

Thème 1: Réaliser la transmission d'un signal audio analogique par la lumière

Mathieu Riard et Henri Le Corre

Le principe de transmission LI-FI est constitué de capteurs lumineux permettant de capter les ondes électromagnétiques dans le domaine du visible. Pour cela il faudra caractériser la photodiode jouant le rôle de détectrice des ondes lumineuses. Il sera alors possible de réaliser certains montages de photodétection en fréquence afin de déterminer leur bande passante et leur paramètre de fonctionnement pour les utiliser correctement lors de la détection. Les systèmes auront un caractère passe bas, il faudra comparer leurs performances afin de choisir celui adapté à l'utilisation du système.

I) Etude et utilisation d'une LED

a. Caractéristiques de la LED rouge

Pour étudier la photodiode, nous allons utiliser comme émetteur lumineux une LED rouge. Cette étude a pour but de déterminer le point de fonctionnement du montage afin de savoir les valeurs des paramètres du BGF à régler afin de caractériser correctement la photodiode dans la seconde partie. La méthode utilisée sera celle manuelle.

Remarque : Bien faire attention à l'ordre entre Résistance et LED. Sinon le problème de masse carcasse apparaît.

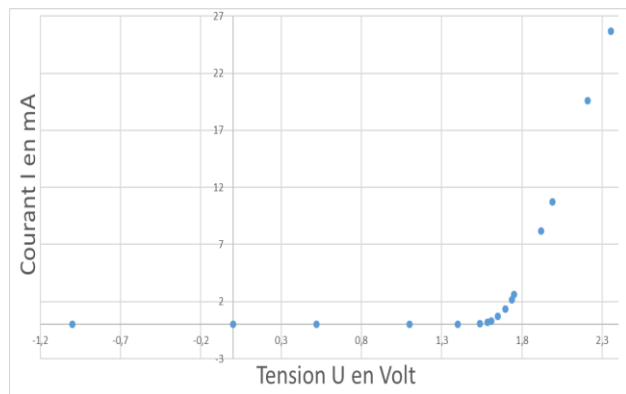
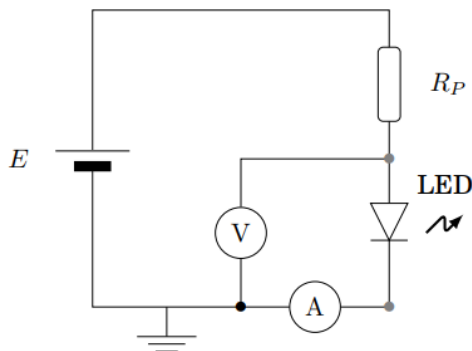


Figure 1 : a) Schéma pour caractéristique LED

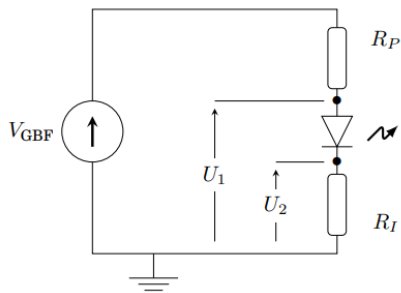
b) Caractéristique LED : $f(U)=I$

Les données constructeurs nous donnent : $V_{max} = 2.2V$ et $I_{max} = 30mA$. On en déduit la valeur de la résistance de protection : $(E - V_{max})/I_{max} = R_p$. $R_p = 260\Omega$. On s'assure que le signal d'entrée et de sortie sont bien sinusoïdaux.

b. Transmission de signal par la LED

D'après l'étude précédente, on alimente la diode avec une tension qui ne doit pas sortir de l'intervalle [1,7;10]V. La LED ne doit pas s'éteindre, ni s'endommager. Pour s'assurer d'un bon fonctionnement, on appliquera dans toute la suite une tension d'amplitude 2V et surtout un offset de 4V. Pour s'en assurer, il faut mettre une fréquence inférieure à 50 Hz. La LED est bien dans la zone passante.

II) Caractériser une photodiode



R_P permet de convertir le courant traversant la branche en différence de potentiel mesurable par l'oscilloscope. Pour protéger la diode on choisit $R_P = 100\Omega$ et $R_I = 10\Omega$ pour tracer $f(U_1) = U_2$. On se placera dans les conditions vues précédemment.

