PC 2008-2009

T.P. EL_2
OSCILLATEURS SINUSOÏDAUX

1. STABILITE D'UN MONTAGE ELECTRONIQUE

1.1. Condition de stabilité

Considérons un montage électronique linéaire où, en régime sinusoïdal, la grandeur de sortie (souvent une tension V_S) s'exprime en fonction de la grandeur d'entrée (souvent une tenson V_e) sous la forme :

$$\frac{VS}{Ve} = H(j\omega) = \frac{N(j\omega)}{D(j\omega)}$$

en notation complexe.

La correspondance fréquentiel-indiciel permet d'obtenir l'équation différentielle générale à laquelle obéit V_S.

Prenons alors l'exemple d'un dénominateur du second ordre, cette équation s'écrirait :

$$A\frac{d^2V_S}{dt^2} + B\frac{dV_S}{dt} + CV_S = f(V_e)$$

Examinons alors l'équation homogène associée. Sa solution correspond à tout régime transitoire résultant par exemple d'une fluctuation de la grandeur d'entrée V_e. La solution est de la forme e^{rt} où r est solution de :

$$Ar^2 + Br + C = 0$$

Le montage sera dit stable si cette solution tend vers 0 quand t vers l'infini.

Si les solutions sont réelles, elles ne seront toutes deux négatives que si leur somme et leur produit le sont aussi : ceci impose que A, B, C soient tous trois positifs

Si les solutions sont complexes (donc conjuguées), ce qui implique d'ailleurs que A et C soient de même signe ($\Delta < 0$), leur partie réelle commune sera négative si A et B sont positifs : on retrouve la même condition.

En résumé le système sera stable si A, B, C sont tous trois positifs.

Si l'un des termes est négatif, la solution exponentielle comporte nécessairement une partie réelle positive qui fait diverger X : On devrait donc observer en théorie un système oscillant d'amplitude croissante. En pratique, pour un montage comportant des A.O., la tension de sortie est limitée par ± V_{sat} : le système devient alors **instable.**

En résumé :

On étudie la stabilité d'un montage électronique en examinant les solutions de l'équation différentielle homogène à laquelle obéit la grandeur de sortie (régime transitoire). Le système est stable si ces solutions convergent dans le temps et instable dans le cas contraire.

1.2. Condition d'oscillation

Examinons à présent le cas particulier B = 0 : l'équation différentielle devient: :

$$A\frac{d^2V_S}{dt^2} + CV_S = 0$$

Nous trouvons alors un oscillateur sinusoïdal de pulsation $\omega^2_0 = \frac{A}{C}$.

Revenons à la notation complexe associée à la possibilité d'obtention d'un régime linéaire. Le dénominateur, dans le cas d'un second ordre, s'écrit :

$$D(j\omega) = C + j\omega B + (j\omega)^2 A$$

Avec B = 0, le régime d'oscillations sinusoïdales correspond à l'annulation du dénominateur D(jω). Le montage présente alors un gain infini : en pratique ceci signifie qu'avec une entrée nulle ($V_e = 0$), il est possible d'obtenir une sortie non nulle.

L'annulation du dénominateur, complexe, implique l'annulation des parties réelle et imaginaire. Elle débouche en général sur des conditions portant sur les composants du montage et la pulsation ω : souvent, il existe une pulsation et une seule ω_0 pour laquelle le dénominateur s'annule. On obtient alors en sortie, avec une entrée nulle, une grandeur sinusoïdale, de pulsation ω_0 : on a ainsi fabriqué un oscillateur sinusoïdal électronique.

Pour le système du second ordre, la double condition d'oscillation s'écrit : B = 0 et $A - C\omega^2 = 0$

On retrouve bien un oscillateur de pulsation $\omega^2_0 = \frac{A}{C}$.

La condition B = 0 n'est cependant jamais parfaitement réalisée :

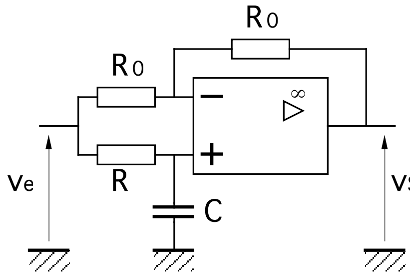
- une valeur de B positive ramène nécessairement V_s à zéro : le système est **stable.** En pratique on n'observe pas d'oscillations.

- une valeur de B négative fait diverger le système **instable** : on a des oscillations sinusoïdales qui s'amplifient jusqu'à saturation d'une tension de sortie d'AO. Très souvent s'installe alors un nouveau régime qui fait reconverger le système (oscillations décroissantes) et ainsi de suite : on obtient alors un oscillateur quasi-sinusoïdal si les croissances et décroissances sont limitées.

