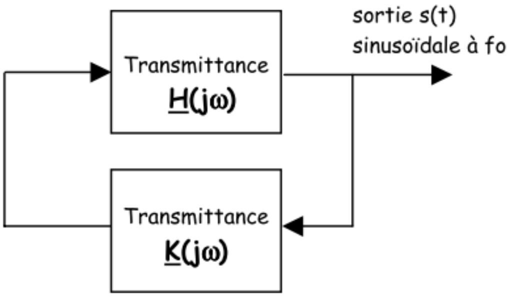
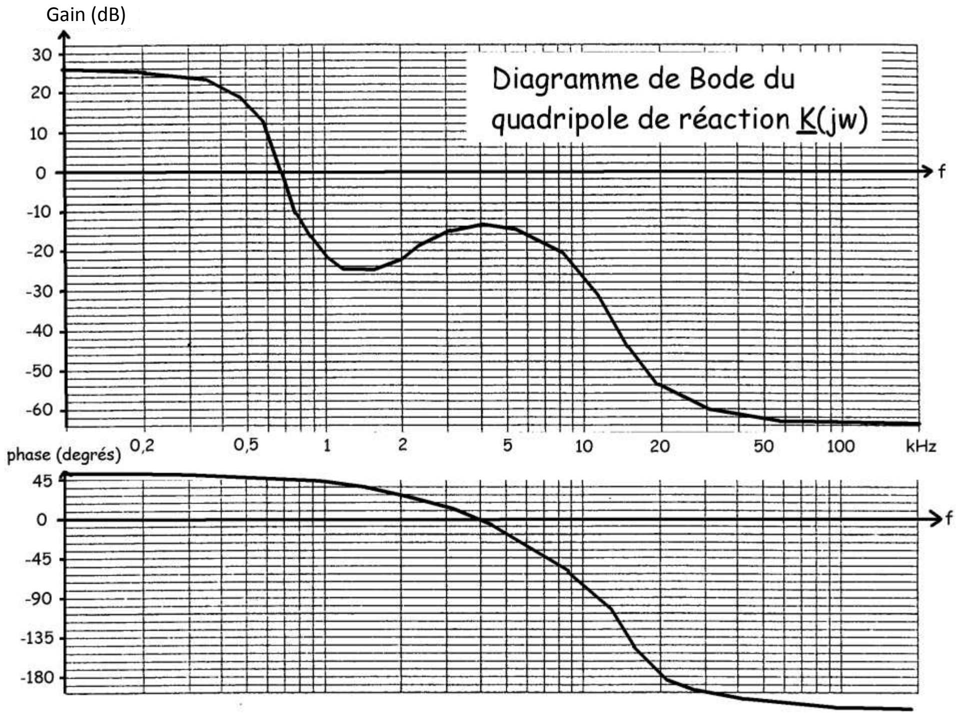
T.D. n°1 : Oscillateurs harmoniques.

Exercice n°1 : *Comprendre le principe de fonctionnement d'un oscillateur.*



Le schéma fonctionnel d'un oscillateur sinusoïdal est constitué d'une chaîne directe **H(jω)** apportant de l'amplification et d'un quadripôle de réaction **K(jω)**.

Le quadripôle de réaction est caractérisé par le diagramme de Bode suivant :



1.1) On veut réaliser un oscillateur avec un amplificateur non-inverseur à A.Op. Proposer un schéma de l'amplificateur avec des valeurs numériques. Quelle sera alors la fréquence d'oscillation $\mathbf{f_0}$?

1.2) Même question si on utilise un amplificateur inverseur.

