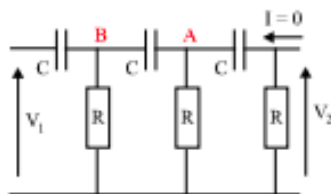


Cours : Electronique

Devoir : Oscillateur à déphaseur RC

L'objectif de ce devoir TP est de comprendre le fonctionnement et le dimensionnement d'un oscillateur à déphaseur CR à l'aide de LTspice.

1. Etude théorique



Une seule cellule non chargée. C'est un passe-haut du 1^{er} ordre qui forme un diviseur de tension idéal (DTI).

$$H = \frac{V_2}{V_1} = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega} = \frac{jx}{1 + jx} \quad (\omega_0 = 1/RC ; x = \frac{\omega}{\omega_0})$$

Deux cellules. On applique le théorème de Millman en B :

$$V_B = \frac{jC\omega(V_1 + V_2)}{2jC\omega + 1/R}. \text{ Donc : } V_B(1 + 2jx) = jx(V_1 + V_2)$$

La seconde cellule est un DTI et donc : $V_2 = jx.V_B/(1 + jx) = \frac{(jx)^2(V_1 + V_2)}{(1 + jx)(1 + 2jx)}$

On en déduit l'expression de H_2 (filtre passe-haut du *second* ordre) :

$$H_2 = \frac{V_2}{V_1} = \frac{(jx)^2}{1 + 3jx + (jx)^2}$$

La première cellule est chargée par la seconde et donc $H_2 \neq H_1^2$

Trois cellules. On peut écrire (loi des nœuds en B) :

$$jC\omega(V_1 - V_B) + jC\omega(V_A - V_B) = V_B/R$$

$$jRC\omega(V_1 - V_B + V_A - V_B) - V_B = 0$$

$$jxV_1 + jxV_A = V_B(1 + 2jx)$$

De même (loi des nœuds en A) : $jC\omega(V_B - V_A) + jC\omega(V_2 - V_A) = V_A/R$

$$jRC\omega(V_B - V_A + V_2 - V_A) - V_A = 0$$

$$jxV_B + jxV_2 = V_A(1 + 2jx)$$

Donc :
$$\frac{(jx)^2V_1 + (jx)^2V_A}{1 + 2jx} + (jx)V_2 = V_A(1 + 2jx)$$

$$V_A = \frac{(jx)^2V_1 + jx(1 + 2jx)V_2}{1 + 4jx + 3(jx)^2}$$

La dernière cellule est un DTI et donc : $(1 + jx)V_2 = (jx)V_A$

$$(1 + 4jx + 3(jx)^2)(1 + jx)V_2 = (jx)^3V_1 + (jx)^2(1 + 2jx)V_2$$

On tire :
$$H_3 = \frac{(jx)^3}{1 + 5(jx) + 6(jx)^2 + (jx)^3} \quad (\text{filtre du 3^{er} ordre})$$

Soit
$$H = \frac{1}{\left(1 - \frac{5}{x^2}\right) + j\left(\frac{1}{x^3} - \frac{6}{x}\right)}$$

2. Etude numérique

Nous nous intéresserons dans un premier temps aux conditions d'oscillation.

Nous allons ici simuler sur LTspice la réponse en fréquence $\beta_{RC}(j\omega)$ $\frac{V_1}{V_s}$ (amplitude et phase) du déphaseur RC.

