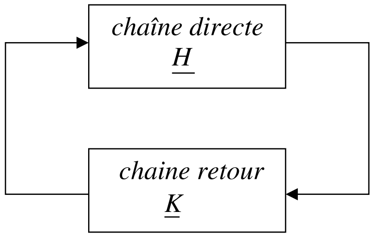
Lycée Naval, Spé 2.

TD02 : Oscillateurs

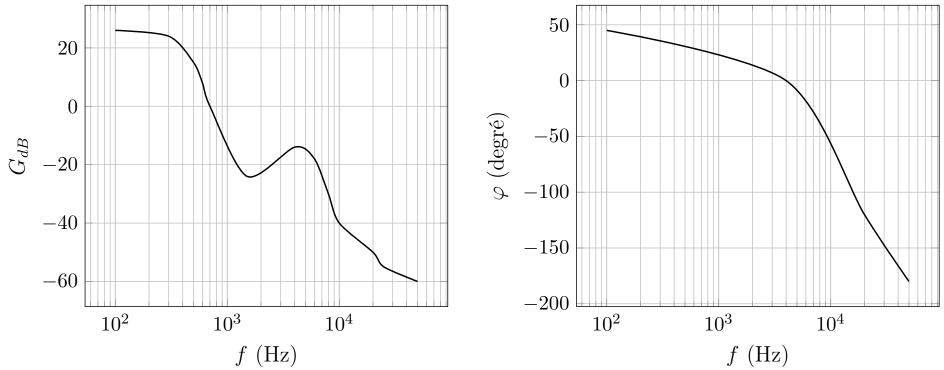
Restitution du cours

Elec045. Choix d'une chaîne retour (*).

On considère le schéma fonctionnel d'un oscillateur avec $\underline{H}$ la fonction de transfert de la chaîne directe et $\underline{K}$ la fonction de transfert de la chaîne de réaction.



On fournit de plus le diagramme de Bode de la chaîne de réaction.



On souhaite réaliser un oscillateur avec, pour la chaîne directe, un montage non-inverseur.

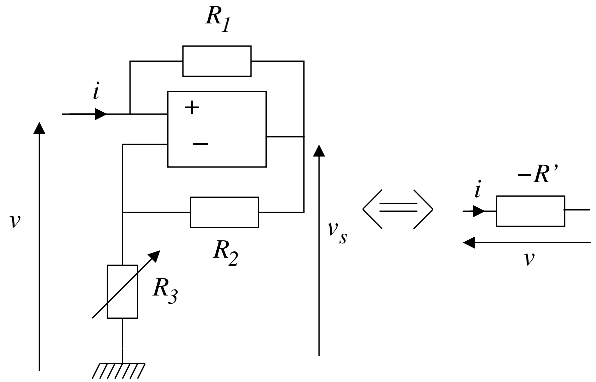
1. Rappeler le schéma d'un montage amplificateur non-inverseur à ALI.
2. Proposer des valeurs numériques pour les résistances du montage non inverseur permettant d'assurer l'oscillation quasi-sinusoïdale du système et préciser la fréquence des oscillations f_0.

Réponses. 2 : $f_0 = 4,0$ kHz, $R_2 \approx 4,6\ R_1$

Oscillateurs quasi-sinusoïdaux

Elec047. Oscillateur à résistance négative (**).

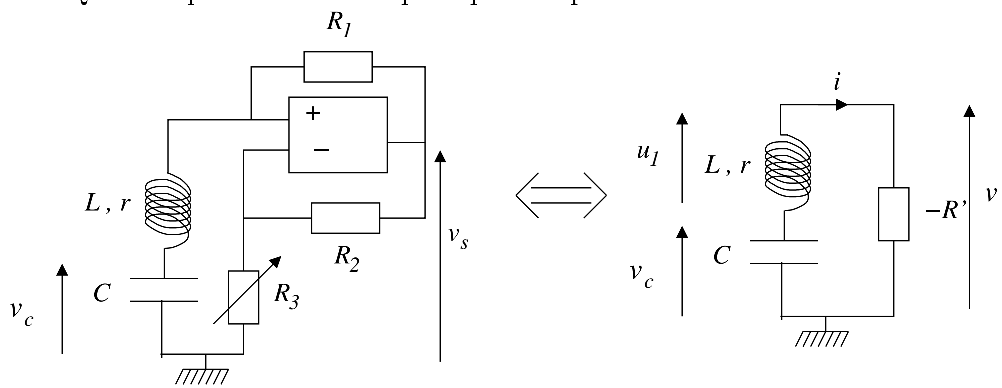
On considère le montage représenté ci-dessous :



L'ALI est supposé idéal. On tient compte de sa limitation en tension $|v_s| \leq V_{sat}$. La résistance R_3 est une résistance variable.

