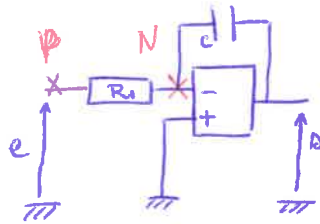


Exercice 1. TD2

LARGEAU Gaëlle
BRECHSEL Emma
BLONDEL Agathe

Rappeler : ALI idéal en régime linéaire
 $\varepsilon = v^+ - v^- = 0$.

1) ALI de droite :



fonction de transfert :

$$\frac{S}{V_f} = \frac{A}{E} = -\frac{Z_c}{R_1} = -\frac{1}{jRC\omega}$$

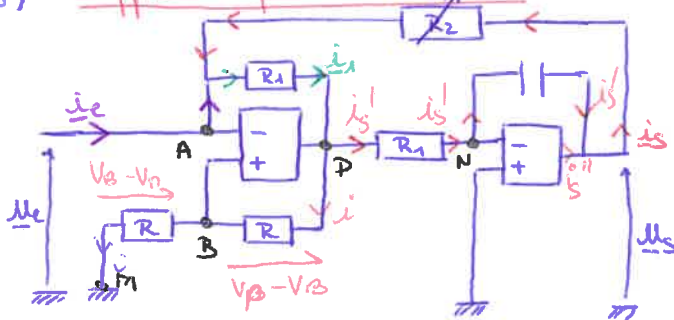
C'est un montage intégrateur *inverser*.

2) On a : $\underline{U}_e = E$ car $\varepsilon = v^+ - v^- = V_B - V_A = 0$ en régime linéaire.

$$\Rightarrow E = V_A = V_B$$

loi d'Ohm : $\underline{i} = \frac{V_P - V_B}{R} = \frac{V_B}{R} \Rightarrow V_P = 2V_B = 2E \Rightarrow E = \frac{V_P}{2}$

3) Rappel ce que vous cherchez à représenter $i_s' \neq i_s$



en A $\rightarrow$ mesurer à quel nœud
Loi des nœuds : $\underline{i}_e + \underline{i}_s = \underline{i}_A$

1^{ère} loi d'Ohm : $\underline{i}_1 = \frac{V_A - V_P}{R_1} = \frac{-V_A}{R_1}$

car $V_P = 2V_A$ et $V_N = 0$.

2^e loi d'Ohm : $\underline{i}_s' = \frac{V_P - V_N}{R_1} = -\frac{S}{Z_c} = -\frac{S - V_A}{R_2}$
donc $V_P = -\frac{SR_1}{Z_c} \Rightarrow$ au $i_s' \neq i_s$.
 $\hookrightarrow$ l'intégrateur.

Ainsi $\underline{i}_s = \frac{S - V_A}{R_2} = \frac{S - \frac{V_P}{2}}{R_2} = \frac{S + \frac{SR_1}{2Z_c}}{R_2} = \frac{S(1 + \frac{1}{2}jR_1C\omega)}{R_2}$

donc $\underline{i}_e = \underline{i}_1 - \underline{i}_s$

$$= -\frac{V_A}{R_1} - \frac{S(1 + \frac{1}{2}jR_1C\omega)}{R_2}$$

$$\Rightarrow V_A = -\underline{i}_e R_1 - \frac{R_1 S(1 + \frac{1}{2}jR_1C\omega)}{R_2}$$

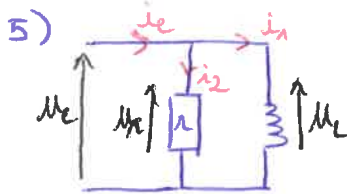
4) $\underline{Z}_e = \frac{\underline{U}_e}{\underline{I}_e} = \frac{E}{\underline{i}_e}$

admittance $\underline{Y}_e = \frac{\underline{i}_e}{E} = \frac{-\frac{V_A}{R_1} - \frac{S(1 + \frac{1}{2}jR_1C\omega)}{R_2}}{E}$

