

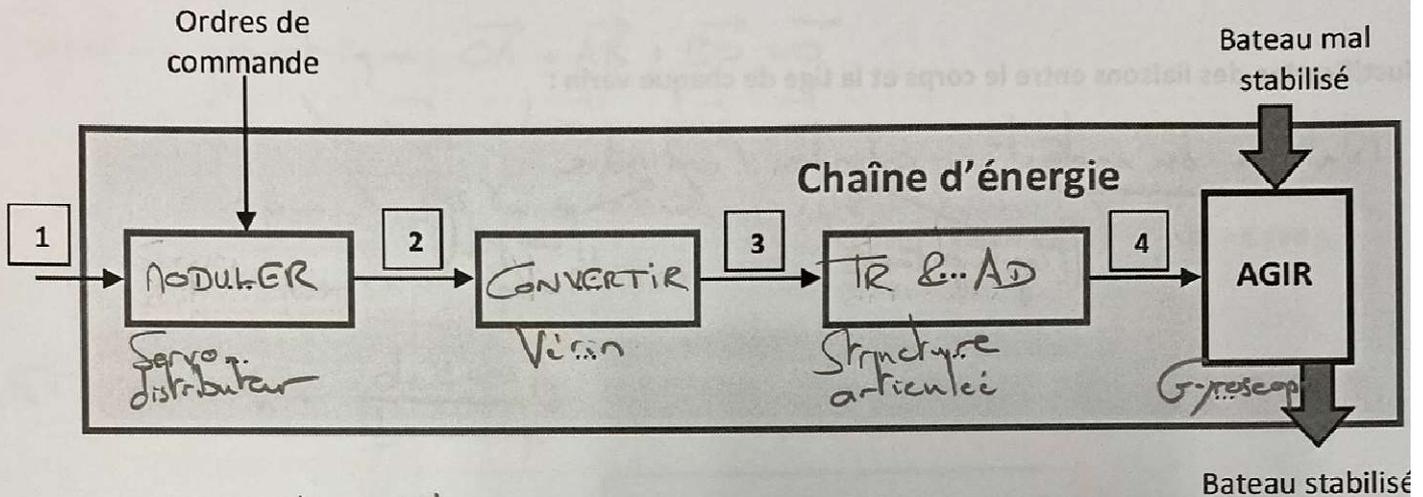
# DOCUMENT RÉPONSES

Nom :	Note :
-------	--------

Prénom :	
----------	--

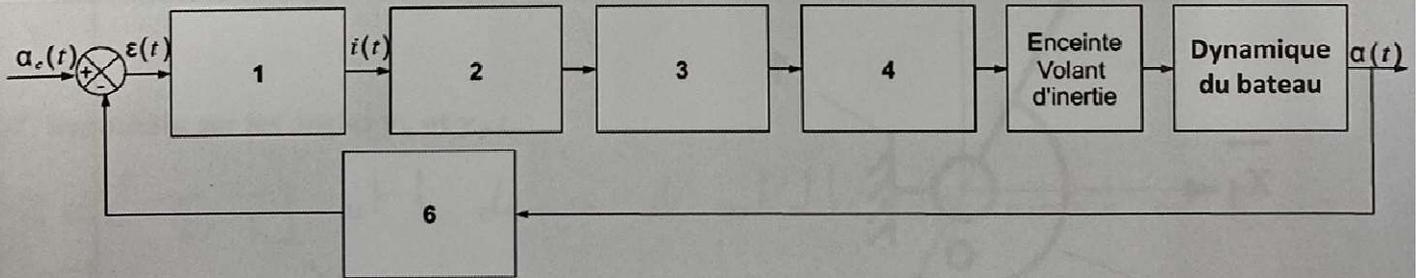
Observations :	CORRIGÉ
----------------	---------

Q1.



- Flux :
- 1 : Energie hydraulique
  - 2 : Energie hydraulique
  - 3 : Energie mécanique de translation
  - 4 : Energie mécanique de rotation