1. On suppose que l'ALI fonctionne en régime linéaire. Montrer que :
$$v = R_1 i + v_s \quad \text{et} \quad v = \frac{R_3}{R_2 + R_3} v_s$$
2. En déduire que le quadripôle est équivalent à une résistance négative $-R'$. Exprimer R' en fonction de R_1, R_2 et R_3.

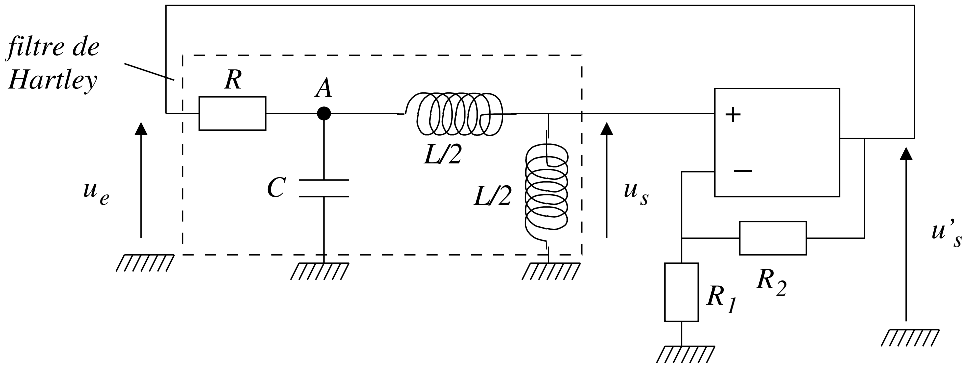
   Le quadripôle est maintenant associé en série avec une bobine (inductance L, résistance r) et un condensateur de capacité C.
3. Montrer que l'intensité i vérifie l'équation différentielle :
$$L\frac{d^2i}{dt^2} + (r - R')\frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = 0$$
4. Quelle valeur faut-il donner à R' pour observer des oscillations entretenues ? Quel composant limite en pratique l'amplitude des oscillations ?



Réponses. 2 : $R' = R_3 R_1 / R_2$; 4 : $R' = r$

Elec051. Oscillateur de Hartley (**)

Le circuit étudié comprend un ALI idéal associé à un filtre de Hartley.



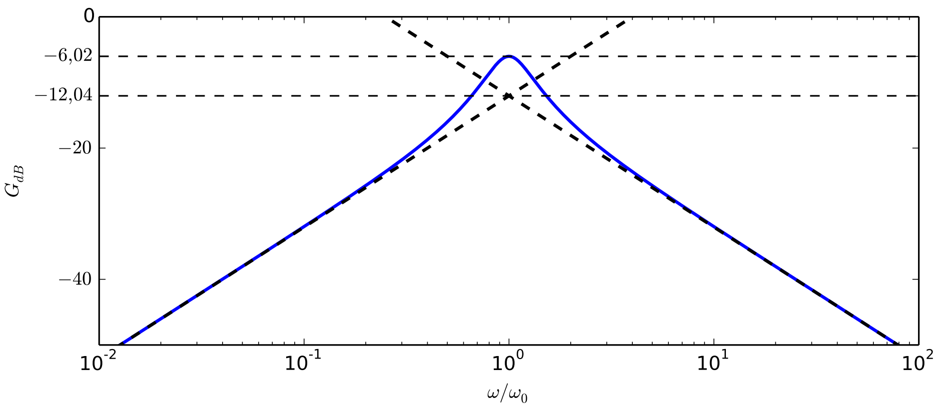
Étude du filtre :

1. Montrer sans calcul que ce filtre est *a priori* un filtre passe-bande.
2. On admet que la fonction de transfert du filtre a pour expression :

$$\underline{H} = \frac{\underline{u}_s}{\underline{u}_e} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{1 + jQ\left(\dfrac{\omega}{\omega_0} - \dfrac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

avec $\omega_0^2 = \dfrac{1}{LC}$ et $Q = R\sqrt{\dfrac{C}{L}}$.