$V_A = E \left(\begin{aligned} &= -\frac{1}{R_1} - \frac{S}{R_2 E} (1 + \frac{1}{2}jR_1C\omega) \\ &= -\frac{1}{R_1} + \frac{1}{jR_1C\omega R_2} (1 + \frac{1}{2}jR_1C\omega) \end{aligned} \right.$

$$\frac{S}{E} = \frac{S}{V_A} = \frac{2S}{V_P} = \frac{2}{jR_1C\omega}$$

$$\underline{Y}_e = -\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1 R_2 jC\omega} + \frac{1}{2R_2} = \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) + \frac{2}{jR_1 R_2 C\omega}$$



loi des mailles : $u_e = u_R = u_L$

$$\frac{1}{Z_e} = \frac{i_e}{u_e} = \frac{i_1 + i_2}{u_e} = \frac{\frac{u_e}{R} + \frac{u_e}{Z_L}}{u_e} = \frac{\cancel{u_e} Z_L + \cancel{u_e} R}{Z_L R \cancel{u_e}}$$

donc $\frac{1}{Z_e} = \frac{Z_L + R}{Z_L R} = Y_e$

On a : $\frac{r + j\omega L}{j\omega L} = \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{r} = Y_e$

donc $\frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{r} = \frac{1}{\cancel{2}R_2} - \frac{1}{R_1} + \frac{\cancel{0}}{jR_1 R_2 C \omega}$

par identification : $\frac{1}{j\omega L} = \frac{\cancel{0}}{jR_1 R_2 C \omega}$

$\Rightarrow L = R_1 R_2 C / \omega$

$\frac{1}{r} = \frac{1}{\cancel{2}R_2} - \frac{1}{R_1}$

$\Rightarrow r = \frac{1}{\frac{1}{\cancel{2}R_2} - \frac{1}{R_1}}$

6) $R_1 = 2,0 k\Omega$ et $C = 15 \mu F$

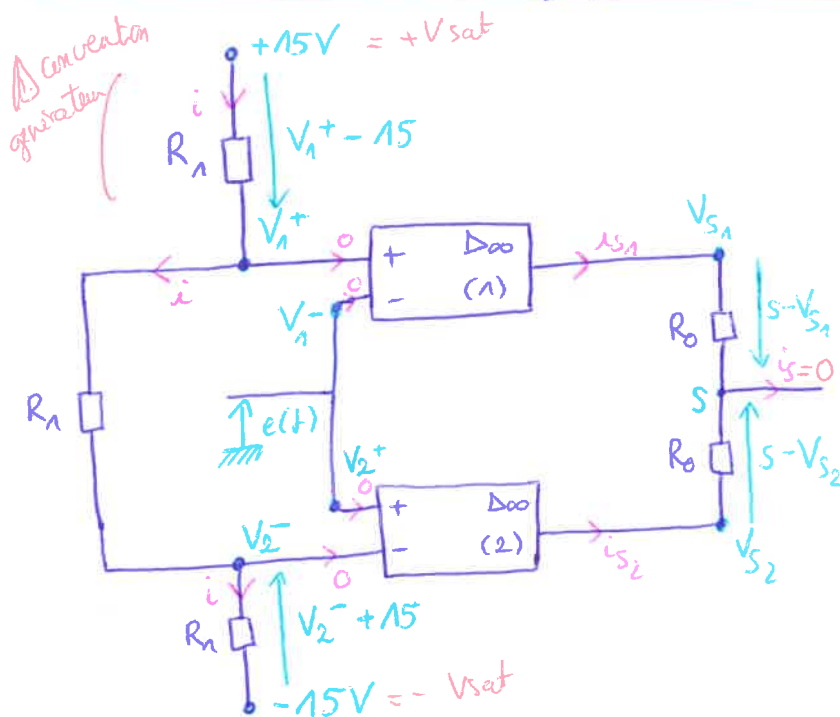
Pour avoir une inductance pure, il faut que $\frac{1}{r} = 0$

$\Rightarrow 0 = \frac{1}{\cancel{2}R_2} - \frac{1}{R_1} \Rightarrow R_1 = \cancel{2}R_2$ donc $R_2 = \frac{0}{2},0 k\Omega$

Donc $L = \frac{R_1 R_2 C}{\omega} = \frac{2,0 \times 10^3}{2} \times \frac{1,0 \times 10^3}{2} \times 15 \times 10^{-6} = \frac{15}{30} H$

la valeur L est très grande par rapport à l'ordre de grandeur de l'inductance d'une bobine ($\sim 10 mH$)

Exercice II : Fonction logique d'un montage à ALI



On nomme les ALI (1) et (2).

