SLED

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

2 $V_{max} = a_c \times 1\,s \simeq 2{,}94$ m/s

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

3 On a (ds la 1ère phase) : $x_1(t) = \frac{1}{2} \cdot a_c \cdot t^2$
Dans la 2ème (avec $t' = t - 1\,s$) : $x_2(t') = -\frac{1}{2} \cdot a_c \cdot (t')^2 + V_{max} \cdot t' + x_1(1s)$

Donc $\overbrace{x_{max}}^{= x_2(1s)} \simeq 2{,}94$ m $< \underbrace{4{,}5 \text{ m}}_{\to \text{ exigence Id} = 1.2}$ 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 $\to S$
- poids $\to S$

5 $\vec{\delta}_{(G_S, S/S_0)} = \frac{d}{dt}\left(\vec{\sigma}_{(G_S, S/S_0)}\right)_{S_0} + \overbrace{m_S \cdot \vec{V}_{G_S/S_0} \wedge \vec{V}_{G_S \in S/S_0}}^{= \vec{0} \text{ (m̂ vitesse)}}$

Et $\vec{\sigma}_{(G_S, S/S_0)} = \underbrace{I_{G_S}(S) \cdot \cancel{\vec{\Omega}_{S/S_0}}}_{= \vec{0}} + \overbrace{m_S \cdot \cancel{\vec{G_S G_S}} \wedge \vec{V}_{G_S \in S/S_0}}^{\vec{0} \text{ (translat}^{\circ}\text{)}}$

Donc $\boxed{\vec{\delta}(G_S, S/S_0) = \vec{0}}$

Puis $\vec{\delta}(A, S/S_0) = \cancel{\vec{\delta}(G_S, S/S_0)} + \underbrace{\vec{AG_S}}_{= \frac{L}{2}\cdot\vec{x_0} + h\cdot\vec{y_0}} \wedge \overbrace{\vec{R_d}_{S/S_0}}^{= m_S\cdot a_c\cdot\vec{x_0}}$

$$\boxed{\vec{\delta}(A, S/S_0) = -m_S\cdot h\cdot a_c\cdot\vec{z_0}}$$

6 Le th. des moments en A et en project° sur $\vec{z_0}$ donne :

$$\vec{M}_{A, S_0 \xrightarrow{B} S}\cdot\vec{z_0} + \cancel{\vec{M}_{A, S_0 \xrightarrow{A} S}}\cdot\vec{z_0} + \vec{M}_{A, mot\to S}\cdot\vec{z_0} + \vec{M}_{A, pds\to S}\cdot\vec{z_0}$$
$$= \vec{\delta}(A, S/S_0)\cdot\vec{z_0}$$

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

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

7 Il y a non-basculement si $\boxed{Y_B > 0}$.

8 En isolant S et en écrivant le th. des résultants projeté sur $\vec{x_0}$, on a :

$$\boxed{R = m_S\cdot a_c}$$

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

$Y_B > 0$ si $\frac{1}{2}\cdot \cancel{m_S}\cdot g > \cancel{m_S}\cdot a_c\cdot\frac{h-d}{L}$

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

10 La réponse à la q° 10 ne fait pas apparaître m_s. Il n'est pas nécessaire d'adapter L à la masse de l'utilisateur.

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

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

13 A est un intégrateur pour bien comparer 2 vitesses.
B " " dérivateur.

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

15 Je relève : $M_G = +\infty \underbrace{> 7\text{ dB}}_{\text{valeur de l'exigence.}}$
et $M_\varphi = 180° > 30°$
L'exigence 1.1.1.1.1 est bien respectée.

