

# MP 12: Photorécepteurs

Avril 2021

## 1 Introduction

Un photorécepteur est un transducteur qui transforme un flux lumineux en un signal électrique. Celui qui nous est le plus familier est l'oeil. L'oeil reçoit un flux lumineux et les convertit en signaux électrique neuronaux exploitable par le cerveau.

Les caractéristiques du récepteur conditionnent la perception que nous avons des phénomènes optiques : on ne voit par exemple pas le rayonnement infrarouge alors que la plupart des reptiles y parviennent, nous sommes aussi incapable de distinguer séparément les 24 images par seconde d'un film au cinéma. L'œil a donc une réponse spectrale et un temps de réponse limités. C'est pour cela d'ailleurs que dans de nombreux domaines de la physique, on fait appel à différents photorécepteurs nous permettant de percevoir les phénomènes optiques invisibles à l'œil nu. Nous allons ici nous intéresser aux caractéristiques des photorécepteurs, et en particulier à ceux de la photodiode, détecteur rapide, linéaire et pas cher, et d'un usage très répandu. Les photodiodes sont de plus faciles à mettre en œuvre et de faible encombrement. Il s'agit d'un récepteur photonique (sensible au nombre de photons incidents).

Nous ferons intervenir une autre catégorie de photorécepteurs dans ce montage, les récepteurs thermiques (l'élévation de la température sur le récepteur est à l'origine du signal électrique).

## 2 Caractéristique courant/tension de la photodiode

**Matériel :**

- GBF, Oscilloscope
- Sonde différentielle
- Boîte à décade R variable
- Photodiode PIN 10 (disponible dans les malettes d'électronique)
- 1 BNC banane (il est important de ne pas mettre directement un câble coaxial), des fils..

On observe à l'oscillo en X et Y avec persistance. Sur la photo diode brancher un truc BNC pour pouvoir y mettre un fil rouge et noir. On doit mettre ici le fil rouge sur le bouton noir et le fil noir sur le bouton rouge. Cela nous permet d'avoir le graph de l'intensité parcourant la

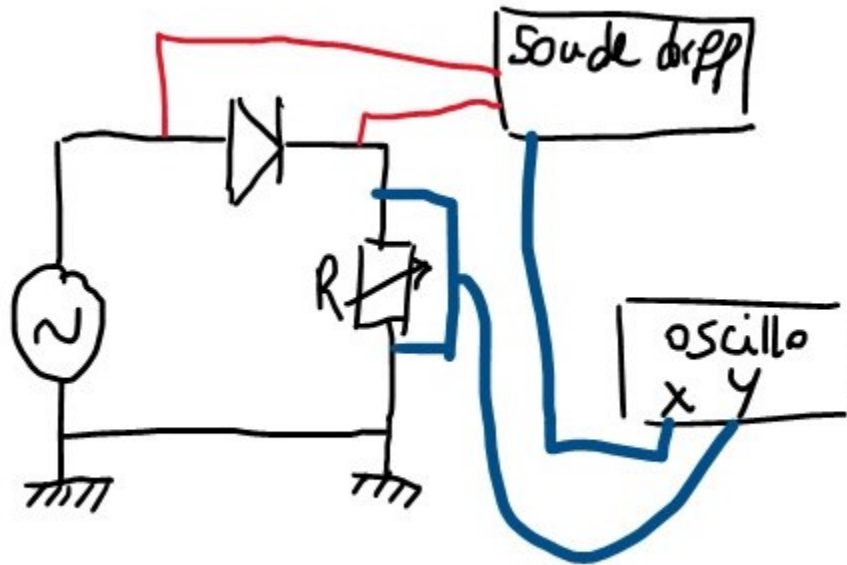


Figure 1: Circuit

photodiode en fonction de la tension à ses bornes.

Au GBF on applique une tension de 8V et une fréquence de 1Hz. On choisit une résistance de  $1k\Omega$

On met une QI de manière à avoir E différent de 0 mais attention de ne pas saturer la photodiode.

A l'oscilloscope on moyenne pour que cela soit plus joli.

On observe les trois cadrans de la photodiode.

On observe ensuite l'influence des paramètres.

- influence de la tension d'entrée : si petite tension, on balaye moins la caractéristique vers la gauche et la dte. On se place donc à 8V pour bien balayer le bon quadrant.
- Plus la résistance est importante et plus le courant est lisible, mais on risque de sortir de la zone de linéarité (la pente sur la caractéristique est trop faible, et le point de fonctionnement n'est plus dans la zone linéaire). Pour la suite du montage, on veillera à avoir une résistance de l'ordre de  $10k\Omega$ . La droite de charge est :  $I_D = \frac{E - U_D}{R}$
- Influence du flux. : la valeur absolue de l'intensité augmente lorsque le flux lumineux augmente. C'est la naissance d'un photocourant. Il est donc nécessaire de toujours être dans la zone de polarisation en inverse de la photodiode pour avoir cette dépendance.

Il est important de souligner le fait que dans ce montage on va étudier les photorécepteurs en fonctionnement récepteur et non générateur, et donc toujours faire en sorte d'être en présence

d'une photodiode polarisée en inverse.

