

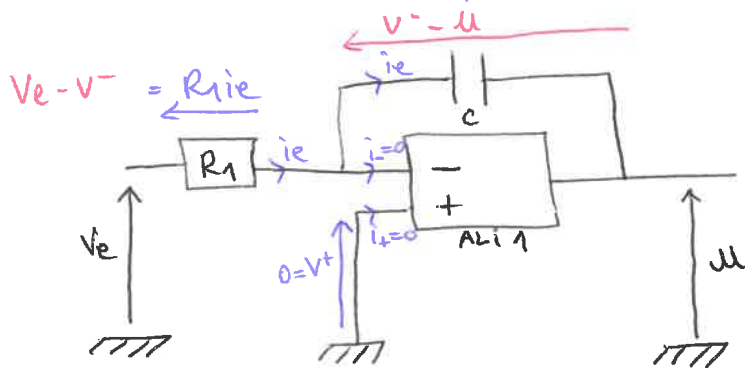
1) Pour un ALi idéal en régime linéaire,

- $i_+ = i_- = 0$ ✓
- $\varepsilon = 0$ donc $\mu = \frac{S}{\varepsilon} \rightarrow +\infty$ ✓

2) L'ALi 2 fonctionne en régime saturé car il y a une rétroaction positive. ✓

3) L'ALi 1 fonctionne en régime linéaire car il y a une rétroaction négative. ✓

4) Pour $V_e = +V_o > 0$, D_1 est fermé et D_2 est ouvert.



Notez bien les ddp sur le schéma pour justifier facilement

En régime linéaire,

$$\varepsilon = V^+ - V^- = 0 \text{ or } V^+ = 0 \text{ donc } V^- = 0 \text{ ✓}$$

De plus,

$$V_e = R_1 i_e \text{ donc } i_e = \frac{V_e}{R_1}$$

$$Z_c i_e = -u \text{ donc } i_e = \frac{-u}{Z_c}$$

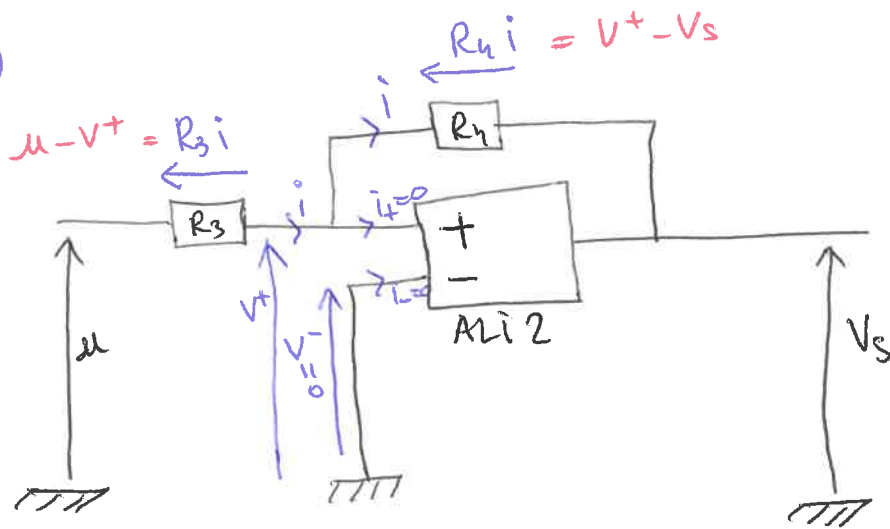
$$\text{donc } V_e Z_c = -u R_1$$

$$\text{d'où } u = \frac{-V_e}{R_1 j\omega C} = \frac{-V_o}{R_1 j\omega C} \rightarrow \frac{du}{dt} = -\frac{V_e}{R_1 C}$$

$$\text{ainsi } u(t) = -\frac{V_o}{R_1 C} t + Cst \text{ or } u(0) = 0 \text{ donc } Cst = 0$$

$$\boxed{u(t) = -\frac{V_o}{R_1 C} t} \text{ ✓}$$

5)



