{1}{Mp^2 + \lambda p + k}$$

Question 13



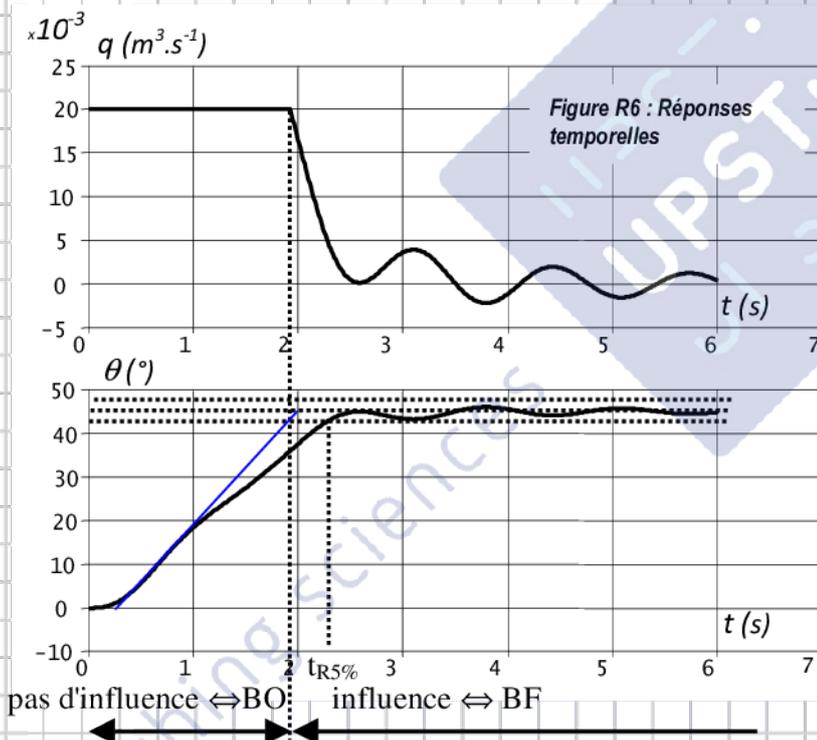
$$H_1(p) = A_1(p).A_2(p).A_3(p) = \frac{2BS}{Vp}$$

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

Question 14

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

Question 15



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

$$K_{SV} = \frac{q_{\max}}{V_{\max}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{V}^{-1}$$

b-
 BO : boucle ouverte,
 BF boucle fermée.

