

TP d'Électronique

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

Bayero Aboubakar — Menay - Marigny Samuel

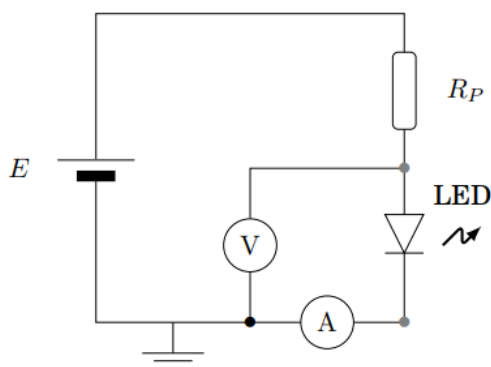
Introduction :

L'objectif de ce TP est de définir un système permettant de transmettre un signal électrique analogique d'un émetteur à LED à une récepteur à photodiode.

On étudiera tout d'abord le fonctionnement de la LED, puis celui de la photodiode pour ensuite réaliser le montage de transmission complet.

Caractériser une LED

Nous cherchons à caractériser la LED visible afin de déterminer un point de fonctionnement idéal pour transmettre un signal sinusoïdal. Pour étudier le comportement de la LED rouge utilisée, il est possible de réaliser le montage suivant :



Pour protéger la LED, on utilise une résistance de protection en courant, en série avec la LED :

$$R_{\min} = (V_{\max} - V_f) / I_{f \max}$$

En lisant V_f et $I_{f \max}$ dans la documentation technique, on trouve :

$$R_{\min} = 307 \Omega.$$

On utilise donc ici une résistance $R_p = 330 \Omega$.

Fig. 1 – Circuit électronique pour mesurer le courant et la différence de potentiel aux bornes d'une LED (source : lense.institutoptique.fr)

On relève alors manuellement les mesures de l'intensité et du courant pour obtenir la caractéristique de la LED.

U (V)	I (A)	ON/OFF
0	0	
0,99	0	
1,67	0	
1,79	0	ON
1,86	0	ON
1,93	0	ON
2	0,013	ON
2,05	0,016	ON
2,11	0,018	ON
2,16	0,022	ON
2,22	0,025	ON

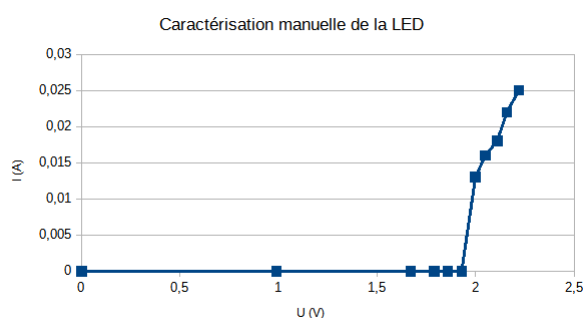


Fig. 2 – Caractéristique Tension-Courant de la LED

On remarque alors que la LED peut être utilisée dans la partie assimilable à une droite dans le graphe $i = f(u)$, c'est-à-dire pour une tension supérieure à la tension seuil $V_S = 1,8$ V.

De plus, pour obtenir une modulation sinusoïdale du flux lumineux, il ne faut pas que la tension dépasse le voltage maximal, lié au générateur de tension stabilisée utilisé.

Réaliser un émetteur à LED

Avec un GBF, on génère une tension sinusoïdale de 1 V avec un offset de 2,5 V pour être dans la zone de fonctionnement.

On utilise un oscilloscope pour mesurer la tension à la sortie de la résistance, ce qui permet de vérifier que l'intensité est sinusoïdale (car $U = R i$). L'intensité lumineuse étant proportionnelle à l'intensité dans le circuit, alors elle est aussi sinusoïdale.

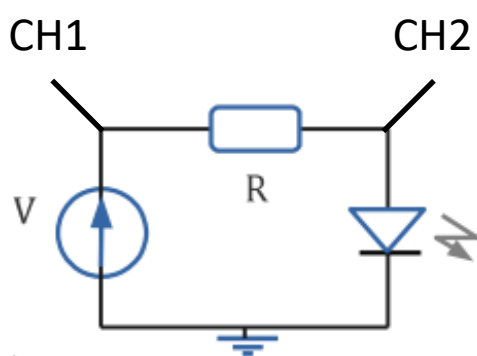


Fig. 3.a – Circuit émetteur LED avec un GBF envoyant une tension sinusoïdale (source : lense.institutoptique.fr)

