

# COMPTE RENDU ÉLECTRONIQUE : Thème I

Jeanne Jolivet  
Adrien Girardot

Institut D'Optique Graduate School  
8 octobre 2020

Vous devez développer un démonstrateur d'un système de transmission Li-Fi. Vous allez pour cela réaliser un montage électrique constitué d'un émetteur à LED bleue de type Kingbright Blue 10mm et d'un récepteur basé sur une photodiode de type BPX65.

*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 Fonctionnement d'une diode

Une diode est un dipôle non linéaire qui peut être passante ou bloquante en fonction de la tension  $u$  qui la traverse.

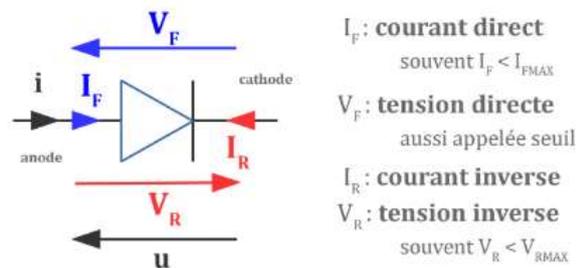


FIGURE 1 – Schéma d'une diode

Une LED (Light- Emitting Diode) est une diode capable d'émettre de la lumière lorsqu'elle est passante. Le flux lumineux qu'elle produit est proportionnel au courant qui la traverse.

Une photodiode est une diode capable de capter un flux lumineux et de le convertir en courant. Le courant qu'elle produit est proportionnel au flux lumineux qu'elle capte.

L'objectif est de réaliser un montage mettant en vis à vis la LED et la photodiode afin que le flux lumineux de la LED soit capté par la photodiode.

## 2 Caractériser la LED et la photodiode

### 2.1 Caractérisation de la LED

*Protocole :*

Afin de caractériser la LED, on branche un voltmètre à ses bornes et un ampèremètre qui nous donne le courant traversant la LED.

Il faut veiller à ce que ce courant ne soit pas trop important pour ne pas détruire la LED.

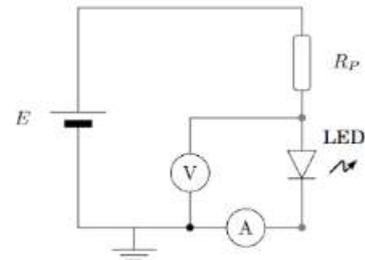


FIGURE 2 – Montage pour caractériser la LED

Il faut choisir une valeur de résistance de protection  $R_p$ . La datasheet nous indique que la LED peut admettre un courant maximum de 150 mA. On a alors :

$$R_p = \frac{10}{0.150} \approx 70\Omega$$

On prend donc une résistance d'une valeur de  $100\Omega$  afin de protéger le LED d'une éventuelle surtension. En faisant varier la tension  $E$ , on relève la tension aux bornes de la LED ainsi que l'intensité qui la traverse.

On obtient alors une série de valeurs reliant tension et intensité nous permettant de tracer la caractéristique de la LED. 1

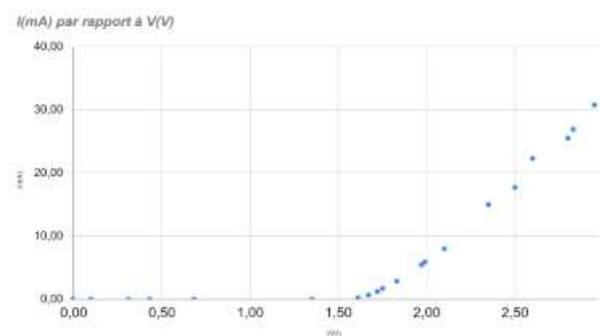


FIGURE 3 – Caractéristique de la LED

La LED peut être utilisé pour des tensions allant de 1.8 V à 9.95V car c'est dans ce domaine qu'elle est dans son domaine passant.

Pour que la LED module une entrée sinusoïdale, il faut que la tension à ses bornes varie dans son domaine de linéarité et donc de 1.8 à 9.95V. Ainsi, rajouter une composante continue permet d'avoir une modulation sinusoïdale du signal lumineux ; la LED ne s'éteindra pas même lorsque la sinusoïde est à son minimum. Il faut donc avoir :

$$V_{continue} - Amplitude == V_{seuil}$$

## 2.2 Caractérisation de la photodiode

Le montage pour caractériser la photodiode se compose d'une résistance de protection  $R_p$  ( $R_p=1\text{ k}\Omega$ ) qui permet de protéger la photodiode d'un courant trop élevé et d'une résistance qui permet de mesurer l'intensité grâce à une loi d'ohm ( $R_I=100\ \Omega$ ).