Rq: Il faut avoir fait un réglage convenable des voix de l'oscilloscope avant de passer en mode XY

Figure 2: Schéma du câblage de la détection

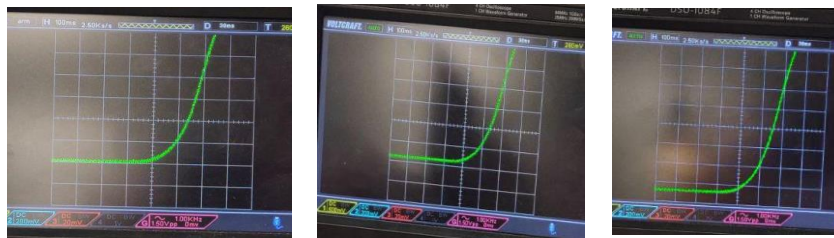
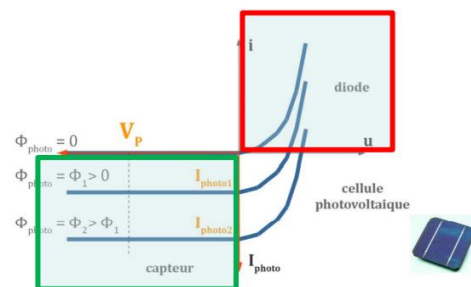


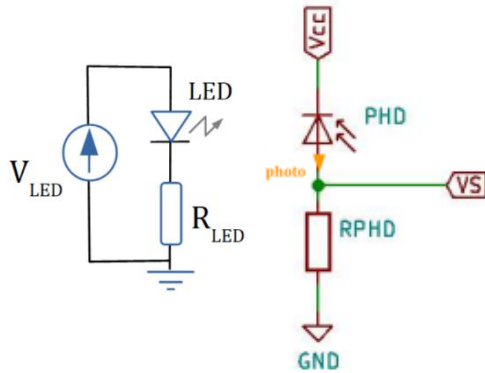
Figure 3: Caractéristique d'une photodiode expérimentale avec flux lumineux croissant de gauche à droite. (1er: $\Phi_{\text{lumineux}} = 0$)

La figure suivante est la superposition des résultats. On en déduit qu'il faut se placer dans le carré vert afin d'observer différentes valeurs de tension et donc d'en déduire différentes valeurs de rayonnements. La différence avec la diode est que la photodiode voit sa caractéristique changée en fonction de l'éclairement : Pour un flux lumineux non nul, même pour un négatif il y a un courant. On en déduit donc la différence d'utilisation.



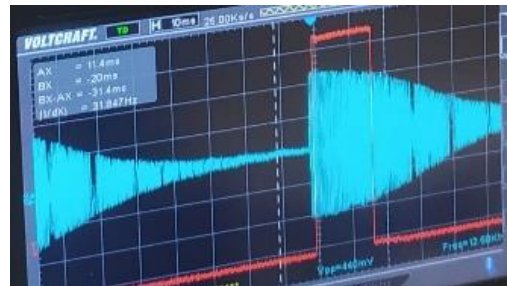
III) Réaliser un étage de photodétection

a. Montage simple :



Fonctionnement :

En reprenant les montages précédents, on peut coller la LED à la photodiode et avoir ce montage simple. Par la mesure de la tension aux bornes de R_{PHD} , on peut mesurer le courant correspondant et donc avoir une idée du flux pour différentes fréquences.



On obtient alors le diagramme de Bode suivant :

Problème :

On remarque alors que le circuit se comporte comme un passe bas avec une fréquence de coupure qui augmente quand R_{phd} diminue.

Resistance (ohm)	10k	100k	1M
Fréquence de coupure (kHz)	60	6	0,7

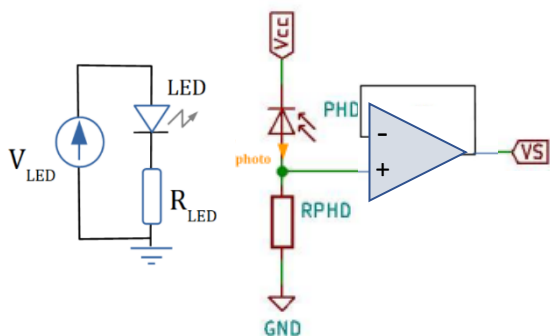
De plus, la sensibilité du montage augmente elle avec R_{phd} .