Q 2/

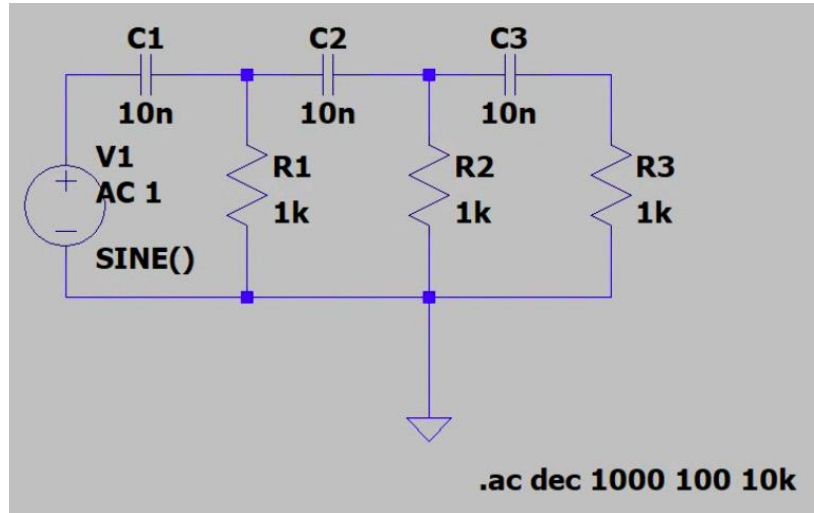


Figure 1 : Capture du montage du déphaseur RC

Résultat de la simulation

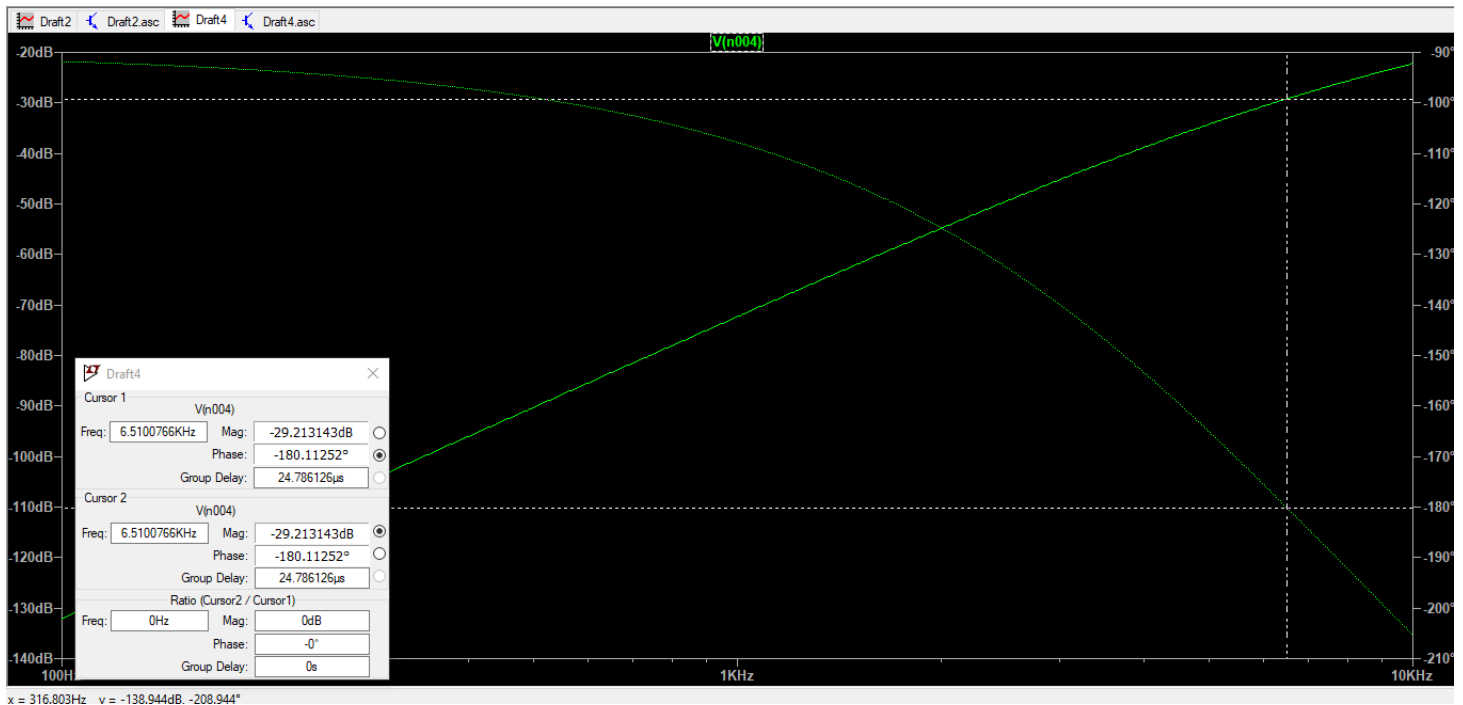


Figure 2 : Capture de la simulation du déphaseur RC

Q3/ Graphiquement, nous avons la fréquence d'oscillation f_0 $\frac{f_1}{sEP}$ = 6,5 KHz. Cette valeur est en adéquation avec la formule que nous avons vu dans le cours.

Fréquence d'oscillation

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}$$

Nous avons à cette fréquence un gain du déphaseur RC est : $|\beta_{RC}(j\omega)| = 29,21 \text{ dB}$.

