

SLED

1 $a_c = \text{cte}$ donc $v(t) = a_c \cdot t$ (condition initiale nulle)

2 $v_{\max} = a_c \times 1 \text{ s} \approx 2,94 \text{ m/s}$

On a $v_{\max} < \underbrace{3 \text{ m/s}}_{\text{exigence Id} = 1.1.2}$ donc l'exigence est respectée.

3 On a (ds la 1^{ère} phase) : $x_1(t) = \frac{1}{2} \cdot a_c \cdot t^2$

Dans la 2^{ème} (avec $t' = t - 1 \text{ s}$) : $x_2(t') = -\frac{1}{2} \cdot a_c \cdot (t')^2 + v_{\max} \cdot t' + x_1(1 \text{ s})$

Donc $x_{\max} \approx \underbrace{2,94 \text{ m}}_{\text{exigence Id} = 1.2} < 4,5 \text{ m}$ donc l'exigence est respectée.

4 J'isole S qui est soumis aux actions mécaniques extérieures :

- $S_0 \xrightarrow{B} S$
- $S_0 \xrightarrow{A} S$
- mot $\rightarrow S$
- poids $\rightarrow S$

$$5 \quad \vec{\delta}_{(G_S, S/S_0)} = \frac{d}{dt} \left(\vec{V}_{(G_S, S/S_0)} \right)_{S_0} + m_S \cdot \underbrace{\vec{J}_{G_S/S_0} \sim \vec{J}_{G_S E_S/S_0}}_{=\vec{0} \text{ (in vitesse)}}$$

$$\text{Et } \vec{V}_{(G_S, S/S_0)} = \cancel{I_{G_S}(S)} \cdot \cancel{\vec{\Omega}_{S/S_0}} + m_S \cdot \cancel{G_S/G_S} \sim \vec{J}_{G_S E_S/S_0} = \vec{0} \text{ (translation)}$$

Donc $\vec{S}(G_S, S | S_0) = \vec{0}$

Puis $\vec{S}(A, S | S_0) = \vec{S}(G_S, S | S_0) + \underbrace{\vec{A}G_S}_{= \frac{1}{2} \cdot \vec{x}_0} \wedge \underbrace{\vec{R}_{dS|S_0}}_{= m_s \cdot a_c \cdot \vec{x}_0}$

$= \frac{1}{2} \cdot \vec{x}_0 + h \cdot \vec{y}_0$

$\vec{S}(A, S | S_0) = -m_s \cdot h \cdot a_c \cdot \vec{z}_0$

6 Le th. des moments en A et en projecté sur \vec{z}_0 donne:

$$\vec{M}_{A, S} \vec{B} \rightarrow S \cdot \vec{z}_0 + \vec{M}_{A, S} \vec{A} \rightarrow S \cdot \vec{z}_0 + \vec{M}_{A, \text{mot} \rightarrow S} \cdot \vec{z}_0 + \vec{M}_{A, \text{pb} \rightarrow S} \cdot \vec{z}_0 = \vec{S}(A, S | S_0) \cdot \vec{z}_0$$

Donc: $L \cdot \gamma_B - d \cdot R - \frac{L}{2} \cdot m_s \cdot g = -m_s \cdot h \cdot a_c$

Et donc: $\gamma_B = m_s \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot g - \frac{h}{L} \cdot a_c \right] + \frac{d}{L} \cdot R$

7 Il y a non-basculement si $\gamma_B > 0$.

8 En isolant S et en écrivant le th. des résultantes projeté sur \vec{x}_0 , on a:

$R = m_s \cdot a_c$

9 On a donc $\gamma_B = \frac{1}{2} \cdot m_s \cdot g - m_s \cdot a_c \cdot \left(\frac{h}{L} - \frac{d}{L} \right)$

$\gamma_B > 0$ si $\frac{1}{2} \cdot m/s \cdot g > m/s \cdot a_c \cdot \frac{h-d}{L}$

