

# Kit de survie du développement d'un système de photodétection pour le Li-Fi à l'aide de photodiodes BPX65.

Louis Jacomino et Victor Minot  
Groupe 3 binôme 8  
Institut d'Optique Graduate School

Octobre 2022

*Nous attestons que ce travail est original, que nous citons en référence toutes les sources utilisées et qu'il ne comporte pas de plagiat.*

## 1 Introduction

Ce "kit de survie" vise à réaliser un système de photodétection caractérisant la dynamique d'une source lumineuse en donnant des méthodes pour caractériser une photodiode et en comparant deux montages de photodétection. Les données exposées sont issues d'une étude menée avec la photodiode SFH206, mais ces méthodes sont applicables à n'importe quelle photodiode.

## 2 Caractérisation de la photodiode

D'abord, il convient de caractériser expérimentalement la photodiode. Pour cela, il existe deux méthodes:

### 2.1 Méthode manuelle

Cette première méthode vise à tracer point par point la caractéristique en mesurant à la fois le courant, avec un ampèremètre branché en série, et la tension aux bornes de la photodiode, avec un voltmètre branché en parallèle.

En faisant varier la source de tension  $E$ , il est alors possible de relever les valeurs du courant (A) et de la tension (V). On peut alors tracer la caractéristique de la photodiode.

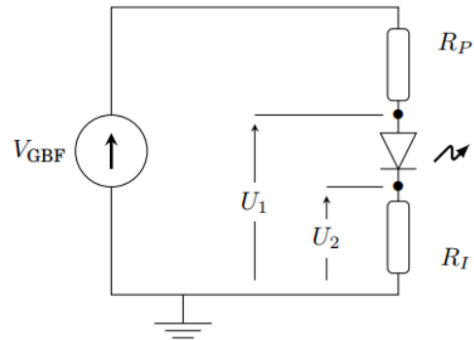


Figure 1: Montage pour caractériser la photodiode  
<http://lense.institutoptique.fr/>

### 2.2 Méthode rapide

Dans cette méthode, on alimente la photodiode avec un signal périodique en dents de scie. Il convient toutefois de faire attention à ce que la tension maximale appliquée ne dépasse pas les limitations de la photodiode. Une fois le montage effectué, on mesure à l'oscilloscope les tensions  $U_1$  et  $U_2$ . Le mode XY de l'oscilloscope nous donne un tracé de  $U_2$  (CH2 5mV/div ici) en fonction de  $U_1$  (CH1 500mV/div ici). Comme la relation reliant  $U_2$  à  $I$  est linéaire (loi d'Ohm), l'allure de la courbe obtenue sera bien équivalente à l'allure de la caractéristique de la photodiode. Il convient de remarquer qu'une résistance  $R_I$  grande augmente la précision. Les courbes obtenues figurent ci-dessous. Elles ont été obtenues avec une fréquence de 100 Hz, une amplitude de  $1.650V_{pp}$  et avec  $R_I = 10\Omega$ .