Exercice n°2 : *Comprendre le principe de fonctionnement d'un oscillateur (bis).*

On donne l'expression de la fonction de transfert de 3 systèmes linéaires :

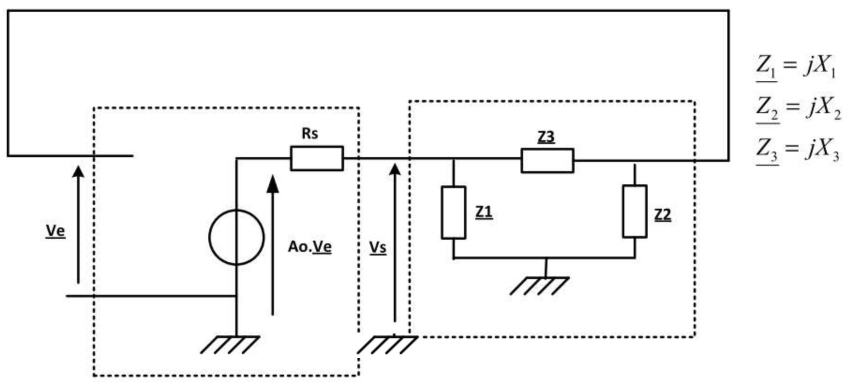
$$\underline{K}_1(j\omega) = \frac{2.10^3}{j\omega.\left(1+\frac{j\omega}{100}\right)^2} \qquad \underline{K}_2(j\omega) = \frac{1}{\left(1+\frac{j\omega}{100}\right)^4} \qquad \underline{K}_3(j\omega) = \frac{\frac{j\omega}{2.10^4}}{1+\frac{j\omega}{10^3}+\left(\frac{j\omega}{10^2}\right)^2}$$

2.1) Représenter le diagramme de Bode *(gain et phase)* de ces 3 systèmes, sur le *document-réponse, en dernière page (utiliser des couleurs différentes pour chaque tracé)*.

2.2) Déterminer pour chacun des réseaux $\underline{\mathbf{K}}_\mathbf{i}\mathbf{(j\omega)}$ précédents, les caractéristiques *(valeur du gain, structure inverseuse ou non)* de l'amplificateur $\underline{\mathbf{H}}_\mathbf{i}\mathbf{(j\omega)}$ à associer pour réaliser un oscillateur harmonique, ainsi que la valeur de la fréquence d'oscillation obtenue.

Exercice n°3 : *Critère de Barkhausen – Réalisation de l'oscillateur de Pierce.*

On donne la structure d'un oscillateur :



On note **A**, la fonction de transfert de la chaîne directe et **B** celle du réseau de réaction.

3.1) Exprimer l'impédance d'entrée $\underline{Z}_E$ de la cellule en « π ».

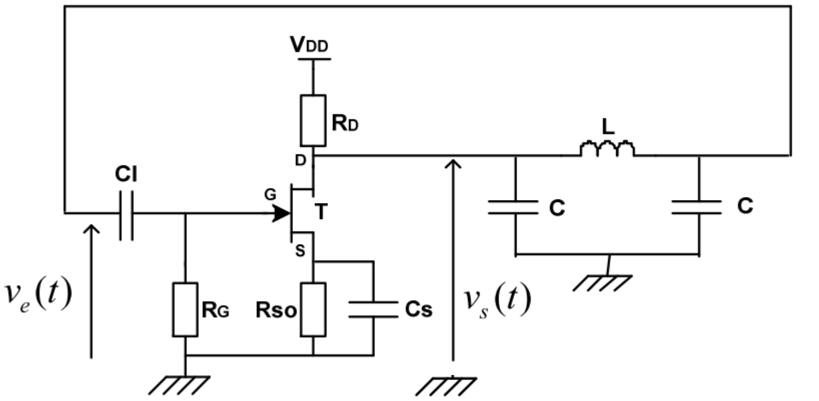
3.2) En posant $\underline{A} = \dfrac{\underline{V_s}}{\underline{V_e}}$, démontrer que $\underline{A} = A_0 \cdot \dfrac{jX_1.(X_2 + X_3)}{Rs.(X_1 + X_2 + X_3) + jX_1.(X_2 + X_3)}$

3.3) Déterminer l'expression de la fonction de transfert **B** en fonction des réactances X_2 et X_3.