On oriente les tensions aux bornes des résistances et les courants comme suit.

(1) et (2) sont idéaux de gain infini donc leurs courants d'entrée sont nuls.

$$e(t) = E \cos(\omega t) = 10 \cos(\omega t)$$

1. Pour l'ALI (1):

$$V_1^- = e(t)$$

$$\text{et } V_1^+ - 15 = -R_1 \cdot i \Rightarrow V_1^+ = 15 - R_1 \cdot i$$

Les 3 résistances R_1 sont en série car les courants d'entrée des ALI sont nuls donc, avec la loi d'Ohm:

$$i = \frac{15 - (-15)}{3R_1} = \frac{10}{R_1} \quad \text{donc } V_1^+ = 15 - R_1 \cdot \frac{10}{R_1} = 15 - 10 = \boxed{5V}$$

• Pour l'ALI (2):

$$V_2^+ = e(t)$$

$$\text{et } V_2^- + 15 = R_1 \cdot i \Rightarrow V_2^- = R_1 \cdot i - 15 = R_1 \cdot \frac{10}{R_1} - 15 = \boxed{-5V}$$

2. Exprimons les tensions aux bornes des résistances R_0 :

$$s - V_{s1} = -R_0 i_{s1} \quad (a)$$

$$s - V_{s2} = -R_0 i_{s2} \quad (b)$$

$$(a) + (b): 2s - V_{s1} - V_{s2} = -R_0 (i_{s1} + i_{s2}) \quad (c)$$

Or, $i_{s1} + i_{s2} = i_s$ (loi des nœuds) et $i_s = 0$ donc

$$2s = V_{s1} + V_{s2}$$

$$\text{donc } \boxed{s = \frac{V_{s1} + V_{s2}}{2}}$$

3.] En l'absence de rétroaction négative sur les ALI (1) et (2), les ALI ne fonctionnent a priori pas en régime linéaire. 2/3

4.] Traçons d'abord $V_{S1}(t)$ et $V_{S2}(t)$.
Les ALI fonctionnent en régime saturé.

Conditions de saturation des ALI :

ALI (1): $E_1 = V_1^+ - V_1^- = 5 - e(t)$

ALI (2): $E_2 = V_2^+ - V_2^- = e(t) + 5$

Saturation basse :

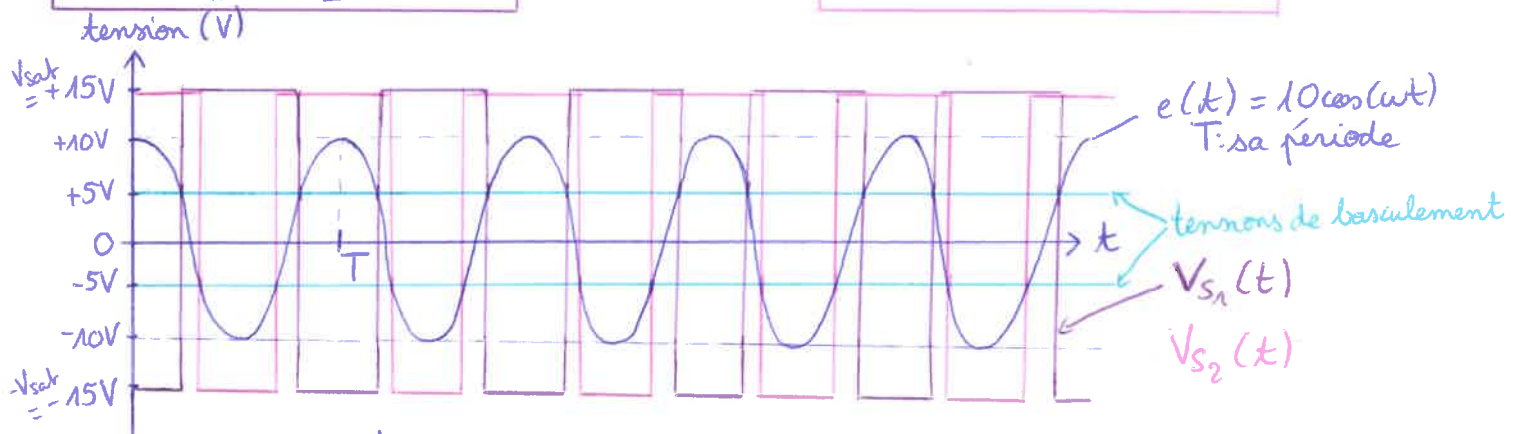
si $E_1 < 0$, $V_{S1} = -V_{sat}$
donc si $5V < e(t)$