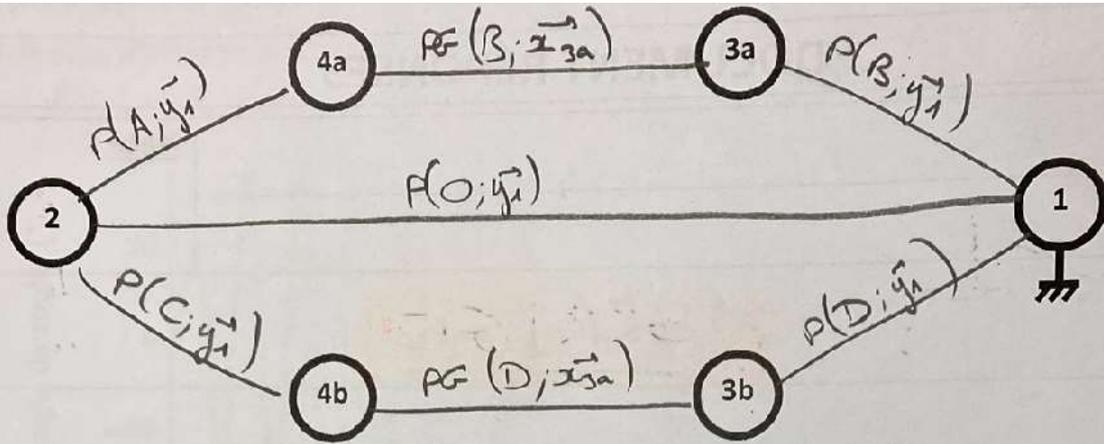
Q2.



Repères	Constituants du schéma-blocs
1	Contrôleur électronique
2	Servo. distributeur
3	Vérans

Repères	Constituants du schéma-blocs
4	Structure articulée
5	Dynamique du bateau
6	Centre d'inertie

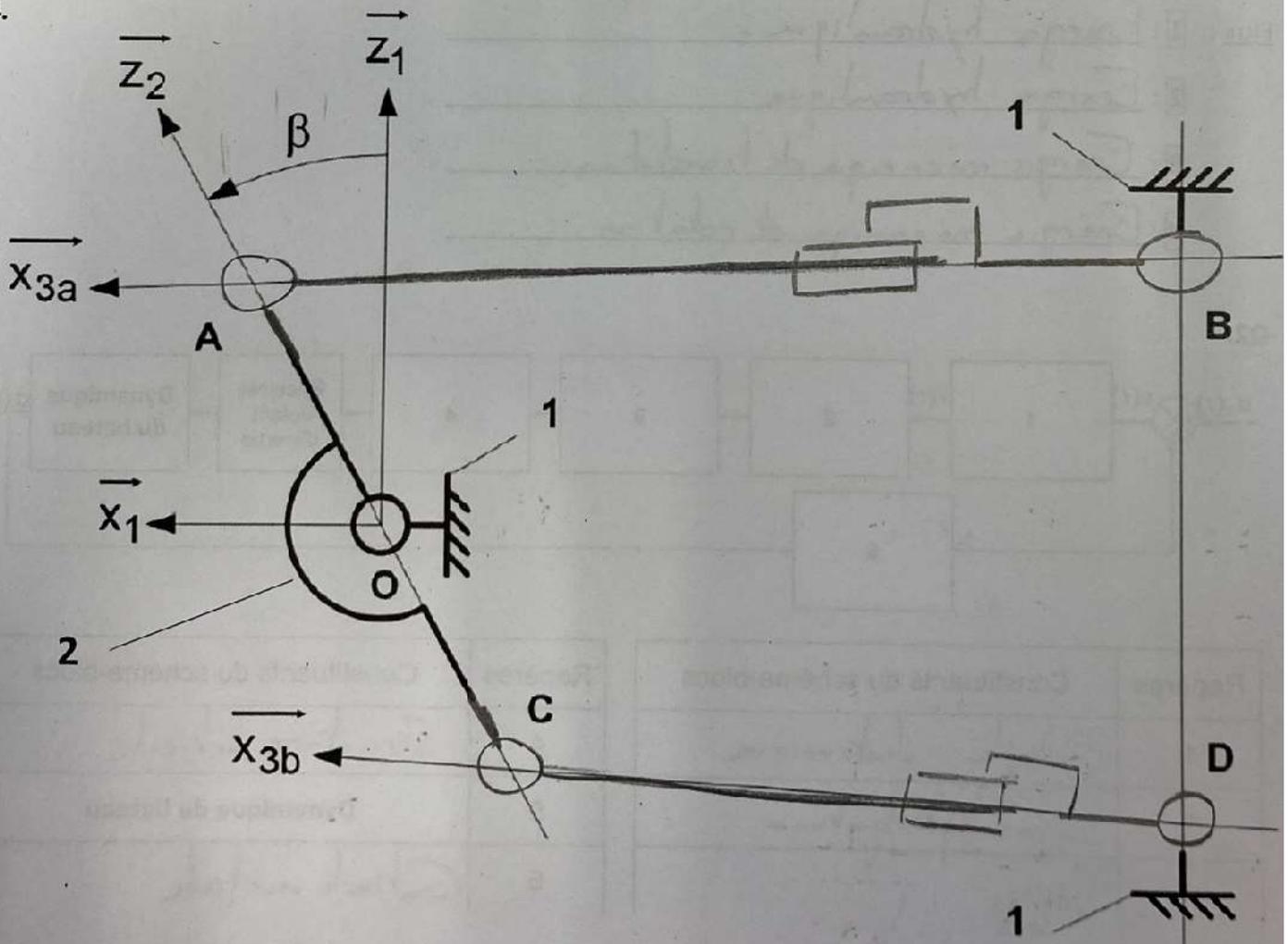
Q3.



