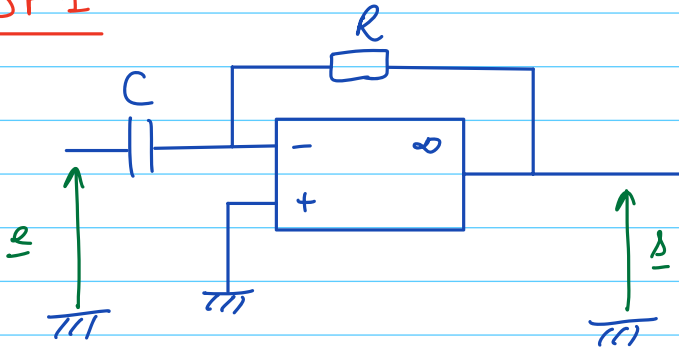


TDE2

correction des SF

SF1



Appliquons la loi des nœuds en V_- :

$$\frac{\underline{V_-} - \underline{e}}{1/j\omega C} + \frac{\underline{V_-} - \underline{\Delta}}{R} = 0$$

$$\underline{V_-} \left(j\omega C + \frac{1}{R} \right) = \underline{e} j\omega C + \frac{\underline{\Delta}}{R} \quad (1)$$

Par ailleurs, l'Ale étant en rétroaction négative, on peut faire l'hypothèse qu'il est en régime linéaire.

Gain ∞

$$\text{On a alors } \varepsilon = V_+ - V_- = 0$$

$$\text{Or } V_+ = 0, \text{ donc } V_- = 0$$

En réinjectant dans (1), on a $\underline{e} j\omega C + \frac{\underline{\Delta}}{R} = 0$

$$\text{ie } \boxed{\underline{\Delta} = -\underline{e} j\omega RC} \quad \text{"montage dérivateur"}$$

1^{er} ordre

$$\underline{\Delta} = \frac{\mu_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}} \underline{\varepsilon} = \frac{\mu_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}} (V_+ - V_-)$$

$$\text{or } V_+ = 0, \text{ ainsi } \underline{\Delta} = \frac{-\mu_0}{1 + j\omega/\omega_c} \underline{V_-}$$

$$\text{on } \underline{V_-} = - \frac{1 + j\omega/\omega_c}{\mu_0} \underline{A}$$

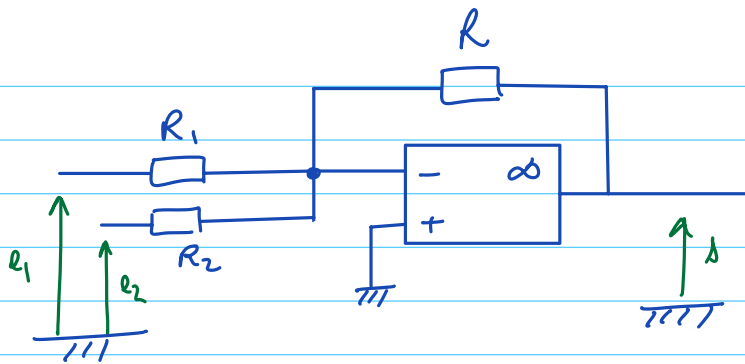
$$\text{D'apr } (1), \text{ on a donc } - \frac{1 + j\omega/\omega_c}{\mu_0} \underline{A} \left(j\omega C + \frac{1}{R} \right) = \underline{e} j\omega C + \frac{\underline{A}}{R}$$

$$\text{ie } - \underline{A} \left(\frac{(1 + j\omega/\omega_c)(j\omega C + 1/R) + \mu_0/R}{\mu_0} \right) = \underline{e} j\omega C$$

$$\underline{A} = - \underline{e} \frac{\mu_0 j\omega C}{j\omega C + \frac{1}{R} - \omega^2 \frac{C}{\omega_c} + j \frac{\omega}{R\omega_c} + \frac{\mu_0}{R}}$$

$$= - \underline{e} \frac{\mu_0 j\omega RC}{j\omega RC + 1 - \omega^2 \frac{RC}{\omega_c} + j \frac{\omega}{\omega_c} + \mu_0}$$

$$\underline{A} = - \underline{e} j\omega RC \frac{\mu_0}{1 + \mu_0 + j\omega \left(RC + \frac{1}{\omega_c} \right) - \omega^2 \frac{RC}{\omega_c}}$$



On a $V_+ = 0$

Par ailleurs, appliquons la loi des nœuds en V_- :

$$\frac{V_- - e_1}{R_1} + \frac{V_- - e_2}{R_2} + \frac{V_- - \Delta}{R} = 0$$

Par ailleurs, l'Alu étant en rétroaction négative, on peut faire l'hypothèse qu'il est en régime linéaire.

Gain dc On a $\varepsilon = V_+ - V_- = 0$ or $V_+ = 0$, donc $V_- = 0$

$$\text{On a donc } -\frac{e_1}{R_1} + -\frac{e_2}{R_2} + -\frac{\Delta}{R} = 0$$

$$\text{D'où } \boxed{\Delta = -R \left(\frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} \right)}$$

1^{er} ordre On a $\Delta = \frac{\mu_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}} \varepsilon = \frac{\mu_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}} (V_+ - V_-)$

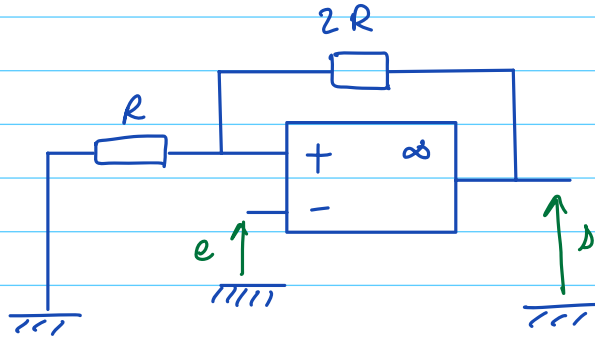
$$= \frac{-\mu_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}} V_- \quad \text{il } V_- = -\frac{1 + j\omega/\omega_c}{\mu_0} \Delta$$

$$\text{Ainsi } -\frac{1 + j\omega/\omega_c}{\mu_0} \Delta \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R} \right) - \frac{\Delta}{R} = \frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2}$$

$$= \frac{(1 + j\omega/\omega_c) (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R) + 1/R}{\mu_0} \Delta = \frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2}$$

$$\boxed{\Delta = - \left(\frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} \right) \frac{\mu_0}{(1 + j\omega/\omega_c) (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R) + \mu_0/R}}$$