Ainsi, la valeur du gain A assurant le maintien des oscillations (c-à-d $|A \cdot \beta_{RC}(j\omega)| = 1$) est : $A = 1/29 \text{ dB}$.

Suite aux résultats incohérents avec cette valeur de A (Je pense que je n'ai pas réussi à trouver le bon schéma du déphaseur), j'ai utilisé l'inverse de cette valeur (utilisée également dans le cours)

Nous allons maintenant étudier le démarrage de l'oscillateur dans les trois cas présentées dans le cours: $A\beta(j\omega) < 1$, $A\beta(j\omega) > 1$ et $A\beta(j\omega) = 1$. Dans la pratique, le bruit thermique suffit à fournir une tension de démarrage à l'oscillateur. Dans LTspice en revanche, les tensions initiales sont rigoureusement nulles et le signal de sortie également. Il est donc nécessaire de créer une impulsion pour permettre à l'oscillateur de démarrer. Nous allons pour cela ajouter une source de tension ("voltage") en série avec R_1 . Cette source de tension délivrera une impulsion avec les paramètres suivants: "PULSE (0 100μ 0 0 0 0.1m 0 1)" (impulsion unique d'amplitude 100 μV, de durée 0,1 ms).

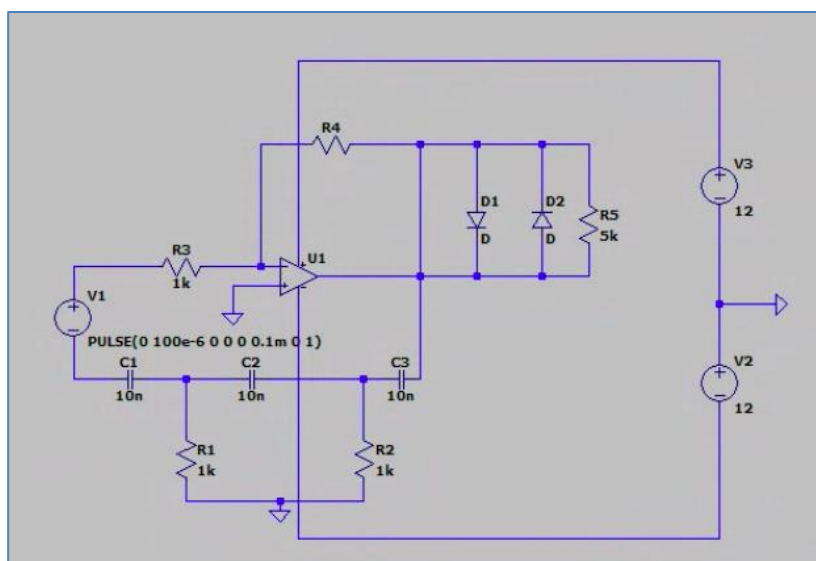


Figure 3 : Capture du montage de l'oscillateur complet

- Le premier régime $A\beta(j\omega) < 1$: $R_4 = 14 \text{ k}\Omega$ ($R_4 < A \cdot R_3$)