### 3 Etude de la linéarité

#### Liste du matériel

- Lampe QI, filtre interférentiel ( $\lambda = 589nm$ ), filtre anticalorique
- 2 Polariseurs
- Objectif de microscope x10
- Photodiode PIN 10 (disponible dans les malettes d'électronique)
- Ampèremètre un gros
- Puissance mètre optique

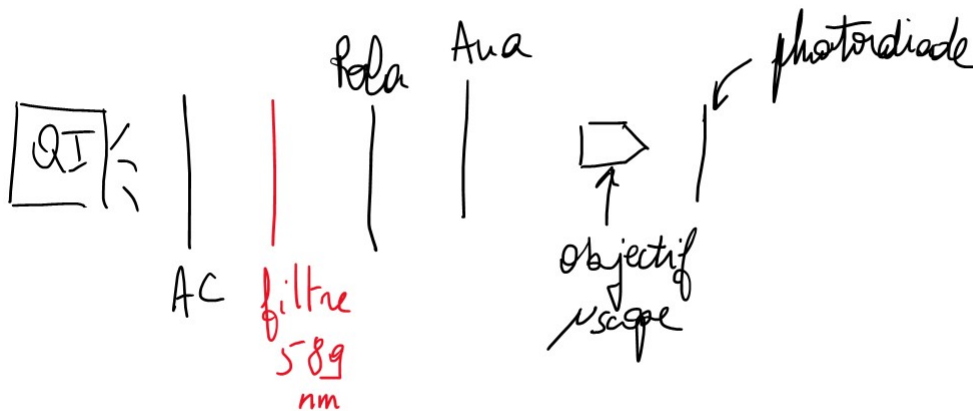


Figure 2: Montage

On branche un ampèremètre de précision en court circuit sur la photodiode.

On mesure  $P_0$  avec un puissance mètre optique pour  $\theta = 0$  On a une puissance de l'ordre de la vingtaine de microwatt. Il faut penser à bien régler pour la bonne longueur d'onde.

D'après la loi de malus on a :  $P_{opt} = P_0 \cos^2 \theta$

On trace le photocourant en fonction de la puissance optique.

La pente de la droite nous donne la sensibilité 0,4A/W. L'ordonnée à l'origine est le courant d'obscurité qui est de l'ordre de 300nA.

## 4 Réponse spectrale

### Matériel

- Lampe QI
- Chopper (hacheur optique) avec son boîtier de réglage 7
- Monochromateur Jobin Yvon
- Pyromètre, photodiode au silicium adaptable sur le monochromateur et l'alimentation des détecteurs
- Oscilloscope

**Protocole :** Commencer avec le pyro pour avoir la réponse spectrale de la lampe.

Il faut mettre la QI et le hacheur assez proche. Il faut mettre une pince croco sur la carcasse du monochromateur et à la masse du pyromètre. Visualiser la tension en sortie du pyromètre à l'oscillo.

On alimente le hacheur optique avec un moteur. On utilise un hacheur car le pyromètre n'est sensible qu'à des variations de flux incident et il faut donc moduler la lumière en entrée (f=4Hz pour que le hachage ne soit pas trop rapide.)

Attention le pyro il faut le viser à fond puis le déviser d'un quart de tour.

On tire les languettes pour travailler avec des fentes les plus ouvertes possibles.

On mesure l'amplitude pour plusieurs longueurs d'onde. on peut faire une mesure avec auto pic-pic et std dev pour incertitude.

On trace la tension en sortie du pyro en fonction de la longueur d'onde.

On fait ensuite avec une photodiode la réponse spectrale de la photodiode.

On fait exactement pareil avec la photodiode.

On conserve le hacheur pour être dans les mêmes conditions et mesurer une tension pic-pic. Il faut toujours mettre les pinces crocos.

La sensibilité de la photodiode est la pente de la droite et s'écrit :  $S(\lambda) = \frac{\lambda e \eta}{hc}$

On peut tracer la sensibilité normalisée en traçant :  $S_N(\lambda) = \frac{U_{pd}/U_{pyro}}{(U_{pd}/U_{pyro})_{max}}$

## 5 Temps de réponse

### Matériel

- GBF
- Multimètre
- Oscilloscope
- LED (couleur choisie = rouge), photodiode PIN 10
- Plaquette d'électronique avec le montage transimpédance
- Sonde d'oscilloscope (à accorder)

On prend le montage à résistance de charge (plaquette transimpédance mais en switchant vers le bas l'interrupteur).

On utilise une sonde d'oscilloscope pour s'affranchir de la capacité du câble coaxial.

On envoie au GBF un créneau de 100mVpp à 500Hz.

On prélève la tension aux bornes de la résistance de la photodiode ( $R_m$ ). On regarde la valeur à 63%  $\Rightarrow \tau = R_m \times C$ . Cela nous permet d'avoir accès à  $C$ .

On trace la capacité de jonction en fonction de la tension de la photodiode.

On mesure  $V_d$  avec des sondes sur un voltmètre.

Pour calculer le temps de réponse il faut penser à débrancher le voltmètre pour ne pas brouiller le signal.

Couvrir d'un tissu noir la photodiode et la LED.