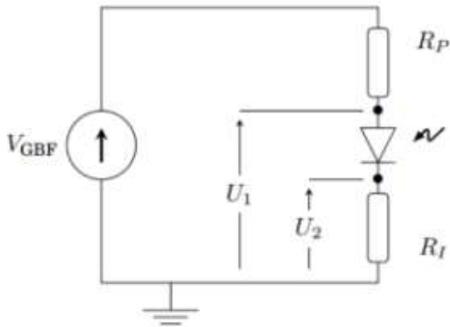


FIGURE 4 – Montage pour caractériser photodiode.

Le mode XY de l'oscilloscope trace  $U_2$  en fonction de  $U_1$ . Or, la loi d'ohm donne  $U_2=RI \times I$ ,  $I$  étant le courant traversant la diode. Donc, l'oscilloscope trace  $I$  en fonction de  $U_1$  à un facteur  $RI$  près. Notons  $U_{LED}$  la tension aux bornes de la LED.

On a  $U_{LED}=U_1-U_2$  or  $U_2 \ll U_1$  donc on peut considérer  $U_{LED} \approx U_1$ . Finalement, l'oscilloscope trace  $I$  en fonction d'une grandeur proportionnel à  $U_{LED}$  : il trace donc la caractéristique de la photodiode. L'excita-

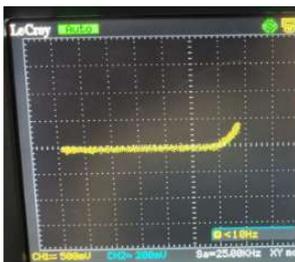


FIGURE 5 – Caractéristique de la photodiode sans excitation lumineuse. CH1= $U_1$  ; CH2= $U_2$ .

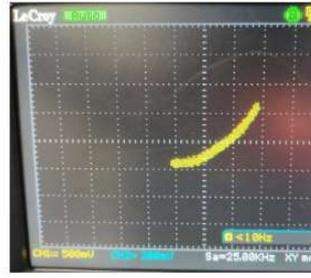


FIGURE 6 – Caractéristique de la photodiode avec excitation lumineuse. CH1= $U_1$  ; CH2= $U_2$ .

tion lumineuse de la photodiode a donc translaté de :

$$I_{photo} = -1,8\text{ A } (-180\text{mV} * RI = I)$$

L'intensité de la photodiode pour des tensions inférieures à  $V_{seuil}$ . ( $V_{seuil} = 500\text{mV}$ )

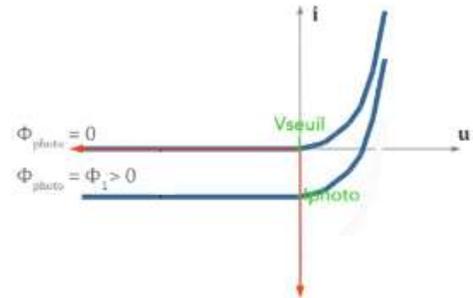


FIGURE 7 – Caractéristique d'une photodiode avec et sans excitation lumineuse.

Sans excitation lumineuse, la photodiode a la même caractéristique qu'une diode. Avec une excitation lumineuse, la caractéristique de la photodiode est translaté de  $-I_{photo}$  pour des tensions inférieures à  $V_{seuil}$ . Donc, la photodiode peut être utilisé comme capteur de lumière dans son domaine bloquant.

## 3 Réalisation d'un étage simple de photodétection.

Afin de réaliser un montage de photodétection simple, on met face à face la LED clignotante à 100 Hz et la photodiode. Ainsi, on devrait observer aux bornes de la photodiode une oscillation de la tension ayant la même fréquence que l'oscillation de la LED.

Sur l'oscilloscope, on observe la tension aux bornes de la résistance. Cette dernière étant sinusoïdale, on en déduit par la loi d'Ohm que la tension aux bornes de la LED est elle aussi sinusoïdale.

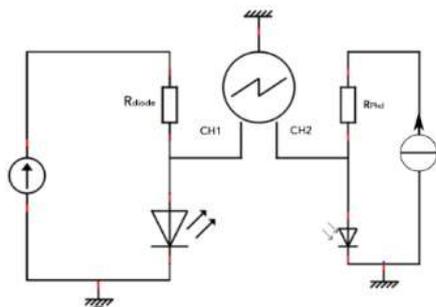


FIGURE 8 – Schéma du montage, la LED et la photodiode étant face à face.

