

Réalisation d'un démonstrateur « simplifié » d'un système de transmission Li-Fi

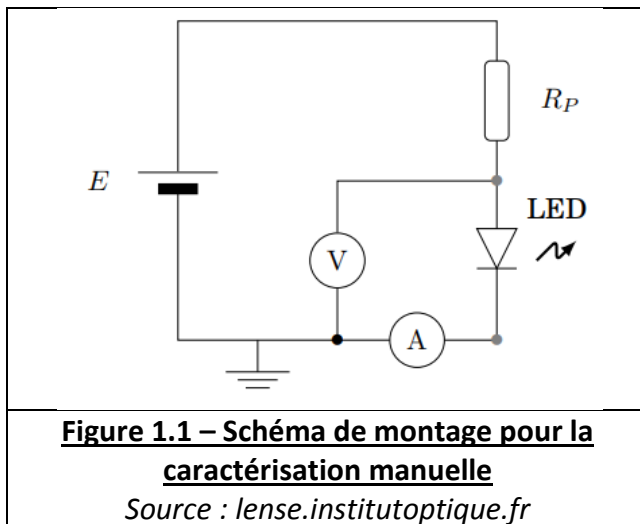
Dans le but de réaliser un démonstrateur d'un système de transmission d'information par la lumière, ce document apporte quelques aides et explications nécessaires à son bon développement. En particulier, il indique comment caractériser les composants principaux du montage ainsi que la bande passante de celui-ci, causée par un phénomène passe-bas.

Matériel :

- LED bleue de type Kingbright Blue 10mm
- Photodiode de type BPX65
- Résistances
- Plaque de prototypage
- Multimètre
- GBF
- Oscilloscope
- Fils
- ALI

I) Caractérisation d'une LED

Pour ce montage, on utilisera un émetteur à LED bleue de type **Kingbright Blue 10mm**. Pour cela, on effectue le montage (Figure 1.1), afin de caractériser manuellement la LED. On utilise alors une résistance de protection $R_p > R_{min}$ avec $R_{min} = \frac{V_{max} - V_f}{I_{fmax}}$ avec les valeurs de la documentation technique (Figure 1.2) :



$$V_{max} = 5V$$

$$V_f = 3.3 V$$

$$I_{fmax} = 30 \text{ mA}$$

$$\text{D'où } R_{min} \approx 57 \Omega$$

Electrical / Optical Characteristics at TA=25°C						
Symbol	Parameter	Device	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
V _f [2]	Forward Voltage	Blue	3.3	4	V	I _f =20mA
I _r	Reverse Current	Blue		50	uA	V _R = 5V

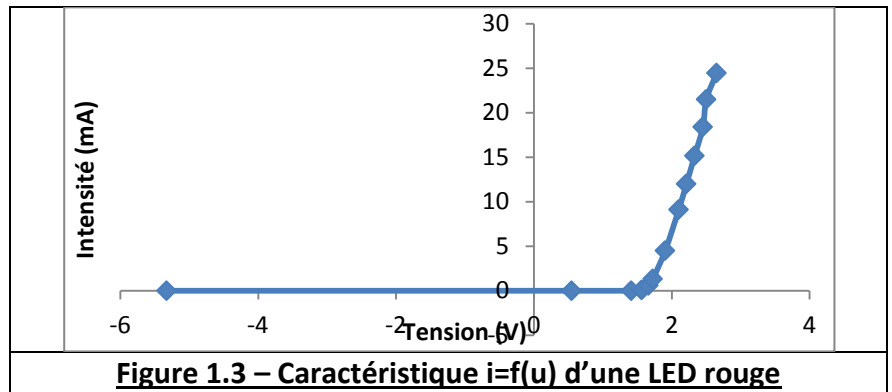
Absolute Maximum Ratings at TA=25°C		
Parameter	Blue	Units
DC Forward Current	30	mA
Reverse Voltage	5	V

Figure 1.2 – Extraits de la documentation technique de la LED bleue Kingbright 10mm
Source : lense.institutoptique.fr

Une fois le montage réalisé, on effectue des mesures pour plusieurs valeurs de couple (tension, intensité) en respectant les conditions $U > -5V$ et $i < 30 \text{ mA}$. On peut alors tracer la caractéristique de la LED $i=f(u)$ (Figure 1.3).

La caractéristique ci-dessous est celle d'une LED rouge différente de celle qui sera utilisée mais l'allure est identique. Pour des tensions $U < V_f$, on a $i=0$, la diode bloque le courant et pour $U > V_f$, on a un comportement linéaire qui caractérise l'émission des photons en fonction de l'intensité.

On peut alors retrouver les valeurs de la documentation technique en trouvant le point de la courbe le plus près de l'origine qui se situe dans la zone en comportement linéaire.



III] Caractérisation de la photodiode

Afin de caractériser la photodiode de type BPX65, il est possible d'opter pour la méthode automatique. Il faut pour cela appliquer une tension sinusoïdale aux bornes du dipôle. Le montage adapté est précisé ci-dessous (Figure 2.1).

