

# I Générateur de balayage

- 1 Les courants d'entrée d'un ALI idéal sont **nuls**, et son gain est **infini**.

*Je pense que c'est la réponse attendue, ceci dit la question n'a pas lieu d'être car on peut aussi modéliser un ALI idéal par un système du premier ordre de gain fini.*

- 2 La rétroaction de l'ALI 2 ne se fait que sur son entrée  $\oplus$ , il fonctionne donc nécessairement en régime de saturation.

- 3 On constate sur l'oscillogramme que la tension  $u$  de sortie de l'ALI 1 est comprise entre  $-3$  et  $3$  V, or s'il fonctionnait en régime de saturation elle ne pourrait prendre que les valeurs  $\pm V_{\text{sat}} = \pm 15$  V. On en déduit que l'ALI 1 fonctionne en régime linéaire.

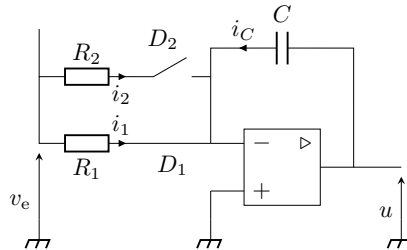


Figure 3 – Schéma partiel de l'ALI 1.

- 4 Utilisons la loi des nœuds à l'entrée  $\ominus$  de l'ALI 1, qui est idéal. Comme il fonctionne en régime linéaire,  $v_- = v_+ = 0$ . Avec les notations de la figure 3,

$$i_1 + i_2 + i_C = 0 \quad \text{avec} \quad \begin{cases} i_1 = \frac{v_e - v_-}{R_1} = \frac{V_0}{R_1} \\ i_2 = 0 \\ i_C = C \frac{d}{dt}(u - v_-) = C \frac{du}{dt} \end{cases}$$

⚡ ⚡ ⚡ **Attention !** Les dipôles doivent bien être orientés en convention récepteur !

On en déduit

$$\frac{du}{dt} = -\frac{V_0}{R_1 C} \quad \text{d'où} \quad u(t) = -\frac{V_0}{R_1 C} t + \text{cte.}$$

À l'instant initial,

$$u(0) \underset{\substack{\uparrow \\ \text{CI}}}{=} 0 \underset{\substack{\uparrow \\ \text{sol}}}{=} \text{cte}$$

et finalement

$$u(t) = -\frac{V_0}{R_1 C} t.$$

**5** On applique de même la loi des nœuds à l'entrée  $\oplus$  de l'ALI 2. En orientant tous les courants vers l'entrée  $\oplus$  (et avec des notations évidentes!!),

$$i_3 + i_4 = 0 \quad \text{soit} \quad \frac{u - V_+}{R_3} + \frac{v_s - V_+}{R_4} = 0$$

d'où on déduit

$$V_+ = \frac{\frac{u}{R_3} + \frac{v_s}{R_4}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} \quad \text{soit} \quad V_+ = \frac{R_4 u + R_3 v_s}{R_3 + R_4}.$$

On conserve  $v_s = V_0$  tant que  $V_+ > V_- = 0$ . Il y a donc basculement à  $t_1$  tel que

$$\frac{R_4 u(t_1) + R_3 V_0}{R_3 + R_4} = 0 \quad \text{soit} \quad u(t_1) = -\frac{R_3}{R_4} V_0.$$

D'après la question précédente,

$$t_1 = \frac{R_1 R_3 C}{R_4}.$$

**6** La tension aux bornes du condensateur, qui est toujours continue, est égale à  $u - v_- = u$ .

**7** Posons  $t' = t - t_1$ . Le raisonnement est identique à la question 4, mais comme  $v_s = -V_0$  alors c'est  $D_2$  qui est fermé et donc  $R_2$  qui intervient dans le calcul. La relation différentielle est donc

$$\frac{du}{dt'} = +\frac{V_0}{R_2 C} \quad \text{d'où} \quad u(t') = +\frac{V_0}{R_2 C} t' + \text{cte}'.$$

À l'instant  $t' = 0$  (c'est-à-dire  $t = t_1$ ), et par continuité,

$$u(t'=0) \underset{\substack{\uparrow \\ \text{CI}}}{=} -\frac{R_3}{R_4} V_0 \underset{\substack{\uparrow \\ \text{sol}}}{=} \text{cte}'.$$

Finalement,

$$u(t') = \frac{V_0}{R_2 C} t' - \frac{R_3}{R_4} V_0 \quad \text{soit} \quad u(t) = \frac{V_0}{R_2 C} (t - t_1) - \frac{R_3}{R_4} V_0.$$

Comme  $t_1 = R_1 R_3 C / R_4$ ,

$$u(t) = \frac{V_0}{R_2 C} t - \frac{R_3}{R_4} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_0.$$

La tension s'annule à l'instant

$$t_2 = \frac{C R_2}{V_0} \times \frac{R_3}{R_4} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_0 \quad \text{soit} \quad t_2 = \frac{R_3}{R_4} (R_1 + R_2) C.$$