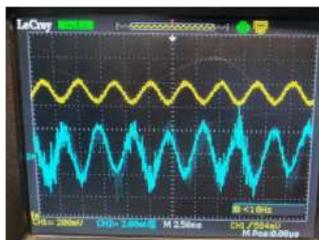


FIGURE 9 – Photo du relevé de l'oscilloscope, CH1 : tension aux bornes de la LED, CH2 : tension aux bornes de la diode.

#### 4 Caractérisation du circuit en fréquence. Calcul de la bande passante

Afin d'obtenir la bande passante sur l'oscilloscope, on commence par régler le mode sweep, entre 100 et 1MHz, en logarithmique et avec un temps de balayage de 1 ms. Ensuite, en branchant la sortie "Sync" du BGF à l'entrée "Ext" de l'oscilloscope. Alors, il est possible de régler la synchronisation du GBF sur le front montant du signal crête. On obtient alors un signal comme celui de la figure 12. Il apparaît de manière immédiate que le système se comporte comme un passe-bas (comportement qui sera expliquée partie IV.) On décide alors de changer la valeur de la

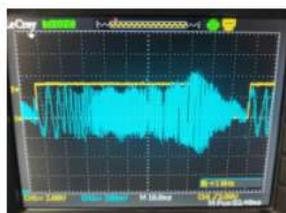


FIGURE 10 – Réponse en fréquence affiché sur l'oscilloscope.

résistance  $R_{Phd}$  afin d'observer son impact sur la fréquence de coupure. On obtient les valeurs suivantes :

R	1 MΩ	100 kΩ	10 kΩ
$F_{coupure}$	100 kHz	370 kHz	860 kHz

On observe alors que la bande diminue avec la valeur de la résistance. Ainsi, on peut contrôler la bande passante du système en modifiant la valeur de la résistance. Il est aussi possible de modifier la sensibilité du système. Deux possibilités s'offrent à nous. D'une part, on peut jouer sur la distance entre la diode et la photodiode. Diminuer la distance augmente le flux de lumière entre les deux éléments et ainsi augmente la sensibilité. Si la distance est fixée et donc le flux aussi, pour augmenter la sensibilité, il est possible de jouer avec la résistance situé après la photodiode. Ainsi, plus la résistance est élevée, plus la sensibilité est grande.

#### 5 Explication du comportement passe-bas.

L'effet capacitif du câble coaxial ainsi que celui de la photodiode a jusqu'ici été négligé mais il va devoir être pris en compte afin de comprendre ce comportement passe-bas. Reprenons alors le schéma du montage en prenant en compte les différents effets capacitifs. On obtient le schéma de la figure suivante. Ainsi, la

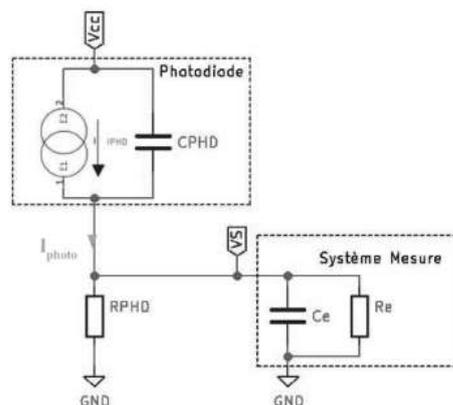


FIGURE 11 – Schéma prenant en compte l'effet capacitif.

fonction de transfert est de la forme :

$$H(j\omega) = \frac{A}{1 + jR_1C - 1\omega}$$

Qui est bien une forme de passe-bas. Ainsi, en prenant en compte ces différents effets capacitifs on peut expliquer cette allure de passe bas.

## 6 Conclusion

Finalement, pour réaliser un démonstrateur d'un système de transmission Li-Fi, il faut réaliser le montage électrique de la figure 8. Attention, nous avons réalisé l'ensemble de cette étude avec une LED rouge et une photodiode SFG206 alors que vous devez réaliser votre démonstrateur avec une LED bleu et une photodiode BPX65.

L'interprétation reste la même mais vous n'allez pas trouver les mêmes valeurs expérimentales. Ainsi, en se référant à la documentation technique de la photodiode, on remarque que le pic de sensibilité est obtenue aux environs de 850nm (infrarouge).

Ainsi, on peut s'attendre à ce que le système soit moins sensible avec la LED bleue. Il sera donc sans doute nécessaire de jouer sur la valeur de résistance pour augmenter cette sensibilité du système mais alors, la bande passante du système va fortement diminuer.

C'est donc un compromis qui va devoir être trouvé entre ces différentes caractéristique afin d'avoir un système répondant aux critères d'un éventuel cahier des charges.