

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

❖ **Introduction**

Lorsque l'on reçoit un appareil électronique, il est utile de connaître ou de vérifier ses caractéristiques dans le cahier des charges. À l'aide de ce "kit de survi", l'étudiante est capable de caractériser expérimentalement la LED et la photodiode, pour retrouver les caractéristiques importantes ainsi que de caractériser le circuit en fréquence et mesurer sa bande-passante. L'objectif étant de prédire la fréquence maximale de fonctionnement et de comprendre le phénomène de basse-bas qu'elle pourra observer.

❖ **Comment caractériser expérimentalement une LED**

Pour caractériser un appareil électronique, on commence par tracer la **caractéristique**, c'est-à-dire: $i=f(u)$. Pour y arriver on lit l'intensité grâce à un ampèremètre et un voltmètre aux bornes de la LED.

Sur la fiche **technique de l'appareil**, on peut lire "**Peak Current**", l'intensité qu'il ne faut pas dépasser, dans votre cas, elle est de **150µA**. Par comparaison avec le TP fait à supoptique, nous vous conseillons, comme on va prendre une tension continue de l'ordre de quelques volts, de prendre une résistance de protection de 150Ω.

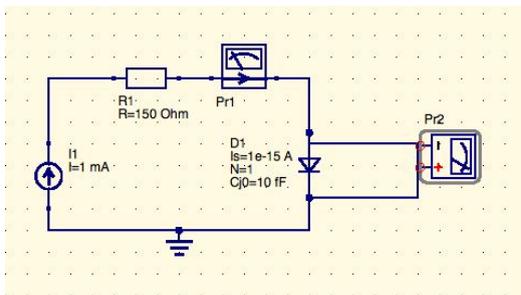


Figure 1/ Circuit pour tracer la caractéristique d'une LED

Attention : La LED ne laisse passer le courant que dans un sens, si le courant ne passe pas à premier abord, il suffit de la retourner

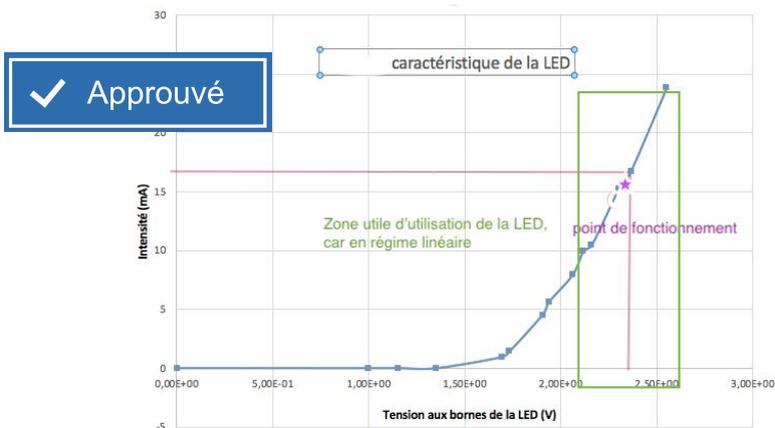


Figure 2 / Caractéristique d'une diode

On obtient comme graphe :
 Il est alors possible de lire le **point de fonctionnement**, c'est-à-dire le point où on optimise le fonctionnement de la LED. On peut lire la tranche de tension où la LED est opérationnelle:
 $V_{min} = 1,7 \text{ V}$
 $V_{max} = 2,5 \text{ V}$
 et le point de fonctionnement qui se trouve au centre de ces 2 valeurs autour de $V_p = 2,3 \text{ V}$

❖ **Comment caractériser expérimentalement une photodiode**

De la même façon que pour la LED, on peut caractériser une photodiode : Vous pouvez tracer sa caractéristique en la plaçant dans le "bon sens" pour laisser passer le courant. On obtient une caractéristique de la forme:



Figure 3 / caractéristique d'une photodiode

Cependant on remarque que lorsque l'on retourne la photodiode (donc quand elle est dans le "mauvais sens") et qu'on l'éclaire, on fournit un flux de photons, l'intensité n'est pas nulle au sein du circuit. La photodiode peut donc être un capteur de photon contrairement à la LED.