Par loi d'Ohm, on a:

$$u = R_3 i + V^+ \quad \text{donc } i = \frac{u - V^+}{R_3}$$

$$V^+ = R_4 i + V_s \quad \text{donc } i = \frac{V^+ - V_s}{R_4}$$

$$\text{donc } V^+ R_3 - V_s R_3 = u R_4 - V^+ R_4$$

$$V^+ (R_3 + R_4) = u R_4 + V_s R_3$$

$$\text{d'où } \boxed{V^+ = \frac{u R_4 + V_s R_3}{R_3 + R_4}}$$

on peut repondre directement:
pour $0 < t < t_1$ $V_e = +V_0$

au basculement à t_1

$$E(t_1) = 0.$$

$$\text{c'est à dire } u(t_1) = -\frac{R_3}{R_4} V_0$$

$$-\frac{V_0}{RC} t_1 = -\frac{R_3}{R_4} V_0$$

Nous sommes en régime saturé donc:

En saturation haute:

$$E > 0 \quad \text{et } V_s = +V_{\text{sat}}$$

$$\text{Or } E = V^+ - V^- \quad \text{or } V^- = 0 \quad \text{car tension au borne d'un fil.}$$

$$\text{donc } E = \frac{u R_4 + V_{\text{sat}} R_3}{R_3 + R_4} > 0$$

$$u R_4 + V_{\text{sat}} R_3 > 0$$

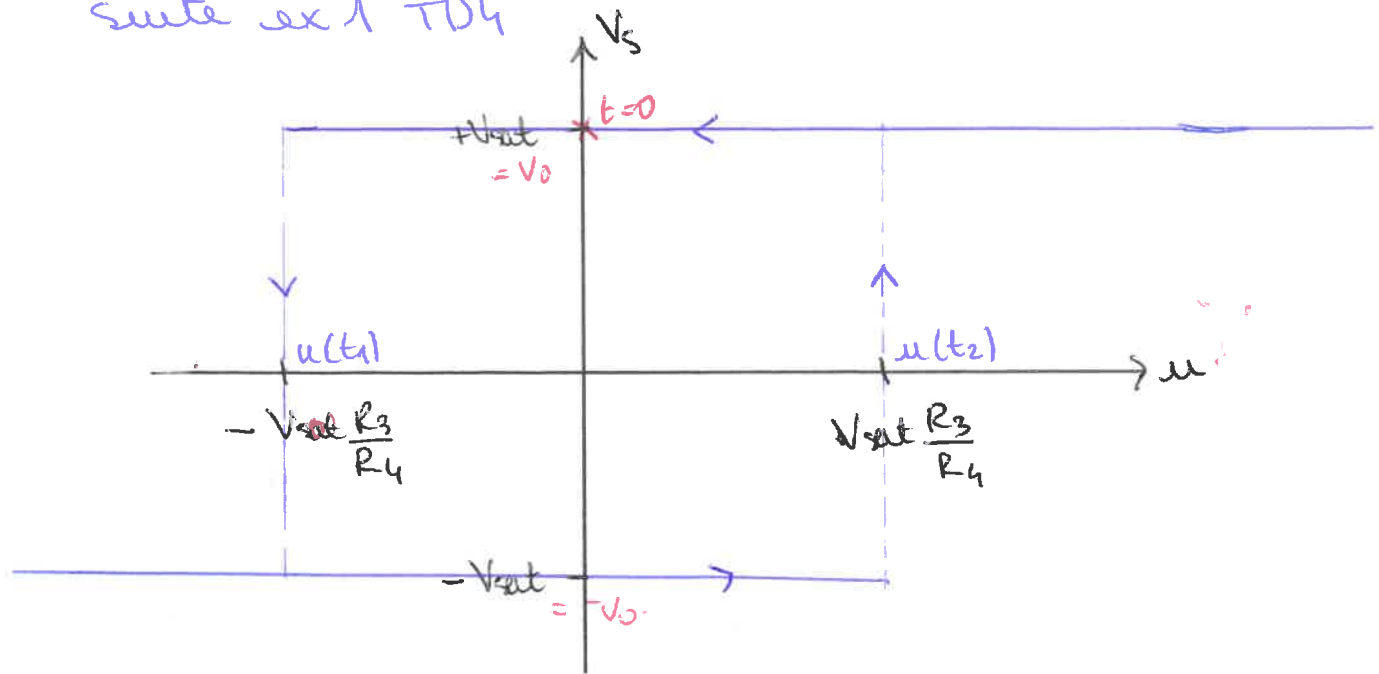
$$\text{d'où } u > -V_{\text{sat}} \frac{R_3}{R_4}$$