Il faut donc : $L > 2 \cdot \frac{a_c}{g} \cdot (h-d)$

10 La réponse à la q^o ne fait pas apparaître n_s . Il n'est pas nécessaire d'adapter L à la vitesse de l'utilisateur.

11 Pour $a_c = 0,3 \cdot g$, on a $L > 528 \text{ mm}$.

12 La longueur maximale sera $L + x_{\max} \approx 3,47 \text{ m} < 4,5 \text{ m}$.
L'exigence 1.2 est alors respectée.

13 A est un intégrateur pour bien composer 2 vitens.
B " " dérivateur.

14 $H_{acc}(p) = \frac{1}{p} \cdot \frac{V_{\text{simulée}}(p)}{V_{\text{courbe}}(p)} \cdot p = H_{BF}(p)$. Travailler sur l'une ou l'autre des fonctions de transfert est équivalent.

15 Je relève : $M_G = +\infty > 7 \text{ dB}$
et $M_\varphi = 180^\circ > 30^\circ$
L'exigence 1.1.1.1.1 est bien respectée.

16 On a : $20 \cdot \lg(KB_0) = -41,5 \text{ dB}$

Donc $K_{B0} \approx 8,41 \cdot 10^{-3}$ (sans unité)

Je suppose que $\omega_{B0} \approx \omega_r$ (exactement: $\omega_r = \omega_{B0} \sqrt{1 - 2\xi_{B0}^2}$)

Donc $\omega_{B0} \approx 49,4$ rad/s

Et: $20 \cdot \log \left(\frac{K_{B0}}{2 \cdot \xi_{B0} \cdot \sqrt{1 - \xi_{B0}^2}} \right) = 20 \cdot \log(K_{B0}) + \overbrace{\Delta G}^{1,128}$

Donc $-20 \cdot \log(2 \cdot \xi_{B0} \cdot \sqrt{1 - \xi_{B0}^2}) = \Delta G$

Donc $2 \cdot \xi_{B0} \cdot \sqrt{1 - \xi_{B0}^2} = 10^{-\frac{\Delta G}{20}} = K \approx 0,88$

Donc $\xi_{B0}^2 \cdot (1 - \xi_{B0}^2) = \frac{K^2}{4}$

Donc $\xi_{B0}^4 - \xi_{B0}^2 + \frac{K^2}{4} = 0$

Donc $\xi_{B0}^2 \approx 0,26$ ou $\xi_{B0}^2 \approx 0,73$

(si résonance $\xi_{B0} < \frac{\sqrt{2}}{2}$)

Donc $\xi_{B0} \approx 0,51$ ou ~~$\xi_{B0} \approx 0,86$~~

17 $H_{BF}(p) = \frac{H_{B0}(p)}{1 + H_{B0}(p)} = \frac{\frac{K_{B0}}{1 + \frac{2 \cdot \xi_{B0}}{\omega_{B0}} \cdot p + \frac{1}{\omega_{B0}^2} \cdot p^2}}{1 + \frac{K_{B0}}{1 + \frac{2 \cdot \xi_{B0}}{\omega_{B0}} \cdot p + \frac{1}{\omega_{B0}^2} \cdot p^2}}$

$H_{BF}(p) = \frac{K_{B0}}{1 + K_{B0} + \frac{2 \cdot \xi_{B0}}{\omega_{B0}} \cdot p + \frac{1}{\omega_{B0}^2} \cdot p^2}$

$$= \frac{\frac{K_{B0}}{1+K_{B0}}}{1 + \frac{2 \cdot \xi_{B0}}{\omega_{B0} \cdot (1+K_{B0})} \cdot p + \frac{1}{\omega_{B0}^2 \cdot (1+K_{B0})} \cdot p^2}$$