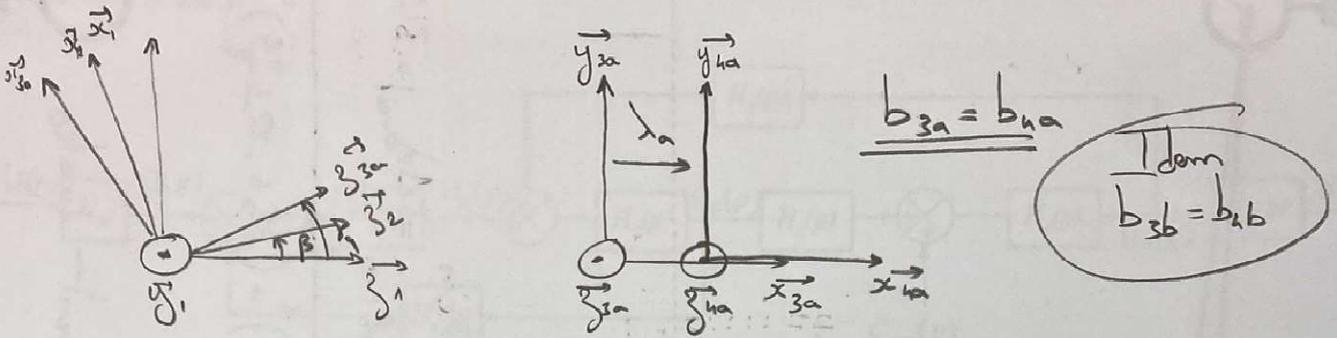
Justification des liaisons entre le corps et la tige de chaque vérin :

Nature du contact : cylindre / cylindre  
 {tige + piston}                      {corps}

Q4.



## Q5. Figures géométrales :

Q6.  $\lambda_a$  et  $\gamma_a$  en fonction  $\beta$  :

Fermeture géométrique:  $\vec{OA} + \vec{AB} + \vec{BO} = \vec{0}$

$$\Rightarrow e \vec{z}_e - \lambda_a \vec{x}_{3a} + L \vec{x}_1 - d \vec{z}_1 = \vec{0}$$

$$\begin{cases} \cdot \vec{x}_1: e \sin \beta - \lambda_a \cos \gamma_a + L = 0 \\ \cdot \vec{z}_1: e \cos \beta + \lambda_a \sin \gamma_a - d = 0 \end{cases} \Rightarrow \lambda_a^2 = (e \sin \beta + L)^2 + (d - e \cos \beta)^2$$

Et  $\tan \gamma_a = \frac{d - e \cos \beta}{L + e \sin \beta}$

Loi entrée-sortie:  $\lambda_a = \oplus \sqrt{(e \sin \beta + L)^2 + (d - e \cos \beta)^2}$

car  $\vec{BA}$  et  $\vec{x}_{3a}$  sort toujours de même sens.

Q7. Hypothèse sur les angles  $\gamma_a$  et  $\gamma_b$  :