si $E_2 < 0$, $V_{S2} = -V_{sat}$
donc si $e(t) < -5V$

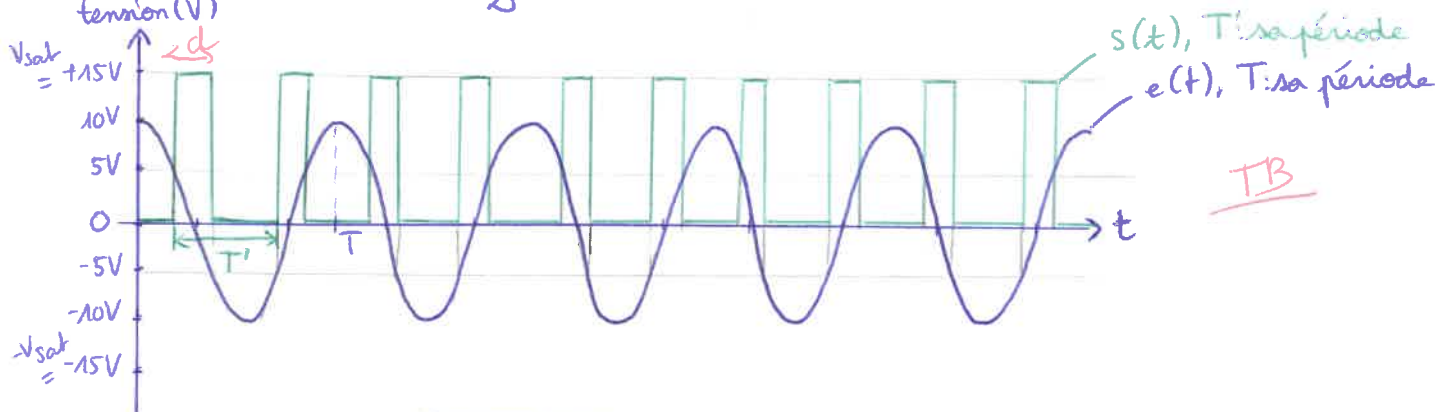
Saturation haute :

si $E_1 > 0$, $V_{S1} = +V_{sat}$
donc si $5V > e(t)$

si $E_2 > 0$, $V_{S2} = +V_{sat}$
donc si $e(t) > -5V$



Comme $s(t) = \frac{V_{S1}(t) + V_{S2}(t)}{2}$, on trace $e(t)$ et $s(t)$:



On observe que $T' = \frac{T}{2}$.

5.] $\alpha = \frac{\text{durée passée à l'état haut}}{\text{période de } s(t)} = \frac{d}{T'}$

On d représente la durée passée par $e(t)$ entre 5V et -5V dans sa phase décroissante.

$d = t_2 - t_1$ où t_2 tel que $e(t_2) = E\cos(\omega t_2) = -5V$ pour la première fois.
 t_1 tel que $e(t_1) = E\cos(\omega t_1) = 5V$

B

donc, comme $E = 10V$,

$$\begin{cases} \cos(\omega t_2) = -1/2 \\ \cos(\omega t_1) = 1/2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \omega t_2 = \frac{2\pi}{3} \\ \omega t_1 = \frac{\pi}{3} \end{cases}$$

D'où : $d = t_2 - t_1 = \frac{\pi}{3\omega} (2-1) = \frac{\pi}{3\omega}$.