Résultat de la simulation

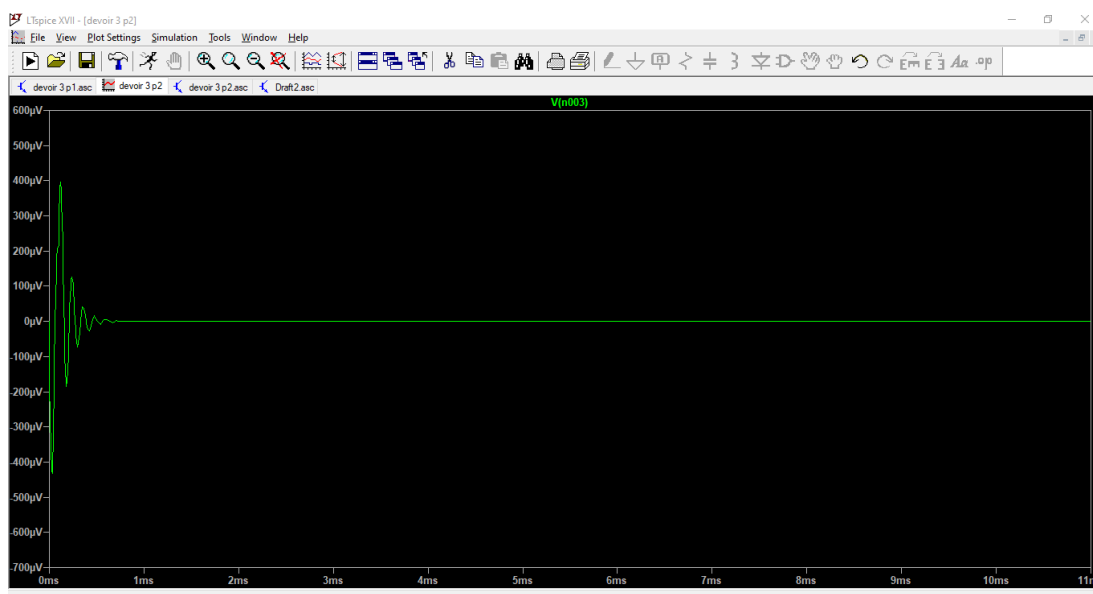


Figure 4 : Capture de la simulation de l'oscillateur ($A\beta(j\omega) < 1$)

Nous remarquons que l'amplitude du signal de sortie diminue en tend vers zéro.

- Le deuxième régime $A\beta(j\omega) > 1$: $R_4 = 35 \text{ k}\Omega$ ($R_4 > A.R_3$)

Résultat de la simulation

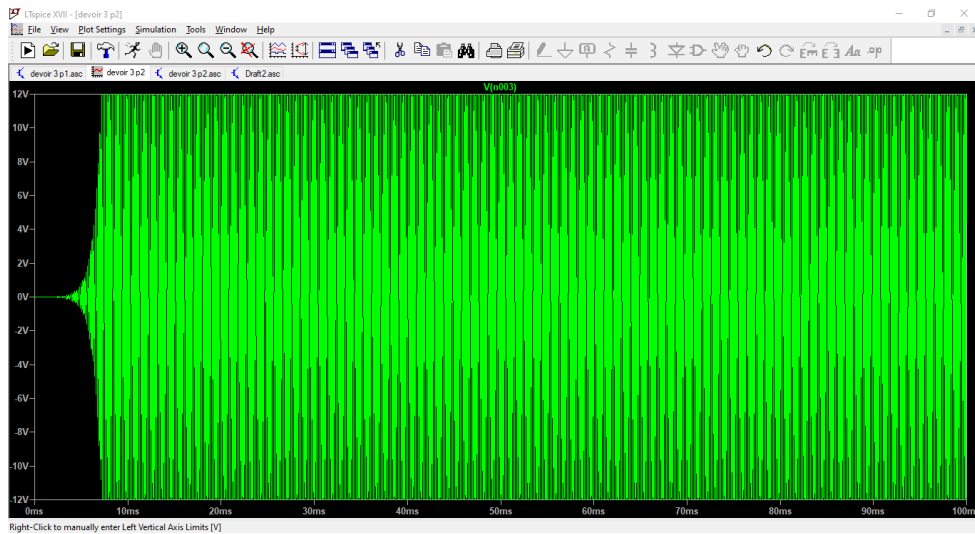


Figure 5 : Capture de la simulation de l'oscillateur ($A\beta(j\omega) > 1$)

Nous remarquons que l'amplitude du signal de sortie augmente rapidement jusqu'à entraîner la saturation de l'amplificateur (12 V).

- Le troisième régime $A\beta(j\omega) = 1$: ($R_4 = A.R_3$)
 - $R_4 = 29\,213 \, \Omega$ ($A = 29,213$; la valeur numérique du gain trouvée sur LTspice)