En saturation basse:

$$E < 0 \quad \text{et } V_s = -V_{\text{sat}}$$

$$\text{donc } u < V_{\text{sat}} \frac{R_3}{R_4}$$

suite ex 1 TD4



$$u(t_1) = \frac{-V_0}{R_1 C} t_1 = -V_{sat} \frac{R_3}{R_4}$$

d'où $t_1 = \frac{V_{sat} R_3 R_1 C}{V_0 R_4} = \frac{R_3}{R_4} R_1 C$ car ici $V_{sat} = V_0$.

qui est $u(t)$

- 6) Elle ne peut pas être discontinue car la tension aux bornes du condensateur est $-u$, et au bord d'un condensateur, la tension est continue donc u est continue.

→ T_{app} rapide. | refaire proprement le raisonnement entier avec $u(t)$ continue.

- 7) Par analogie à la question 4 avec cette fois D_1 ouvert et D_2 fermé,

$$u(t) = \frac{V_0}{R_2 C} (t - t_1) + u(t_1) \quad \rightarrow \quad \frac{du}{dt} = \frac{-V_e}{R_2 C} \text{ avec } V_e = -V_0$$

or $u(t_1) = -V_{sat} \frac{R_3}{R_4} \rightarrow u(t) = \frac{V_0}{R_2 C} (t - t_1) - V_0 \frac{R_3}{R_4}$

donc $u(t_2) = \frac{V_0}{R_2 C} (t_2 - t_1) - \frac{V_0}{R_4} t_1 \frac{R_3}{R_4} - V_{sat} \frac{R_3}{R_4}$ or

$$\frac{V_0}{R_2 C} t_2 + t_1 \left(-\frac{V_0}{R_2 C} - \frac{V_0 R_3}{R_1 R_4} \right) = V_{sat} \frac{R_3}{R_4}$$

$$t_2 = \frac{R_3}{R_4} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) R_2 C$$

$$t_2 = \left(V_{sat} \frac{R_3}{R_4} + \frac{t_1 V_0}{C} \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} \right) \right) \frac{R_2 C}{V_0}$$

$$t_2 = \frac{V_{sat} R_3 R_2 C}{V_0 R_4} + t_1 R_2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} \right)$$

3/4

8) ~~Par lecture graphique:~~

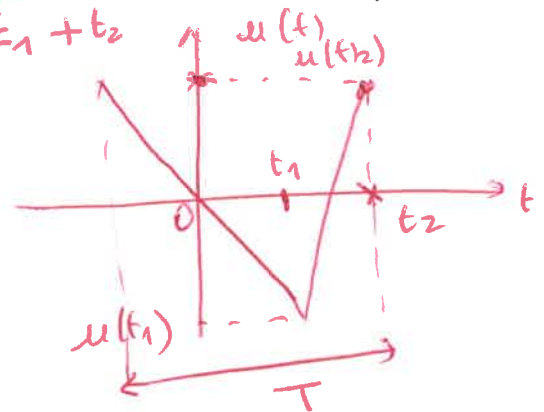
- Période: $T = \cancel{t_1 + t_2}$ lue graphiquement = 5 ms

$$T = \cancel{\frac{V_{sat} R_3 R_2 C}{V_0 R_4}} + t_1 R_2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} \right) + \cancel{\frac{V_{sat} R_3 R_1 C}{V_0 R_4}}$$

$$T = 2t_1 + t_2$$

- $u(t_1) = -V_{sat} \frac{R_3}{R_4}$ ✓

- $u(t_2) = V_{sat} \frac{R_3}{R_4}$ ✓



Par lecture graphique:

- $u(t_1) = -3V = -V_{sat} \frac{R_3}{R_4} = -15 \frac{R_3}{1}$

donc $R_3 = \frac{-3}{-15} = \frac{1}{5} k\Omega = 200 \Omega$ ✓

- $t_1 = 2ms = 2 \times 10^{-3}s$ ✓ 0 au centre de l'écran

or $u(t_1) = -\frac{V_0}{R_1 C} t_1 = -3V$

donc $R_1 = \frac{-V_0 t_1}{C \cdot u(t_1)} = \frac{15 \times 2 \times 10^{-3}}{+3 \times 1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^4 \Omega = 10 k\Omega$ ✓

- on isole R_2 dans l'expression de T : → erreur.

$$R_2 = \frac{t_2 - \frac{R_3 R_1 C}{R_4}}{\frac{R_3 C}{R_4} + \frac{t_1}{R_1}} = \frac{3 \times 10^{-3} - \frac{200 \times 10 \times 10^3 \times 10^{-6}}{1 \times 10^3}}{\frac{200 \times 10^{-6}}{10^3} + \frac{2 \times 10^{-3}}{10 \times 10^3}}$$

$$R_2 = -42500 \Omega$$

Ce qui est incohérent.

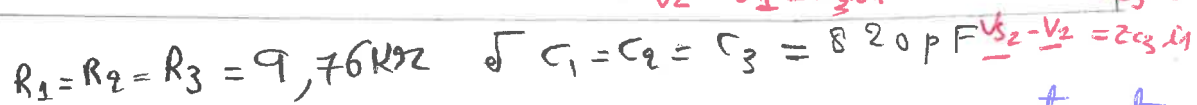
en effet.

$$u(t_2) = \frac{V_0 t_2}{R_2 C} \quad R_2 = \frac{V_0 t_2}{C u(t_2)} = \frac{15 \times 3 \cdot 10^{-3}}{10^{-6} \times 3} = 15 k\Omega$$

$u(t_2) = 3V$ et $t_2 = 3ms$ par lecture graphique

4/4

Exercice II du TD 4 : $v = v_{\text{sat}}$



2) $i_1 = 0 \Rightarrow R_2$ et C_2 sont en série
Donc par le pont diviseur de tension

$$\Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{V_{s1}} = \frac{1}{1 + jR_2 C_2 \omega} \quad \text{or} \quad a_2 = R_2 C_2 \omega = P$$

(v)

3) par les lois des nœuds

$$\underline{i} = \frac{V_{s2} - V^-}{R_1} = \frac{V^- - V_{s1}}{Z_{c1}}$$

or $V^+ = V^- = V_1$ Car ALT_1 idéal

$$\frac{V_{s2} - V_1}{R_1} = \frac{V_1 - V_{s1}}{Z_{c1}}$$

$$R_1 V_1 - R_1 V_{s1} = Z_{c1} V_{s2} - Z_{c1} V_1$$

$$\textcircled{1} \quad \underline{V_1} (R_1 + Z_{c1}) = \underline{V_{s2}} Z_{c1} + R_1 \underline{V_{s1}} \quad \text{avec } Z_{c1} = \frac{1}{j\omega C_1}$$

• Si $V_{s1} = 0 \Rightarrow \underline{V_{s2}} Z_{c1} + R_1 \underline{V_{s1}} = 0$

$$\Rightarrow R_1 \underline{V_{s1}} = -Z_{c1} \underline{V_{s2}}$$

$$\Rightarrow \frac{\underline{V_{s1}}}{\underline{V_{s2}}} = -\frac{Z_{c1}}{R_1} = \frac{-1}{jC_1 R_1 \omega} \quad \text{or } R_1 C_1 = a_1 \text{ et } j\omega = p$$

$$\Rightarrow \frac{\underline{V_{s1}}}{\underline{V_{s2}}} = \frac{-1}{a_1 p} \Rightarrow$$