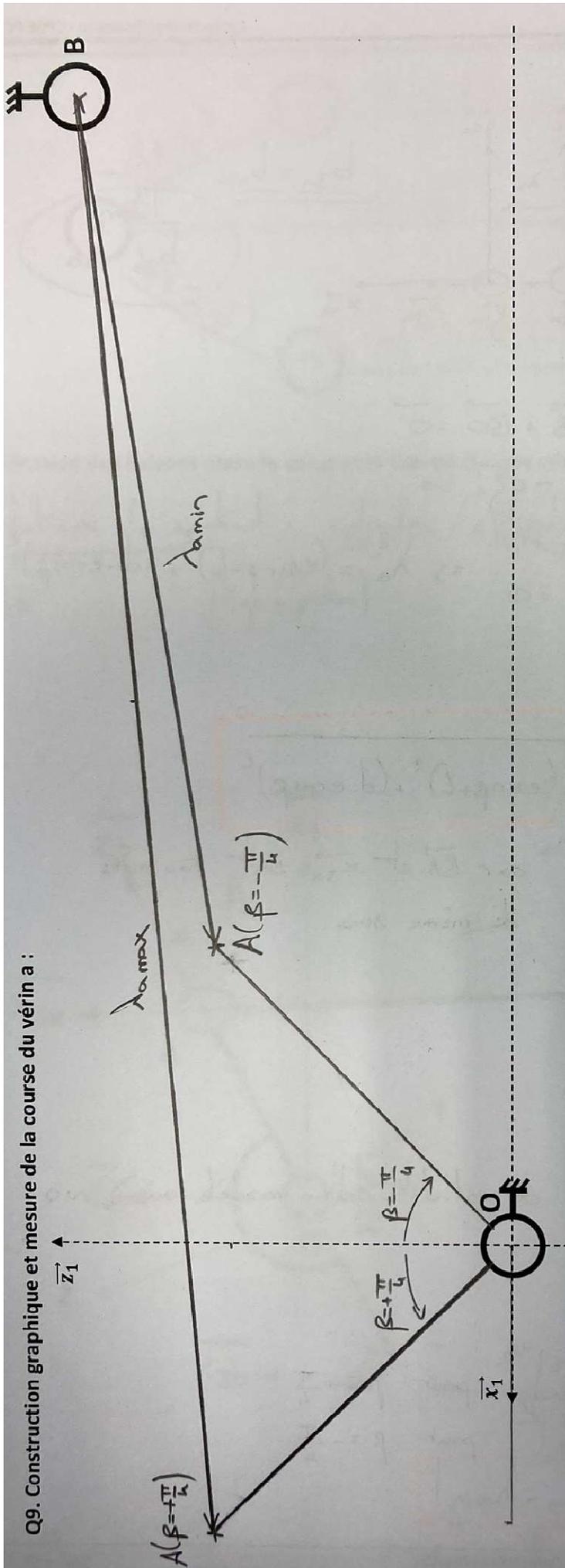
$\beta \in \left[-\frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{4}\right]$  est le domaine de validité d'un modèle où  $\gamma_a \neq 0$   
Idem pour  $\gamma_b$

Q8. Course du vérin a : noté  $\Delta \lambda_a$ 

$$\lambda_{a \max} = \left[ \left( e \frac{\sqrt{2}}{2} + L \right)^2 + \left( d - e \frac{\sqrt{2}}{2} \right)^2 \right]^{1/2} \text{ pour } \beta = +\frac{\pi}{4}$$

$$\lambda_{a \min} = \left[ \left( -e \frac{\sqrt{2}}{2} + L \right)^2 + \left( d - e \frac{\sqrt{2}}{2} \right)^2 \right]^{1/2} \text{ pour } \beta = -\frac{\pi}{4}$$

On a alors  $\Delta \lambda_a = |\lambda_{a \max} - \lambda_{a \min}|$



Sur la représentation graphique à l'échelle  $\frac{1}{3}$  :  $\lambda_{min} = 14,9 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_{min \text{ réel}} = 44,7 \text{ cm} \Rightarrow \Delta \lambda_{\text{réel}} = 31,5 \text{ cm}$   
 $\lambda_{max} = 25,4 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_{max \text{ réel}} = 76,2 \text{ cm}$

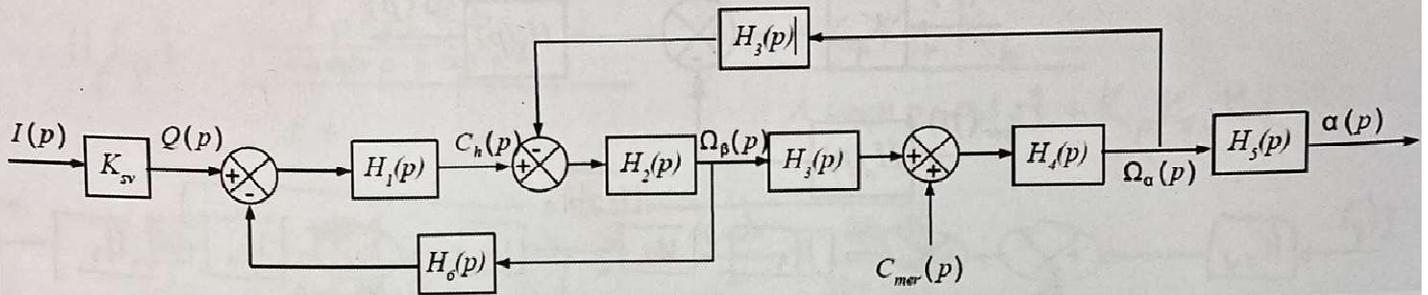
Par le calcul, d'après QT :  $\Delta \lambda_{\text{réel}} = \sqrt{(22,5 \times \frac{\sqrt{2}}{2} + 60)^2 + (22,5 - 22,5 \frac{\sqrt{2}}{2})^2} - \sqrt{(22,5 \times \frac{\sqrt{2}}{2})^2 + (22,5 - 22,5 \frac{\sqrt{2}}{2})^2}$

AN :  $\Delta \lambda_{\text{réel}} = 31,6 \text{ cm}$

La valeur mesurée sur la construction graphique et la valeur calculée sont sensiblement égales.  
 Le faible écart résulte de la justesse de la construction graphique.