Donc: $K_{BF} = \frac{K_{B0}}{1+K_{B0}}$

$$\omega_{BF} = \omega_{B0} \cdot \sqrt{1+K_{B0}}$$

$$\xi_{BF} = \frac{1}{\cancel{2}} \cdot \cancel{\omega_{B0}} \cdot \sqrt{1+K_{B0}} \cdot \frac{2 \cdot \xi_{B0}}{\cancel{\omega_{B0}} \cdot (1+K_{B0})}$$

$$\xi_{BF} = \frac{\xi_{B0}}{\sqrt{1+K_{B0}}}$$

18 Je relève
est respectée.

$D_{10\%} \approx 16\% < \overbrace{20\%}^{\text{exigence 1.1.1.1.2}}$ donc l'exigence

19 On cherche $\epsilon_a = \lim_{t \rightarrow +\infty} a_{comique}(t) - a_{simulée}(t)$

$$= \lim_{p \rightarrow 0^+} p \cdot (A_c(p) - A_s(p))$$

$$= \lim_{p \rightarrow 0^+} p \cdot (1 - H_{acc}(p)) \cdot \frac{0,3 \cdot g}{p}$$

entrée échelon

$$= \lim_{p \rightarrow 0^+} (1 - H_{BF}(p)) \cdot 0,3 \cdot g$$

Et donc $\epsilon_a = (1 - K_{BF}) \cdot 0,3 \cdot g$

$$\epsilon_a = \frac{1}{1+K_{B0}} \cdot 0,3 \cdot g = 2,92 \text{ m/s}^2$$

20 L'erreur relative est $\epsilon_{a\%} = \frac{1}{1 + K_{BO}} \approx 99\% > 10\%$

exigence 1.1.1.2.1

L'exigence n'est pas respectée.

21 Si $K_{BO} \uparrow$ Alors $\epsilon_a \downarrow$. Et comme :

$$H_{BO}(p) = K_{\text{corr. gain. pur}} \cdot H_{BO, \text{ sans correct. }}(p)$$

Ainsi K_{BO} est proportionnel à $K_{\text{corr. gain. pur}}$ donc :

si $K_{\text{corr. gain. pur}} \uparrow$ alors $\epsilon_a \downarrow$

22 À la limite de l'exigence: $\epsilon_{a\%} = 10\% = \frac{1}{1 + K_{BO}^{\text{cor}}}$

Avec $K_{BO}^{\text{cor}} = K_{BO} \cdot K_{\text{corr. gain. pur}}$ le gain statique de la FTBO avec la correction. On veut donc

$$1 + K_{BO} \cdot K_{\text{corr. gain. pur}} = \frac{1}{\epsilon_{a\%}}$$

$$\text{Et donc } K_{\text{corr. gain. pur}} = \frac{1}{K_{BO}} \cdot \left(\frac{1}{\epsilon_{a\%}} - 1 \right)$$

$$K_{\text{corr. gain. pur}} \approx 1071 \quad (\text{sans unité})$$

23 Si $K_{\text{corr. gain. pur}} \uparrow$ Alors $K_{BO} \uparrow$

Et $\beta_{BF} \downarrow$

donc le dépassement n'est plus important.

24 Avec la valeur précédente : $\zeta_{BF} \approx 0,16$ et donc le 1^{er} dépassement atteint environ $64\% > \underline{20\%}$, donc l'exigence n'est pas respectée.