Donc $\frac{\underline{V_{s1}}}{\underline{V_{s2}}} = -\frac{1}{a_1 p}$

Donc $\underline{V_{s1}}(t) = -\frac{1}{a_1} \int \underline{V_{s2}}(t) dt$

Donc la fonction réalise un intégrateur B

4) par les lois des nœuds

$$\underline{i} = \frac{V_2 - V^-}{R_3} = \frac{V^- - V^-}{Z_{c3}}$$

$$\Rightarrow \frac{V_2 - V^-}{R_3} = 0$$

or $V_1 = 0$ et $V^- = V^+ = V_2$

(2)

4) De même

$$\underline{V}_1 - \underline{V}_2 = \frac{R_3}{Z_{C3}} (\underline{V}_2 - \underline{V}_{S2}) \quad \text{au lieu de dire l'un après l'autre du circuit.}$$

$$\text{or } \underline{V}_1 = 0 \Rightarrow \underline{V}_2 \left(\frac{R_3}{Z_{C3}} + 1 \right) = \underline{V}_{S2} \frac{R_3}{Z_{C3}}$$

$$\Rightarrow \frac{\underline{V}_{S2}}{\underline{V}_2} = \frac{R_3}{Z_{C3}} + 1$$

$$\Rightarrow \frac{\underline{V}_{S2}}{\underline{V}_2} = a_3 p + 1 = \frac{1 + a_3 p}{a_3 p}$$

5) On a du mal à trouver la relation demandée. Bien vrai qu'on envisage de faire le produit des trois fonctions des transferts des trois blocs ! Peut être, on se trompe sur les fonctions de transfert.

$$\text{au lieu!} \quad \frac{\underline{V}_{S2}}{\underline{V}_2} \times \frac{\underline{V}_2}{\underline{V}_{S1}} \times \frac{\underline{V}_{S1}}{\underline{V}_{S2}} = 1$$

$$\frac{(1 + a_3 p)}{a_3 p} \times \frac{1}{1 + a_2 p} \times \left(-\frac{1}{a_1 p} \right) = 1$$

donne la relation demandée...
 → remplace p par $j\omega$, identifier parties imaginaires et réelles

$$\Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{a_1 a_3}} = \frac{1}{\sqrt{a_1 a_2}}$$

$$\text{avec } a_1 = a_2 = a_3 \quad f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi a} = \frac{1}{2\pi RC}$$

320 kHz

(3)

6) On a vu $\frac{V_{s1}}{V_{s2}} = -\frac{1}{a_1 p}$ —

Donc $\frac{V_{s2}}{V_{s1}} = -a_1 p$ —

→ Dérivée non homogène!

Donc $V_{s2}(t) = -a_1 \frac{dV_{s1}(t)}{dt}$ fonction
dérivée

Les annotations montrent que "la sortie en sinus" va être dérivée pour obtenir "la sortie cosinus". B

→ en fait en oscillateur $V_{s1} = V_1 \sin(\omega t)$

(4)

①/②

Fellmann

Joan

Zhang

Olivier

Agody Antoine

Groupe 9:

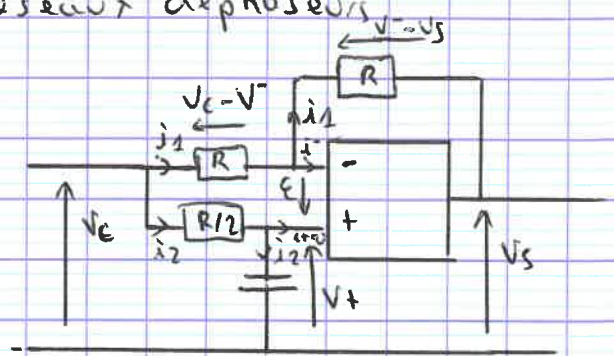
PSI

TD 4:

Boutaric

Exercice 3: Oscillateur à réseau déphaseur

1.
a. on cherche la fonction de transfert du montage suivant:



Par définition $F = \frac{V_s}{V_e}$

Par loi d'ohm: $R i_1 = V_e - V^-$

$R i_2 = V^- - V_s$

$$\text{D'où } \frac{V_e - V^-}{R} = \frac{V^- - V_s}{R}$$

$$\Rightarrow V_e - V^- = V^- - V_s$$

$$\rightarrow 2V^- = V_e + V_s$$

Comme l'ALI est idéal et fonctionne en régime linéaire

$$e = V^+ - V^- = 0 \quad \text{Donc } V^+ = V^-$$

or $i^+ = i^- = 0$ donc $R/2$ et C sont en séries

Donc par pont diviseur de tension: $V^- = V^+ = \frac{Z_C}{Z_C + R/2} V_e$

$$\text{Donc } V_e \left(1 - \frac{Z_C}{Z_C + R/2} \right) = V_e \frac{Z_C}{Z_C + R/2} - V_s$$

$$\Rightarrow V_e \left(1 - \frac{2Z_C}{Z_C + R/2} \right) = -V_s$$

$$\Rightarrow \frac{V_s}{V_e} = \frac{2Z_C}{Z_C + R/2} - 1$$

$$= \frac{2Z_C - Z_C - R/2}{Z_C + R/2}$$

$$F = \frac{V_s}{V_e} = \frac{1 - j\omega R/2}{1 + j\omega R/2}$$

B

b. Basses fréquences $\omega \ll 1$ Hautes fréquences $\omega \gg 1$

$$F \underset{\omega \ll 1}{\sim} \frac{1}{1} = 1$$

$$G = |F| = 1$$

$$\varphi = \arg(F) = 0$$

$$F \underset{\omega \gg 1}{\sim} \frac{-jR\omega/2}{jR\omega/2} = -1$$

$$G = |F| = 1$$

$$\varphi = \arg(F) = \pi$$

ou B $F = \frac{1 - j\omega R/2}{1 + j\omega R/2} = \frac{(1 - j\omega R/2)^2}{(1 + j\omega R/2)(1 - j\omega R/2)} = \frac{1 - j\omega R - \omega^2 R^2/4}{1 + \omega^2 R^2/4}$

Si on veut $\varphi(\omega) = -\frac{\pi}{2}$, il faut que F soit un imaginaire pur ~~negatif~~ c'est à dire, il faut $1 = \omega^2 R^2/4$

Donc $\omega^2 = \frac{4}{R^2}$

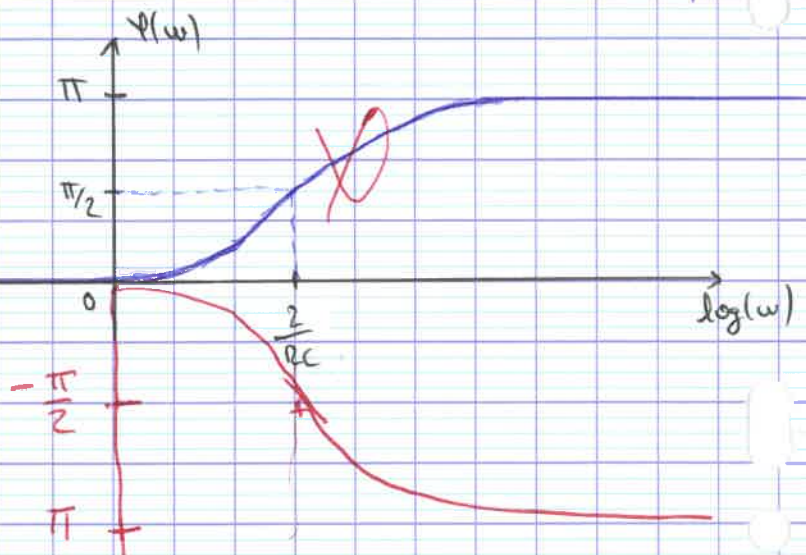
$\omega = \frac{2}{R}$

un peu boud...
 $F = \frac{1 - j\omega/\omega_0}{1 + j\omega/\omega_0}$

$\arg F = -\pi/2 \Rightarrow \frac{\omega}{\omega_0} F = \frac{1-j}{1+j}$
 $\arg F = -\frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{4}$

Ainsi pour $\omega = \frac{2}{R}$ on a $\varphi(\omega) = -\frac{\pi}{2}$

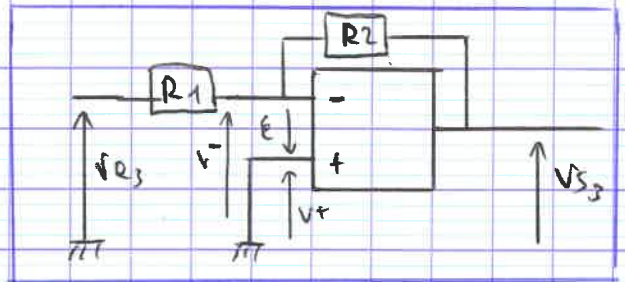
Ici on a un déphaseur car le gain reste de 1, seul le déphasage change de 0 à π .