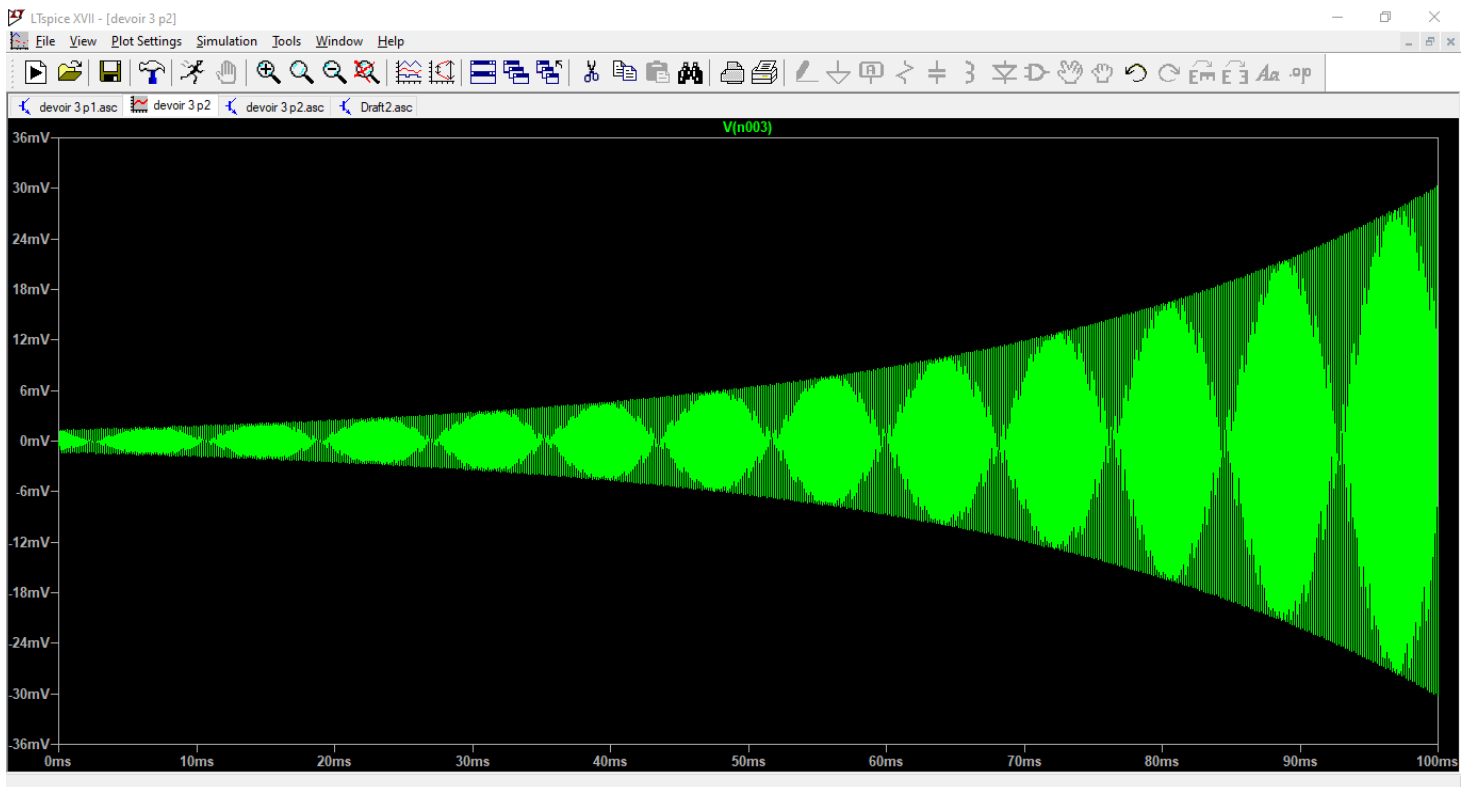


Figure 6 : Capture de la simulation de l'oscillateur (avec la valeur numérique de A)

➤ $R_4 = 29 \text{ k}\Omega$ ($A = 29$, la valeur théorique du gain)