16 On a : $20 \cdot \log(K_{BO}) = -41{,}5$ dB

Donc $\boxed{K_{BO} \simeq 8{,}41 \cdot 10^{-3}}$ (sans unité)

Je suppose que $\omega_{0_{BO}} \simeq \omega_r$ (exactement : $\omega_r = \omega_{0BO} \cdot \sqrt{1 - 2\,\xi_{BO}^2}$)

Donc $\boxed{\omega_{0BO} \simeq 49{,}4 \text{ rad/s}}$

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

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

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

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

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

Donc $\xi_{BO}^2 \simeq 0{,}26$ ou $\xi_{BO}^2 \simeq 0{,}73$

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

Donc $\boxed{\xi_{BO} \simeq 0{,}51}$ ou ~~$\xi_{BO} \simeq 0{,}86$~~

17 $$H_{BF}(p) = \frac{H_{BO}(p)}{1 + H_{BO}(p)} = \frac{\dfrac{K_{BO}}{1 + \dfrac{2 \cdot \xi_{BO}}{\omega_{0BO}} \cdot p + \dfrac{1}{\omega_{0BO}^2} \cdot p^2}}{1 + \dfrac{K_{BO}}{1 + \dfrac{2 \cdot \xi_{BO}}{\omega_{0BO}} \cdot p + \dfrac{1}{\omega_{0BO}^2} \cdot p^2}}$$

$$H_{BF}(p) = \frac{K_{BO}}{1 + K_{BO} + \dfrac{2 \cdot \xi_{BO}}{\omega_{0BO}} \cdot p + \dfrac{1}{\omega_{0BO}^2} \cdot p^2}$$

$$= \frac{\frac{K_{BO}}{1+K_{BO}}}{1 + \frac{2 \cdot \xi_{BO}}{\omega_{0BO} \cdot (1+K_{BO})} \cdot p + \frac{1}{\omega_{0BO}^2 \cdot (1+K_{BO})} \cdot p^2}$$

Donc : $\boxed{K_{BF}} = \dfrac{K_{BO}}{1+K_{BO}}$

$$\omega_{BF} = \omega_{0BO} \cdot \sqrt{1+K_{BO}}$$

$$\xi_{BF} = \frac{1}{\cancel{2}} \cdot \cancel{\omega_{0BO}} \cdot \sqrt{1+K_{BO}} \cdot \frac{\cancel{2} \cdot \xi_{BO}}{\cancel{\omega_{0BO}} \cdot (1+K_{BO})}$$

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

18 Je relève $D_{1\%} \simeq 16\% < \underbrace{20\%}_{\text{exigence 1.1.1.1.2}}$ donc l'exigence et respectée.

19 On cherche $\varepsilon_a = \lim_{t \to +\infty} a_{consigne}(t) - a_{simulée}(t)$

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

$$= \lim_{p \to 0^+} p \cdot (1 - H_{acc}(p)) \cdot \underbrace{\frac{0{,}3 \cdot g}{p}}_{\text{entrée échelon}}$$

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

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

$$\varepsilon_a = \frac{1}{1+K_{BO}} \cdot 0{,}3 \cdot g \simeq 2{,}92 \ m/s^2$$

20 L'erreur relative est $\varepsilon_{a\%} = \dfrac{1}{1 + K_{BO}} \simeq 99\% > 10\%$

exigence 1.1.1.2.1

L'exigence n'est pas respectée.

21 Si $K_{BO} \nearrow$ Alors $\varepsilon_a \searrow$. Et comme :

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

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

si $K_{corr.gain.pur} \nearrow$ alors $\varepsilon_a \searrow$

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

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

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

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

$K_{corr.gain.pur} \simeq 1071$ (sans unité)

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

Et $\xi_{BF} \searrow$

Donc les dépassements seront plus importants.

