

# MP12 : Photorécepteurs

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

June 6, 2021

## 1 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)
- LED
- 1 BNC banane (il est important de ne pas mettre directement un câble coaxial), des fils..

### Mise en place

- On envoie un signal  $E = E_1 \cos(2\pi ft)$  variable avec le GBF ( $f=1$  Hz d'amplitude  $E_1 = 8$  V) sur l'anode de la photodiode. (borne noire du BNC banane) :
- De la cathode (borne rouge du BNC) on va à la résistance.
- La masse du GBF est reliée à la masse de la résistance.
- Lecture de l'intensité I : tension au bornes de la résistance
- Lecture de la tension U : sonde différentielle aux bornes de la photodiode pour éviter les problèmes de masse.

## Exploitation

En mode XY, on affiche alors U en fonction de I. Le balayage en tension est réalisée par les variations de la tension E. On mettra en évidence l'influence des paramètres suivants :

- Influence du flux lumineux incident : faire varier le flux lumineux de la LED en entrée, constater l'augmentation de l'intensité le flux en entrée.
- Influence de la tension d'entrée : On prend la tension de polarisation faible et on voit qu'on balaye peu la caractéristique vers la gauche. Pour le reste du montage, on veillera à avoir une tension de polarisation suffisamment importante (quelques V).
- Plus la résistance est importante et plus la sensibilité sur la lecture du courant est grande, 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  $10\text{ k}\Omega$ .

Discuter des différents quadrants, justifier du choix des paramètres (tension et résistance) pour se placer dans la zone récepteur et linéaire.

**Transition: On va justement étudier la linéarité du capteur dans cette zone vis-à-vis du flux lumineux en entrée.**

## 2 Étude de la linéarité

### Matériel

- QI + AC + filtre interférentiel (589 nm)
- 2 polariseurs
- Objectif de microscope x10
- Photodiode PIN 10 (malette photodiode)
- Plaquette d'élec pour le montage transimpédance (même malette)
- Multimètre de précision
- Puissancemètre optique
- Draps et papiers noirs
- Résistance ( $15\text{ k}\Omega$ )

## Description du montage

- On dispose source + AC + filtre
- On met polariseur / analyseur pour gérer la puissance
- On met un objectif de microscope pour focaliser au mieux dans la photodiode
- On essaye de cacher au mieux avec un drap et dans le noir
- On branche l'ampèremètre en court-circuit de la photodiode
- On fait varier la puissance optique avec les polariseurs (loi de Malus avec les polariseurs, mesurer à la fin le maximum de puissance pour  $\theta = 0$  au puissance-mètre). On trace  $I_{ph} = I_{obs} + S P_{opt}$
- On trouve la sensibilité S, première grandeur spécifique du capteur (à comparer en ordre de grandeur avec la notice de la photodiode, qui indique  $S \sim 0.3-0.5$  A/W ; en révision, on a trouvé 0.35 A/W). On peut également trouver son rendement quantique:  $\eta = \frac{hc}{\lambda e} S$
- Attention, ce dernier est obtenu pour une longueur d'onde donnée !

## 3 Réponse spectrale de la photodiode

### Matériel

- Lampe QI (de préférence vieille, puissante, et surtout sans AC)
- Hacheur optique (chopper) et boîtier de commande
- Monochromateur Jobin Yvon (penser à multiplier la longueur d'onde affichée par le monochromateur par deux)
- Pyromètre, photodiode adaptable au monochromateur et l'alimentation des détecteurs
- Oscilloscopes
- Câbles

### Mise en place

- Sur un banc, aligner lampe QI, hacheur, monochromateur.
- Raccorder le hacheur à son boîtier de commande (fréquence de 6 Hz), vérifier que la roue ne frotte pas (sinon quoi essayer de la redresser/d'écarter la petite fourche contre laquelle elle frotte).

- Visser le pyro à l'arrière du monochromateur, ne pas trop visser. Bien penser à l'alimenter, et observer la tension à l'oscillo.
- On observe un boudin à 50 Hz (c'est pas ça qui nous intéresse) ; utiliser une pince croco pour relier la tige porteuse du monochromateur au port de sortie du photodétecteur.
- Pour la 1ere mesure au pyro, régler la lampe QI de telle sorte à focaliser un maximum de lumière (amplitude max observée à l'oscillo). Ne plus y toucher par la suite !