SF2



On a $v_- = e$

Par la loi des nœuds en V_+ :

$$\frac{0 - V_+}{R} + \frac{\Delta - V_+}{2R} = 0$$

$$\frac{3}{2R} V_+ = \frac{\Delta}{2R}$$

$$\boxed{V_+ = \frac{\Delta}{3}} \quad (1)$$

En l'absence de rétroaction négative, on peut écarter le régime linéaire
On a donc $\Delta = \pm V_{\text{sat}}$

Supposons $\Delta = +V_{\text{sat}}$, on a donc $\varepsilon > 0$

Exprimons $\varepsilon = V_+ - V_-$

Par ailleurs, $\Delta = V_{\text{sat}}$

$$\text{Donc (1): } \varepsilon = \frac{\Delta}{3} - e$$

On change de mode de saturation quand $\varepsilon < 0$

$$\text{ie quand } \boxed{e > \frac{V_{\text{sat}}}{3}}$$

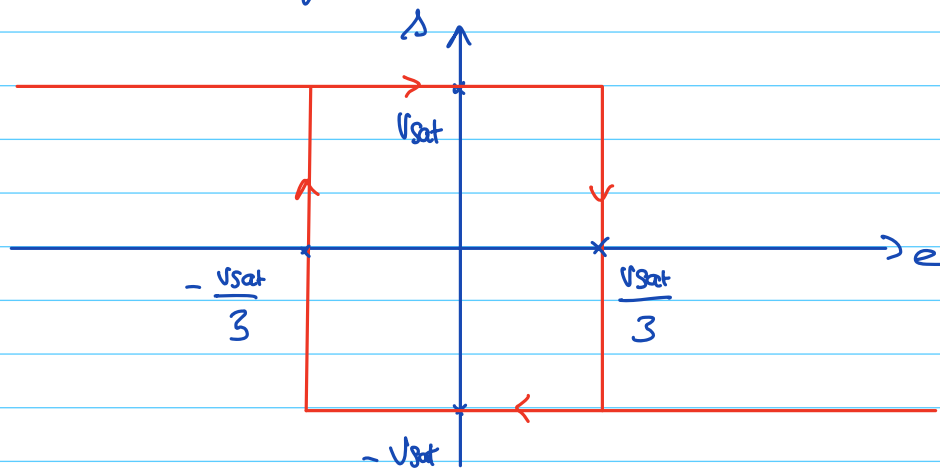
Supposons maintenant qu'on est en saturation basse, ie $\Delta = -V_{\text{sat}}$

$$\text{On a alors } \varepsilon = -\frac{V_{\text{sat}}}{3} - e$$

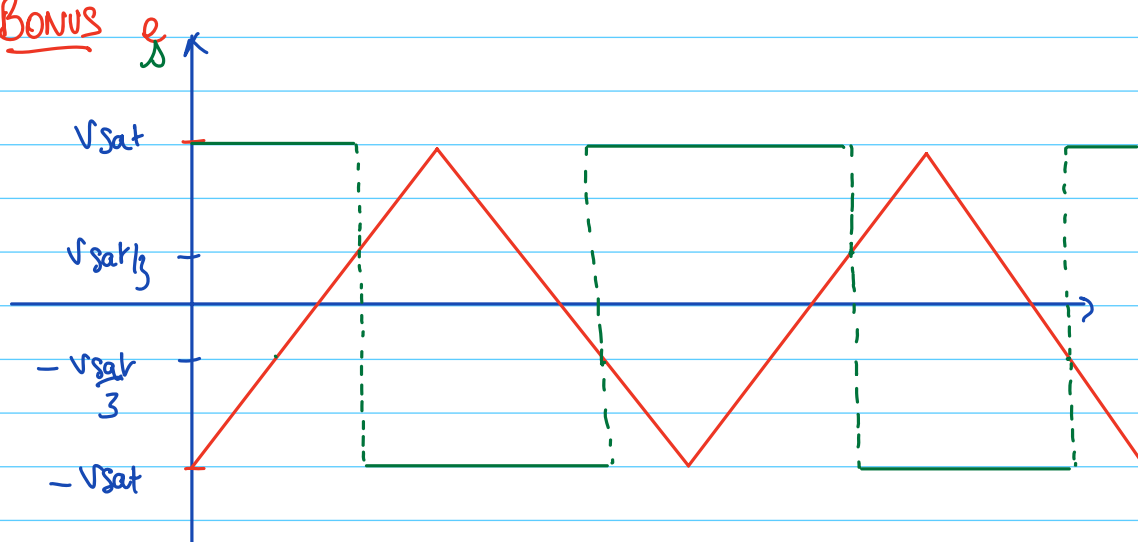
le régime bascule quand $\varepsilon > 0$

$$\text{ie } \boxed{e < -\frac{V_{\text{sat}}}{3}}$$

On a donc le diagramme s - e :



Bonus



TDE2

Exercice 2 - Limites de l'intégrateur pur

1) On a $V_+ = 0$

Pour ailleurs, l'Alu possède une rétroaction négative: on suppose qu'il fonctionne en régime linéaire. Ainsi, $V_+ = V_-$

Pour la loi des nœuds en E^- :

$$\frac{e - v_-}{R} + \frac{s - v_-}{1/j\omega C} = 0$$

ayant $V_- = V_+ = 0$, on a donc

$$s = -\frac{e}{j\omega RC}$$

On en déduit

$$e = -\frac{ds}{dt} RC$$

2) Si $e = E$ $E = -\frac{ds}{dt} RC$

$$\text{donc } \underline{s(t) = -\frac{E}{RC} t + \alpha} \quad \alpha \in \mathbb{R}$$

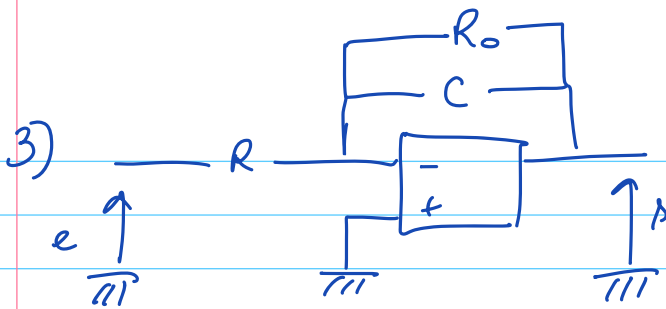
$s(t)$ diminue continuellement $\rightarrow$ il faudra peu attendre $-V_{sat}$

Si on prend $\alpha = 0$, s atteint $-V_{sat}$ à t_1 :

$$-V_{sat} = -\frac{E}{RC} t_1 \quad \text{et} \quad t_1 = \frac{V_{sat}}{E} \times RC = \underline{15 \text{ s}} \quad \text{c'est très rapide!}$$

On en déduit que si un signal a une composante continue, l'Alu saturera très rapidement du RL et le montage ne sera plus intégrateur.