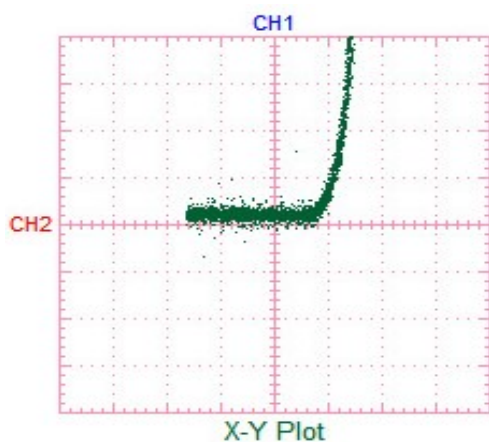


Figure 2: Caractéristique de la photodiode sans éclaircissement

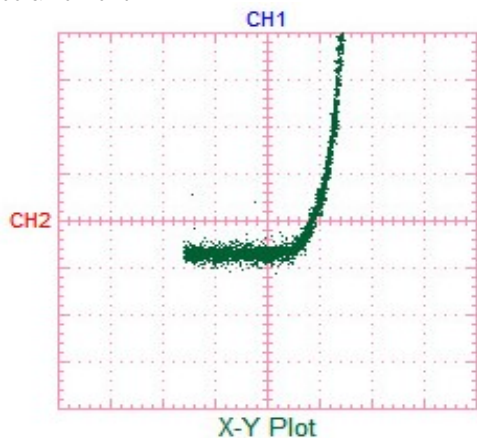


Figure 3: Caractéristique de la photodiode avec éclaircissement

### 2.3 Analyse de la caractéristique

Quand on augmente le flux lumineux qui arrive à la photodiode, on voit le tracé se déplacer "vers le bas" : pour une même tension, l'intensité augmente (en valeur absolue). C'est ce phénomène qui permet de mesurer le flux lumineux. Le tracé de la caractéristique permet de voir dans quelle zone de cette dernière la photodiode peut être utilisée, c'est-à-dire quelle tension de polarisation il faut lui appliquer. Dans notre cas, on voit qu'il est nécessaire d'appliquer une tension négative.

## 3 Les montages de photodétection

Maintenant, nous allons présenter deux systèmes de photodétection ainsi que leurs avantages.

### 3.1 Montage simple

Ce montage (cf schéma ci-dessous) est simplement constitué d'une diode et d'une résistance mis en série. Une tension  $V_{cc}$  est appliquée aux bornes de cet ensemble. Il en résulte la tension de polarisation  $V_{phd}$  aux bornes de la photodiode  $V_{phd} = V_{cc} - V_s$ . En mesurant la tension aux bornes de la résistance  $V_s$ , il est possible de connaître le courant qui passe par la photodiode :  $V_s = R_{phd} \cdot I_{photo}$ . Cette résistance sert aussi à protéger la photodiode.

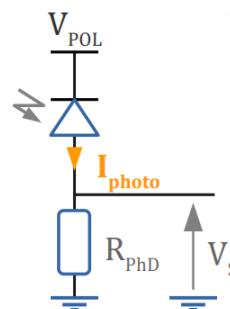


Figure 4: Montage simple  
<http://lense.institutoptique.fr/>

### 3.2 Montage transimpédance

Le montage transimpédance est quant-à-lui constitué d'une photodiode, d'une résistance et d'un ALI montés comme sur le schéma ci-dessous. L'ALI doit être alimenté par une alimentation symétrique. La tension aux bornes de la résistance permet encore ici d'avoir une image de  $I_{photo}$  si l'ALI est considéré comme idéal.

### 3.3 Comparaison des deux montages

Le premier montage présente l'avantage d'être simple et de ne pas devoir être alimenté alors que le montage transimpédance nécessite un ALI et une alimentation stabilisée donc un coût plus important.

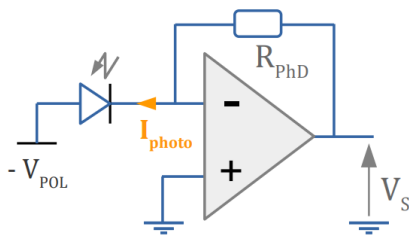


Figure 5: Montage transimpédance  
<http://lense.institutoptique.fr/>

Cependant, avec le montage simple, si on augmente  $R_{PhD}$ , la sensibilité augmente mais la bande passante diminue. La bande passante est de 15 kHz avec la résistance de 100 k $\Omega$  et de 2.31 kHz avec la résistance de 1 M $\Omega$ . Le circuit transimpédance permet d'avoir une bonne sensibilité sans trop réduire la bande passante mais apporte un phénomène de résonance à la fréquence de coupure.

Il faudra donc bien choisir le type de montage et la valeur de la résistance pour que le signal ne soit pas trop atténué à la fréquence d'utilisation.

## 4 Caractérisation du circuit en fréquence

Afin de déterminer la fréquence maximale à laquelle le circuit peut être utilisé, il est nécessaire de caractériser le circuit et de mesurer sa bande passante.

### 4.1 Montage

Le montage comprend une partie émission et une partie réception (cf circuit ci-dessous).

La première partie est constituée d'une diode (ici rouge) protégée par une résistance. On calcule la résistance minimale avec la formule :  $R_{MIN} = \frac{V_{MAX} - V_F}{I_{FMAX}}$  avec  $V_F$  la tension directe et  $I_{FMAX}$  le courant direct maximal. Cette partie est alimentée par un GBF.

La seconde partie du circuit correspond à un des circuits décrits dans la section précédente.

On branche la sortie du GBF et la sortie du circuit de photodétection à un oscilloscope.