On donne de plus le diagramme de Bode pour le gain :



Montrer que le diagramme est compatible avec l'expression de la fonction de transfert pour les asymptotes à basse et haute fréquence, ainsi que pour la valeur du gain à la résonance.
Déterminer en particulier la valeur du facteur de qualité Q.

Étude de l'oscillateur

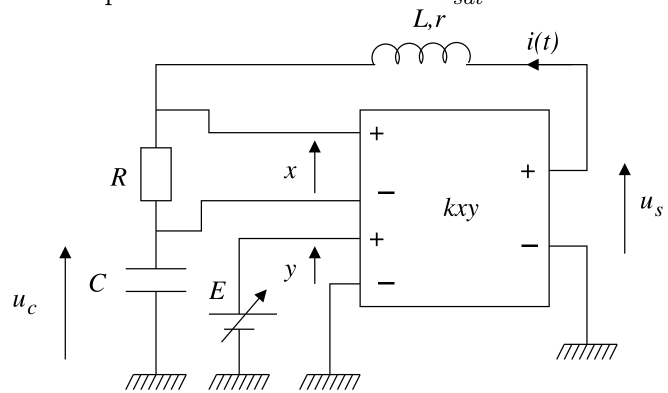
1. En raisonnant sur les fonctions de transfert du filtre et de la chaîne retour, quelle valeur du rapport R_2/R_1 assure la condition d'oscillations sinusoïdales ?
2. Retrouver ce résultat en considérant l'équation différentielle portant sur u_s.

Question subsidiaire : retrouver par le calcul l'expression de la fonction de transfert du filtre.

Réponses. 1 : $R_2/R_1 = 1$

Elec100. Oscillateur quasi-sinusoïdal à multiplieur (**)

L'oscillateur est réalisé à l'aide d'un circuit $(R + r, L, C)$ série, d'une source de tension réglable de f.e.m E et d'un multiplieur de constante multiplicative k. Les résistances d'entrée du multiplieur sont infinies, sa résistance de sortie est nulle et sa tension de sortie a pour valeur de saturation V_{sat}.



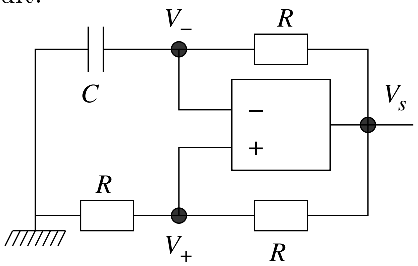
1. Établir l'équation différentielle portant sur i du circuit supposé fonctionner en régime non saturé. Pour quelle valeur théorique E_{th} de la f.e.m E, le circuit réalise-t-il un oscillateur sinusoïdal ? Quelle est alors la fréquence f_0 des oscillations ?
2. Déterminer l'amplitude u_{sm} de la tension $u_s(t)$ à la sortie du multiplieur puis celle u_{cm} de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur en supposant le régime quasi-sinusoïdal.
A.N. : $C = 1,0\ \mu$F, $L = 100$ mH, $r = 0,10$ kΩ, $R = 1,0$ kΩ et $V_{sat} = 14,6$ V.
Calculer la fréquence f_0 des oscillations et les amplitudes u_{sm} et u_{cm}.

Réponses. 1 : $\dfrac{d^2i}{dt^2} + \left(\dfrac{r+R-kRE}{L}\right)\dfrac{di}{dt} + \dfrac{1}{LC} \times i = 0$, $E_{th} = \dfrac{r+R}{kR}$, $f_0 = \dfrac{1}{2\pi} \times \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$;
2 : $u_{sm} = V_{sat} = 14,6$ V, $u_{cm} = \dfrac{1}{2\pi f_0 \times C \times (r+R)} u_{sm} = 4,2$ V, $f_0 = 5,0 \times 10^2$ Hz.