💡 C'est une limitation À CONNAÎTRE!
Un intégrateur pur seul sature



En RL:

$$\frac{\Delta - \cancel{V_-}}{R_0} + \frac{\Delta - \cancel{V_-}}{1/j\omega C} + \frac{e - \cancel{V_-}}{R} = 0$$

$\cancel{V_-} = V_+ = 0$

$$\Delta \left(\frac{1}{R_0} + j\omega C \right) = - \frac{e}{R}$$

$$\text{ie } \frac{\Delta}{e} = \frac{-1/R}{\frac{1}{R_0} + j\omega C} = \underline{\underline{\frac{-R_0/R}{1 + j\omega R_0 C}}}$$

$$\frac{\Delta}{R_0} + C \frac{d\Delta}{dt} = - \frac{e}{R}$$

4) Pour $\omega \gg \frac{1}{R_0 C}$, $H_{eq} = \frac{1}{j\omega R_0 C} \Rightarrow \text{intégrateur}$

il faut $R_0 \text{ tq } \omega \gg \frac{1}{R_0 C}$

Mais n'intègre pas la continue

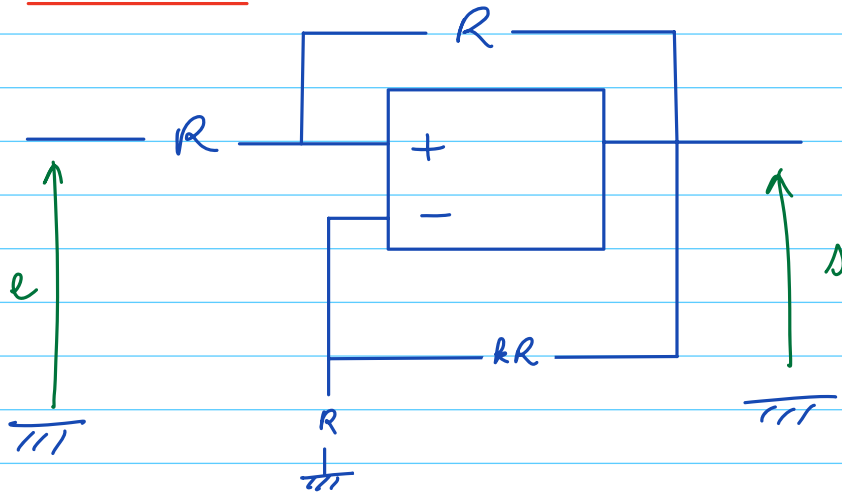
$$\text{c } \left(R_0 \gg \frac{1}{\omega C} \right)$$

5) $\Delta(1) = \underbrace{92 \times \left(\frac{-10}{20} \right)}_{H(0)} + \frac{-10/20}{10^4 \times 10 \cdot 10^{-3} \times 1 \cdot 10^{-6}} 3 \sin(10^4 t)$

$$= -0,1 - 1,5 \cdot 10^{-2} \sin(10^4 t)$$

$$\frac{1}{R_0 C} = 10^2 \text{ rad.s}^{-1} \ll 10^4 \text{ rad.s}^{-1} \quad (\checkmark)$$

Exercice 3 - Etude de stabilité



Dans le modèle de l'Au par - bas du 1^{er} ordre, on a

$$\underline{V_s} = \frac{\mu_0}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c}} \underline{e} \quad \text{avec } \mu_0 \sim 10^5, \quad \omega_c \sim 100 \text{ rad/s}^{-1}$$

Pour étudier la stabilité, supposons le régime linéaire atteint (possible car il y a une rétroaction négative)

On a par une loi des nœuds en $E+$:

$$\frac{e - V_+}{R} + \frac{\Delta - V_+}{R} = 0$$

$$\text{ie } \boxed{V_+ = \frac{1}{2}(e + \Delta)}$$

Par une loi des nœuds en $E-$:

$$\frac{0 - V_-}{R} + \frac{\Delta - V_-}{kR} = 0 \quad \text{ie } \boxed{\Delta = (1+k) V_-}$$

$$\text{On a donc } \underline{e} = \underline{V_+} - \underline{V_-} = \frac{1}{2}(e + \Delta) - \frac{1}{1+k} \Delta$$

$$\text{ie } \underline{e} = \frac{1}{2} \underline{e} + \frac{k-1}{2(1+k)} \underline{s}$$

$$\text{En utilisant } \underline{s} = \frac{\mu_0}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}} \underline{e}, \text{ on a}$$

$$\underline{s} = \frac{\mu_0}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}} \left(\frac{1}{2} \underline{e} + \frac{k-1}{2(1+k)} \underline{s} \right)$$

$$\text{ie } \underline{s} \left(\frac{1+j\omega/\omega_c}{\mu_0} - \frac{k-1}{2(1+k)} \right) = \frac{1}{2} \underline{e}$$

$$\text{ie } \underline{s} \frac{2(1+j\omega/\omega_c)(1+k) - (k-1)\mu_0}{2\mu_0(1+k)} = \underline{e} \frac{1}{2}$$

$$\underline{H} = \frac{\underline{s}}{\underline{e}} = \frac{\mu_0(1+k)}{2(1+k) - (k-1)\mu_0 + 2(1+k)j\frac{\omega}{\omega_c}}$$