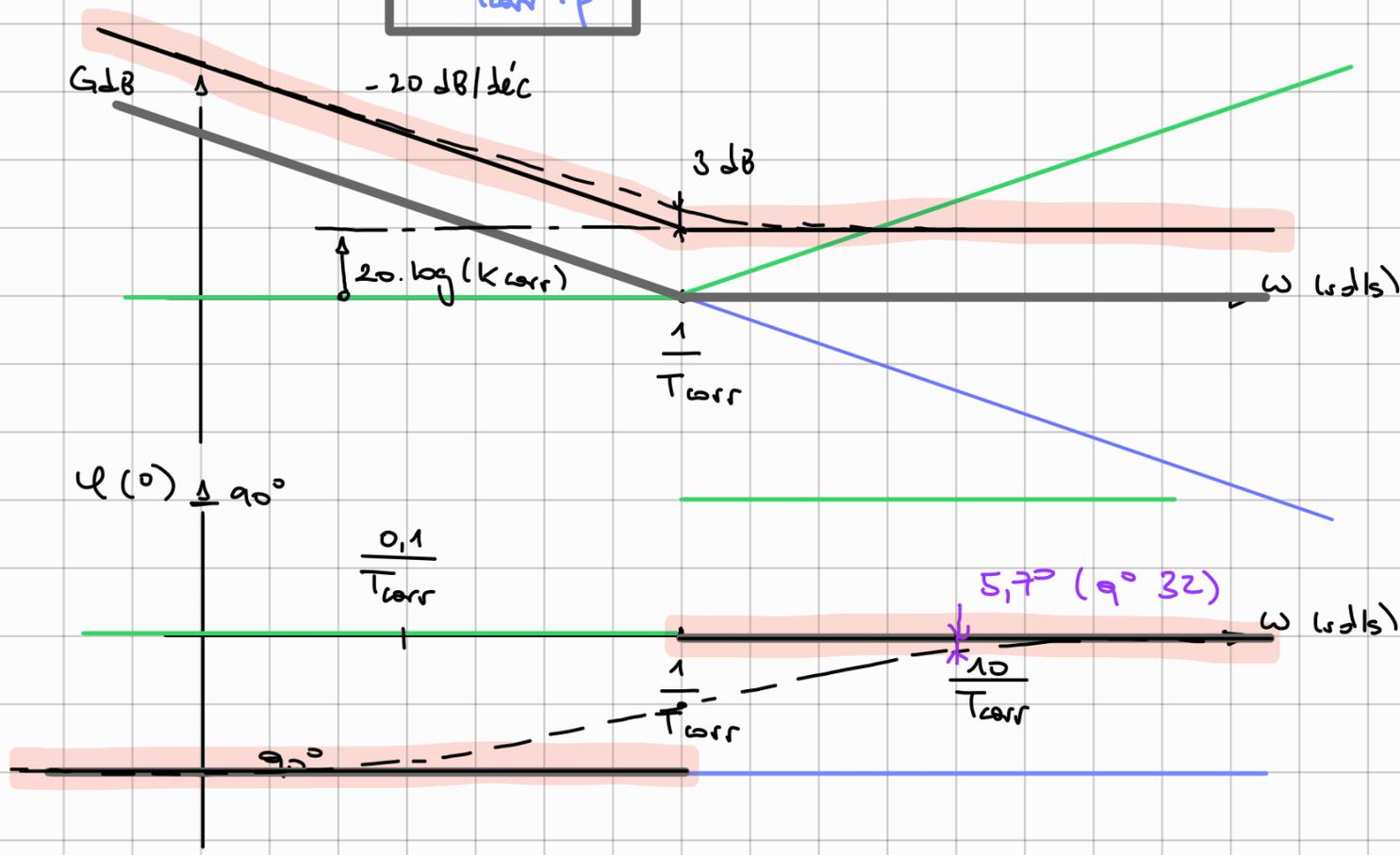
↳ exigence

25 Si K_{corr} gain pur et choisi pour vérifier la précision (section III.B.1) Alors il ne vérifie les critères de dépassement (section III.B.2).