Oscillateur de relaxation

Elec099. Circuit oscillant (**)

Dans le circuit ci-après, l'ALI est supposé idéal et fonctionnant en régime de saturation. La tension de sortie V_s est donc égale à $\pm V_{sat}$ suivant la différence de tension observée entre les bornes V_+ et V_-. Un condensateur C et trois résistances R de même valeur sont assemblés autour de l'amplificateur opérationnel ; le condensateur et la résistance apparaissant sur le côté gauche du schéma sont reliés à la masse du circuit.



1. Établir, pour une valeur donnée constante de la tension de sortie V_s, l'équation différentielle que vérifie $V_-(t)$.

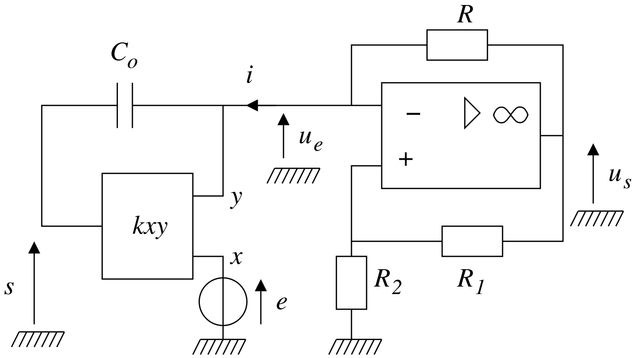
2. Après un très bref régime transitoire, le circuit produit des oscillations périodiques de la tension de sortie de l'ALI.
Représenter, en fonction du temps, l'allure temporelle du signal de sortie $V_s(t)$, ainsi que celle de la tension $V_-(t)$.

3. Déterminer la période T de l'oscillateur lorsque $R = 100$ kΩ et $C = 1,0$ μF.

Réponses. 1 : $V_- + RC\dfrac{dV_-}{dt} = V_s$; 3 : $T = 2RC\ln(3) = 0,22$ s.

Elec067. Générateur de signaux carrés commandé en tension

Le générateur de signaux carrés ci-après est réalisé à l'aide d'un ALI idéal, de tension de saturation $\pm V_{sat}$, d'un multiplieur de constante $k = 0,1\ \text{V}^{-1}$ et d'une source de tension de f.e.m e constante (avec $ke < 1$). Les résistances d'entrée du multiplieur sont infinies et sa résistance de sortie est nulle.



1. On fait l'hypothèse d'un fonctionnement linéaire de l'ALI. Montrer que, si $ke < 1$, ce régime est instable.

   Pour la suite, on considère donc que l'ALI fonctionne en régime de saturation.

2. Tracer la caractéristique $u_s = f(u_e)$ de l'ALI.
Conclure qu'il existe deux points de basculement amenant l'ALI d'un état de saturation à l'autre et déterminer les deux valeurs de la tension u_e associées à ces basculements.

3. Établir la relation entre i et u_e.
En déduire que la partie gauche du montage est équivalente à un condensateur de capacité C dont on donnera l'expression en fonction de C_0, k et e, si la tension e est inférieure à une valeur e_{max} que l'on exprimera.

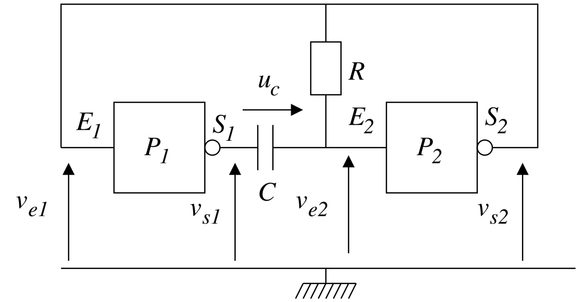
4. En s'aidant des résultats établis, déduire le fonctionnement du générateur et déterminer la période T des signaux $u_s(t)$.
<u>A.N.</u> : on donne $R_1 = R_2 = R = 10$ kΩ, $C_0 = 50$ nF, calculer T pour e valant respectivement : 0 V, 9 V, et −9 V.

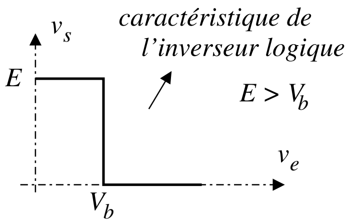
Réponses. 1 : $u_e + \dfrac{RR_2}{R_1}C_0(ke-1)\dfrac{du_e}{dt} = 0$; 3 : $i = C_0(1-ke)\dfrac{du_e}{dt}$, $C = C_0(1-ke)$;
4 : $T = 2RC \times \ln\left(1 + \dfrac{2R_2}{R_1}\right)$.