Maxime NAJDA

Q10. Schéma-blocs :



$$\mathcal{L}(\text{eq1}) : Q(p) - S e p \beta(p) = \frac{V_0}{2BS e} p C_h(p)$$

$$\Leftrightarrow \frac{2BS e}{V_0 p} [Q(p) - S e \Omega_\beta(p)] = C_h(p) \quad \text{car } \begin{cases} p\beta(p) = \Omega_\beta(p) \\ p\alpha(p) = \Omega_\alpha(p) \end{cases}$$

$H_1(p)$

$$\mathcal{L}(\text{eq2}) : I_g p \Omega_\beta(p) = C_h(p) + C_3 \omega_m \Omega_\alpha(p)$$

$$\Leftrightarrow \Omega_\beta(p) = \frac{1}{I_g p} [C_h(p) + C_3 \omega_m \Omega_\alpha(p)]$$

$H_2(p)$

$$\alpha(p) = \frac{1}{p} \Omega_\alpha(p)$$

$H_5(p)$

$$\mathcal{L}(\text{eq3}) : I_b p \Omega_\alpha(p) + f_b \Omega_\alpha(p) + k_b \frac{\Omega_\alpha(p)}{p} = C_{mer}(p) - C_3 \omega_m \Omega_\beta(p)$$

$$\Leftrightarrow \Omega_\alpha(p) = \frac{p}{I_b p^2 + f_b p + k_b} [C_{mer}(p) + H_3(p) \Omega_\beta(p)]$$

