



Électronique de PTSI

Traitement des signaux de microscopie par fluorescence

A - Photodiode et montage à résistance de charge

1 Par définition, $|i| = \alpha \mathcal{E}$ donc $\alpha = |i|/\mathcal{E}$. En raisonnant pour 100 lux, on en déduit

$$\alpha = 10^{-4} \text{ mA} \cdot \text{lux}^{-1} = 10^{-7} \text{ mA} \cdot \text{lux}^{-1}.$$

2 D'après la loi des mailles et la loi d'Ohm,

$$u = U_1 - U_0 = -U_0 - Ri \quad \text{d'où} \quad i = -\frac{u}{R} - \frac{U_0}{R}.$$

3 On appelle point de fonctionnement d'un dipôle en régime stationnaire la **valeur du courant et de la tension de ce dipôle**, ce qui se traduit graphiquement par un point sur sa caractéristique. Pour le déterminer, il faut tracer sur un même schéma la caractéristique du dipôle et la relation entre i et u imposée par le reste du montage (très généralement une droite appelée droite de charge). Le point de fonctionnement est donné par **l'intersection des deux courbes**.

4 Le montage impose une relation affine entre u et i , c'est-à-dire graphiquement une droite de pente négative (appelée droite de charge). Celle-ci coupe l'axe des ordonnées en $i^* = -U_0/R = 1 \text{ mA}$ et l'axe des abscisses en $u^* = -U_0$: il s'agit de la droite représentée en rouge sur la figure 1. On constate bien que, pour toutes les valeurs d'éclairement représentées, le point de fonctionnement du montage se trouve dans le cadran 2 de la caractéristique.

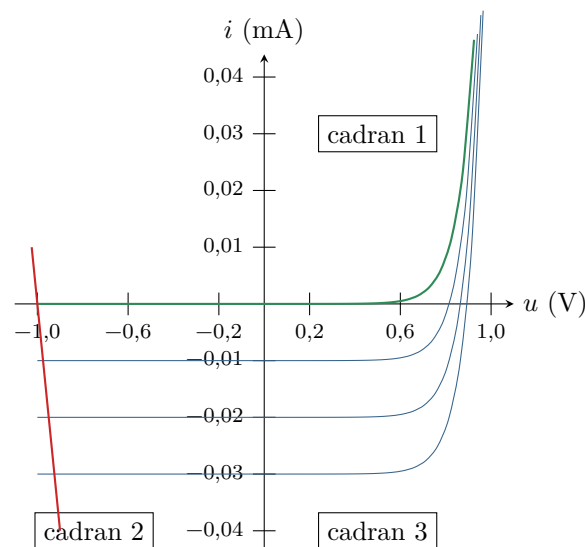


Figure 1 – Point de fonctionnement du montage à résistance de charge.

Un argument différent, mais tout aussi valable, consiste à remarquer que le point de fonctionnement reste dans le cadran 2 tant que

$$\mathcal{E} < \frac{i^*}{\alpha} = 10^4 \text{ lux},$$

ce qui est très supérieur aux valeurs indiquées dans l'énoncé.

5 Comme la résistance est orientée en convention générateur et avec la question 1,

$$u_1 = -Ri = \alpha R E$$

ce qui donne bien

$$U_1 = kE \quad \text{avec} \quad k = \alpha R = 1 \cdot 10^{-4} \text{ V} \cdot \text{lux}^{-1}.$$

B - Détection synchrone

6 Calculons ...

$$\begin{aligned} u_2(t) &= \beta v_1(t) v_{\text{réf}}(t) \\ &= \beta U_1 V_{\text{réf}} \cos^2(2\pi ft) + \beta b_0 V_{\text{réf}} \cos(2\pi f_b t + \varphi) \cos(2\pi ft) \\ &= \frac{\beta U_1 V_{\text{réf}}}{2} [1 + \cos(4\pi ft)] + \frac{\beta b_0 V_{\text{réf}}}{2} [\cos(2\pi(f + f_b)t + \varphi) + \cos(2\pi(f_b - f)t + \varphi)] \end{aligned}$$

ce qui permet d'identifier

$$A = B = \frac{\beta U_1 V_{\text{réf}}}{2} \quad \text{et} \quad C = D = \frac{\beta b_0 V_{\text{réf}}}{2}.$$

7 La composante continue, A , dépend de l'amplitude U_1 mais pas des caractéristiques du bruit : si on ne conserve que cette composante, alors l'objectif est atteint, ce que permet un filtre passe-bas de fréquence de coupure suffisamment faible pour éliminer les autres composantes.