Pour vérifier que l'intensité qui traverse la photodiode est proportionnel au nombre de photon qu'elle reçoit, on effectue le circuit de la figure 4 :

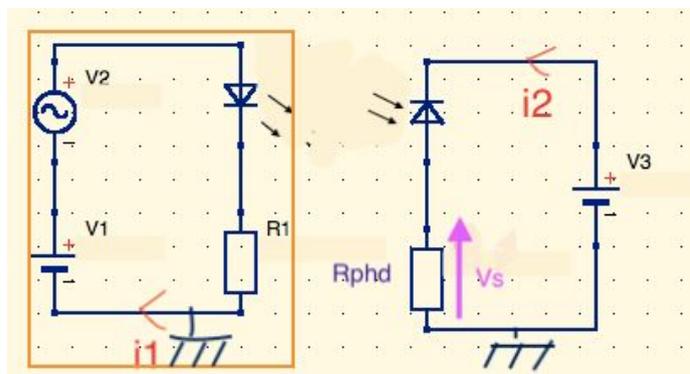


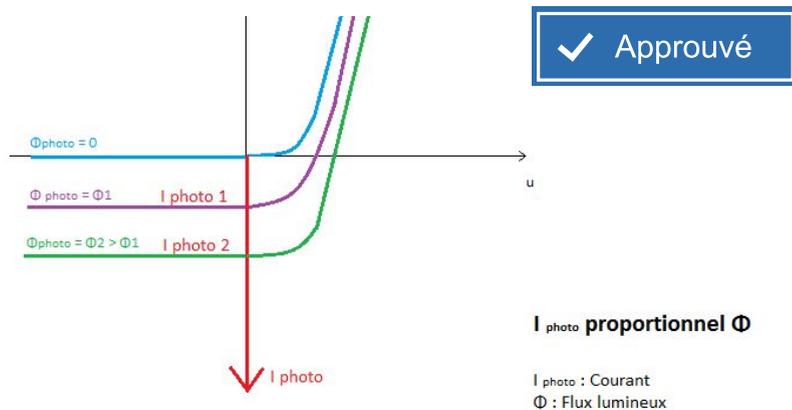
Figure 4/ "circuit simple " de la photodétection, qui forme un photocoupleur avec la LED

- V1 est l'offset le l'oscilloscope V1=2,3V
- V2 est la tension crête à crête V2= 0,5V
- et une fréquence de f=1kHz
- V3= 0,2 V pour se trouver dans la zone où la photodiode sert de capteur
- R1=150Ω
- Rphd=10kΩ

Figure 5/ Caractéristique de la photodiode pour plusieurs flux lumineux

On sait que le courant qui traverse la LED est proportionnel au nombre de photon qu'elle émet. $\phi_e = ki_1$

On utilise le montage 1 comme émetteur car on peut faire varier la proportion de photon qui en sort en faisant simplement varier le courant qui traverse la LED: Pour mesurer le courant dans le montage 1, on lit la tension aux bornes de R1 sur l'oscilloscope.



✓ Approuvé

I_{photo} proportionnel Φ

I_{photo} : Courant
 Φ : Flux lumineux

En augmentant le flux lumineux qui est reçu par la photodiode on peut vérifier que l'intensité qui la traverse est bien proportionnel à ϕ_e .

De plus, on remarque alors que la **sensibilité du circuit** $S = \frac{\text{grandeur de sortie}}{\text{grandeur d'entrée}}$ de notre montage est proportionnelle à la résistance Rphd. Ainsi plus on augmente Rphd, plus l'amplitude de sortie que l'on lit sur l'oscillogramme est importante. Augmenter Rphd dans notre circuit permet d'augmenter la sensibilité.

❖ **Comment caractériser le circuit en fréquence et mesurer sa bande passante pour prédire la fréquence maximale de fonctionnement**

Pour mesurer la **bande passante** du circuit sur l'oscilloscope, il est possible d'utiliser la méthode "Allure rapide" pour tracer un diagramme de bode. On veut obtenir la réponse en fréquence du circuit de détection:

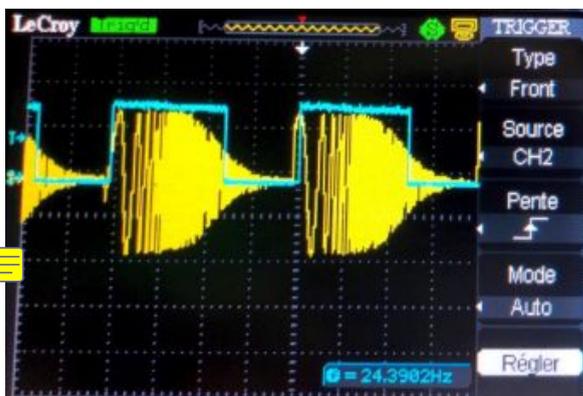


Figure 6 / Réponse en fréquence du circuit simple de la photodiode

Le **signal sinusoïdal jaune** correspond à la tension $V_s(w)$ aux bornes de la résistance R2 en fonction de la fréquence.

Le **signal créneau bleu** permet de lire une différence de fréquence, utile car se déclenche avec le V_s

Une fois ce diagramme obtenu, nous remarquons d'abord que c'est un filtre passe bas.