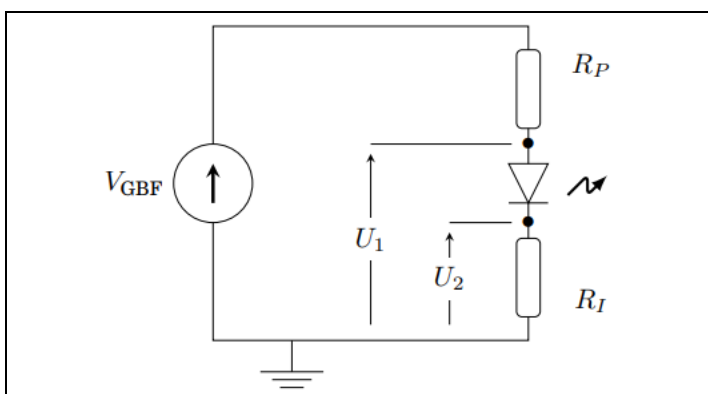


Figure 2.1 – Schéma de montage pour la caractéristique automatique
Source : lense.institutoptique.fr

R_p est la résistance de protection et R_i est telle que la tension U_2 soit négligeable devant U_1 d'où $R_i < 0.1 R_p$

Ainsi en visualisant les 2 tensions à l'oscilloscope en mode XY, il apparaît la caractéristique de la photodiode.

A titre de comparaison, elle doit être similaire à celle de la LED dans le cas où la photodiode n'est pas éclairée.

Lorsque la photodiode est éclairée, une modification est faite car la partie $U < 0$ est translatée vers le bas, preuve de la création d'un photo-courant proportionnel au flux de photons reçu par la photodiode (Figure 2.2).



Figure 2.2.a – Caractéristique de la photodiode SFH206 non éclairée

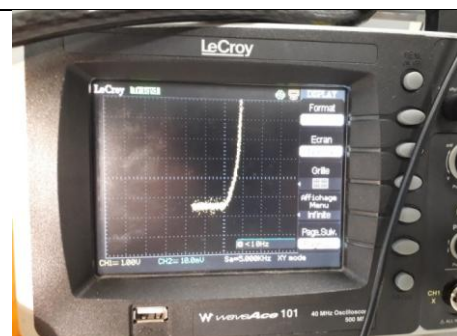


Figure 2.2.b – Caractéristique de la photodiode SFH206 éclairée

III] Caractérisation du circuit en fréquence

Après avoir placé les deux montages (LED et photodiode) face à face de telle sorte que les deux dipôles soient séparés d'1 cm, il faut obtenir les diagrammes de Bode sur l'oscilloscope. Pour cela, la fonction Sweep d'un GBF permet de balayer de manière logarithmique les fréquences entre f_{min} et f_{max} . Afin que la LED se comporte linéairement, le signal sinusoïdal envoyé dans la LED doit comporter un offset sans toutefois dépasser les valeurs limites de courant/tension détaillés dans la documentation technique.

L'oscilloscope affiche alors le diagramme de Bode du circuit et il devient possible de mesurer sa bande passante et la fréquence de coupure (Figure 3.1). Il apparaît que le montage se comporte comme un filtre passe-bas. La mesure peut être imprécise dans le cas de résistances trop faibles car l'amplitude visualisée est proportionnelle à la valeur de R_{phd} .

Il est possible de retrouver la valeur de la bande passante en mesurant le temps de réponse du montage à un signal carré. En mesurant t_1 et t_2 qui correspondent au temps où le signal atteint 10% (respectivement 90%) de la valeur finale, la bande passante

s'obtient par la formule : $BP = \frac{0.35}{t_2 - t_1}$.

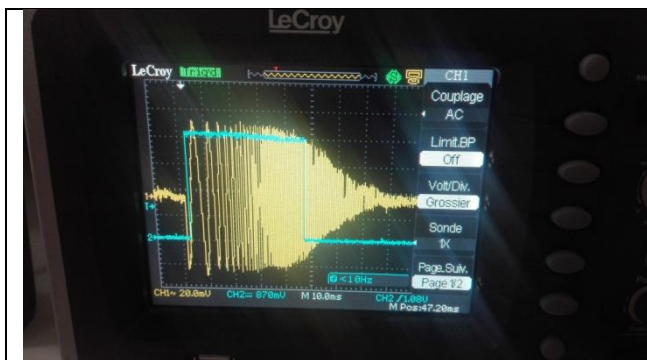


Figure 3.1.a – Diagramme de Bode à l'oscilloscope pour une résistance $R_p = 1M\Omega$ (LED rouge et photodiode SFH206)



Figure 3.1.b – Réponse du circuit à un signal carré pour une résistance $R_p = 10k\Omega$ (LED rouge et photodiode SFH206)

Expérimentalement, dans les conditions de mesure de la Figure 3.1.a, la valeur de f_c est cohérente entre les 2 méthodes (4kHz pour le diagramme de Bode et 3.5kHz pour le temps de réponse), à l'incertitude de mesure près.