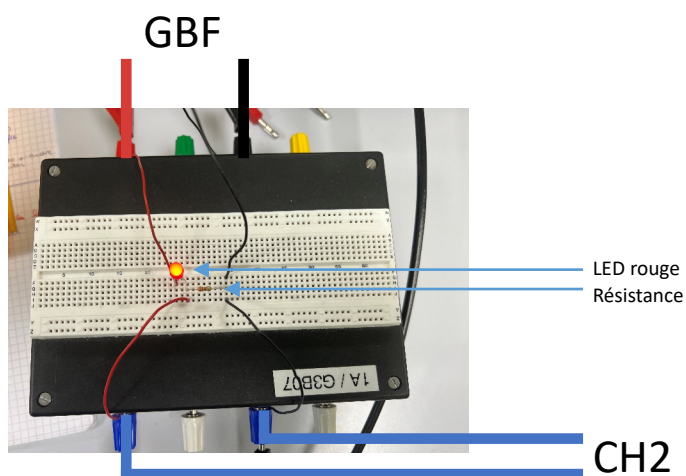


Fig. 3.b – Photo du circuit émetteur LED

Caractériser une photodiode

Nous cherchons maintenant à caractériser la photodiode, branchée en polarisation inverse. Pour étudier le comportement de la photodiode utilisée, il est possible de réaliser le montage suivant pour la caractériser automatiquement cette fois :

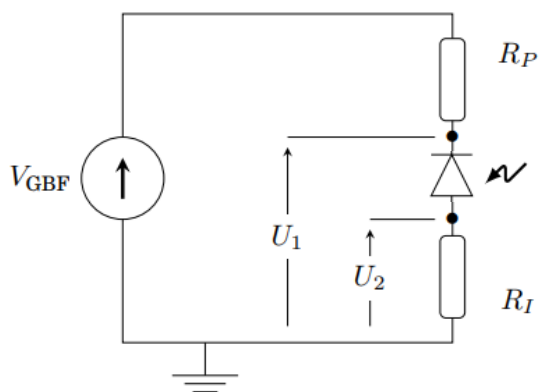


Fig. 4.a – Circuit électronique pour mesurer le courant et la différence de potentiel aux bornes d'une photodiode (source : lense.institutoptique.fr)

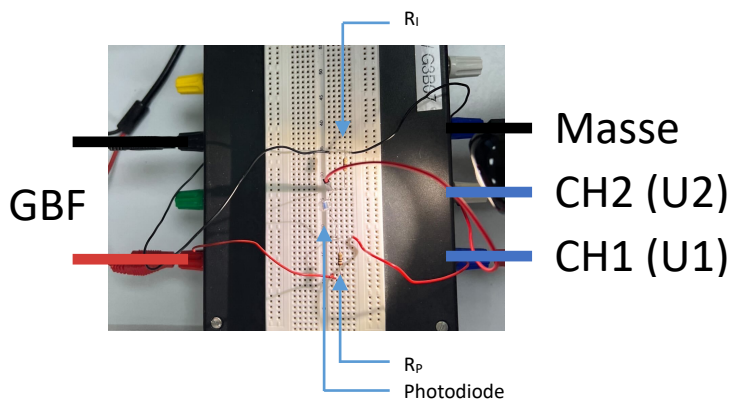


Fig. 4.b – Photo du circuit de caractérisation de la photodiode

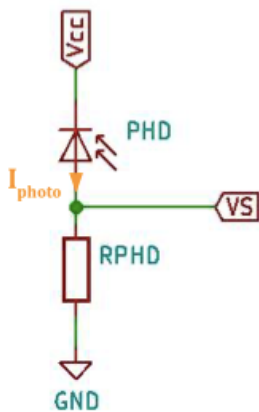
Le GBF délivre un signal périodique. On observe alors la caractéristique de la photodiode sur l'oscilloscope aux bornes de la résistance R_i , en mode XY.

La photodiode a une courbe $i = f(u)$ de même allure que celle de la diode, mais plus le flux de lumière reçue par la photodiode augmente, plus la courbe se décale vers le bas.

Comme une diode, on utilise la photodiode pour une tension supérieure à la tension seuil $V_f = 500$ mV. Il est nécessaire d'appliquer une tension négative à la photodiode pour que celle-ci fonctionne en convention récepteur.

Réaliser un montage simple de photodétection

L'objectif est de réaliser un système de réception du signal lumineux à l'aide d'une photodiode. On suit alors le montage ci-dessous, en faisant varier la résistance (10 k Ω , 100 k Ω et 1 M Ω) :



On applique une tension de polarisation V_{cc} permettant d'être dans la zone de fonctionnement de la photodiode, en mode récepteur.

La photodiode reçoit une intensité lumineuse et fournit un courant au circuit proportionnel au flux lumineux reçu.

On mesure alors la tension aux bornes de la résistance, qui est proportionnelle au courant I_{photo} : $V_S = R_{PHD} * I_{photo}$.

On a donc une solution pour vérifier la bonne réception du flux lumineux.

Fig. 5.a – Montage simple
(source: lense.institutoptique.fr)

Malheureusement, nous n'avons pas de résultat bruts à montrer, nous allons donc expliquer qualitativement ce qui se passe lorsque R_{PHD} varie :

On obtient une meilleure sensibilité du système de photodétection lorsque la valeur de R_{PHD} augmente. Cependant, lorsque cette valeur avoisine la valeur de la résistance interne de l'oscilloscope (pour $R_{PHD} = 1$ M Ω), l'intensité passant dans la résistance n'est plus I_{photo} car la valeur de R_{PHD} n'est plus négligeable devant celle de la résistance de l'oscilloscope et donc on remarque que l'amplitude du signal mesure est divisé par 2.

