



BLAISE PASCAL
PT 2021-2022

DM 1 – à rendre mercredi 8 septembre

Électronique de PTSI

Vous êtes invités à porter une attention particulière à la rédaction et au soin de votre copie. Les numéros des questions doivent être mis en évidence et les résultats encadrés.

Travailler avec vos cours et TD ouverts est **chaudement recommandé** : un DM est un entraînement, pas une évaluation. En cas de besoin, **n'hésitez pas à me poser des questions**, à la fin d'un cours ou sur le serveur de la classe.



Flasher ce code pour
accéder au corrigé

Traitement des signaux de microscopie par fluorescence

La microscopie par fluorescence consiste à éclairer un échantillon d'intérêt par un faisceau lumineux de forte puissance, typiquement celui d'un laser, et à mesurer l'intensité lumineuse de fluorescence émise dans une direction orthogonale à celle du faisceau laser. Cet exercice s'intéresse à l'acquisition de ce signal lumineux : la première partie présente un montage assurant la conditionnement de ce signal sous forme d'une tension, et la seconde aborde une technique permettant d'isoler le signal d'intérêt des perturbations dues à l'environnement.

A - Photodiode et montage à résistance de charge

Une photodiode est un dipôle électrique dont la caractéristique courant-tension dépend de l'éclairement lumineux \mathcal{E} qu'elle reçoit. Comme l'indique la figure 1, lorsque la tension à ses bornes $u < 0$, l'intensité traversant la photodiode, appelée **photocourant**, est proportionnelle à l'éclairement, ce qui fait de la photodiode un capteur lumineux intéressant. Pour être mesurable par une chaîne d'acquisition, le photocourant doit être converti en une tension, ce que permet le montage à résistance de charge représenté figure 2.

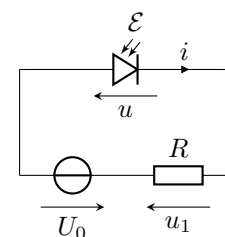
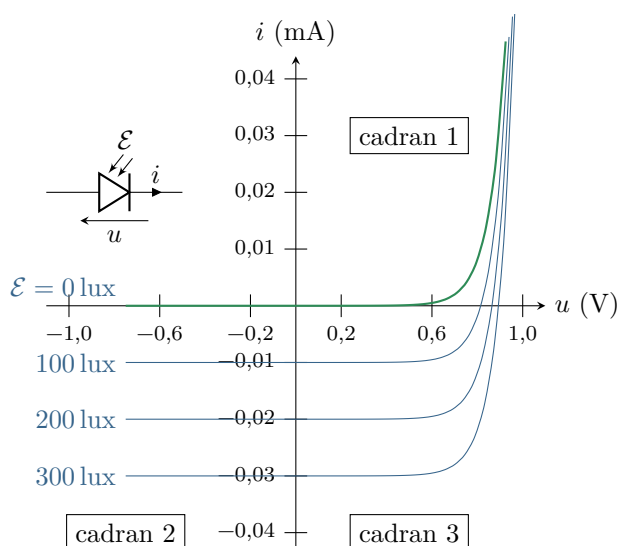


Figure 2 – Montage à résistance de charge. Le générateur, idéal, délivre une tension continue et positive $U_0 = 1 \text{ V}$. La résistance vaut $R = 1 \text{ k}\Omega$.

Figure 1 – Caractéristique d'une photodiode. La caractéristique est conventionnellement divisée en trois cadrans selon les signes de u et i .

- 1 - Déterminer la constante de proportionnalité α entre la valeur absolue $|i|$ du photocourant et l'éclairement \mathcal{E} .
- 2 - Montrer que l'intensité dans le montage à résistance de charge vaut

$$i = -\frac{u}{R} - \frac{U_0}{R}.$$

3 - Qu'est-ce que le point de fonctionnement d'un dipôle? Comment se détermine-t-il graphiquement? Dans le cas probable où tu ne t'en souviendrais plus, ce n'est pas bien grave, mais il vaut mieux aller revoir ton cours de PTSI (probablement le premier chapitre d'électronique) plutôt que d'inventer une définition semi-douteuse, ou pire encore recopier ladite définition semi-douteuse sur la copie d'un copain.