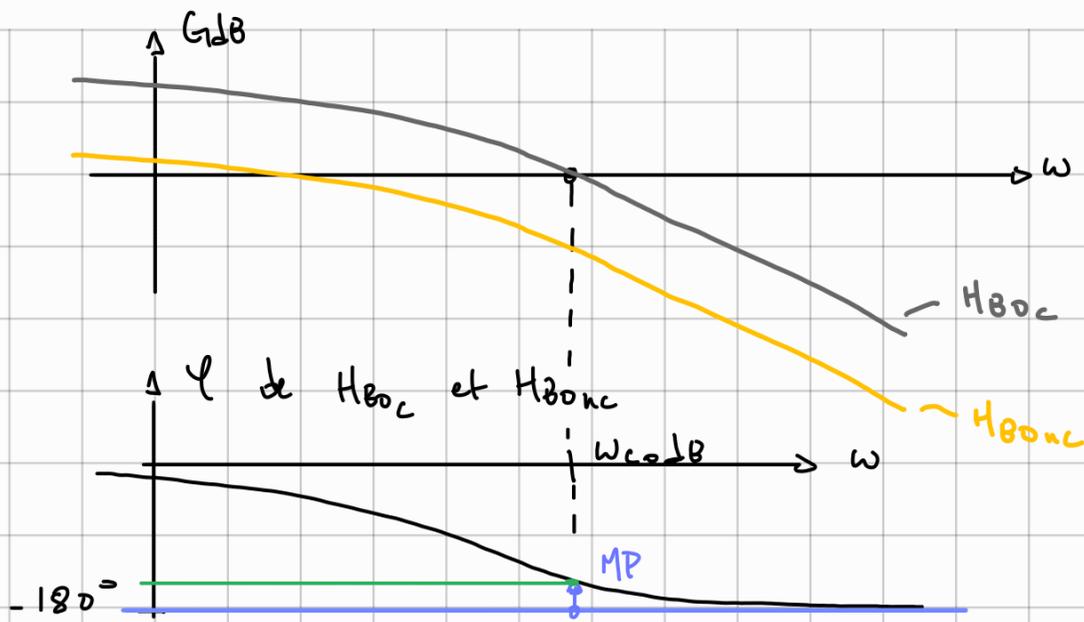
Avec un correcteur PI, la précision sera toujours respectée car la FTBO sera de classe 1.

K_{corr} , une fois réglé, permettra d'ajuster les dépassements.

26 $C(p) = K_{corr} \cdot \frac{1 + T_{corr} \cdot p}{T_{corr} \cdot p}$



27



$$MP = \phi(H_{Bo}(\omega_{c0dB})) - (-180^\circ)$$

Donc : $\phi(H_{Bo}(\omega_{c0dB})) = MP - 180^\circ$

$$\begin{aligned} 28 \quad \phi(H_{Bo}(\omega_{c0dB})) &= \arg(H_{Bo}(j \cdot \omega_{c0dB})) \\ &= \phi(H_{Bo_{nc}}(\omega_{c0dB})) + \arg(C(j \cdot \omega_{c0dB})) \end{aligned}$$

Donc :

$$\phi(H_{Bo}(\omega_{c0dB})) = \phi(H_{Bo_{nc}}(\omega_{c0dB})) + \arctan(T_{corr} \cdot \omega_{c0dB}) - 90^\circ$$

29 On a alors :

$$MP - 180^\circ = \phi(H_{Bo_{nc}}(\omega_{c0dB})) + \arctan(T_{corr} \cdot \omega_{c0dB}) - 90^\circ$$

Et donc :

$$\phi(H_{Bo_{nc}}(\omega_{c0dB})) = MP - 90^\circ - \arctan(T_{corr} \cdot \omega_{c0dB})$$

$$30 \quad \omega_{\text{corr}} = \frac{\Omega_{\text{MC}}[\omega]}{10} \quad \text{avec } \Omega_{\text{MC}}[\omega] \text{ tq}$$

$$\phi(M_{\text{BO}}(\Omega_{\text{MC}}[\omega])) \approx \phi_{\text{avant correct}} \approx \text{MP} - 180^\circ + 5,7^\circ$$

cela correspond à ω_{COdB} avant la correction.

ω_{corr} est donc choisi à une décade avant le ω_{COdB} avant la correction.

31 cela correspond à ϕ tq:

$$\phi = -\arg(C(j\omega)) = 90^\circ - \arctan(T_{\text{corr}} \cdot \omega) \quad \text{pour } \omega = 10 \cdot \frac{1}{T_{\text{corr}}}$$

$$\text{Donc } \phi = 90^\circ - \arctan(10) \approx 5,7^\circ$$

32 Ce "5,7°" est la phase enlevée par le correcteur pour la pulsation ω_{COdB} . C'est donc la phase qui sera enlevée de la marge. Il faut donc prendre cette valeur en "surplus" dès le départ.