$H_4(p)$

$$H_1(p) = \frac{2BS e}{V_0 p}$$

$$H_2(p) = \frac{1}{I_g p}$$

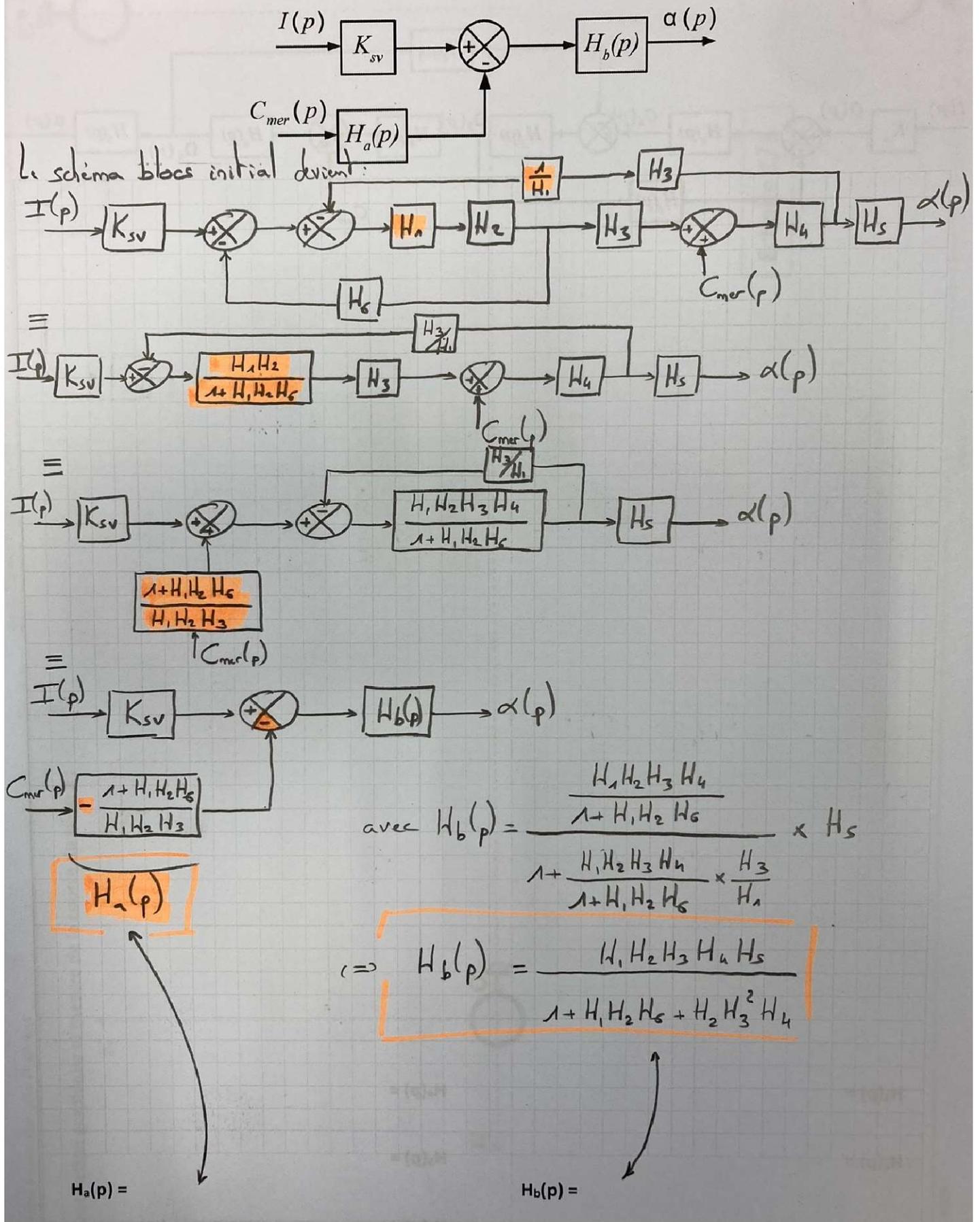
$$H_3(p) = -C_3 \omega_m$$

$$H_4(p) = \frac{p}{I_b p^2 + f_b p + k_b}$$

$$H_5(p) = \frac{1}{p}$$

$$H_6(p) = S e$$

Q11. Équivalence des schémas-blocs :



Q12. & Q13. Expression de  $H_p(p)$  :

$$H_p(p) = \frac{K_p K_{sv} H_b(p)}{1 + K_p K_{sv} H_b(p)} = \frac{K_p K_{sv} K_b}{1 + p + 0,5 p^2 + K_p K_{sv} K_b}$$

$$= \frac{K_p K_{sv} K_b}{1 + K_p K_{sv} K_b} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{K^*} p + \frac{0,5}{K^*} p^2}$$

D'où

$$K_1 = \frac{K_p K_{sv} K_b}{1 + K_p K_{sv} K_b}$$

$$\frac{2\xi}{\omega_0} = \frac{1}{1 + K_p K_{sv} K_b} \Rightarrow \xi = \frac{\omega_0}{2} \cdot \frac{1}{1 + K_p K_{sv} K_b} = \sqrt{\frac{0,5}{1 + K_p K_{sv} K_b}} = \xi$$

$$\frac{1}{\omega_0^2} = \frac{0,5}{1 + K_p K_{sv} K_b} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{1 + K_p K_{sv} K_b}{0,5}}$$

$K_1 =$

$\xi =$

$\omega_0 =$

Q14. Expression de l'erreur statique en poursuite :

$$\mathcal{E}_s = \lim_{p \rightarrow 0} p (\alpha_c(p) - \alpha(p)) = \lim_{p \rightarrow 0} p \alpha_c(p) (1 - H_b(p)) \text{ avec } \alpha_c(p) = \frac{\alpha_{co}}{p}$$

D'où

$$\mathcal{E}_s = \alpha_{co} (1 - K_1) \Rightarrow \mathcal{E}_s = \frac{\alpha_{co}}{1 + K_p K_{sv} K_b}$$