Pour aller plus loin

Elec049. Oscillateurs à porte logique (***)

Le montage ci-dessous représente un oscillateur à relaxation à portes logiques :

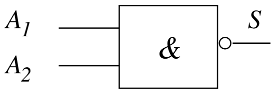




Le montage va osciller en alternant des phases lentes où les deux portes sont dans des états opposés et où le condensateur se charge et se décharge et des phases rapides au cours desquelles les deux portes basculent.

Pour simplifier l'analyse, on suppose que les inverseurs logiques P_1 et P_2 ont des résistances d'entrée infinies et des résistances de sortie nulles.

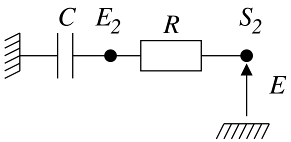
1. Réalisation de l'inverseur logique :
   On rappelle la table de vérité d'une porte NAND (NON-ET) :



A_1	0	0	1	1
A_2	0	1	0	1
S	1	1	1	0

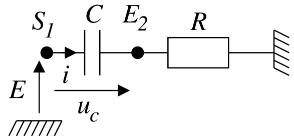
   Montrer qu'en reliant les entrées A_1 et A_2, on réalise la fonction inverseur logique compatible avec la caractéristique proposée sur la première figure.

2. Phase d'initialisation
   On considère un état de départ pour lequel le condensateur est déchargé avec $v_{s1} = v_{e2} = 0$ et $v_{s2} = v_{e1} = E$
   (a) Montrer que, pendant cette première phase, le système est équivalent au montage suivant :



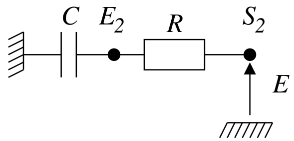
   (b) En déduire que, pendant cette phase initiale :
   $$u_c(t) = E\left(1 - e^{-t/\tau}\right) \quad \text{avec} \quad \tau = RC$$
   (c) Cette première phase prend fin avec le basculement des portes supposé quasi-instantané.
   Déterminer la tension u_c à l'instant du basculement.

3. Première phase : décharge du condensateur
   On considère l'instant de basculement comme nouvelle origine des temps.
   (a) Pour $t = 0^+$, déterminer u_c, v_{e1}, v_{e2}, v_{s1}, et v_{s2}.
   (b) Montrer que dans cette première phase, le système se ramène au montage ci-dessous :



   (c) En déduire que durant cette phase :
   $$u_c(t) = -E + (E + V_B)e^{-t/\tau} \quad \text{et} \quad v_{e2}(t) = (E + V_B)e^{-t/\tau}$$
   (d) Déterminer l'instant t_1 pour lequel cette phase prend fin.

4. Seconde phase : charge du condensateur
   On considère à nouveau l'instant de basculement comme nouvelle origine des temps.
   (a) Pour $t = 0^+$, déterminer u_c, v_{e1}, v_{e2}, v_{s1}, et v_{s2}.
   (b) Montrer que, dans cette seconde phase, le système se ramène au montage ci-dessous :



   (c) En déduire que durant cette phase :
   $$u_c(t) = E + (V_B - 2E)e^{-t/\tau} \quad \text{et} \quad v_{e2}(t) = E + (V_B - 2E)e^{-t/\tau}$$
   (d) Déterminer l'instant t_2 pour lequel cette phase prend fin.

5. Montrer que l'on obtient bien un système oscillant de période T :
   $$T = RC \ln\left(\frac{2E - V_B}{E - V_B} \times \frac{E + V_B}{V_B}\right)$$

6. Représenter les chronogrammes de v_{s1}, v_{s2}, v_{e2} et u_c pour $V_b = E/2$.

Réponses : 2c - $u_c = V_b$; 3a - $v_{s2} = 0$, $v_{e1} = 0$, $v_{s1} = E$, $u_c(0^+) = u_c(0^-) = V_b$, $v_{e2}(0^+) = E + V_b$
3d - $t_1 = \tau \ln\left(\dfrac{E + V_b}{V_b}\right)$
4d - $t_2 = \tau \ln\left(\dfrac{2E - V_b}{E - V_b}\right)$