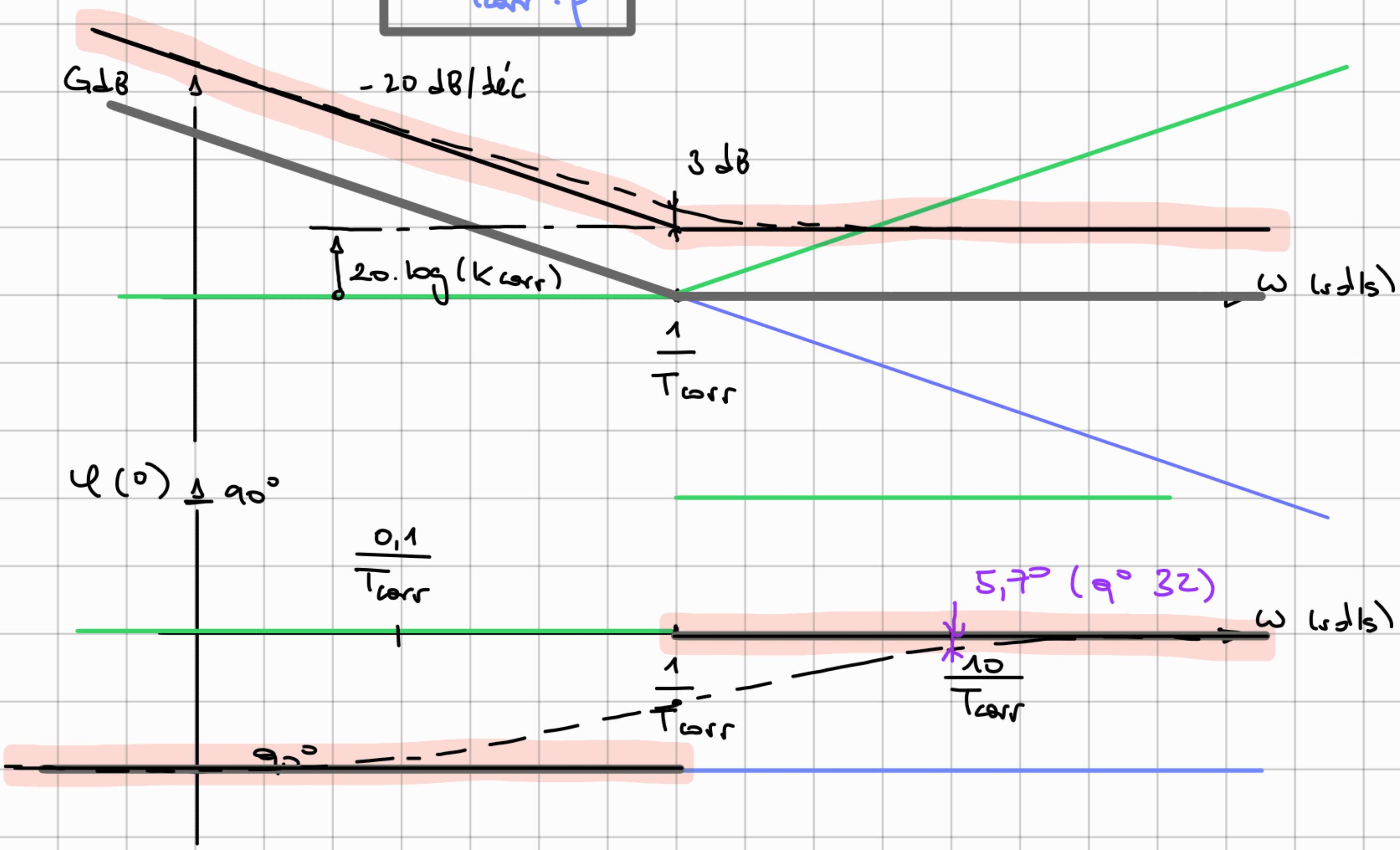
24 Avec la valeur précédente : $\xi_{BF} \simeq 0,16$ et donc le 1er dépassement atteint environ 64% > 20%, donc l'exigence n'est pas respectée.