33 Je relève $\text{MP} \approx 40^\circ > 30^\circ$ donc l'exigence est respectée.
et $\text{M}_{\text{Gain}} = +\infty > 7\text{dB}$

34 Je relève $D_{\text{rob}} \approx \frac{3,5 - 3}{3} \approx 17\% < 20\%$ donc l'exigence est respectée.

35 Je relie $\epsilon_{aob} \approx \frac{0,3 \cdot g - 3}{0,3 \cdot g} \approx -1,9\%$.

On a $|\epsilon_{aob}| < 10\%$ donc l'exigence est respectée.
 $\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{exigence}}$

36 $k = \frac{w_1}{w_2} = \frac{D_2}{D_1} \approx 2,86$

37 • Il y a non-glissement de la courroie et elle est considérée inextensible.

• $J = \frac{D_3}{2} \cdot w_3 = \frac{D_3}{2} \cdot w_2 = \frac{D_2}{2} \cdot \frac{w_1}{k}$

38 $E_c(P_1/S_0) = \frac{1}{2} \cdot J_{P_1} \cdot w_1^2$

$E_c(P_2/S_0) = \frac{1}{2} \cdot J_{P_2} \cdot w_2^2 = \frac{1}{2} \cdot J_{P_2} \cdot \frac{1}{k^2} \cdot w_1^2$

$E_c(S/S_0) = \frac{1}{2} \cdot m_s \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot m_s \cdot \left(\frac{D_3}{2 \cdot k}\right)^2 \cdot w_1^2$

39 $J_{eq} = J_{P_1} + \frac{1}{k^2} \cdot J_{P_2} + \left(\frac{D_3}{2 \cdot k}\right)^2 \cdot m_s$
 $= \frac{D_3}{2 \cdot k} \cdot D_1$

$J_{eq} = J_{P_1} + \frac{1}{k^2} \cdot J_{P_2} + \left(\frac{D_1}{2}\right)^2 \cdot m_s$

40 J'ible l'ensemble des pièces en mouvement. Je liste.

$P_{\text{frottement}} = -(1 - \eta) \cdot P_{\text{stator} \rightarrow \text{rotor}/s}$

$P_{\text{ext}} : P_{ps} = 0$ (centres d'inertie restent à la même altitude)

$T_{\text{stator} \rightarrow \text{rotor}/s_0} = C_m \cdot \omega_1$

On a donc :

$$q \cdot C_m \cdot \dot{\omega}_1 = J_{eq} \cdot \dot{\omega}_1 \cdot \ddot{\omega}_1$$

Donc $C_m = \frac{1}{q} \cdot J_{eq} \cdot \ddot{\omega}_1$

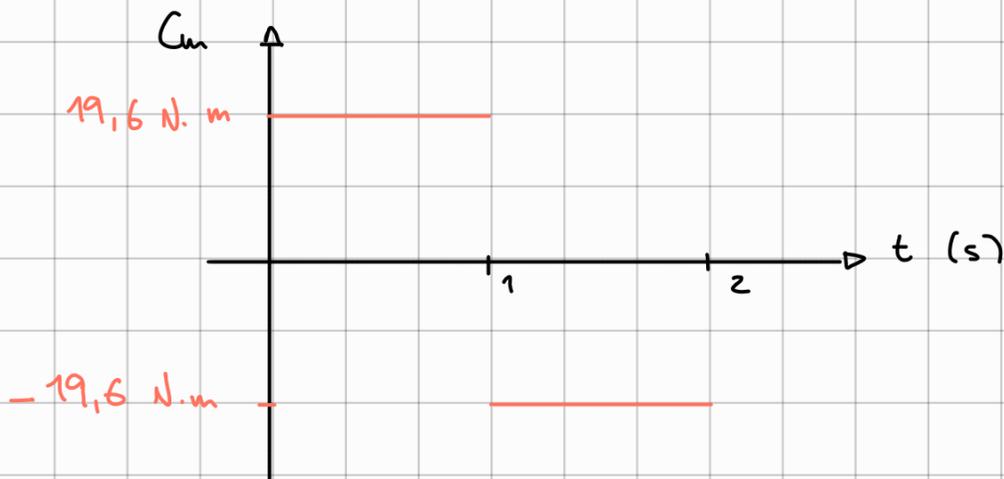
41 On a : $\omega_1 = \frac{2 \cdot k}{D_3} \cdot v$ et $k = \frac{D_2}{D_1} = \frac{D_3}{D_1}$