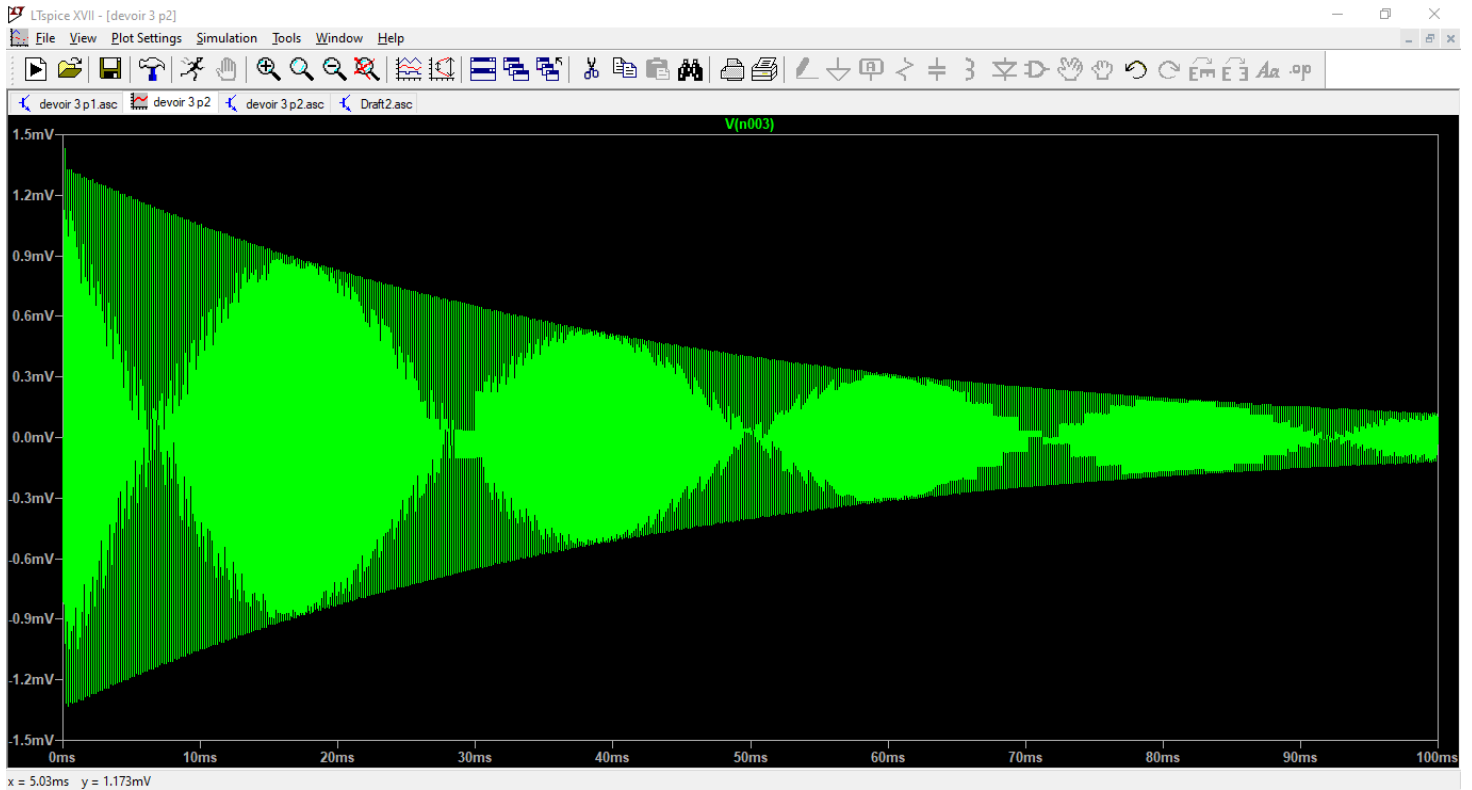


Figure 7 : Capture de la simulation de l'oscillateur (avec la valeur théorique de A)

Dans les deux cas, nous n'avons pas réussi à obtenir la condition d'oscillation.

Q7+8/ Nous allons ici étudier le contrôle de gain induit par la présence des diodes.