$\underbrace{20\%}_{\text{la exigence}}$

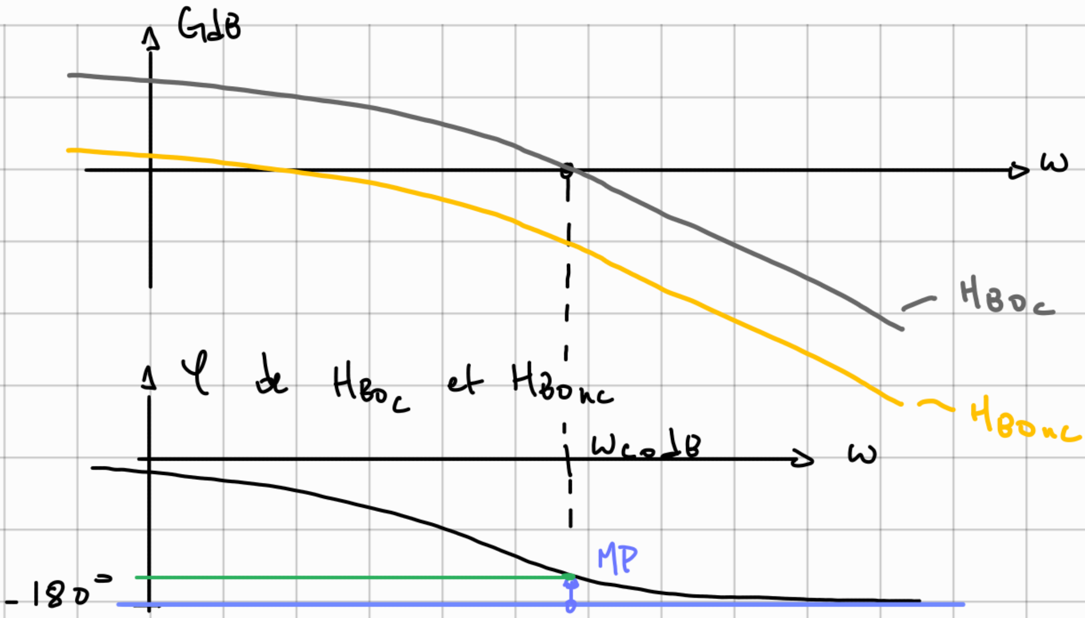
25 Si Kcorr. gain pur et choisi pour vérifier la précision (section III.B.1) Alors il ne vérifie les critères de dépassement (section III.B.2).

Avec un correcteur PI, la précision sera toujours respectée car la FTBO sera de classe 1.
Kcorr, une fois réglé, permettra d'ajuster les dépassements.

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



27



$$MP = \phi(H_{BO}(\omega_{c0dB})) - (-180°)$$

Donc : $\phi(H_{BO}(\omega_{c0dB})) = MP - 180°$

28 $\phi(H_{BO}(\omega_{c0dB})) = \arg(H_{BO}(j.\omega_{c0dB}))$

$$= \phi(H_{BOnc}(\omega_{c0dB})) + \arg(C(j.\omega_{c0dB}))$$

Donc :

$$\phi(H_{BO}(\omega_{c0dB})) = \phi(H_{BOnc}(\omega_{c0dB})) + \arctan(T_{corr}.\omega_{c0dB}) - 90°$$

29 On a alors :

$$MP - 180° = \phi(H_{BOnc}(\omega_{c0dB})) + \arctan(T_{corr}.\omega_{c0dB}) - 90°$$

Et donc :

$$\phi(H_{BOnc}(\omega_{c0dB})) = MP - 90° - \arctan(T_{corr}.\omega_{c0dB})$$

30 $\omega_{corr} = \dfrac{Omega[i]}{10}$ avec $Omega[i]$ tq

$$\phi(H_{BO\,nc}(Omega[i])) \simeq \varphi_{avant\ correct^{o}}$$
$$\simeq MP - 180° + 5,7°$$

Cela correspond à ω_c 0dB avant la correction.

ω_{corr} est donc choisi à une décade avant le ω_c 0dB avant la correct°.