**8.a** Comme les oscillations sont symétriques par rapport à l'axe des abscisses (cf. l'oscillogramme) et par définition de  $t_2$  (deuxième annulation de  $u$ ),

$$T = 2t_2 = 2 \frac{R_3}{R_4} (R_1 + R_2) C.$$

**8.b** À l'instant  $t_1$ ,

$$u(t_1) \underset{\substack{\uparrow \\ \text{Q5}}}{=} -\frac{R_3}{R_4} V_0 \underset{\substack{\uparrow \\ \text{graphe}}}{=} -3 \text{ V}$$

2

d'où on déduit

$$R_3 = -\frac{R_4 u(t_1)}{V_0} = 0,2 \text{ k}\Omega.$$

De plus,

$$t_1 = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{Q5}}}{\frac{R_1 R_3 C}{R_4}} = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{graphe}}}{1,8 \text{ ms}}$$

et ainsi

$$R_1 = \frac{R_4 t_1}{R_3 C} \simeq 10 \text{ k}\Omega.$$

Enfin, la période des oscillations vaut

$$T = 2 \underset{\substack{\uparrow \\ \text{Q8.a}}}{\frac{R_3}{R_4}} (R_1 + R_2) C = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{graphe}}}{5 \text{ ms}}$$

d'où on déduit

$$R_2 = \frac{T R_4}{2 R_3 C} - R_1 \simeq 3 \text{ k}\Omega.$$

## II Oscillateur quasi sinusoïdal

**1.1** Régime linéaire car rétroaction sur entrée inverseuse, donc  $v_+ = v_- = u$ . Diviseur de tension

$$u = \frac{x R'}{x R' + (1-x) R'} v = x v \Rightarrow A = \frac{1}{x}$$

**1.2** Loi des noeuds  $i_R = i_L + i_C$  soit

$$\frac{u_R}{R} = \frac{u_L}{j L \omega} + j C \omega u_C$$

D'après la loi des mailles  $v - u_R - u_L = 0$  et  $w + u_C - u_L = 0$  et on reconnaît un diviseur de tension

$$w = \frac{Z_C}{2 Z_C} u_L = \frac{1}{2} u_L$$

donc

$$u_C = u_L - w = w$$

et donc

$$v - 2w = \frac{2R}{j L \omega} w + j R C \omega w$$

On regroupe

$$v = w \left( 2 + \frac{2R}{j L \omega} + j R C \omega \right)$$

et donc

$$\underline{\beta} = \frac{\underline{w}}{\underline{v}} = \frac{1}{2 + \frac{2R}{j L \omega} + j R C \omega}$$

**2.** On applique la loi des noeuds au point commun  $D$  entre la bobine le condensateur et la résistance  $i_R = i_L + i_C$  avec  $i_C = C \frac{du_C}{dt}$ . On dérive cette équation et on multiplie par  $L$  ce qui donne

$$L \frac{di_R}{dt} = L \frac{di_L}{dt} + L \frac{di_C}{dt} \Rightarrow \frac{L}{R} \frac{du_R}{dt} = u_L + LC \frac{d^2 u_C}{dt^2}$$

On exprime les tensions en termes de potentiel  $u_R = v - v_D$ ,  $u_L = v_D$  et  $u_C = w$  donc

$$\frac{L}{R} \frac{d(v - v_D)}{dt} = v_D + LC \frac{d^2 w}{dt^2}$$

Par ailleurs, les deux condensateurs sont en série donc

$$\frac{du_C}{dt} = \frac{dw}{dt} \Rightarrow u_C(t) = w(t) + K_1$$

Or à l'état initial les deux condensateurs sont déchargés, donc  $K_1 = 0$ .

Finalement  $u_C(t) = w(t)$ , donc  $v_D = u_C + w = 2w$  et on peut réécrire l'équation différentielle

$$\frac{L}{R} \frac{d(v - 2w)}{dt} = 2w + LC \frac{d^2 w}{dt^2} \Rightarrow \frac{d^2 w}{dt^2} + \frac{2}{RC} \frac{dw}{dt} + \frac{2}{LC} w = \frac{1}{RC} \frac{dv}{dt}$$

Pour finir,  $u = \frac{x}{v}$  donc

$$\frac{d^2 w}{dt^2} + \frac{2}{RC} \frac{dw}{dt} + \frac{2}{LC} w = \frac{1}{xRC} \frac{du}{dt}$$

**3.1.** Le bouclage impose  $u = w$ , donc

$$\frac{d^2 w}{dt^2} + \frac{1}{RC} \frac{dw}{dt} + \frac{2}{LC} w = \frac{1}{xRC} \frac{dw}{dt}$$

soit

$$\frac{d^2 w}{dt^2} + \frac{1}{RC} \left(1 - \frac{1}{x}\right) \frac{dw}{dt} + \frac{2}{LC} w = 0$$

**3.2 et suivantes** cf cours.