Or, ω représente la pulsation de $e(t)$ donc $\boxed{\omega} = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2T'} = \boxed{\frac{\pi}{T'}}$,

alors $\boxed{d} = \frac{\pi}{3\pi} T' = \boxed{\frac{T'}{3}}$

Finalement, $\boxed{\alpha = \frac{d}{T'} = \frac{1}{3}}$ B

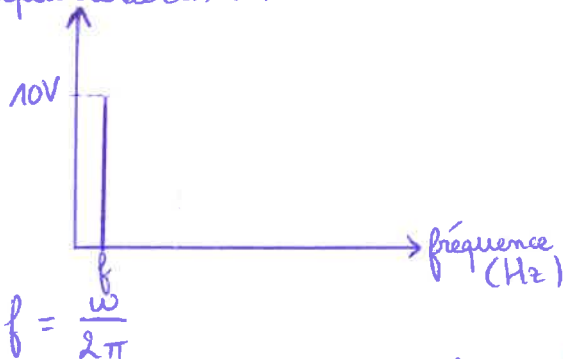
Valeur moyenne de $s(t)$:

$$\langle s(t) \rangle = \frac{1}{T'} \int_0^{T'} s(t) dt = \frac{1}{T'} \left[\int_0^{\alpha T'} s(t) dt + \int_{\alpha T'}^{T'} s(t) dt \right] = \frac{1}{T'} \left[\int_0^{\alpha T'} 15 dt + \int_{\alpha T'}^{T'} 0 dt \right]$$

$$\boxed{\langle s(t) \rangle} = \frac{15 \alpha T'}{T'} = \boxed{15 \alpha} = \frac{15}{3} = \boxed{5V}$$

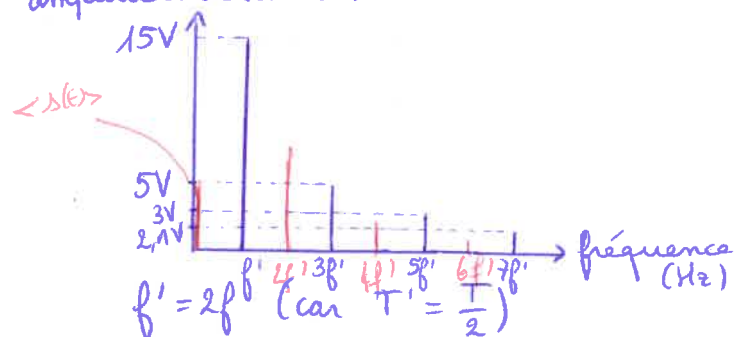
Spectres de $e(t)$ et de $s(t)$:

amplitude de $e(t)$ (V)



$e(t)$ est un signal sinusoïdal de valeur moyenne nulle. ✓

amplitude de $s(t)$ (V)



$s(t)$ étant un signal créneau, son spectre fait apparaître les harmoniques de rang impair avec une décroissance de leur amplitude en $\frac{15}{n}$ (n impair). ✓

Si on s'intéresse uniquement aux deux premières composantes du spectre de $s(t)$, on observe l'apparition des fréquences f' et $3f'$ alors qu'il n'existait que la fréquence f en entrée du montage.

L'enrichissement du spectre signifie que l'opération réalisée n'est pas linéaire. ✓