Le système est stable si

$$2(1+k) - \mu_0(k-1) > 0 \quad \text{car } \frac{1+k}{\omega_c} > 0$$

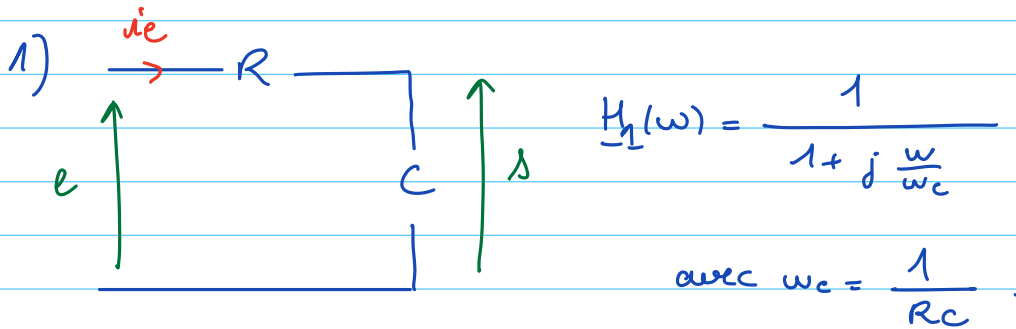
$$\text{or } 2(1+k) - \mu_0(k-1) \simeq -\mu_0(k-1) \quad \text{car } \mu_0 \gg 1$$

Ainsi, il faut $-(k-1) > 0$

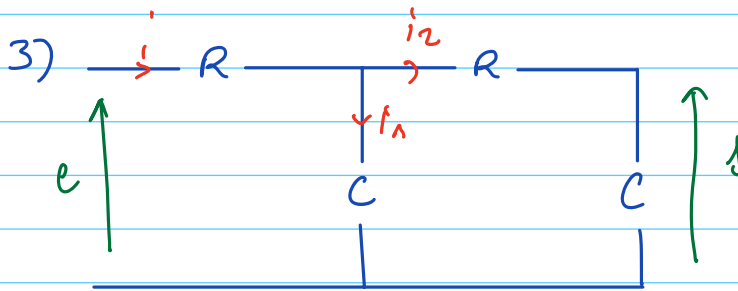
$$\text{ie } k-1 < 0$$

$$\text{ie } \boxed{k < 1}$$

Exercice 4 - Rôle du suiveur



2) $\underline{e} = \frac{e}{i_e} = \frac{R i_e + \frac{i_e}{j\omega C}}{i_e} = R + \frac{1}{j\omega C}$



$$= R(\underline{i_1} + \underline{i_2}) + j\omega RC \underline{s} + \underline{s}$$

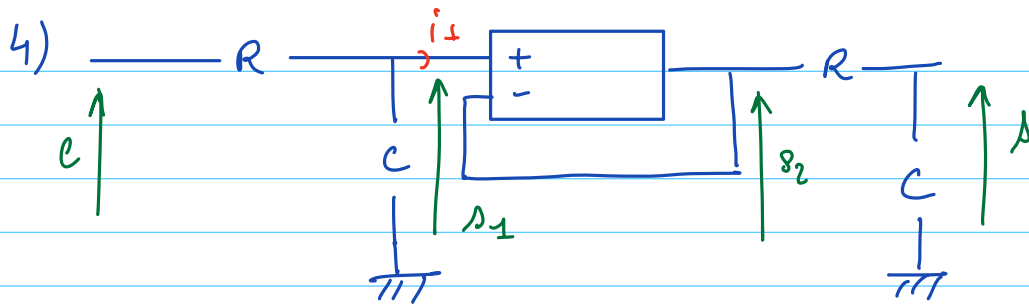
or $\underline{i_1} = j\omega C (R \underline{i_2} + \underline{s}) = j\omega C (j\omega RC + 1) \underline{s}$

$$\underline{e} = R (j\omega C (j\omega RC + 1) \underline{s} + j\omega C \underline{s}) + (j\omega RC + 1) \underline{s}$$

$$= R j\omega C \underline{s} (1 + j\omega RC + 1) + (j\omega RC + 1) \underline{s}$$

$$\underline{e} = (-R^2 C^2 \omega^2 + 3 j\omega RC + 1) \underline{s}$$

Donc $\underline{H_2} = \frac{\underline{s}}{\underline{e}} = \frac{1}{1 + 3 j\omega RC - R^2 C^2 \omega^2}$



On a $\frac{s_1}{e} = \underline{H_1}$ car $i_+ = 0$

Par ailleurs, $s_2 = s_1$ (relation entrée - sortie du suiveur)

Enfin $\frac{s}{s_2} = \underline{H_2}$

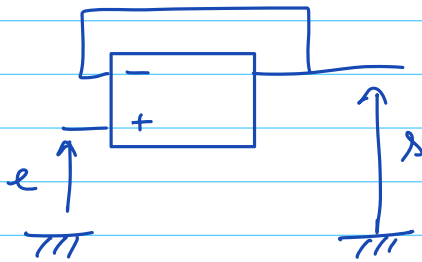
$$\text{Donc } \frac{s}{e} = \frac{s}{s_2} \times \frac{s_2}{e} = \underline{H_1} \times \underline{H_2} = \frac{1}{(1+jRC\omega)^2}$$

Les deux filtres en cascade fonctionnent donc comme s'ils étaient seuls dans le circuit.

Cela est dû à l'impédance d'entrée infinie du suiveur : ce qui suit le premier filtre ne change pas la fonction de transfert qui a été calculée en circuit ouvert

Exercice 5 - Défauts de l'AI réel

1)



2) L'AI semble en saturation basse quelle que soit la valeur de l'entrée.

Il est donc probable que l'expérimentatrice a échangé l'entrée inverseuse et l'entrée non inverseuse.

3) Le phénomène est probablement dû au slew-rate: la fréquence du signal d'entrée est en effet élevée.

$$\text{Ici, on a en sorte } \left| \frac{ds}{dt} \right| = \frac{5}{1,2 \cdot 10^6 \times \frac{1}{2}} \approx 10 \cdot 10^6 \text{ V/s} = 10 \text{ V}/\mu\text{s}$$

ce qui est
cohérent avec
les valeurs habituelles

Pour ne pas rencontrer ce problème, il faut $\left| \frac{ds}{dt} \right| < 10 \text{ V}/\mu\text{s}$

$$\text{Si } v_e(t) = E_0 \cos(\omega t), \text{ alors } \frac{dv_e}{dt} = -E_0 \omega \sin \omega t$$

$$\text{or } \left| \frac{dv_e}{dt} \right|_{\max} = E_0 \omega$$

$$\text{Il faut donc } E_0 \omega < 10 \text{ V}/\mu\text{s} \text{ ie } \omega < \frac{10}{10} \mu\text{s}^{-1} = \underline{10^6 \text{ rads}^{-1}}$$

$$\text{ou } \underline{f < 1,5 \cdot 10^5 \text{ Hz}}$$

4) Il y a saturation de l'AI, mais la tension de sortie étant entre $-2,1$ et $2,1 \text{ V}$, il ne s'agit pas d'une saturation en tension.