②/②

2.

a. Amplificateur inverseur:



b. Par hypothèse, les ALI sont idéaux donc la tension de sortie \$v_s\$ est indépendante de la charge (du montage qu'il y a derrière), ainsi l'association en cascade ne modifie pas les fonctions de transfert.

c. On cherche la condition d'oscillations sinusoidales et la fréquence des oscillations.

Tout d'abord *inverseur* $H_{\text{intégrateur}} = \frac{v_s}{v_e} = -\frac{R_2}{R_1}$

Ainsi la fonction de transfert du montage vaut $-F^2 \times \frac{R_2}{R_1}$ or la tension de sortie et d'entrée sont les mêmes car le système est bouclé.

on a donc $-v_e F^2 \frac{R_2}{R_1} = v_e$

$$\Rightarrow -v_e \left(\frac{2-jRC\omega}{2+jRC\omega} \right)^2 \frac{R_2}{R_1} = v_e$$

$$\Rightarrow -v_e (4 - 4jRC\omega - R^2 C^2 \omega^2) \frac{R_2}{R_1} = v_e (4 + 4jRC\omega - R^2 C^2 \omega^2)$$

pas nécessaire à ce stade $\Rightarrow v_e \left(4 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + 4jRC\omega \left(1 - \frac{R_2}{R_1} \right) - \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) (R^2 C^2 \omega^2) \right) = 0$
on passe en temporel.

$$\Rightarrow 4 v_e \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + \frac{dv_e}{dt} \times 4RC \left(1 - \frac{R_2}{R_1} \right) + \frac{d^2 v_e}{dt^2} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) R^2 C^2 = 0$$

$$\Rightarrow R^2 C^2 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{d^2 v_e}{dt^2} + 4RC \left(1 - \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{dv_e}{dt} + 4 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_e = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d^2 v_e}{dt^2} + \frac{4 \left(1 - \frac{R_2}{R_1} \right)}{RC \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)} \frac{dv_e}{dt} + \frac{4}{R^2 C^2} v_e = 0$$

Pour avoir un oscillateur sinusoïdale, il faut l'équation différentielle d'un oscillateur harmonique, donc

$$\frac{4}{R_0} \left(1 - \frac{R_2}{R_1}\right) = 0 \quad \left(R_0 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \neq 0\right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{R_2}{R_1} = 1$$

$$\Leftrightarrow \boxed{R_2 = R_1} \quad \text{a-}$$

Ainsi, par identification de $\frac{d^2 V_e}{dt^2} + \omega_0^2 V_e = 0$
 $\omega_0^2 = \frac{4}{R_0^2 C^2}$

$$\omega_0 = \frac{2}{RC} \quad \text{avec} \quad \omega_0 = 2\pi f_0$$

$$\text{on a} \quad \boxed{f_0 = \frac{1}{RC\pi}} \quad \text{B}$$

d. Comme $V_e = s(t)$

$$\boxed{\frac{d^2 s(t)}{dt^2} + \frac{4 \left(1 - \frac{R_2}{R_1}\right)}{R_0 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)} \frac{dV_e}{dt} + \frac{4}{R_0^2 C^2} V_e = 0}$$

B Pour que les oscillations démarrent, il faut que le système soit instable, donc comme 1 et $\frac{4}{R_0^2 C^2}$ sont positifs, il faut $\frac{4 \left(1 - \frac{R_2}{R_1}\right)}{R_0 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)} < 0$

$$\Leftrightarrow 1 - \frac{R_2}{R_1} < 0$$

$$\Leftrightarrow \boxed{R_1 < R_2} \quad \text{✓}$$