TP – Photodiode

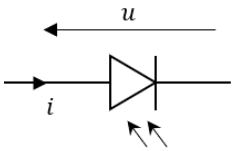
NOM :

Un photorécepteur est un dispositif qui permet de convertir l'énergie lumineuse en un signal électrique exploitable par une chaîne de mesure ou de traitement du signal. On appelle grandeur photosensible la grandeur électrique (courant ou tension le plus souvent) dont la mesure donne accès au flux lumineux.

Dans ce TP, nous allons étudier une photodiode.

I) Caractéristique de la photodiode

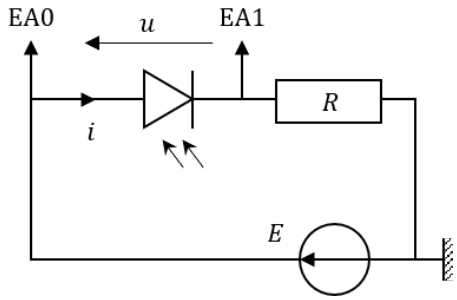
Nous allons dans un premier temps chercher à obtenir la caractéristique $i = f(u)$ d'une photodiode (schéma électrique ci-contre).



- Réaliser le montage ci-dessous. Attention à placer la photodiode dans le bon sens. Alimenter le montage avec un signal sinusoïdal d'amplitude 2 V et de fréquence 10 Hz. Prendre $R = 1$ kΩ. Observer les tensions indiquées sur les voies EA0 et EA1 de la carte d'acquisition. Réaliser un enregistrement en mode permanent, sur une durée de 100 ms.

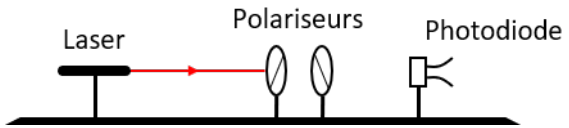
Il est possible d'exprimer la tension aux bornes de la photodiode et l'intensité qui la traverse en fonction des grandeurs observées :

$$u = \text{EA0} - \text{EA1} \qquad \text{et} \qquad i = \frac{\text{EA1}}{R}$$



- Dans LatisPro, ouvrir une feuille de calcul et définir les grandeurs u et i, puis tracer la courbe $i = f(u)$. Reproduire la courbe ci-dessous.

- Réaliser le montage optique ci-dessous.



Un ensemble de deux polariseurs permet de laisser passer plus ou moins de lumière selon l'orientation relative des deux polariseurs. Lorsque les axes des deux polariseurs sont colinéaires, un maximum de lumière traverse le montage. Au contraire, lorsque les axes des deux polariseurs sont orthogonaux, un minimum de lumière traverse le montage.

- Observer qualitativement comment évolue la caractéristique de la photodiode en fonction de la quantité de lumière qu'elle reçoit.

II) Réalisation d'un capteur linéaire

1) Théorie et montage

On souhaite désormais utiliser la photodiode comme un capteur de lumière **linéaire** et le plus **sensible** possible.

Vocabulaire & propriétés :

Il convient de distinguer la grandeur mesurée (ici, la tension u aux bornes de la photodiode) et la grandeur d'intérêt (ici, l'intensité lumineuse notée ϕ).

Le capteur est **linéaire** si les deux grandeurs sont reliées par une relation linéaire. Mathématiquement :

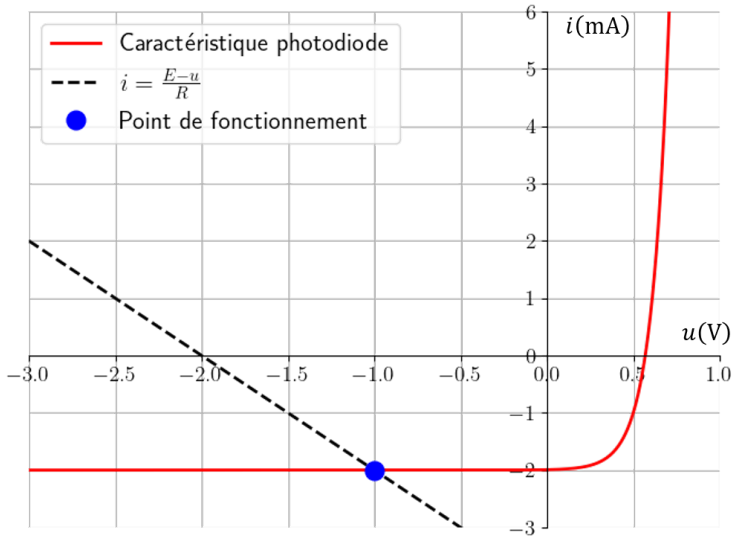
$$u = k\phi + u_0 \qquad \text{avec } k \text{ et } u_0 \text{ des constantes}$$

Pour cela, il faut que le point de fonctionnement du circuit se situe sur le plateau de la caractéristique de la photodiode ($u < 0$).

Le capteur est dit **sensible** si une petite variation de ϕ entraîne une grande variation de u. Mathématiquement :

$$k = \frac{du}{d\phi} \qquad \text{le plus grand possible (en valeur absolue)}$$

Pour cela, il faut que la pente de la droite $i = \dfrac{E-u}{R}$ (courbe pointillée noire) soit la plus petite possible (en valeur absolue).



Régler les polariseurs pour avoir un flux lumineux maximal. Pour une tension d'alimentation continue $E = -2$ V, déterminer graphiquement la valeur de R qui maximise la sensibilité tout en restant dans la partie linéaire du capteur.

Rappel : pour générer un signal continu sur le GBF, sélectionner : ARB → LOAD → BUILT-IN → OTHERS → DC.

2) Étude de la linéarité

La loi de Malus assure que : $\phi = \phi_0 \cos^2(\theta)$, où θ représente l'angle entre les deux polariseurs. Ainsi, $u = k\phi_0 \cos^2(\theta) + u_0$.

Fermer le logiciel LatisPro. Garder une tension d'alimentation continue $E = -2$ V. Brancher un voltmètre aux bornes de la photodiode. Mesurer u pour différentes valeurs de θ.

θ (°)								
u (V)								

θ (°)								
u (V)								

Télécharger le programme PYTHON. Compléter le programme avec vos valeurs expérimentales. Exécuter le code pour afficher le nuage de points : $u = f\left(\cos^2(\theta)\right)$. Conclure.

Effectuer une régression linéaire et en déduire les valeurs de $k\phi_0$ d'une part et u_0 d'autre part. Tracer la droite de régression.

AIDES POUR PYTHON

`a, b = np.polyfit(x, y, 1)` stocke dans les variables `a` et `b` le résultat de la régression affine $y = ax + b$.

`plt.plot(x, y, 'b-')` trace `y` en fonction de `x` avec un trait `'-'` bleu `'b'`. Il est possible de changer la couleur : rouge `'r'`, vert `'g'`, noir `'k'` et de remplacer le trait `'-'` par un trait pointillé `'--'` ou par un nuage de points `'o'`.