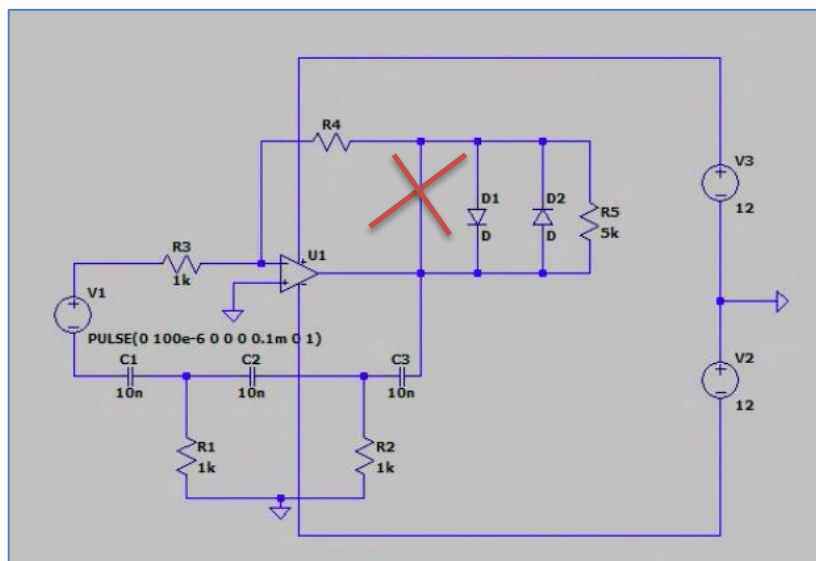


Figure 8 : Capture du montage de l'oscillateur complet

Résultat de la simulation de $v_s = f(v_e)$

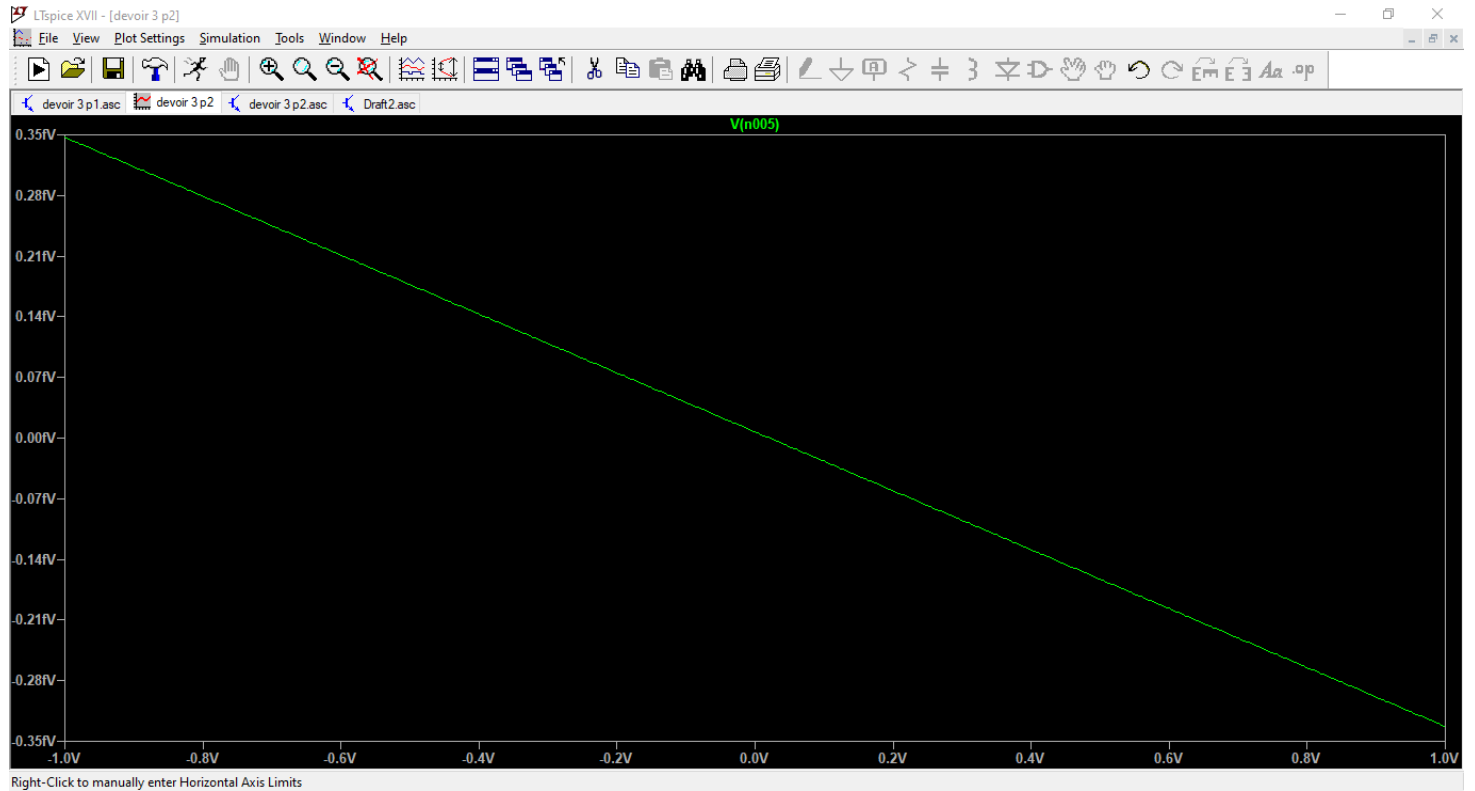


Figure 9 : Capture de la simulation de v_s en fonction de v_e

Nous remarquons une légère non linearité du gain introduite par les diodes.