4 - Montrer que le point de fonctionnement de la photodiode dans le montage se trouve dans le cadran 2 de sa caractéristique. Pour expliquer le raisonnement, on pourra reproduire et compléter tout ou partie de la figure 1 sur la copie.

5 - En déduire que la tension u_1 aux bornes de la résistance R est proportionnelle à l'éclairement \mathcal{E} , soit $u_1 = k\mathcal{E}$. Déterminer la constante de proportionnalité k et son unité. Fais attention à la convention d'orientation!

B - Détection synchrone

En pratique, les signaux lumineux de fluorescence sont généralement faibles et noyés dans le bruit environnant. La technique de détection synchrone pallie partiellement ces problèmes. Elle nécessite de moduler à basse fréquence f l'intensité du laser servant à éclairer l'échantillon, si bien qu'en fin de chaîne d'acquisition la tension amplifiée u_1 n'est plus constante mais lentement variable à la fréquence f , connue et maîtrisée par l'expérimentateur.

Le montage de détection synchrone est représenté figure 3. Le bloc marqué \times est un multiplieur : il multiplie la tension u_1 par une tension de référence v_{ref} et un gain β constant

$$u_2(t) = \beta u_1(t) v_{\text{ref}}(t).$$

La tension u_2 est ensuite filtrée.

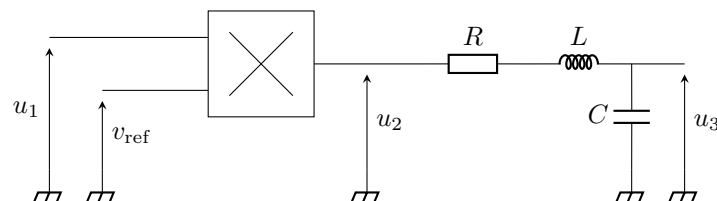


Figure 3 – Schéma du montage de détection synchrone.

Pour simplifier, on modélise l'effet du bruit en le supposant sinusoïdal, $b(t) = b_0 \cos(2\pi f_b t + \varphi)$, mais dont la fréquence est inconnue, voire fluctuante. Le signal d'entrée u_1 s'écrit donc

$$u_1(t) = U_1 \cos(2\pi f t) + b(t),$$

dont on cherche à extraire l'amplitude U_1 , proportionnelle à l'éclairement de fluorescence. Le signal de référence est construit pour avoir exactement la même fréquence et la même phase que le signal cherché : $v_{\text{ref}} = V_{\text{ref}} \cos(2\pi f t)$.

6 - Montrer que la tension u_2 s'écrit

$$u_2(t) = A + B \cos(4\pi f t) + C \cos(2\pi(f_b - f)t + \varphi) + D \cos(2\pi(f_b + f)t + \varphi).$$

Exprimer les constantes A , B , C et D .

7 - L'objectif est d'éliminer à coup sûr toutes les composantes dues au bruit. Justifier qu'il est nécessaire d'utiliser un filtre passe-bas.

8 - Vérifier par une étude qualitative que le filtre RLC remplit bien la fonction voulue. Attention, « étude qualitative » ne veut pas dire « résultat balancé » : j'attends un vrai raisonnement.

9 - Déterminer sa fonction de transfert complexe et l'écrire sous la forme

$$\underline{H} = \frac{H_0}{1 + 2mj \frac{\omega}{\omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}.$$

Exprimer ω_0 , m et H_0 en fonction de R , L et C .

10 - Déterminer la pente de ses asymptotes en gain pour $\omega \gg \omega_0$ et $\omega \ll \omega_0$. Tracer en fonction de $x = \omega/\omega_0$ le diagramme de Bode asymptotique et l'allure du diagramme réel en supposant que le filtre n'est pas résonant.

11 - On souhaite atténuer d'un facteur 100 les composantes dues au bruit par rapport à la composante continue. Comment faut-il choisir la fréquence f_0 en fonction de f_b et f ?