On suppose que : Arg(**B**) = 0 et que $Rs \neq 0$.

3.4) En utilisant le critère de Barkhausen, démontrer la condition d'oscillation suivante : $\begin{cases} X_1 + X_2 + X_3 = 0 \\ A_0.X_2 = -X_1 \end{cases}$

On s'intéresse à la structure suivante :



Rappel

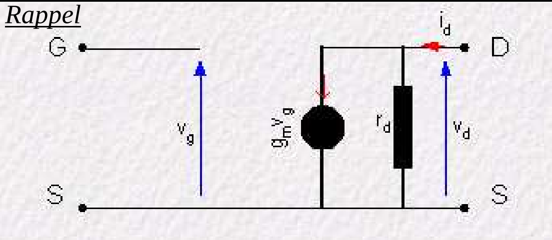


Schéma équivalent théorique du JFET en régime petit signal.

Ce schéma doit prendre en compte la relation :

$\mathbf{i_d = g_m.v_g + r_d.v_d}$

et où on caractérise :
- *un générateur de courant commandé en tension :* $\mathbf{g_m.v_g}$
- *la résistance du canal est représentée par la résistance* $\mathbf{r_d}$ *grande car le pincement est atteint (ici on supposera que* $r_d \to \infty$*).*
- *et* g_m *est la transconductance ou* pente interne *du transistor.*

Les impédances des capacités de liaison Cl et de découplage Cs sont négligeables à la fréquence de travail.
La résistance R_G est très supérieure aux autres résistances, elle permet de polariser le transistor.

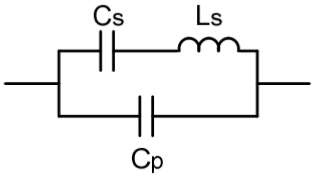
3.5) En considérant le modèle du transistor à effet de champ et en supposant que $R_G \to +\infty$, représenter le schéma équivalent petits signaux de l'oscillateur.

L'amplificateur est donc modélisé par un quadripôle dont la sortie est constitué d'un générateur de courant, en série avec une résistance. On isole cet amplificateur et on souhaite exploiter les résultats déterminés à la question **3.4)**.

3.6) En effectuant une transformation Norton - Thèvenin, proposer un nouveau modèle correspondant à celui présenté en début d'exercice., on exprimera A_0 en fonction de g_m, r_d et R_D et Rs en fonction de r_d et R_D.

3.7) En déduire l'expression de la pulsation d'oscillations ω_0 et l'expression de R_D à choisir.

On désire, à partir de la structure précédent, réaliser un Oscillateur à Quartz. Pour cela, on remplace la bobine L par un quartz dont le modèle équivalent est le suivant :



3.8) Rappeler en quelques mots la signification physique des éléments constituants le modèle du quartz.

3.9) On note $\underline{Z_Q}$ l'impédance du quartz. Déterminer l'impédance du quartz en fonction de Ls, Cp et Cs et mettre l'expression trouvée sous la forme : $\underline{Z_Q} = \dfrac{1}{jC_P\omega} \cdot \dfrac{\omega^2 - \omega_s^2}{\omega^2 - \omega_p^2}$

On donnera l'expression des pulsation ω_s et ω_p en fonction des éléments constitutifs du modèle du quartz.

3.10) On donne : Ls =1 mH ; C_p = 10 pF ; Cs = 0,01 pF. Calculer les valeurs de f_s et f_p, fréquences propres du quartz.

3.11) Quel doit être le signe de la réactance X_Q du quartz pour observer des oscillations ? En déduire l'expression de X_Q, si la condition d'oscillation est respectée.

3.12) En déduire un encadrement de la fréquence fo de la sinusoïde produite.