Il s'agit donc à priori d'une saturation en intensité, probablement due à une résistance trop faible en série, qui appelle un courant trop important.

$$\text{Ici, on a } i_{\text{sat}} = \frac{S_{\text{max}}}{R} = \underline{25 \text{ mA}}$$

Si on veut garder le même signal d'entrée, mais bien avoir $S = e$, il faut

$$i = \frac{e_{\text{max}}}{R'} < i_{\text{sat}} \text{ ie } R' > \frac{e_{\text{max}}}{i_{\text{sat}}} = \frac{10}{25 \cdot 10^{-3}} = \underline{400 \Omega}.$$

Exercice 6 - Résistance négative

- 1) Il y a une rétroaction négative, mais aussi une rétroaction positive. On ne peut donc pas anticiper simplement le fonctionnement de l'Au.

Par une loi des nœuds, on a :

$$\begin{array}{l} \text{en } E^- : \quad \frac{\Delta - V_-}{R_1} + i_e = 0 \quad \text{ce} \quad \boxed{V_- = R_1 i_e + \Delta} \\ \text{en } E^+ : \quad \frac{\Delta - V_+}{R_2} + \frac{0 - V_+}{R_0} = 0 \quad \boxed{V_+ = \frac{R_0}{R_0 + R_2} \Delta} \end{array}$$

- 2) On a $V_- = e$

En régime linéaire, avec le modèle de l'Au de gain infini : $V_+ = V_-$

$$\text{On a donc } e = R_1 i_e + \Delta \quad \text{et} \quad e = \frac{R_0}{R_0 + R_2} \Delta$$

$$\text{D'où } \Delta = \frac{R_0 + R_2}{R_0} e$$

$$\text{Et } e = R_1 i_e + \frac{R_0 + R_2}{R_0} e$$

$$\left(1 - \frac{R_0 + R_2}{R_0}\right) e = R_1 i_e$$

$$\boxed{e = -\frac{R_0}{R_2} R_1 i_e}$$

$$\text{on a donc } e = R_N i_e$$

avec $R_N = -\frac{R_0}{R_2} R_1$

- 3) L'Au quitte le régime linéaire pour la saturation haute si Δ atteint $+V_{\text{sat}}$.

$$\text{si } e - R_1 i_e \text{ atteint } +V_{\text{sat}}$$

$$(R_N - R_1) i_e = V_{\text{sat}}$$

$$i_e = \frac{V_{\text{sat}}}{R_N - R_1} = \frac{V_{\text{sat}}}{-R_1 \left(\frac{R_0}{R_2} + 1\right)} = -\frac{V_{\text{sat}} R_2}{R_1 (R_0 + R_2)} = -I_{\text{bas}}.$$

Pour savoir s'il y a phénomène d'hystérésis, il faut exprimer l'intensité de bascule de la saturation haute vers le régime linéaire.

L'Alu reste en saturation haute tant que $v_f - v_- > 0$

$$\text{ie } \frac{R_0}{R_0 + R_2} V_{\text{sat}} > V_{\text{sat}} + R_1 i_e$$

$$\text{Soit } i_e < -\frac{R_2}{R_0 + R_2} \frac{V_{\text{sat}}}{R_1} = -i_{\text{base}}$$

Il n'y a donc pas de phénomène d'hystérésis.

4) L'Alu quitte le régime linéaire pour la saturation basse si $v_f - v_- < 0$

$$\text{si } e - R_1 i_e \text{ atteint } -V_{\text{sat}}$$

$$(R_N - R_1) i_e = -V_{\text{sat}}$$

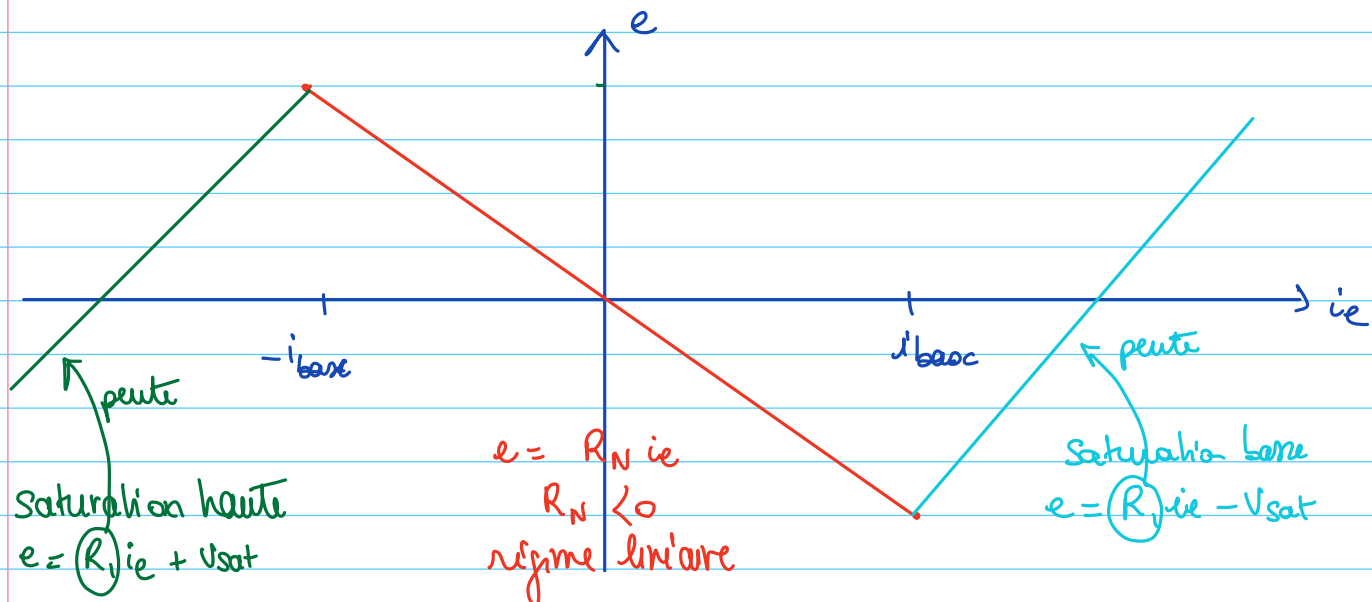
$$i_e = \frac{-V_{\text{sat}}}{R_N - R_1} = \frac{-V_{\text{sat}}}{-R_1 \left(\frac{R_0}{R_2} + 1 \right)} = + \frac{V_{\text{sat}} R_2}{R_1 (R_0 + R_2)} = +i_{\text{base}}$$