= valeur moyenne + fondamental

→ $s(t)$ n'est PAS un créneau de rapport cyclique $1/2$, il y a donc aussi des harmoniques pairs

a) ALI idéal

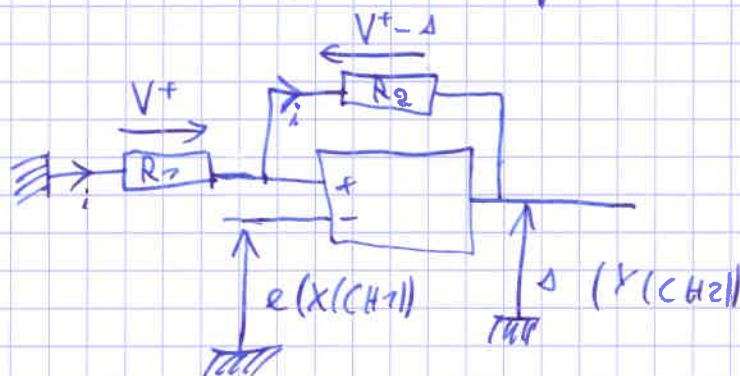
Ne répond pas à la question posée

* Résistance $> 10 \Omega$ sinon saturation du courant* $\neq$ pas trop grande sinon modèle idéal n'est plus valable.- la résistance d'entrée R_e est $\infty \Rightarrow i^+ = i^- = 0$ - la résistance de sortie doit être nulle. $R_s = 0$ $\Rightarrow$ la sortie est idéale en tension: v_s est indépendante du courant de sortie.à condition
que le
courant
de sortie
reste
inférieur à
20 mA

b) On observe un cycle à hystérésis

 $\rightarrow$ la sortie ne dépend pas que de l'entrée, mais aussi de l'état antérieur du montage.

On a donc un comparateur à hystérésis.



c) rétroaction $\oplus \Rightarrow$ régime saturé $\Rightarrow$

$$\begin{cases} \text{si } \varepsilon > 0, \Delta = +V_{sat} \\ \text{si } \varepsilon < 0, \Delta = -V_{sat} \end{cases}$$
avec $\varepsilon = V^+ - V^-$ et $V^- = e$

loi d'Ohm:

$$\begin{cases} V^+ = -iR_1 \\ V^+ - \Delta = R_2 i \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \frac{-V^+}{R_1} = \frac{V^+ - \Delta}{R_2}$$

$$\Leftrightarrow V^+ = \frac{R_1 \cdot \Delta}{R_2} - \frac{V^+ \cdot R_1}{R_2}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{V^+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \Delta}$$

• si $e > 0$, $\Delta = +V_{sat}$

$$V^+ - V^- > 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{R_1 V_{sat} - e}{R_1 + R_2} > 0$$

$$\Leftrightarrow e < \frac{R_1 V_{sat}}{R_1 + R_2}$$

• si $e < 0$, $\Delta = -V_{sat}$

$$V^+ - V^- < 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{-R_1 V_{sat} - e}{R_1 + R_2} < 0$$

$$\Leftrightarrow e > \frac{-R_1 V_{sat}}{R_1 + R_2}$$

$$\Leftrightarrow \Delta = \begin{cases} +V_{sat} & \text{si } e > \frac{33 \cdot 10^3 \cdot V_{sat}}{33 \cdot 10^3 + 68 \cdot 10^3} \\ -V_{sat} & \text{si } e < \frac{33 \cdot 10^3 \cdot V_{sat}}{33 \cdot 10^3 + 68 \cdot 10^3} \end{cases}$$

$$V_{sat} = 14 \text{ V}$$

$$\text{et } V_{sat} = 5,2 \text{ V}$$

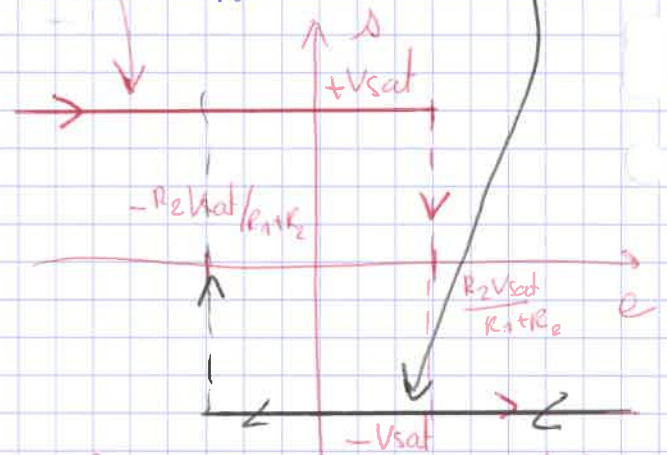
la tension de basculement de $+V_{sat}$ à $-V_{sat}$:

sur votre cycle

$$u_{+/-} = \frac{+R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_{sat}$$

$$u_{-/+} = \frac{-R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_{sat}$$

$$\begin{cases} u_{+/-} = -76,5 \text{ V} \\ u_{-/+} = +76 \text{ V} \end{cases}$$