31 Cela correspond à φ tq :

$$\varphi = -\arg(C(j.\omega)) = 90° - \arctan(T_{corr}.\omega) \quad \text{pour } \omega = 10.\frac{1}{T_{corr}}$$

Donc $\varphi = 90° - \arctan(10) \simeq 5,7°$

32 Ce "5,7°" est la phase enlevée par le correcteur pour la pulsation ω_c 0dB. 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 $MP \simeq 40° > \boxed{30°}$ donc l'exigence est respectée.
et $M_{Gain} = +\infty > \boxed{7\,dB}$

exigence

34 Je relève $D_{1\%} \simeq \dfrac{3,5 - 3}{3} \simeq 17\% < 20\%$ donc l'exigence est respectée.

exigence

35 Je relève $\varepsilon_{a\%} \simeq \dfrac{0{,}3 \cdot g - 3}{0{,}3 \cdot g} \simeq -1{,}9\%$.

On a $\underbrace{|\varepsilon_{a\%}| < 10\%}_{\to \text{exigence}}$ donc l'exigence est respectée.

36 $k = \dfrac{\omega_1}{\omega_2} = \dfrac{D_2}{D_1} \simeq 2{,}86$

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

• $V = \dfrac{D_3}{2} \cdot \omega_3 = \dfrac{D_3}{2} \cdot \omega_2 = \dfrac{D_3}{2} \cdot \dfrac{\omega_1}{k}$

38 ▪ $E_c(P_1/S_0) = \dfrac{1}{2} \cdot J_{P_1} \cdot \omega_1^2$

▪ $E_c(P_2/S_0) = \dfrac{1}{2} \cdot J_{P_2} \cdot \omega_2^2 = \dfrac{1}{2} \cdot J_{P_2} \cdot \dfrac{1}{k^2} \cdot \omega_1^2$

▪ $E_c(S/S_0) = \dfrac{1}{2} \cdot m_S \cdot V^2 = \dfrac{1}{2} \cdot m_S \cdot \left(\dfrac{D_3}{2 \cdot k}\right)^2 \cdot \omega_1^2$

39 $J_{eq} = J_{P_1} + \dfrac{1}{k^2} \cdot J_{P_2} + \left(\dfrac{D_3}{2 \cdot k}\right)^2 \cdot m_S$ $\quad = \dfrac{\cancel{D_3}}{2 \cdot \cancel{D_2}} \cdot D_1$

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

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

Pint : $P_{frottement} = -(1-\eta) \cdot P_{stator \to rotor/S_0}$

Pext : $P_{pes} = 0$ (centres d'inertie restent à la m altitude)

$P_{stator \to rotor/S_0} = C_m \cdot \omega_1$

On a donc :

$$\eta \cdot C_m \cdot \cancel{\omega_1} = J_{eq} \cdot \cancel{\omega_1} \cdot \dot{\omega}_1$$

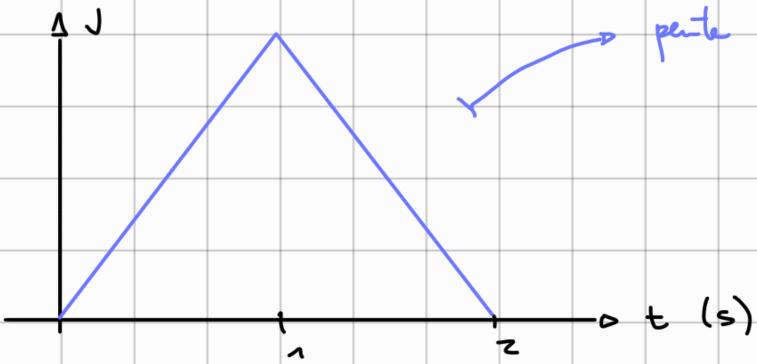
Donc $$C_m = \frac{1}{\eta} \cdot J_{eq} \cdot \dot{\omega}_1$$