De même, l'Alu reste en saturation basse tant que $v_f - v_- < 0$

$$\text{ie } -\frac{R_0}{R_0 + R_2} V_{\text{sat}} < -V_{\text{sat}} + R_1 i_e$$

$$\text{Soit } i_e < \frac{R_2}{R_0 + R_2} \frac{V_{\text{sat}}}{R_1} = i_{\text{base}} \quad \text{Il n'y a pas d'hystérésis}$$

5)



Exercice 7 - Amplificateur différentiel

1) Casus: $\mu_o \sim 10^5$ $|Z_e| \sim 10 \text{ M}\Omega$ $|Z_s| \sim 100 \Omega$

2) Casus: $\mu_o \rightarrow \infty$ $|Z_e| \rightarrow \infty$ $|Z_s| = 0$

3) Pour l'Au1: $\frac{V_{e1} - V_{+1}}{R} = 0 \Rightarrow \underline{V_{+1}} = \underline{V_{e1}}$

et $\frac{V_1 - V_{-1}}{R} + \frac{V_{-2} - V_{-1}}{R'} = 0 \Rightarrow V_{-1} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right) = \frac{V_1}{R} + \frac{V_{-2}}{R'}$
$$\Rightarrow \underline{V_{-1}} = \frac{1}{R+R'} (R' V_1 + R V_{-2})$$

Donc $\underline{V_{e1}} = \frac{1}{R+R'} (R' V_1 + R V_{-2}) \quad (1)$

Par ailleurs, pour l'Au2:

$$\underline{V_{+2}} = \underline{V_{e2}}$$

En régime linéaire, $\underline{V_{+2}} = \underline{V_{-2}}$

Donc dans (1): $\underline{V_{e1}} = \frac{1}{R+R'} (R' V_1 + R \underline{V_{e2}})$

ou $\underline{V_1} = \frac{R+R'}{R'} \underline{V_{e1}} - \frac{R}{R'} \underline{V_{e2}}$

Par ailleurs, par une loi des nœuds en E-2:

$$\frac{\underline{V_{-1}} - \underline{V_{-2}}}{R'} + \frac{\underline{V_2} - \underline{V_{-2}}}{R} = 0$$

Or on a $\underline{V_{-1}} = \underline{V_{e1}}$ et $\underline{V_{-2}} = \underline{V_{e2}}$

Donc $\frac{\underline{V_{e1}} - \underline{V_{e2}}}{R'} + \frac{\underline{V_2} - \underline{V_{e2}}}{R} = 0$

Donc $\underline{V_2} = \left(\frac{R}{R'} + 1 \right) \underline{V_{e2}} - \frac{R}{R'} \underline{V_{e1}}$

Au final

$$\underline{V_2} - \underline{V_1} = \frac{R+R'}{R'} \underline{V_{e2}} - \frac{R}{R'} \underline{V_{e1}} - \left(\frac{R+R'}{R'} \underline{V_{e1}} - \frac{R}{R'} \underline{V_{e2}} \right)$$

$$\underline{V_2} - \underline{V_1} = \left(\frac{R+R'}{R'} + \frac{R}{R'} \right) (\underline{V_{e2}} - \underline{V_{e1}}) = \frac{2R+R'}{R'} (\underline{V_{e2}} - \underline{V_{e1}})$$

4) Pour l'Au 3:

en E_{3+} : $\frac{\underline{V_1} - \underline{V_{3+}}}{R} + \frac{0 - \underline{V_{3+}}}{R} = 0$

soit $\underline{V_{3+}} = \frac{\underline{V_1}}{2}$

en E_{3-} : $\frac{\underline{V_2} - \underline{V_{3-}}}{R} + \frac{\underline{V_s} - \underline{V_{3-}}}{R} = 0$

soit $\underline{V_3} = 2 \underline{V_{3-}} - \underline{V_2} = 2 \underline{V_{3+}} - \underline{V_2}$

$$= 2 \frac{\underline{V_1}}{2} - \underline{V_2} = \underline{V_1} - \underline{V_2} = \frac{2R+R'}{R'} (\underline{V_{e1}} - \underline{V_{e2}})$$

5) $A_d = \left| \frac{\underline{V_s}}{\underline{V_{e1}} - \underline{V_{e2}}} \right| = \frac{2R+R'}{R'} = \frac{2 \times 100 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^3}$

$$= \frac{202}{2} = \underline{101}$$

Exercice 8 - Comparateur à hystérésis inversé de Cali

1) Par une loi des nœuds en terme de potentiel, on a

$$\frac{V_o - V_+}{R_1} + \frac{V_s - V_+}{R_2} = 0 \quad \text{et} \quad V_+ \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{V_o}{R_1} + \frac{V_s}{R_2}$$

$$V_+ = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \left(\frac{V_o}{R_1} + \frac{V_s}{R_2} \right) = \beta V_s + (1 - \beta) V_o$$

$$V_+ = \beta V_s + (1 - \beta) V_o$$

2) Il n'y a pas de rétroaction sur la borne non-inverseuse, donc l'Aci fonctionne nécessairement en régime saturé.