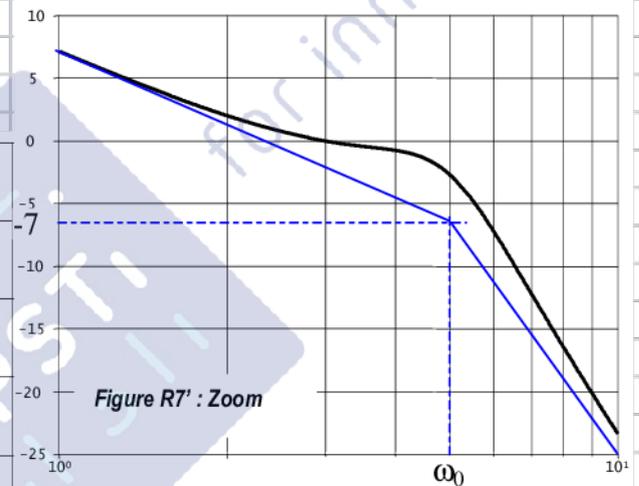
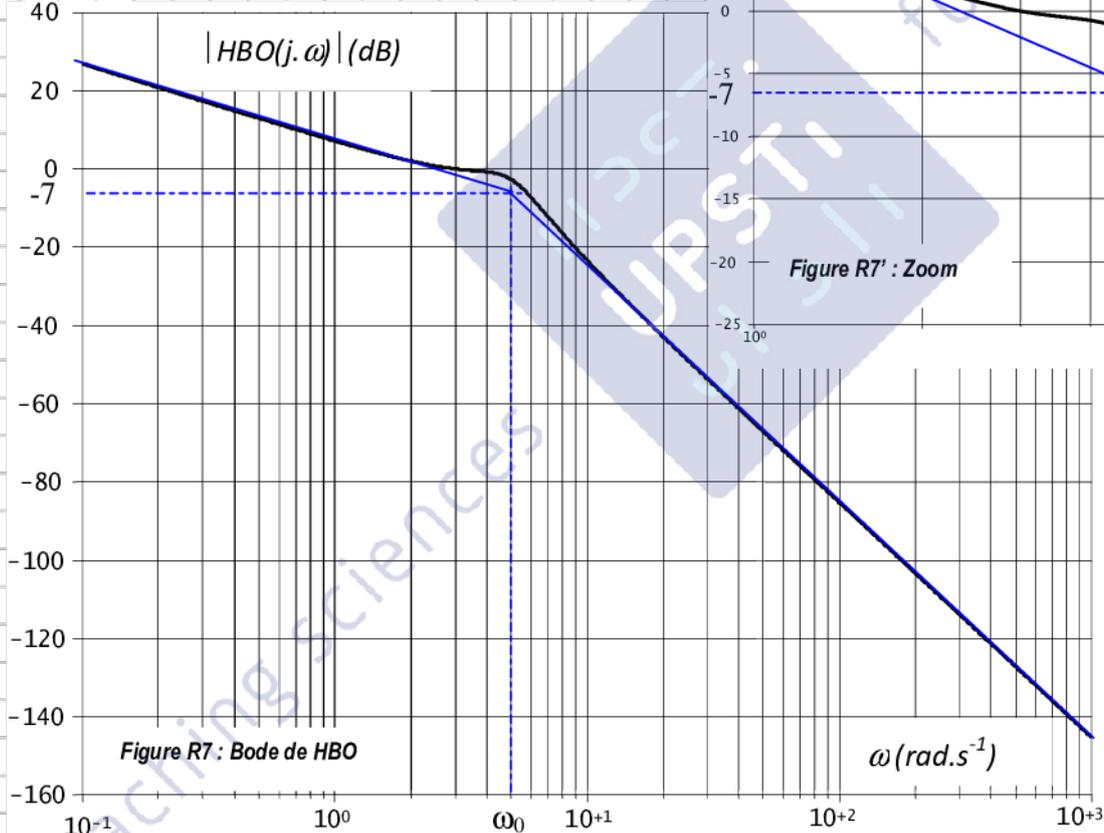
Question 16

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

Question 17

- a- $v(0+) = \theta_0 \cdot K_c' = 0 = 5 \times 1,1 = 5,5V$
- b- $v(0+) < 10V$ donc le fonctionnement est sans saturation.
- c- Sans saturation on valide l'hypothèse de système linéaire.

Question 18



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

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

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

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

b- $\frac{2\xi}{\omega_0} = 0,12 \Rightarrow \xi = \frac{0,12}{2} \omega_0 = 0,3$