8 • **Limite des hautes fréquences** : le condensateur est équivalent à un fil donc $u_3 = 0$ quel que soit u_2 .

• **Limite des basses fréquences** : comme le condensateur est équivalent à un interrupteur ouvert, aucun courant ne traverse la résistance R . D'après la loi des mailles,

$$u_2 = u_3 + \underbrace{u_L}_{\text{fil}} + \underbrace{u_R}_{i=0} \quad \text{donc} \quad u_3 = u_2.$$

• **Conclusion** : le filtre est bien un passe-bas.

9 En identifiant un pont diviseur de tension,

$$\underline{H} = \frac{U_s}{U_e} = \frac{1/jC\omega}{R + jL\omega + \frac{1}{jC\omega}} = \frac{1}{1 + jRC\omega - LC\omega^2}$$

On identifie alors le polynôme dénominateur avec la forme donnée par l'énoncé, en raisonnant « degré par degré » :

$$-LC\omega^2 = -\frac{\omega^2}{\omega_0^2} \quad \text{soit} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}},$$

puis

$$jRC\omega = 2mj \frac{\omega}{\omega_0} \quad \text{soit} \quad m = \frac{1}{2} RC\omega_0 = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}.$$

On identifie enfin le numérateur, qui donne

$$H_0 = 1.$$

10 Dans la limite haute fréquence ($\omega \gg \omega_0$),

$$\underline{H} \sim \frac{1}{-\left(\frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)} = -\frac{\omega_0^2}{\omega^2} \quad \text{d'où} \quad G_{\text{dB}} = 20 \log |\underline{H}| = 40 \log \frac{\omega_0}{\omega} = -40 \log x.$$

La pente de l'asymptote haute fréquence est donc de **-40 dB/décade**. Dans la limite basse fréquence ($f \ll f_0$),

$$\underline{H} \sim \frac{1}{1} \quad \text{d'où} \quad G_{\text{dB}} = 0,$$

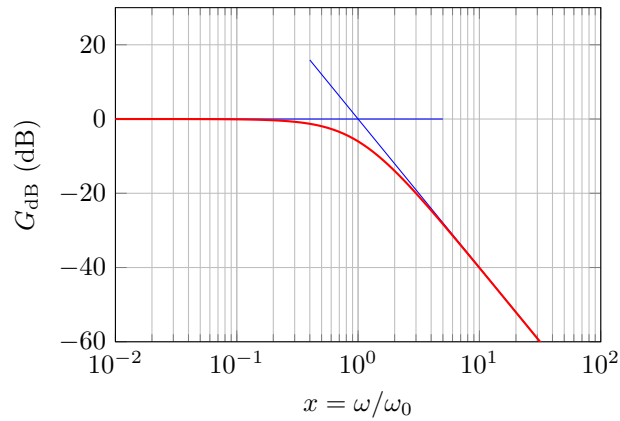


Figure 2 – Diagramme de Bode du filtre RLC.

ce qui donne une **asymptote horizontale**. Le diagramme de Bode est représenté figure 2.

11 La composante due au bruit de fréquence minimale a pour fréquence $f_b - f$. Si elle est suffisamment atténuée, alors l'autre composante de fréquence $f_b + f$ légèrement supérieure le sera forcément. De plus, par définition,

$$|U_3| = |H| |U_2| = 10^{G_{dB}/20} |U_2| .$$

Pour avoir atténuation d'un facteur 100, il faut donc que

$$\frac{G_{dB}}{20} = -2 \quad \text{soit} \quad G_{dB} = -40 \text{ dB} .$$

Cette atténuation est obtenue une décade au dessus de la fréquence centrale du filtre, c'est-à-dire qu'il faut choisir

$$f_0 < \frac{f_b - f}{10} .$$