Caractériser le système de transmission simple

On cherche à déterminer les limites de fonctionnement du système ainsi que les paramètres influençant sa bande passante. On réalise donc le montage suivant, association des montages des figures 3.a et 5.a, et on fournit une tension sinusoïdale à la LED avec le GBF, en faisant varier cette tension :

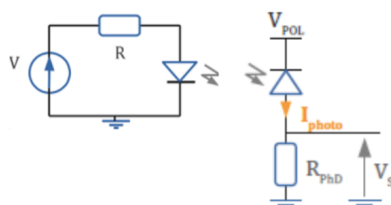


Fig. 6 – Circuit du système de transmission simple (source : lense.institutoptique.fr)

En utilisant la méthode « Allure rapide » avec le GBF, on détermine les caractéristiques du circuit pour des valeurs de R_{PHD} différentes :

Résistance	10 k Ω	100 k Ω	1 M Ω
Amplitude du signal de sortie (en mV)	5	20	100
Ordre du circuit (Après calcul de G_{dB})	Ordre 1	Ordre 1	Ordre 1
Fréquence de coupure f_c (en Hz)	50 000	9 000	2 000
Bande passante pour ce filtre passe-bas (en Hz)	[0 ; 50 000]	[0 ; 9 000]	[0 ; 2 000]
Temps caractéristique τ (en ns)	5	20	100
Temps de réponse (en ns)	25	100	500

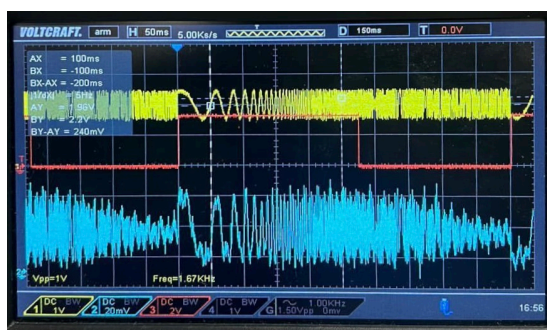


Fig. 7.a – Écran de l'oscilloscope lors de la détermination de la fréquence de coupure du circuit



Fig. 7.a – Écran de l'oscilloscope lors de la détermination du temps de réponse du circuit

On en conclut donc que le système de transmission simple est un filtre passe-bas d'ordre 1, qui a une meilleure sensibilité lorsque R_{PHD} augmente mais qui a une bande passante qui se restreint lorsque cette même résistance augmente.

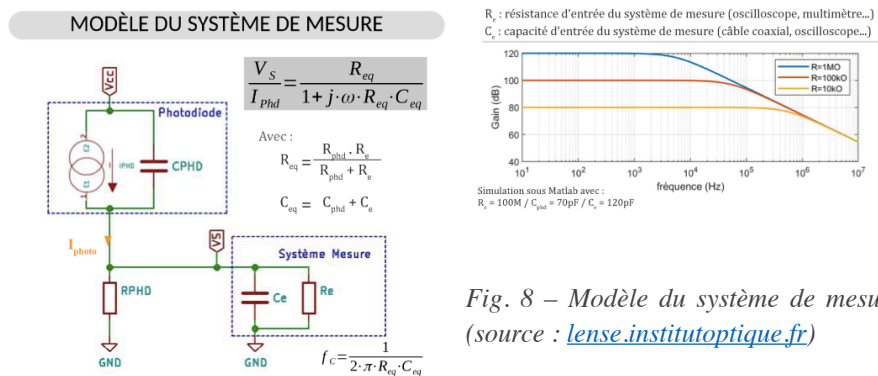


Fig. 8 – Modèle du système de mesure (source : lense.institutoptique.fr)

Réaliser un montage « optimisé » de photodétection

On cherche à réaliser un système de réception du signal lumineux à l'aide d'une photodiode permettant de garantir les performances attendues dans le cahier des charges et de quantifier ses performances dynamiques. Pour cela on réalise un montage transimpédance dont le schéma est le suivant :

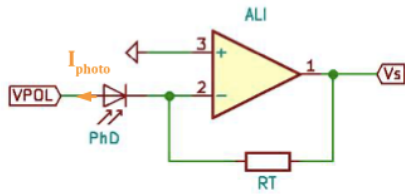


Fig. 8 – Montage transimpédance
(source : lense.institutoptique.fr)

Malheureusement, suite à un défaut dans un fil du câblage, nous n'avons pu étudier ce circuit.

Conclusion :

Nous pouvons proposer le montage "simple" comme étant une solution efficace pour transmettre un signal analogique par la lumière. Néanmoins, ce système a plusieurs défauts nécessitant d'être pris en considération.