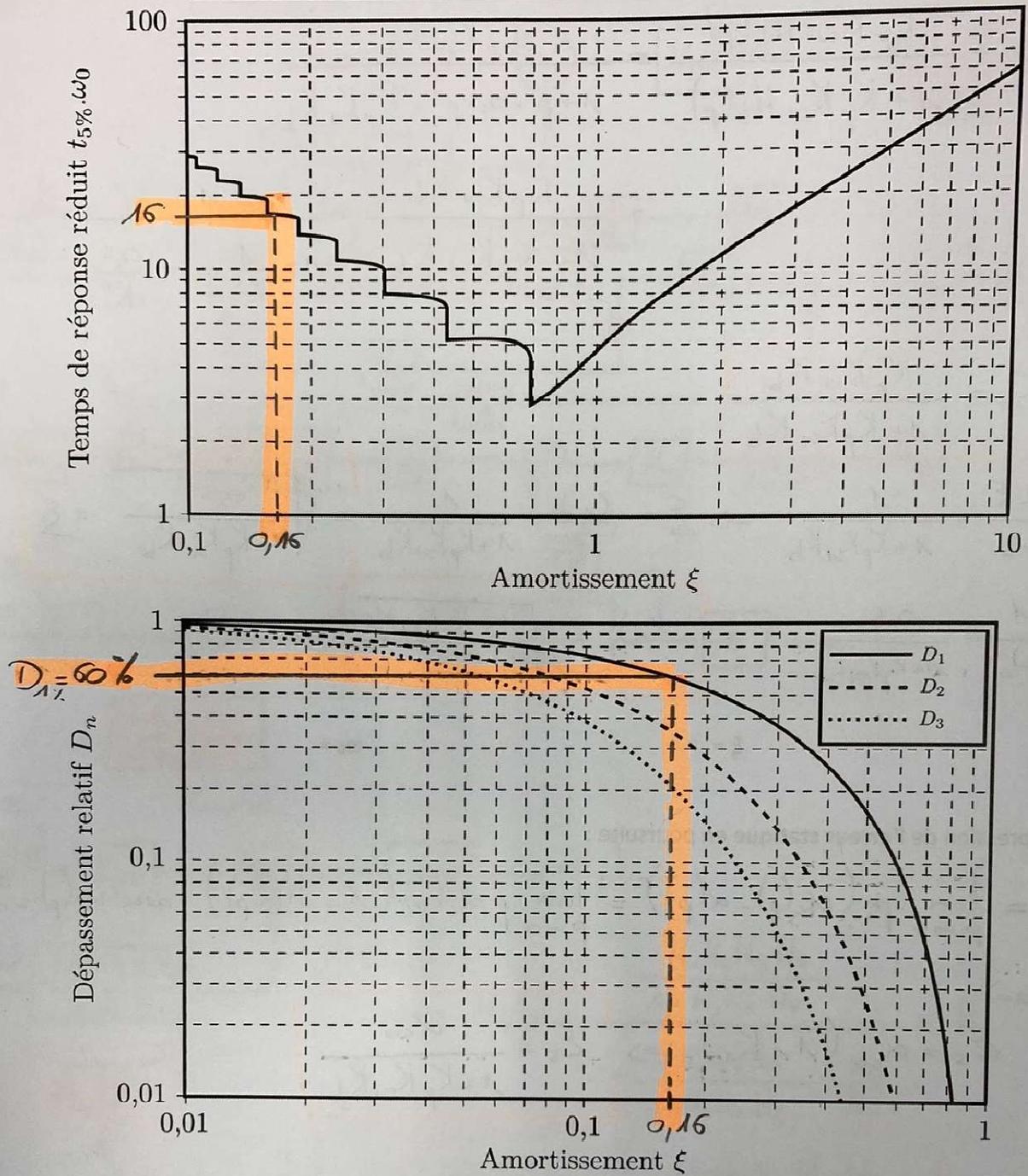
Q15. Calcul de  $K_{pmin}$  :

$$\text{On veut } \frac{1}{1 + K_p K_{sv} K_b} \leq \frac{5}{100} \Leftrightarrow 1 + K_p \overset{=2}{K_{sv} K_b} \geq 20$$

$$\Leftrightarrow K_b \geq \frac{19}{2}$$

Donc

$$K_{pmin} = 9,5 \text{ A.rad}^{-1}$$

**Abaques d'identification d'un système du second ordre :**

**Q16.** Calcul de l'amortissement et de la pulsation propre :

D'après la valeur de  $K_{pmin}$  déterminée et Q13 :

$$\left\{ \begin{array}{l} \xi = \sqrt{\frac{0,5}{20}} \\ \omega_0 = \sqrt{\frac{20}{0,5}} \end{array} \right.$$

$$\xi = 0,16$$

$$\omega_0 = 6,3 \text{ rad } s^{-1}$$

Q17. Calcul du temps de réponse à 5% et de la valeur du premier dépassement relatif :

En lisant sur les abaques on a : 
$$\begin{cases} D_{1\%} = 60\% \\ Tr_{5\%} \cdot \omega_0 = 16 \text{ or } \omega_0 = 6,3 \text{ rad.s}^{-1} \end{cases}$$

D'où

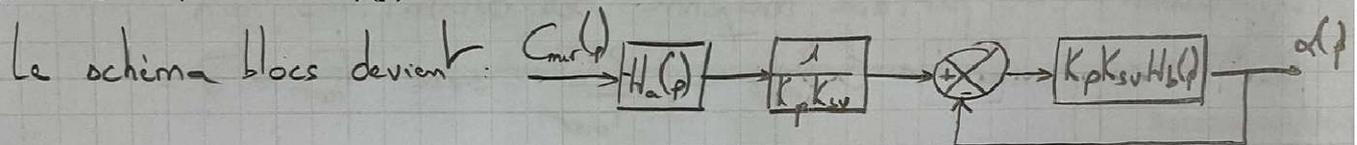
$$Tr_{5\%} = 2,5 \Delta$$

$$D_{1\%} = 60\%$$

Q18. Conclusion :