Supposons l'Aci en saturation haute: $\varepsilon > 0$ et $V_s = +V_{sat}$.

$$\text{On a } \varepsilon = V_+ - V_- = \beta V_{sat} + (1 - \beta) V_o - V_e$$

La bascule a lieu quand $\varepsilon < 0$

$$\text{et } \underbrace{V_e > \beta V_{sat} + (1 - \beta) V_o}_{\beta = 1/3} = \frac{1}{3} V_{sat} + \frac{2}{3} V_o = \frac{1}{9} V$$

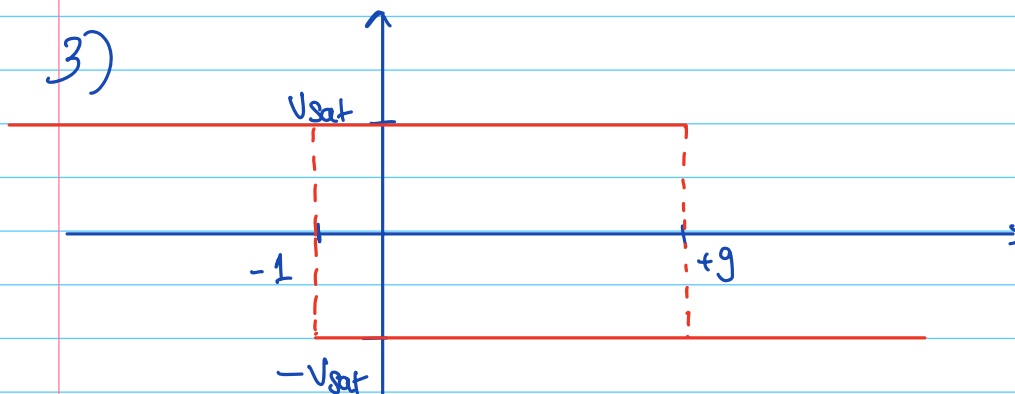
Supposons maintenant l'Aci en saturation basse: $\varepsilon < 0$ et $V_s = -V_{sat}$

$$\text{On a } \varepsilon = \beta(-V_{sat}) + (1 - \beta) V_o - V_e$$

La bascule a lieu pour $\varepsilon > 0$

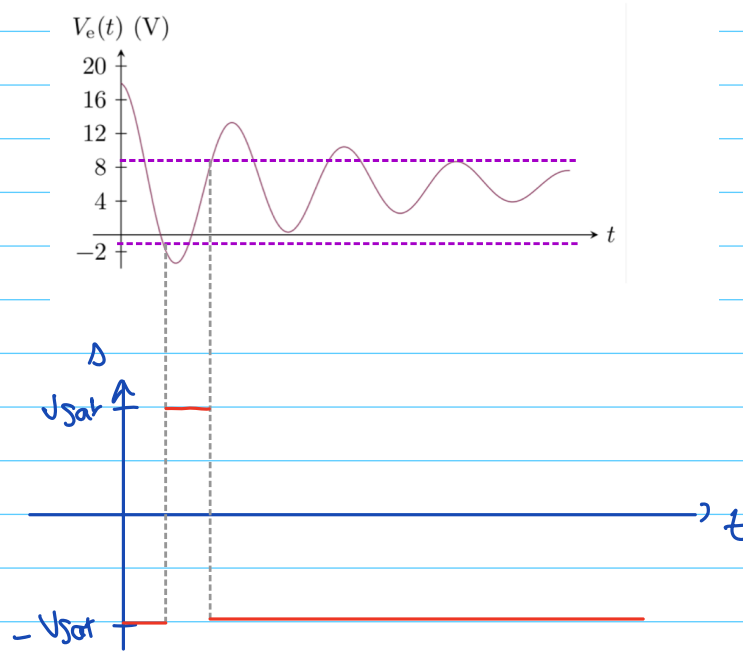
$$\text{et } \underbrace{V_e < -\beta V_{sat} + (1 - \beta) V_o}_{\beta = 1/3} = -\frac{1}{3} V_{sat} + \frac{2}{3} V_o = -1 V$$

3)



On retrouve le comportement caractéristique d'un comparateur à hystérésis, mais décalé de $\frac{2}{3} V_0$.

4)



à $t = 0$ $V_e > 9V$

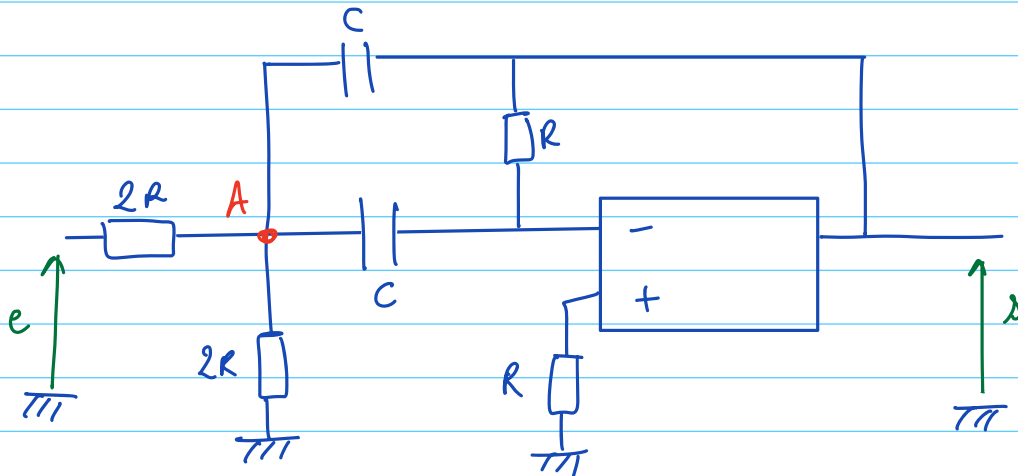
$\Rightarrow$ saturation basse

on bascule en saturation haute quand $V_e < -1V$

on bascule en saturation basse quand $V_e > 9V$

Puis V_e ne redescend plus inférieur à $-1V$
 $\hookrightarrow$ on reste en saturation basse

Exercice 9 - Filtre passe-bande - Oral 2024



1) La loi des nœuds donne:

$$\text{en } A: \frac{e - \underline{V}_A}{2R} + \frac{0 - \underline{V}_A}{2R} + \frac{\underline{V}_- - \underline{V}_A}{1/j\omega C} + \frac{s - \underline{V}_A}{1/j\omega C} = 0$$

$$\text{ie } \underline{V}_A \left(\frac{1}{R} + 2j\omega C \right) = \frac{e}{2R} + j\omega C \underline{V}_- + j\omega C s \quad (1)$$

$$\text{en } E_-: \frac{\underline{V}_A - \underline{V}_-}{1/j\omega C} + \frac{s - \underline{V}_-}{R} = 0$$

$$\text{ie } \underline{V}_A j\omega C + \frac{s}{R} = \left(j\omega C + \frac{1}{R} \right) \underline{V}_- \quad (2)$$

Par ailleurs, on a l'intensité qui traverse la résistance en E_+ qui est nulle (intensité d'entrée de l'Au). Donc $\underline{V}_+ = 0$.