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

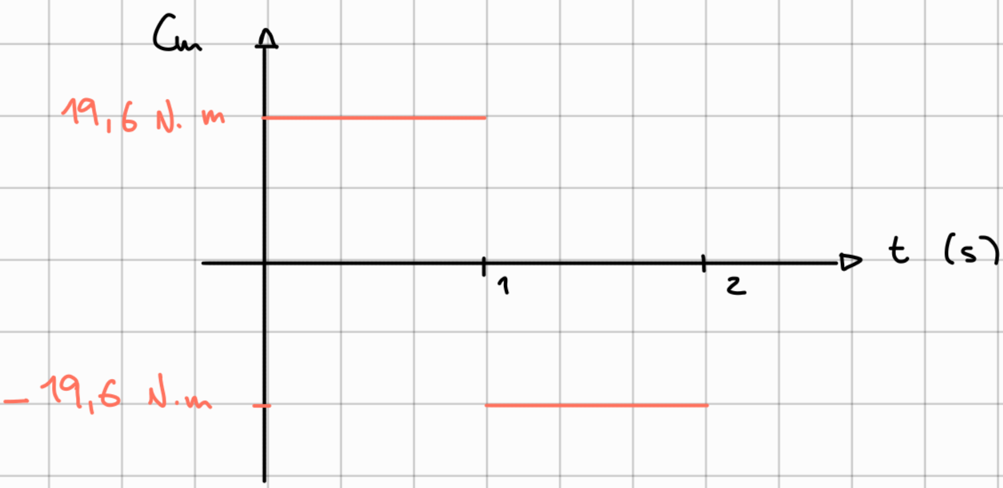
Donc $\omega_1 = \frac{2}{D_1} \cdot V$

Donc : $$C_m = \underbrace{\frac{1}{\eta} \cdot J_{eq} \cdot \frac{2}{D_1}}_{\alpha} \cdot \dot{V}$$

42)



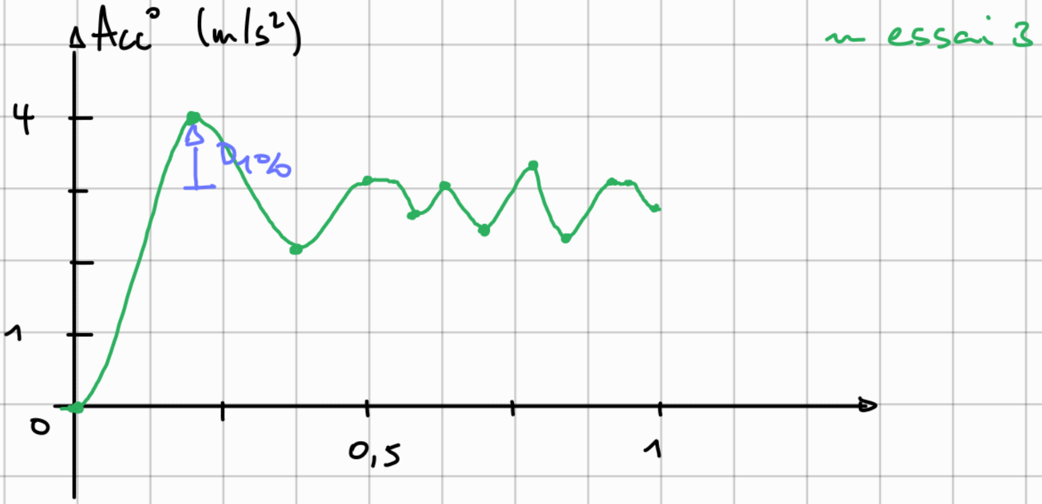
pente de +/_ 0,3.g



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

Ce moteur est donc bien dimensionné.

44



Je relève $D_{1\%} \simeq \frac{4-3}{3} \simeq$ 33% > 20%, l'exigence 1.1.1.1.2 n'est donc pas atteinte.