Impossible de satisfaire précision/rapidité/stabilité simultanément  
En effet, augmenter  $K_p$  aurait pour effet de diminuer  $\xi$  donc d'augmenter  $D_{1\%}$

Q19. & Q20. Expression de  $H_r(p)$  :



D'où

$$H_r(p) = \frac{-H_a(p)}{K_p K_{sv}} \cdot H_p(p)$$

Donc

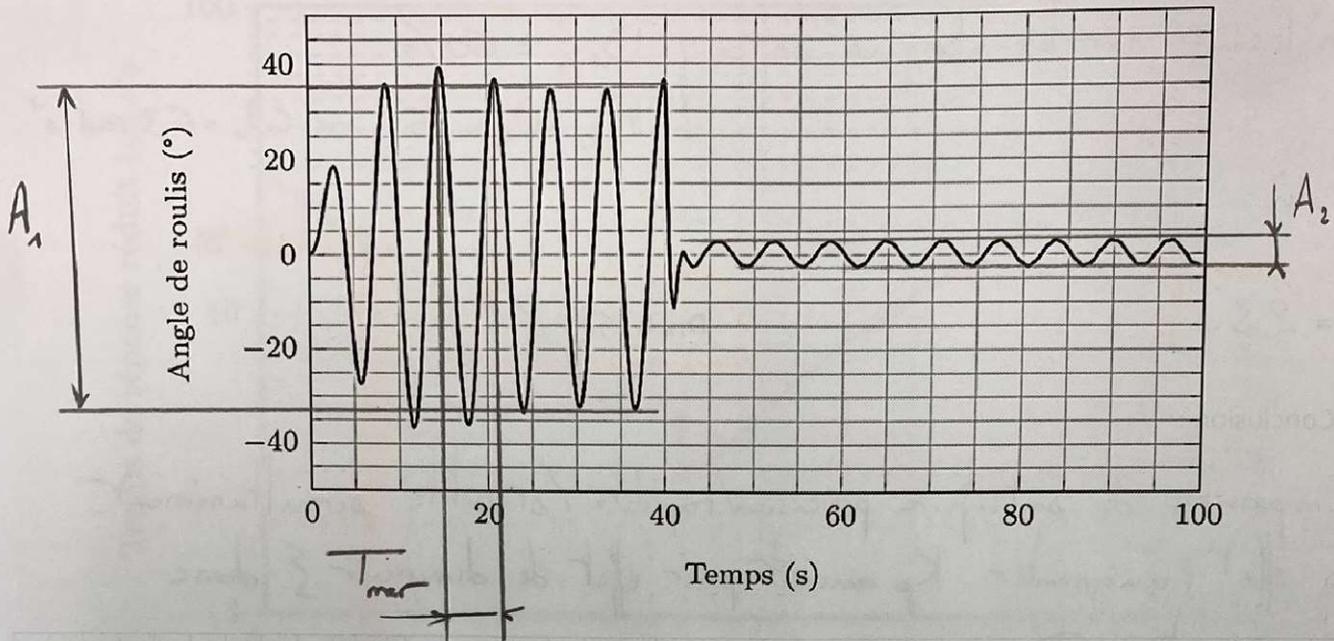
$$H_r(p) = -K_a \left( 1 + \frac{p^2}{\omega_i^2} \right) \cdot \frac{1}{K_p K_{sv}} \frac{K_1}{1 + \frac{2\xi}{\omega_0} p + \frac{1}{\omega_0^2} p^2}$$

$$K_2 = - \frac{K_a K_1}{K_p K_{sv}}$$

$$\xi = \text{Idem } H_p(p)$$

$$\omega_0 = \text{Idem } H_p(p)$$

Q21. Calcul de  $\omega_{\text{mer}}$ , du facteur d'atténuation et conclusion :



En lisant la période moyenne des oscillations on peut exprimer  $\omega_{\text{mer}} = \frac{2\pi}{T_{\text{mer}}}$  avec  $T_{\text{mer}} \approx 7 \text{ s}$

$$\Rightarrow \omega_{\text{mer}} \approx 0,9 \text{ rad.s}^{-1}$$

On calcule le facteur d'atténuation  $a$  tel que

$$A_2 = \left(1 - \frac{a}{100}\right) A_1 \Rightarrow a = 100 \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \approx 100 \left(1 - \frac{5}{68}\right)$$

D'où  $a = 91\%$   $> 75\%$   $\Rightarrow$  CDC OK