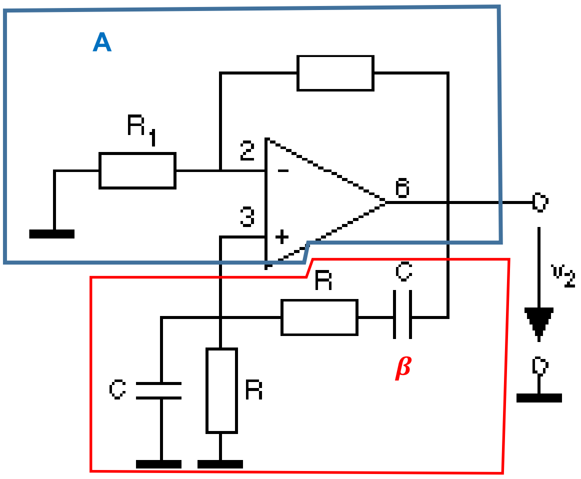
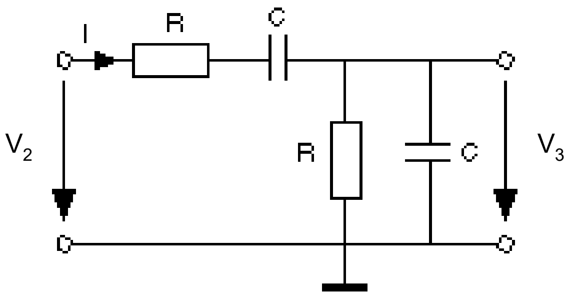
TP5 : Oscillateurs

On se propose d'étudier la réponse de l'oscillateur ci-dessous composé d'un réseau déphaseur β et d'un amplificateur non-inverseur A:



Le réseau déphaseur β (cellule de réaction positive de l'oscillateur)



1. Fonction de transfert: β(jω) = v_3/v_2

$\beta(j\omega) = \frac{Z_2}{Z_2+Z_1}$ avec (formulaire d'impédance) $Z_1 = \frac{1+j\omega RC}{j\omega C}$, $Z_2 = \frac{R}{1+j\omega RC}$

$$\Rightarrow \beta(j\omega) = \frac{j\omega RC}{1+3j\omega RC+(j\omega RC)^2} \quad (*)$$

Le dénominateur est un **polynôme du second degré** en **jωRC.** Il suffit donc d'en calculer les racines pour le réduire à un produit de 2 facteurs du 1er degré et obtenir la forme canonique de β.
En effet, si en fait le changement de variable **X= jωRC,** le dénominateur devient $\mathbf{X^2 + 3X + 1}$ dont les racines sont $x_1 = -\frac{3+\sqrt{5}}{2} = -2.62$ *et* $x_2 = -\frac{3-\sqrt{5}}{2} = -0.38$ **et donc :**

$$(j\omega RC)^2 + 3j\omega RC + 1 = (j\omega RC + 2.62)(j\omega RC + 0.38) = \underbrace{2.62 \times 0.38}_{=1}\left(1+\frac{j\omega RC}{2.62}\right)\left(1+\frac{j\omega RC}{0.38}\right)$$

$$\Rightarrow \beta(j\omega) = \frac{j\omega RC}{(1+j\frac{\omega RC}{\frac{3+\sqrt{5}}{2}})(1+j\frac{\omega RC}{\frac{3-\sqrt{5}}{2}})} = \frac{j\omega RC}{(1+j\frac{\omega RC}{2.62})(1+j\frac{\omega RC}{0.38})}$$

Nous avons donc un zéro et deux pôles : $\omega_z = \frac{1}{RC}; \omega_{p1} = \frac{0.38}{RC}$ et $\omega_{p2} = \frac{2.62}{RC}$

2. Donner la valeur de RC pour que la fréquence d'oscillation soit égale à f_o = 1kHz

D'après le critère d'oscillation de Barkhausen, à la fréquence d'oscillation nous devons avoir :

$|A(j\omega_o).\beta(j\omega_o)| = 1$ et $Arg[A(j\omega_o).\beta(j\omega_o)] = 0$.

Or $Arg[A(j\omega_o)] = 0$ (Ampli non-inverseur). $Arg[\beta(j\omega_o)]$ doit donc être nul.