## Exploitation

- D'abord, on va chercher à caractériser la densité spectrale de puissance de la lampe.
- On suppose que le pyromètre est un capteur thermique parfait, ie sa réponse spectrale est constante. On va tracer la courbe de la tension en fonction de la longueur d'onde du monochromateur
- Une fois le profil de la lampe obtenue, on retire le hacheur et le pyromètre pour passer à la photodiode. On trace alors la même courbe.
- On divise celle de la photodiode par celle de la lampe. On normalise ensuite sur sa valeur max en traçant :

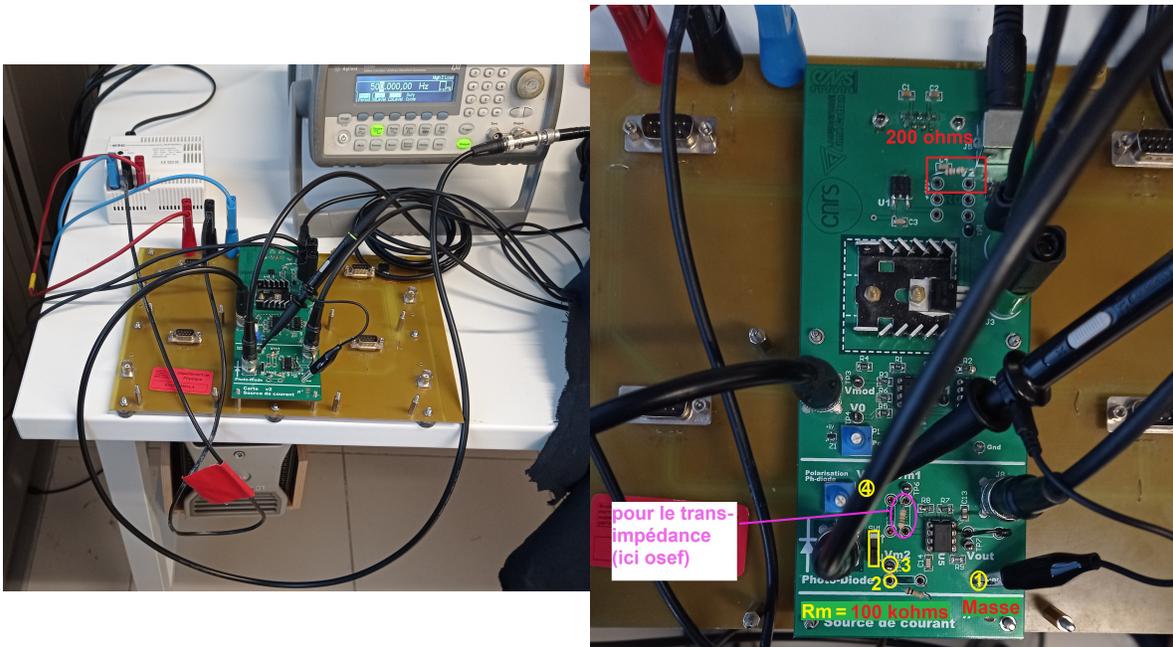
$$\frac{U_{PhD}/U_{pyro}}{U_{PhD,max}/U_{pyro,max}} = f(\lambda)$$

- On essaye de trouver la longueur d'onde telle que le courbe chute (en pratique, la chute n'est pas très marquée, le choix est assez arbitraire)
- C'est la longueur d'onde de gap. On peut en déduire l'énergie de gap (à comparer avec la valeur attendue pour le silicium de 1,12 eV).

## 4 Temps de réponse [3],[5]

### Matériel

- Maquette sur l'étude d'un photorécepteur (ENSC349) avec la photodiode PIN10 et une LED rouge associée au kit ENSC349.
- Deux pieds d'optique permettant de maintenir l'émetteur et le récepteur accolés.
- Une alimentation stabilisée +15V/-15V.



- Un GBF.
- Un multimètre et des pointes pour prendre la tension
- Un oscilloscope Agilent ou HP (avec curseur en X et en Y simultanément) avec une sonde de tension.

## Mise en place

- A l'aide de la sonde d'oscilloscope, relever la tension image de  $I_{Ph}$  aux bornes de  $R_m$  (entre les points 1 et 2, accrocher sous la plaquette pour le point 2). Relever le temps de réponse  $\tau$  par le critère à 63 %.
- Avec le multimètre et les deux "pointes", relever la tension de polarisation  $V_D$  de la photodiode entre les points 3 et 4 (faire bien attention à ne pas être en contact avec la résistance)

## Exploitation

- Tracer  $\tau/R_m$  en fonction de  $V_D$ . Les variations sensibles de  $\tau/R_m$  interviennent pour  $V_D < 3 V$ .
- Voir [5] pour le modèle. Utiliser le code Python joint pour le traitement de données, en déduire du fit la valeur de la capacité de la jonction.

## Biblio

- 1 Optique Expérimentale, Sextant (Réponse spectrale)
- 2 Physique expérimentale, De Boeck
- 3 Poly de JBD (Temps de réponse)
- 4 CR MP12 Cassandra
- 5 CR MP19 Louis