En comparant différentes valeurs de résistance, il apparaît que plus la résistance est élevée, plus l'amplitude du signal sera élevée et la mesure sera alors précise. Cependant, en prenant en compte la résistance et capacité équivalente au montage en parallèle de la photodiode et de l'oscilloscope, $R_{eq} = \frac{R_{phd} \cdot R_{osc}}{R_{phd} + R_{osc}}$ et $C_{eq} = C_{phd} + C_{osc}$, la pulsation de coupure

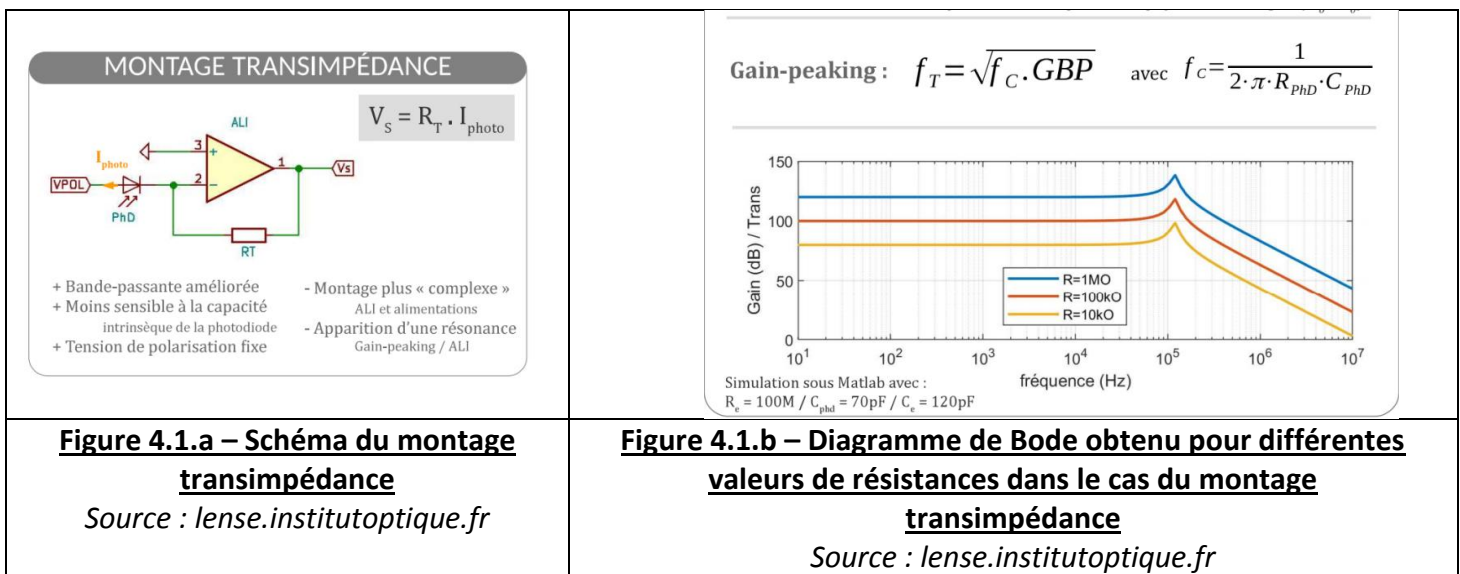
est $\omega_c = \frac{1}{2\pi R_{eq} \cdot C_{eq}}$, qui diminue lors de l'augmentation de la valeur de la résistance.

Dans ce montage, la fréquence maximale de fonctionnement est donc f_c .

IV] Phénomène passe-bas

Comme vu précédemment, le montage se comporte comme un filtre-passe bas. Ainsi, il est impossible de travailler avec toutes les fréquences, il existe une fréquence maximale de fonctionnement qui dépend des caractéristiques du montage mais aussi des caractéristiques de la photodiode (capacité intrinsèque) et de l'appareil de mesure (résistance et capacité).

Le problème peut-être résolu en modifiant le circuit, et en se plaçant en montage transimpédance plus complexe avec un ALI. La bande-passante est alors améliorée et le montage moins sensible à la capacité de la photodiode. Il se comporte alors comme un filtre passe-bas du 2nd ordre, caractérisé par l'apparition d'une résonance (Figure 4.1).



Pour conclure, après avoir caractérisé la LED et la photodiode, éléments principaux du démonstrateur, le système de transmission d'information par la lumière se fait en plaçant face à face le montage d'émission (source + LED + sa résistance de protection) et le montage de réception (Photodiode + résistance de protection + appareil de mesure + éventuellement un ALI pour le montage transimpédance). Le système de transmission se comporte comme un filtre-passe bas donc limite son utilisation à une certaine gamme de fréquences.

Sources : lense.institutoptique.fr

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