D'aprés (*) : $$Arg(\beta(j\omega_o)) = \frac{\pi}{2} - Actg\left(\frac{3\omega_o RC}{1-(\omega_o RC)^2}\right) = 0 \implies \omega_o RC = 1$$

Et donc $$RC = \frac{1}{2\pi f_o} = 159\ \mu s$$

Dans ce cas les zéro et pôles sont: $f_z = f_o = \frac{1}{2\pi RC} \approx 1\ kHz; f_{p1} = 0.38\ kHz\ et\ f_{p2} = 2.62\ kHz$

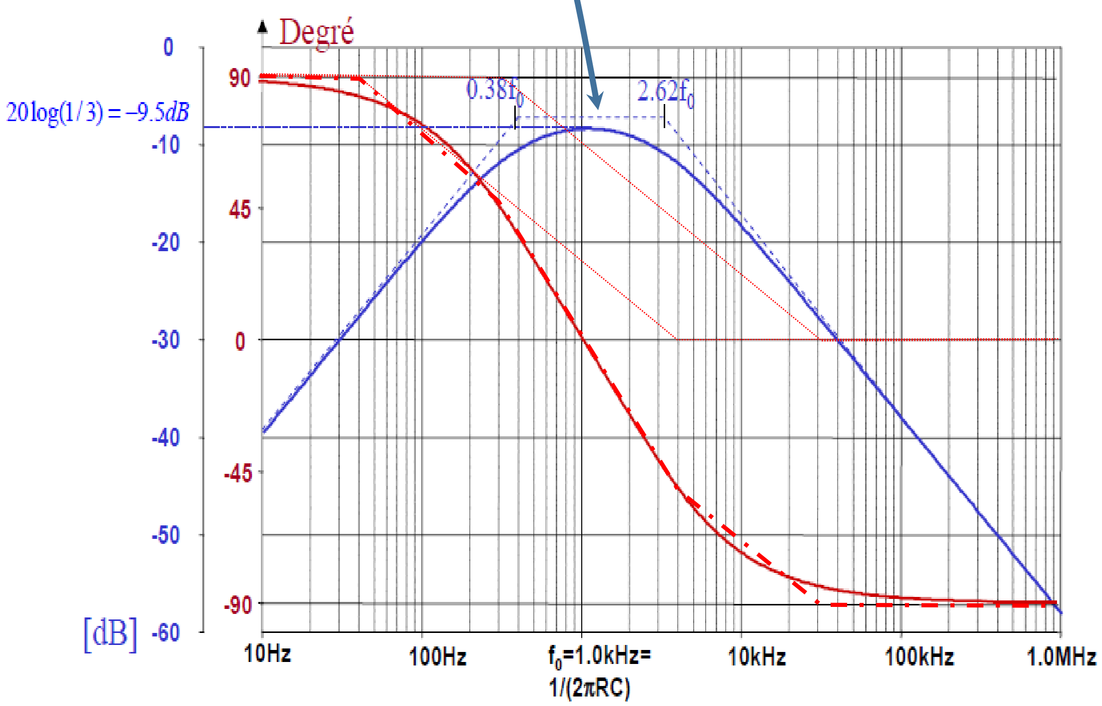
1. $|\beta(j\omega o)|$ à la fréquence d'oscillation ?

Avec $\omega_o RC = 1$, $(*) \implies$ $$|\beta(j\omega o)| = \left|\frac{j}{1-3j-1}\right| = \frac{1}{3}$$ (ou -9.54dB)

2. Diagramme de Bode en phase et en amplitude

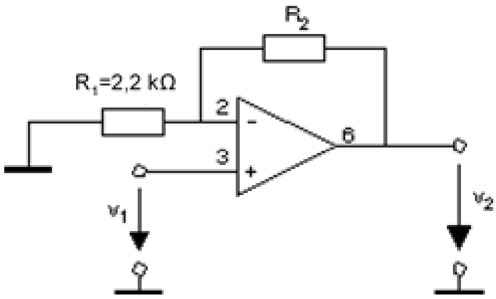
La valeur maximale du diagramme de Bode (asymptote verticale) est:

$$A_0 = Max\left|\frac{\frac{j\omega}{\omega_z}}{1+\frac{j\omega}{\omega_{p1}}}\right| = \left|\frac{\omega_{p1}}{\omega_z}\right| = 0.38(ou - 8.4dB)$$



3. **Choisir R et C de façon à ce que le courant I ne dépasse jamais 1 mA**
   Le courant dans le déphaseur augmente pour atteindre son maximum quand son impédance équivalente diminue pour atteindre son minimum. D'après le schéma ceci correspond à $Z_c \rightarrow 0$ c.à.d. quand la fréquence et très grande. L'impédance du déphaseur devient dans ce cas équivalente à R.
   Nous avons donc $V_{2,max} = 15\ V_{crête} = RI_{max}$ → **R = 15 kΩ**
   Sachant que RC = 159 µs, ceci nous donne aussi la valeur de C : **C = 10 nF**
4. **Mesure des courbes de réponse en amplitude …**