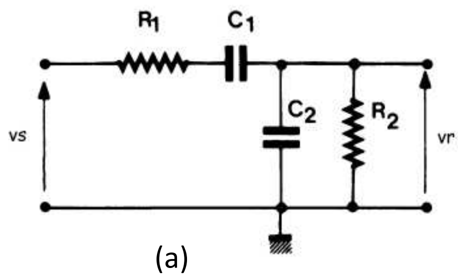
3.13) Déterminer l'expression de l'erreur relative en fréquence $\boldsymbol{\varepsilon_r}$, en fonction de Cp et Cs *(on prendra comme référence la fréquence dite série f_s du quartz).*

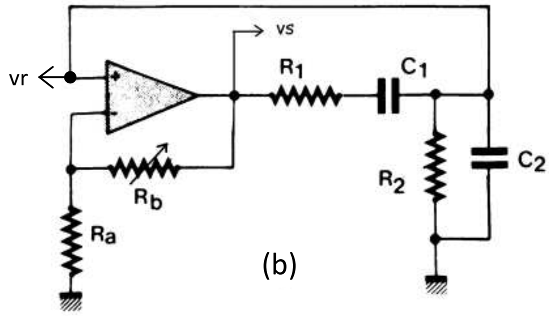
3.14) Indiquer pourquoi l'un des intérêts du quartz est que la capacité motionnel *(Cs)* soit très petite devant la capacité de l'électrode *(Cp).*

3.15) Déterminer la valeur de cette erreur en *ppm (partie par million).*

<u>Exercice n°4</u> : *Oscillateur à pont de Wien.*

Pour réaliser un signal sinusoïdal, on utilise un pont de Wien, représenté *figure (a).*





On choisit : $\mathbf{R_1 = R_2 = R = 1\ k\Omega\ ;\ C_1 = C_2 = C = 2\ nF}$.

4.1) Etablir l'expression de la transmittance complexe **<u>K</u>(jω)** du pont de Wien en fonction de R et C.

4.2) Montrer que pour la fréquence $f_0 = \dfrac{\mathbf{1}}{\mathbf{2.\pi.R.C}}$, cette transmittance prend une valeur simple K_0 que l'on calculera.

4.3) Si on veut utiliser le pont de Wien comme quadripôle de réaction dans un oscillateur, quels devront être l'amplification et le déphasage introduits par la chaîne directe ?

4.4) Justifier le choix du montage à A.Op. utilisé *figure (b)*. Proposer des valeurs pour R_a et R_b, et calculer la fréquence d'oscillation du montage.

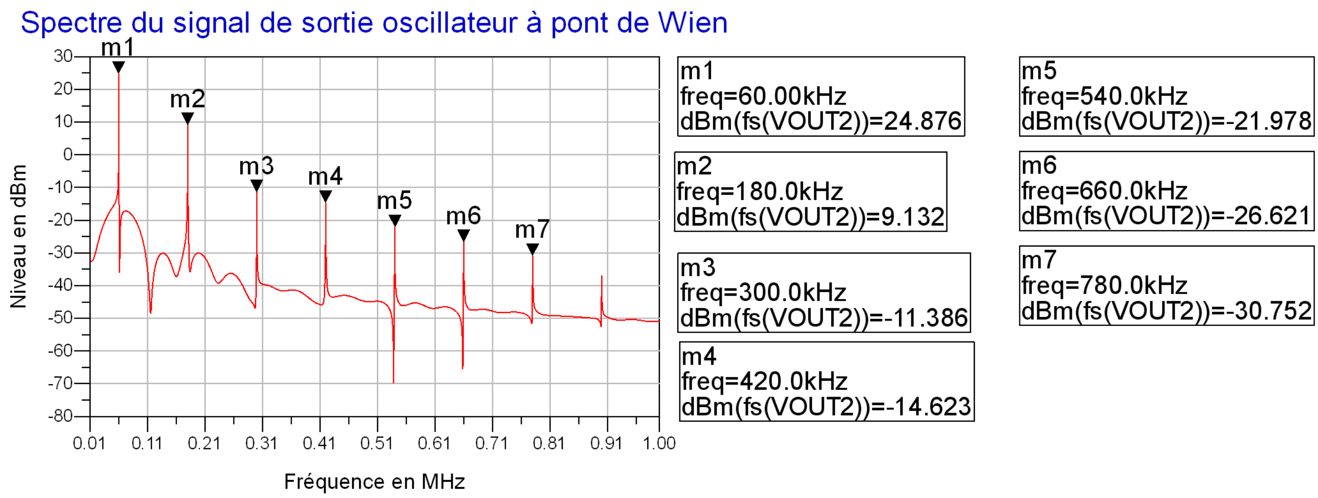
4.5) On étudie le circuit de la *figure (b)* et on choisit $\mathbf{R_1 \neq R_2 \neq R_a \neq R_b\ ;\ C_1 \neq C_2}$.