45 Difficile de conclure :

- lorsque acc° $\longrightarrow 0$ alors $\left|\frac{essai_i - essai_j}{acc°}\right| \longrightarrow +\infty$

- hors du voisinage où acc° $\simeq 0$, on a une erreur relative maximale de $|-2,5\%|$ environ (en 1,4 s) < 5% donc on peut supposer l'exigence respectée.

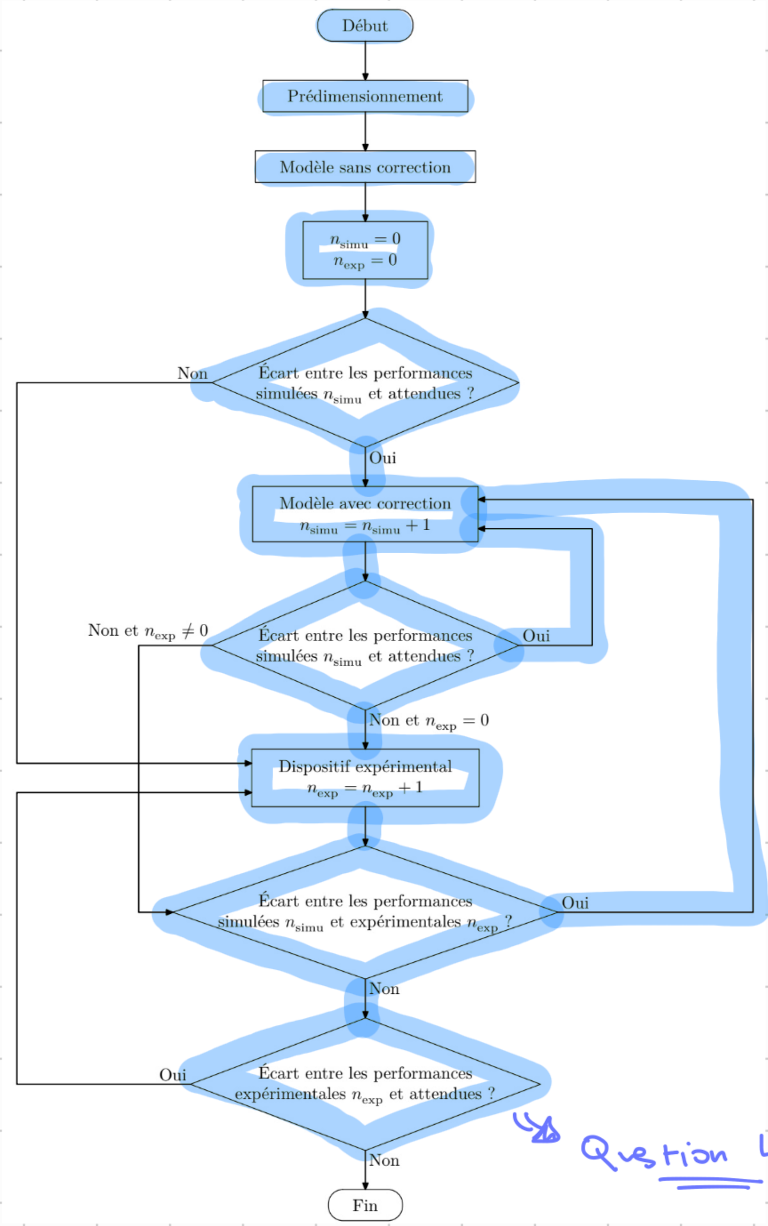
exigence

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

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	1er dépass^t < 20%	26% NON	→ Pas	vérifié	ensuite	
1.1.1.2.1	erreur relative < 10%		Toujours	respecté	←	2% oui
1.1.1.4.1	$t_{r5\%} < 0,25$ s	0,32 s NON	→ Pas	vérifié	ensuite	

48



↳ Question 47