L'amplificateur non inverseur de gain A



5. Donner le gain de l'amplificateur A = v_2/v_1 en fonction de R_1 et R_2 $\boldsymbol{A = 1 + \frac{R_2}{R_2}}$

6. Donner la condition sur la valeur de R_2 pour amorcer l'oscillation ainsi que sa valeur à l'équilibre.

D'après le critère d'oscillation de Barkhausen, à la fréquence d'oscillation nous devons avoir :

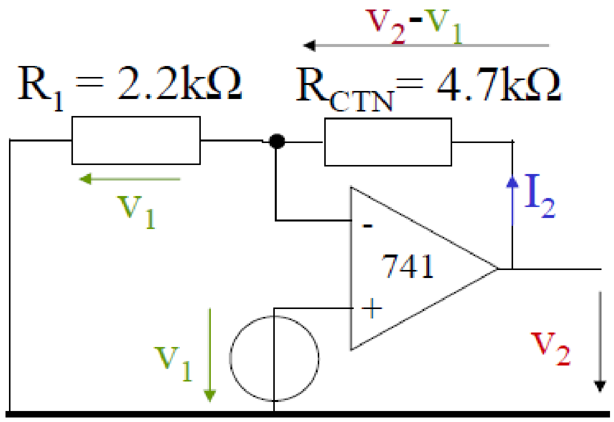
$|A(j\omega_o).\beta(j\omega_o)| = 1$ or $|\beta(j\omega o)| = 1/3$ et donc **A(jωo) = 3 ou encore $R_2 = 2\ R_1$**

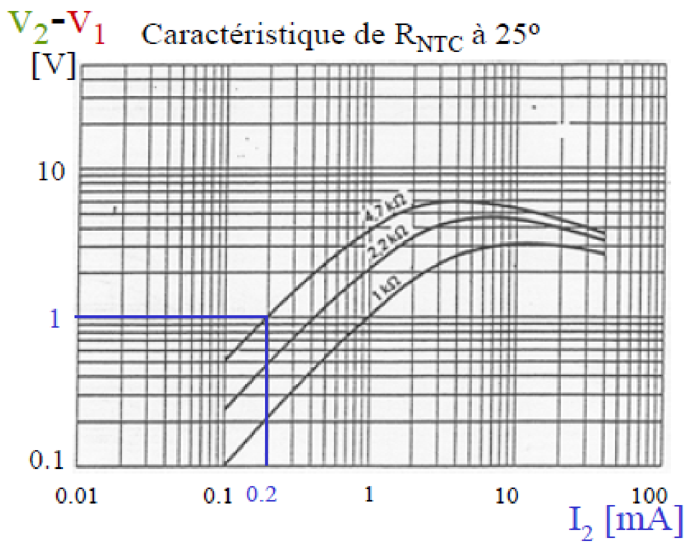
En pratique cependant :

- on choisit $|\mathbf{A}(j\omega_o).\beta(j\omega_o)| > \mathbf{1}$ pendant la phase transitoire (amplitude trop faible) pour amorcer l'oscillation quelles que soit les conditions (variations de température, tension …) et donc $R_2 > 2\ R_1$. Pour un $R_1 = 2.2$ kΩ → cela donne **$R_2 > 4.4$ kΩ.**
- Puis en ajoute un mécanisme non-linéaire qui fait diminuer $|A(j\omega_o).\beta(j\omega_o)|$ lorsque l'amplitude des oscillations augmente, celle-ci s'ajustant alors automatiquement à la valeur donnant $|A(j\omega_o).\beta(j\omega_o)| = 1$ à l'équilibre. **R_2 doit donc diminuer à 4.4 kΩ en régime établi.**

7. Doit-en choisir une R_{NTC} ou une R_{PTC}.
Quand l'amplitude des oscillations augmente, la puissance dissipée dans les résistances augmente et donc leur température aussi. Or d'après la question précédente, on veut que la R_2 diminue. On doit donc choisir **une R_{NTC} (résistance dont la valeur diminue avec la température) pour R_2**.

Exemple d'implémentation :





$$A_u \approx (1 + \frac{R_{CTN}}{R_1}).$$

On remarque que R_{NTC} pour des faibles amplitudes (1V/0.2mA=5kΩ) donne un gain A_u>3.
Cependant, quand l'amplitude augmente, R_{NTC} diminue ce qui donne un gain A_u < 3.
Pour obtenir A_u=3, valeur nécessaire pour un oscillateur à pont de Wien, il faut que R_{NTC}≈ 4.4 kΩ.