4.5.a) Exprimer la transmittance en B.O, $\mathbf{T_{BO}(p)}$ en fonction des éléments constitutifs du circuit.

4.5.b) En déduire l'expression de la pulsation des oscillations ω_0.

4.5.c) Exprimer le coefficient de stabilité en fréquence S de cet oscillateur. Commenter le résultat obtenu.

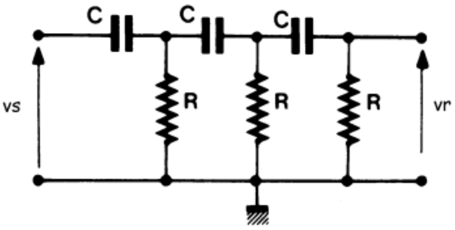
4.6) On a relevé le spectre du signal vr, ci-dessous. Calculer le THD du signal obtenu.



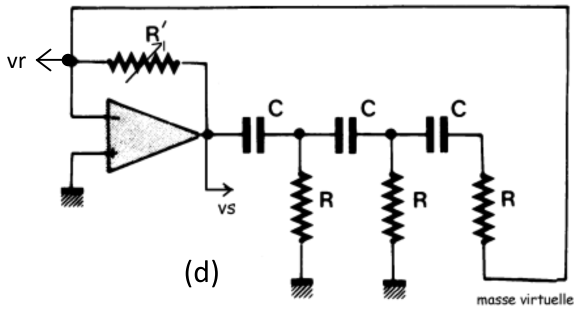
4.7) Au regard du résultat précédent, et sachant que l'on désire un THD < 3%, quelle solution faudrait-il apporter à cet oscillateur, pour le rendre plus performant ?

Exercice n°5 : *Oscillateur à réseau déphaseur.*

Pour réaliser un signal sinusoïdal, on utilise en réaction le circuit déphaseur, représenté *figure (c)*, et constitué de 3 cellules RC.



(c)



(d)

On choisit : **R = 10 kΩ**.