Il est donc difficile de trouver une bonne R_{phd} avec une bonne sensibilité et une grande bande passante.

Explication :

Cela vient du fait que le système de mesure n'est pas parfait. En réalité il contient un condensateur (C_l) tout comme dans la diode (C_p) donc $f_c = 1/2\pi R_{phd}(C_l + C_p)$.

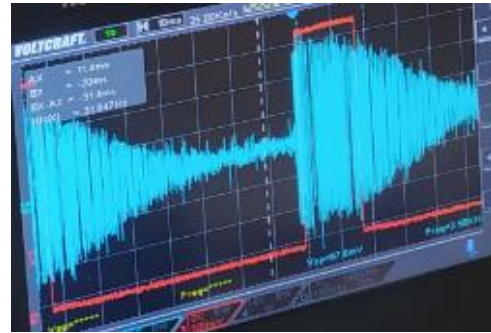
b. Montage suiveur :



Fonctionnement :

On choisi donc de rajouter un ali en mode « suiveur » ce qui permet d'isoler le système de mesure et donc de supprimer C_l .

Ainsi f_c augmente considérablement et pour une même sensibilité, on peut donc augmenter la plage d'utilisation.



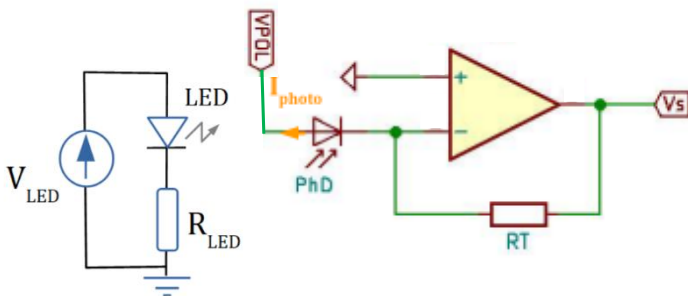
Problème :

On a toujours un passe bas car il reste C_L .

Deplus, pour les ALI la tension d'entrée est limité par le Slew-Rate. Ainsi pour un signal de la forme $A \cos(2\pi ft)$; on doit avoir $Af < SR/2\pi$ et donc faire un compromis entre amplitude et fréquence

On doit donc faire un compromis entre fréquence et amplitude (sensibilité).

c. Montage transimpédance :



Fonctionnement :

Finalement, on peut mettre l'ALI en configuration transimpédance. Cela permet de rendre la tension de polarisation constante et donc diminuer la capacité de la diode. On a donc une bande passante encore plus grande (presque dix fois celle du montage simple).

Problème :

Le montage est alors plus complexe et on a aussi l'apparition d'une résonance ce qui pose des problèmes pour des fréquences proches de f_c .

Cependant comme cette fréquence est très grande, elle a quand même une plage d'utilisation bien plus intéressante qu'avec les montages précédents.



Resistance (ohm)	10k	100k	1M
Fréquence de coupure (kHz)	600	195	60

Conclusion

Ainsi, nous avons vu que l'introduction d'un ALI en mode transimpédance permet de réaliser un montage de photodetection précis avec un grande plage d'utilisation incluant largement des fréquences de 40 kHz. Cependant il présente une fréquence de résonance à f_c qui risque de saturer l'ALI, et donc la mesure ne sera plus exploitable. Ce problème n'était pas présent sur le montage « simple » qui présentait une bande passante et une réponse en amplitude très inférieure à celles du second circuit. D'après la documentation technique de la photodiode du stagiaire, avec une longueur d'onde d'environ 650nm, le gain de la détection n'est pas maximale. De plus, avec les valeurs de tensions manipulées la capacité du semi conducteur est élevé. Par conséquent on privilégie le montage transimpédance qui permet de régler ce problème comme vu précédemment.