Donc $\omega_1 = \frac{2}{D_1} \cdot v$

Donc : $C_m = \frac{1}{q} \cdot J_{eq} \cdot \frac{2}{D_1} \cdot \ddot{v}$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{\alpha}$

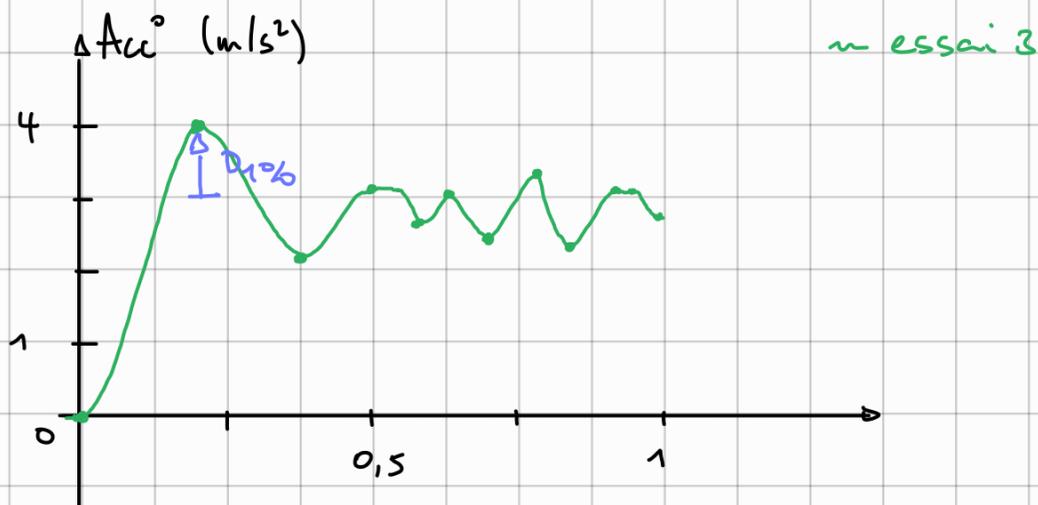
42



43 le moteur est choisi tel que $C_{m \max} = 32 \text{ N.m} > 19,6 \text{ N.m}$

Ce moteur est donc bien dimensionné.

44



Je relève $D_{10\%} \approx \frac{4-3}{3} \approx 33\% > 20\%$, l'exigence 1.1.

1.1.2 n'est donc pas atteinte.

45 Difficile de conclure:

- lorsque $acc^{\circ} \rightarrow 0$ alors $\left| \frac{\text{essai}_i - \text{essai}_j}{acc^{\circ}} \right| \rightarrow +\infty$

- hors du voisinage où $acc^{\circ} \approx 0$, on a une erreur relative maximale de $|-2,5\%|$ environ (en 1,4 s) $< 5\%$ donc

on peut supposer l'exigence respectée.

L'exigence

46 Il s'agit de l'élasticité et de l'amortissement liés à la course.

47 Dressons un tableau récapitulatif:

Exigence	Valeur à respecter	Valeur relevée				
		Respect de l'exigence				
		30 kg	50 kg	80 kg	100 kg	150 kg
1.1.1.1.2	1 ^{er} dépassement < 20%	26%	NON	Pas vérifié ensuite		
1.1.1.2.1	erreur relative < 10%	Respecté ensuite			5,4%	12%
				OUI	NON	
1.1.1.4.1	$t_{r50\%} < 0,25$ s	0,32 s	NON	Pas vérifié ensuite		

48