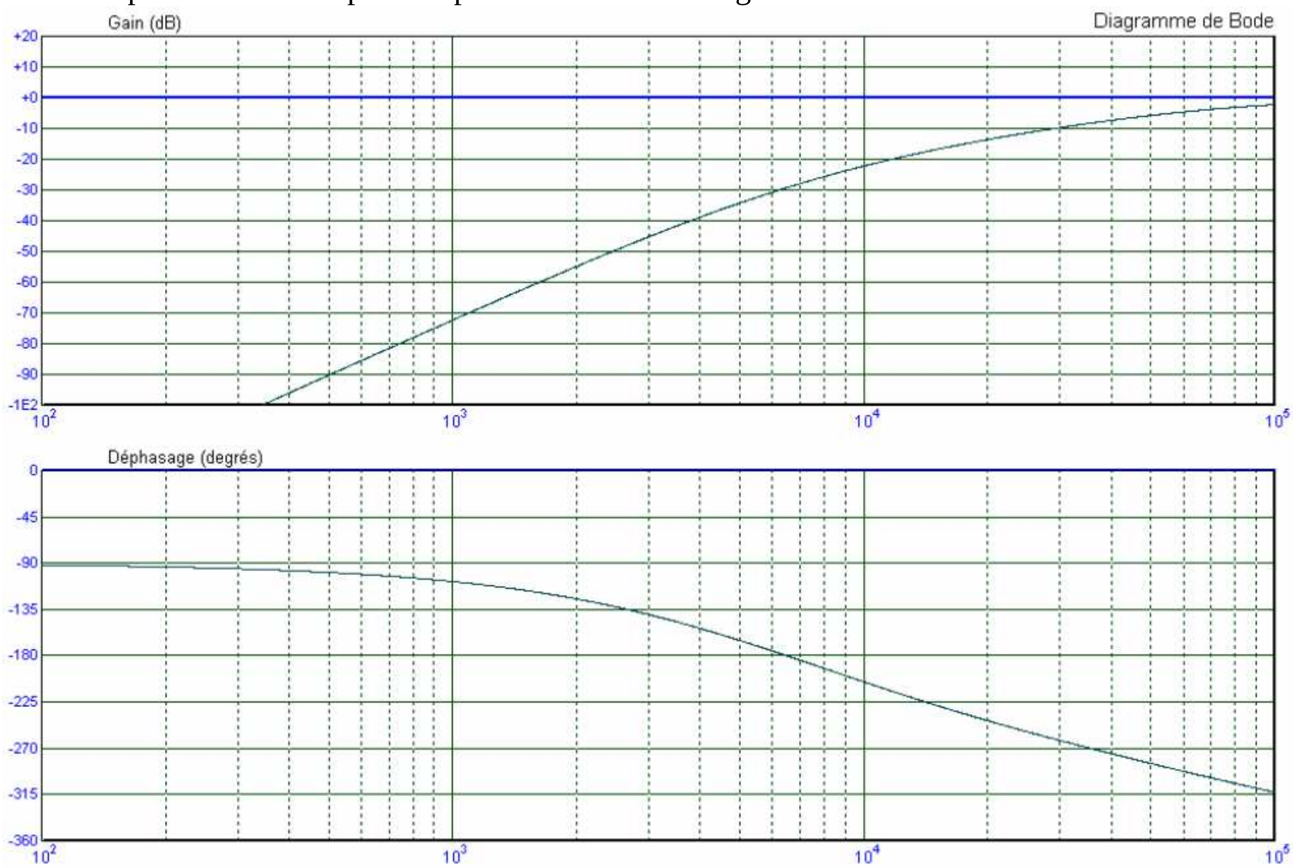
5.1) Etablir l'expression de la transmittance complexe **$\underline{K}$(jω)** du réseau déphaseur en fonction de R et C.

5.2) A l'aide du diagramme de Bode de **$\underline{K}$(jω)** *(axe des abscisses gradué en Hz)* donné page suivante, déterminer avec quel type d'amplificateur *(inverseur ou non-inverseur)* on doit réaliser l'oscillateur avec ce réseau déphaseur. Quelle sera alors la fréquence d'oscillation f_0 ?

5.3) Déterminer l'expression de la fréquence d'oscillations f_0 en fonction de R et C. En déduire la valeur de C.

5.4) Que vaut l'atténuation du filtre à cette fréquence f_0 ? Vérifier ce résultat sur le diagramme de Bode.