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

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

Question 19

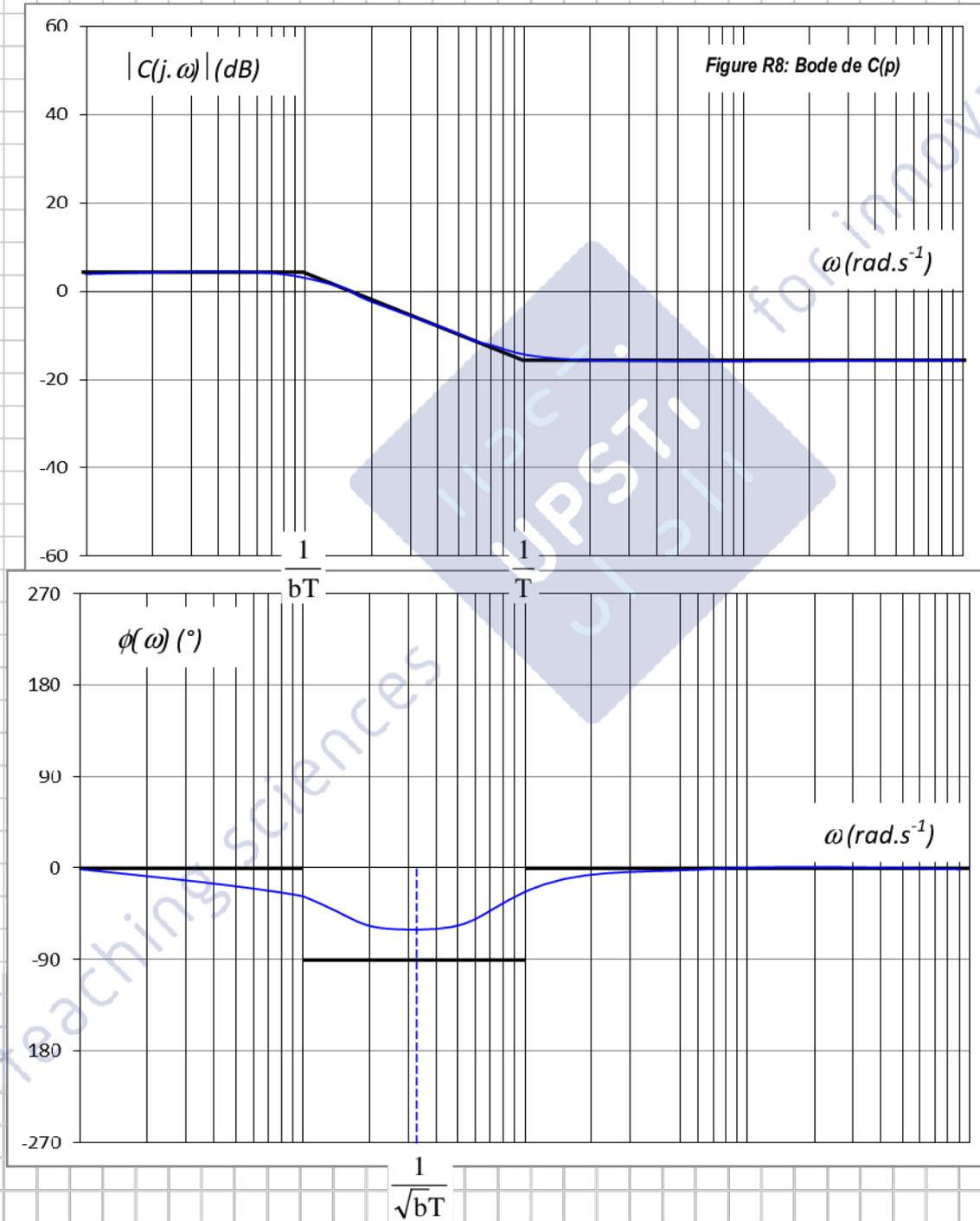


Figure R8: Bode de C(p)

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

Question 20

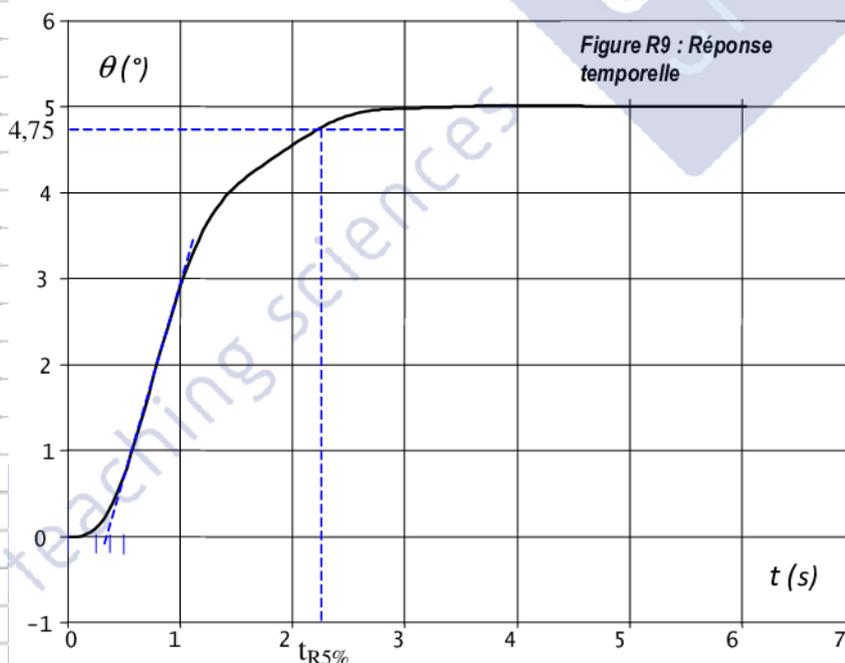
a-

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

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

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

Question 21



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

b-

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

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

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)