En régime linéaire, on a donc $\underline{V}_- = 0$.

$$\text{D'où (1): } \underline{V}_A \left(\frac{1}{R} + 2j\omega C \right) = \frac{e}{2R} + j\omega C s$$

$$(2): \underline{V}_A j\omega C = - \frac{s}{R} \quad \text{ie } \underline{V}_A = - \frac{s}{j\omega RC}$$

En réinjectant dans (1): $-\frac{1}{j\omega RC} \left(\frac{1}{R} + 2j\omega C \right) = \frac{e}{2R} + j\omega C 1$

$$\text{d'où } 1 \left(\frac{1}{j\omega R^2 C} + \frac{2}{R} + j\omega C \right) = -\frac{e}{2R}$$

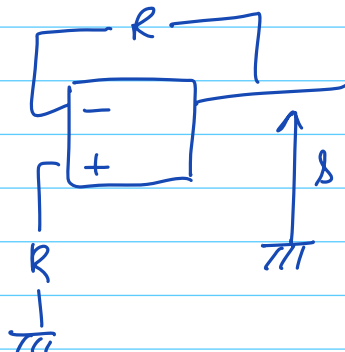
$$\frac{1}{e} = -\frac{1/2R}{\frac{2}{R} + j\omega C + \frac{1}{j\omega R^2 C}} = -\frac{1/4}{1 + j\omega \frac{RC}{2} + \frac{1}{j\omega RC}}$$

Par identification: $a = -1/4$

$$\text{or } \begin{cases} \frac{b}{\omega_0} = \frac{RC}{2} \\ b\omega_0 = \frac{1}{2RC} \end{cases} \quad \text{re} \quad \begin{cases} b^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow b = 1/2 \\ \omega_0^2 = \frac{1}{(RC)^2} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{RC} \end{cases}$$

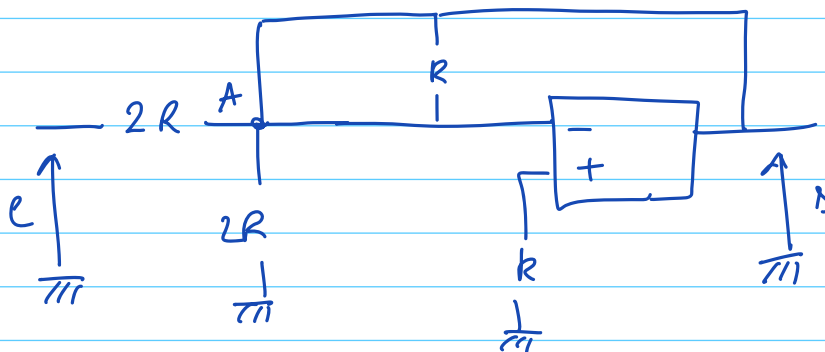
On aurait pu prévoir la nature du filtre avec une analyse du circuit en hautes et basses fréquences

En basse fréquence:



$$\begin{aligned} \text{ie } V_- &= s \\ V_+ &= 0 \\ \text{D'où } s &= 0 \end{aligned}$$

En haute fréquence



$$\begin{aligned} \text{On a } V_A &= s \\ V_- &= V_A \\ \text{Donc } V_- &= s \\ \text{or } V_+ &= 0 \\ \text{D'où } s &= 0 \end{aligned}$$

$$2) \frac{s}{e} = \frac{a}{1 + j\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

$$s \left(1 + j\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right) \right) = e a$$

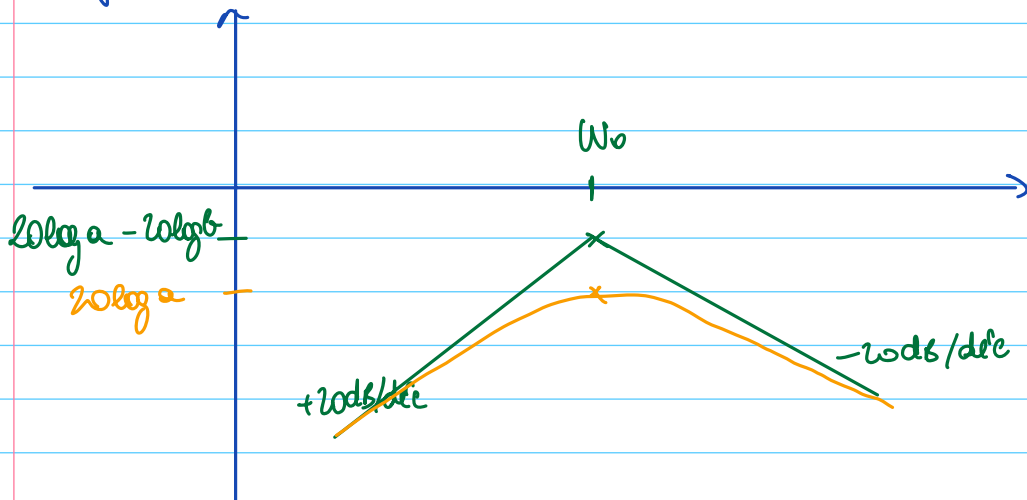
$$s \left(j\omega - \frac{b\omega^2}{\omega_0} + b\omega_0 \right) = e j\omega a$$

$$\boxed{\frac{ds}{dt} + \frac{b}{\omega_0} \frac{d^2s}{dt^2} + b\omega_0 s(t) = a \frac{de}{dt}}$$

$$3) \omega_0 = \frac{1}{Rc} = \frac{1}{10^3 \times 100 \cdot 10^{-9}} = \underline{10^4 \text{ rad s}^{-1}}$$

$$\text{On a par ailleurs } b = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}, \text{ donc } \Delta\omega = \frac{\omega_0}{b} = \underline{2 \cdot 10^4 \text{ rad s}^{-1}}$$

4) cf calcul du cours



5) cours