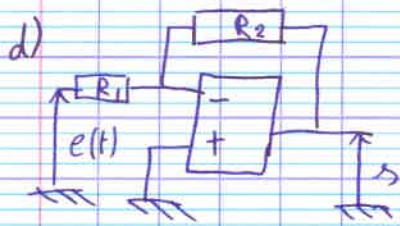


Conclusion: vous n'avez pas choisi le "bon" comparateur à l'upstérésis.

↳ voir page 3

TD2 Exercice 3

Groupe 2



pourquoi avec $R_2 > R_1$ pour que le gain soit > 1 . car
 $s = -\frac{R_2}{R_1} e$ ✓

- e) le régime est linéaire (la fonction est continue) qd $e \nearrow, s \searrow$ comme prévu. Δ uniquement si $|e| < 6,2V$ (non saturation)
 f) Ce sont deux sinusoïdes déphasées de π (rad), l'une a une amplitude 2 fois plus grande d'après l'échelle et on remarque une constante négative sur l'un des signaux. ??

$-\frac{R_2}{R_1} = \left| \frac{-68}{33} \right| \approx 2$, or d'après les infos de l'oscilloscope le gain est ≈ 2 (p. $\frac{2,17}{10} = 2,17$) donc c'est cohérent.

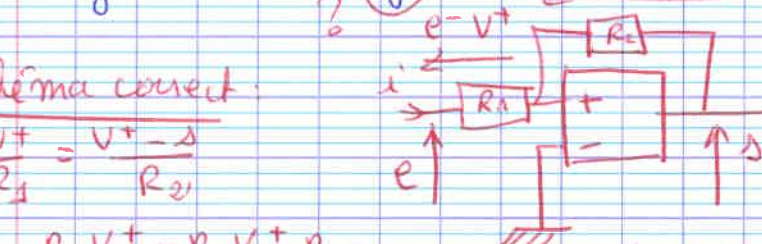
Schéma correct:

$$i = \frac{e - V^+}{R_1} = \frac{V^+ - s}{R_2}$$

$$R_2 e - R_2 V^+ = R_1 V^+ - R_1 s$$

$$V^+ = \frac{R_2 e + R_1 s}{R_1 + R_2}$$

lecture sur l'oscillogramme



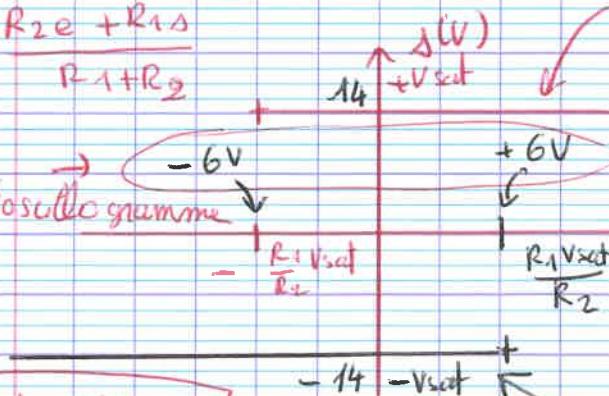
$$E = V^+ - V^-$$

$$\text{si } E > 0 \quad s = +V_{sat}$$

$$R_2 e + R_1 V_{sat} > 0 \quad e > -\frac{R_1 V_{sat}}{R_2}$$

$$\text{si } E < 0 \quad s = -V_{sat}$$

$$R_2 e - R_1 V_{sat} < 0 \quad e < \frac{R_1 V_{sat}}{R_2}$$



$$\frac{R_1 V_{sat}}{R_2} = 6V$$

$$\Rightarrow R_1 = 33 k\Omega$$

$$R_2 = 68 k\Omega$$