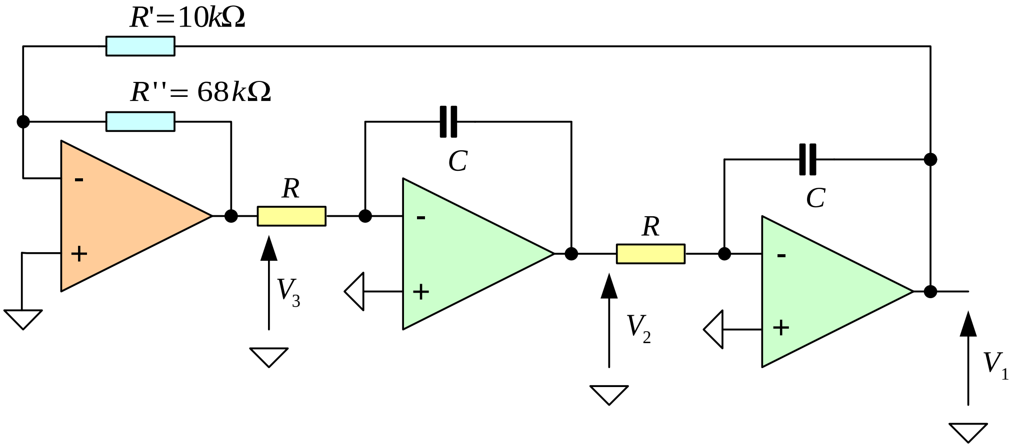
5.5) On réalise un oscillateur, représenté *figure (d)*, en associant ce réseau déphaseur à un amplificateur inverseur. Proposer une valeur pour R' permettant le démarrage et le fonctionnement de l'oscillateur.



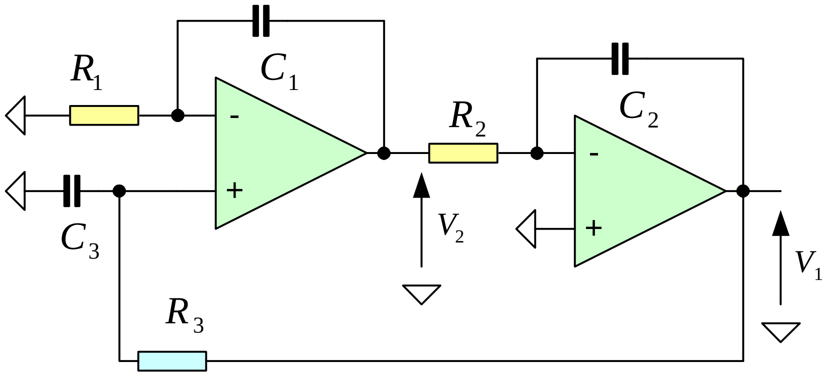
5.6) Exprimer le coefficient de stabilité en fréquence **S** de cet oscillateur. Commenter le résultat obtenu, en le comparant à celui obtenu avec l'oscillateur de Wien.

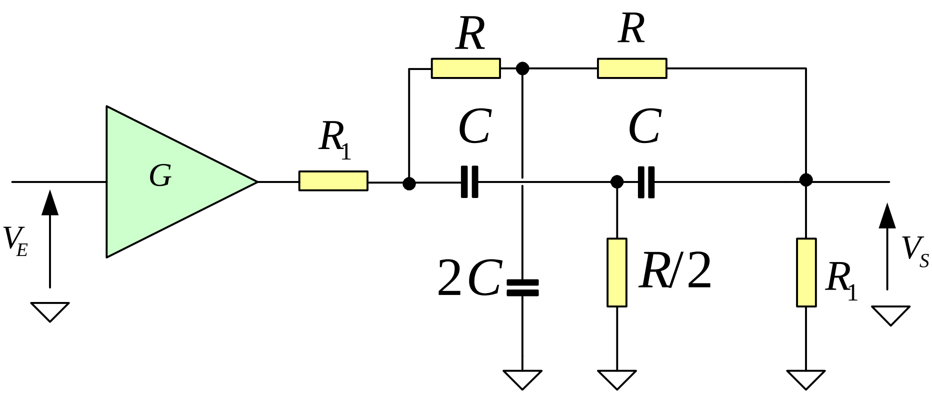
Exercice n°6 : *Oscillateurs à plusieurs A.Op.*

Démontrer que ces systèmes oscillent. Calculer leur fréquence d'oscillation et leur condition d'oscillation.



On choisit : ***R = 1 kΩ ; C = 2 nF****.*





Oscillateur à double T.

Nom : … … … … … … … … … … … … … … … … … …   Date : … … … …

Document-réponse