2. OSCILLATEUR A DEPHASEUR

2.1. Réalisation d'un montage déphaseur

Calculer la fonction de transfert du filtre (D) ci-dessous. Quel est son module? Si φ est son argument, exprimer $\tan\frac{\varphi}{2}$ *en fonction de la pulsation. Pour quelle fréquence a-t-on* $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ *?*



(D)

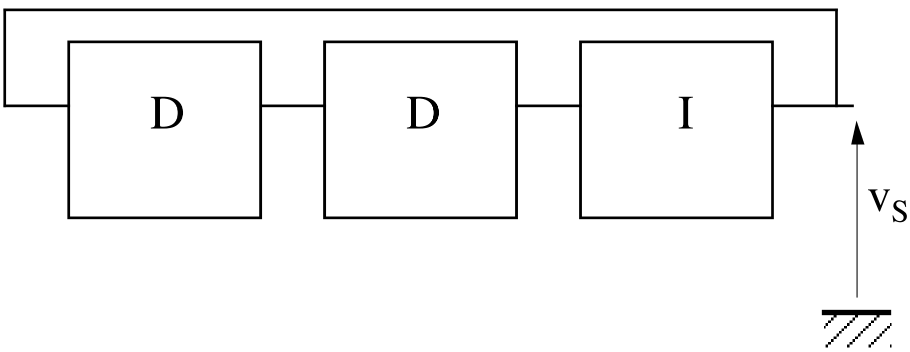
Réaliser le montage en prenant des résistances d'1 kΩ et un condensateur de 100 nF. Vérifier que le fonctionnement est bien celui que l'on attend.

V_e est un signal périodique rectangulaire. Qu'en est-il de V_s ? Justifier la réponse. Visualiser V_s à l'oscilloscope et représenter son allure.

2.2. Réalisation de l'oscillateur

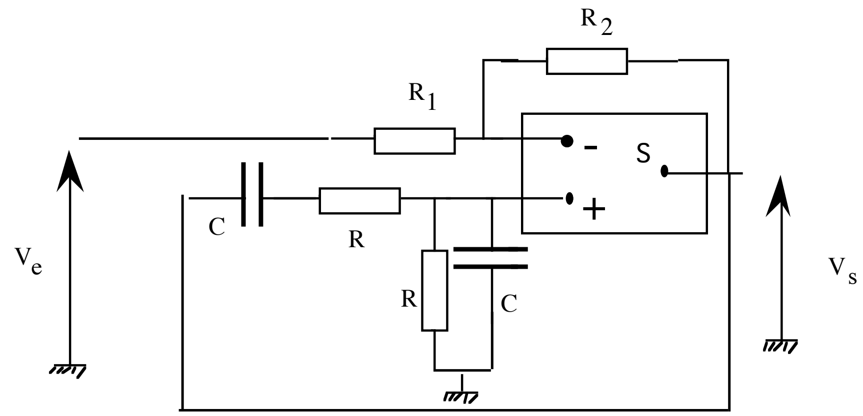
On considère maintenant un système bouclé comprenant deux déphaseurs identiques (D) et un ampli inverseur (I). *Quelles doivent être les valeurs de φ et du gain de (I) pour que le système devienne un oscillateur quasi-sinusoïdal dont on déterminera la fréquence.*

Réaliser expérimentalement cet oscillateur et mesurer sa fréquence.



3. OSCILLATEUR DE WIEN

3.1. Réalisation



On considère le filtre ci-contre .

Déterminer les conditions dans lesquelles ce système peut constituer un oscillateur quasi-sinusoïdal.

3.2. Interprétation physique du fonctionnement de l'oscillateur

L'interprétation physique de l'oscillateur de Wien est relativement simple : le montage est en fait constitué d'un amplificateur inverseur, avec un retour de la tension de sortie V_s sur l'entrée plus de l'A.O. avec filtrage préalable par un filtre passe-bande (c'est le système RC série - RC parallèle).

Quand V_e est nulle, l'A.O. amplifie en fait la tension de sortie elle-même, préalablement filtrée par le passe-bande. Tout parasite est ainsi amplifié, mais en fait seule la fréquence de résonance du filtre est sélectionnée par celui-ci : on obtient bien, pourvu que les conditions sur R_1 et R_2 s'y prêtent, une tension de sortie purement sinusoïdale, à cette fréquence de résonance.

3.3. Etude expérimentale

Réaliser le montage ci-dessus avec $R = 1\ k\Omega$, $C = 100\ nF$, $R_1 = 1\ k\Omega$ et R_2 est une boîte de résistances variables. En ajustant R_2, observer des oscillations écrêtées, non écrêtées, ou l'absence d'oscillations. Comparer les résultats expérimentaux et théoriques.