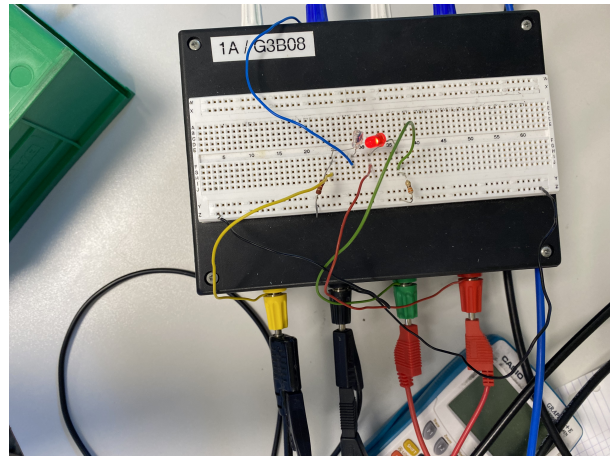


Figure 6: Montage pour caractériser le montage en fréquence

### 4.2 Diagramme de Bode en fréquence

Pour commencer, on effectue une analyse rapide pour avoir l'allure du diagramme. Pour cela on règle le GBF en mode *Sweep*. On règle la fréquence de début et de fin (ici 1 Hz et 1 MHz), la durée et l'amplitude.

On utilise ensuite un tableur. On mesure d'abord l'amplitude du signal envoyé au circuit émetteur puis on mesure l'amplitude de signal reçu pour plusieurs fréquences. On calcule le gain en dB et on trace le diagramme avec une échelle logarithmique.

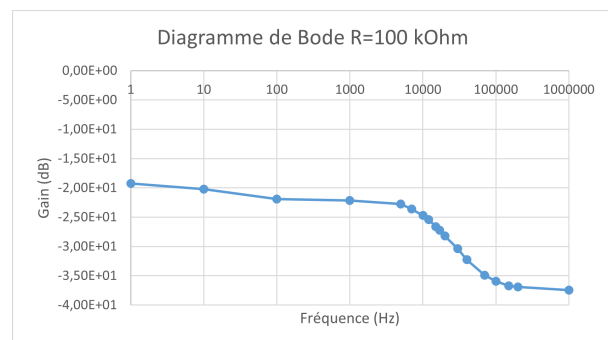


Figure 7: Diagramme de Bode montage simple  $R = 100$  k

### 4.3 Bande passante

Pour calculer la bande passante à -3 dB, il faut trouver les fréquences de coupures. Pour cela il faut connaître l'amplitude de sortie maximale, la diviser par  $\sqrt{2}$  et trouver les fréquences qui correspondent à ces amplitudes. La bande passante est l'intervalle entre les fréquences de coupure. Comme il s'agit ici d'un passe bas, il n'y a qu'une seule fréquence de coupure.

émettant autour de 900 nm car c'est à cette longueur d'onde que votre photodiode est la plus sensible.

## 5 Phénomène de passe-bas

Qu'il s'agisse de l'un ou l'autre des montages, nous avons remarqué que la réponse en fréquence correspondait à celle d'un passe-bas. Pour expliquer cela, il faut regarder les éléments du montage de plus près. Après la mise en équation, on trouve la fonction de transfert suivante : on peut remarquer qu'il s'agit bien d'une fonction de transfert d'un filtre passe-bas du premier ordre.

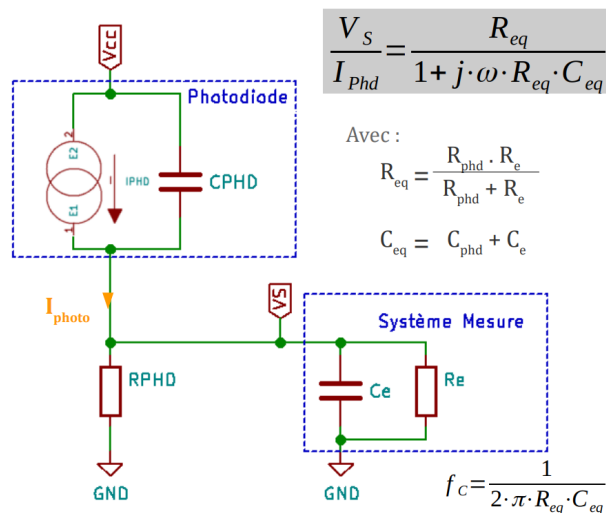


Figure 8: Circuit détaillé avec fonction de transfert <http://lense.institutoptique.fr/>

## 6 Conclusion

Ce kit de survie vous permettra donc de développer votre système de photodétection avec votre photodiode BPX65. Pour une meilleur efficacité nous vous conseillons également de choisir une diode