Ensuite nous déterminons sa **fréquence maximale**

comme suit :

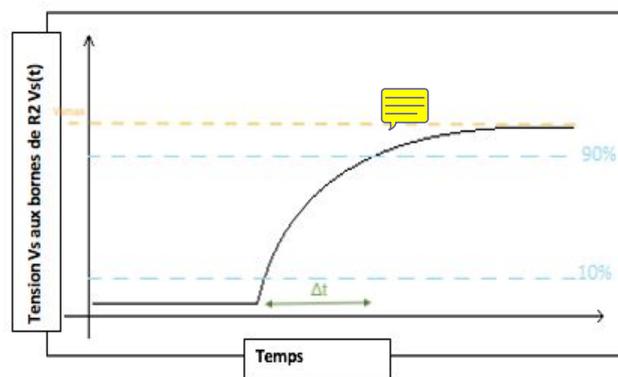
1. On estime grossièrement la fréquence de coupure avec le signal créneau, en le calant à la fréquence où V_s commencer à décroître. on lit que $f_c = 14\text{kHZ}$
2. On lit la tension crête à crête initiale (pour les faibles fréquences) sur le signal jaune donc pour $R=100\text{k}\Omega$, on a $V_s = 320\text{mV}$
3. On calcul $V_s/\sqrt{2}$ pour obtenir l'amplitude du signal lorsque $f=f_c$ et on obtient dans notre cas 227mV .
4. On sort du mode allure simple de l'oscilloscope et on reporte cette valeur sur le signal pour obtenir f_c et on trouve $f_c = 13,4\text{ kHz}$



Pour vérifier la valeur obtenue pour la **fréquence de coupure**, nous utilisons le lien entre la bande passante à -3db et le temps de réponse du circuit.

Figure 7/ Schéma d'explication du temps de monté

1. On se place en signal créneau à V , à une fréquence 100Hz et on lit $V_{s\text{max}}$ sur l'oscilloscope
2. On lit le signal V_s aux bornes de la résistance
3. On détermine la valeur à 10% et 90% de $V_{s\text{max}}$
4. On reporte sur le schéma pour trouver Δt qui correspond au **temps de monté**. On a lu $\Delta t=276\mu\text{s}$
5. On utilise le fait que le temps de réponse du circuit est inversement proportionnelle à la fréquence de coupure



avec un facteur 0.35 admis et on trouve pour $R_{phd} = 1\text{MHz}$ que $f_c = 1,3\text{ kHz}$

6. Confrontation des résultats : On s'attendait à obtenir 2,11kHz d'après ce qui précède, on obtient un résultat du même ordre de grandeur, ce qui confirme la cohérence de nos résultats.

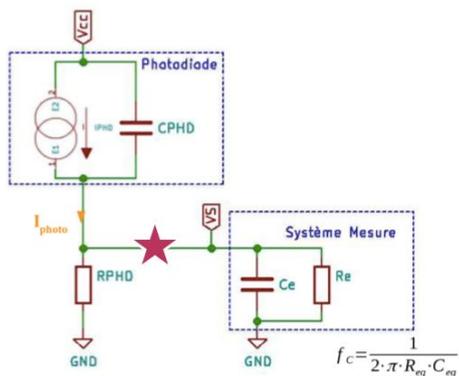
Remarque : Nous aurions dû faire la vérification pour $R = 100\text{k}\Omega$ mais par manque de temps nous avons pas pu réaliser cette manipulation (le protocole restant le même bien sûr)

❖ Comment expliquer le phénomène du passe-bas obtenu

Dans l'idéal on souhaiterait obtenir un circuit qui laisse passer toutes les fréquences mais comme on l'a remarqué on se trouve en présence d'un filtre passe-bas d'ordre 1 (d'après la discontinuité de $V_s(t)$ à la réponse à un échelon sur le graphe précédent) . Se pose alors la question des éléments responsables de la formation de ce filtre dans le circuit.

Le phénomène de passe-bas d'ordre 1 obtenu peut être expliqué par la présence de résistances et de condensateurs dans le circuit. En effet, 2 condensateurs et des résistances sont présents dans notre circuit. D'après le fournisseur de la photodiode, l'appareil possède une capacité interne (dans votre cas de l'ordre de $C_{phd}=10\text{pF}$). Cependant en faisant les calculs de la fréquence de coupure pour un filtre RC, on se rend compte $f_c \neq \frac{1}{2\pi R_{phd} * C_{phd}}$.

On s'interroge sur la possibilité d'autres composants pour former ce filtre et on se rend compte que l'appareil de mesure et les câbles comportent eux aussi des résistances et des condensateurs internes.



R_e : résistance d'entrée du système de mesure (oscilloscope, multimètre...)
 C_e : capacité d'entrée du système de mesure (câble coaxial, oscilloscope...)

Ainsi comme on connaît les composants responsables du filtre passe-bas. On peut alors chercher à améliorer ce modèle en augmentant la bande passante. Pour cela on peut utiliser une ALI avec une boucle de rétroaction au niveau de l'étoile.

Figure 8/ "circuit simple " de la photodétection

❖ Conclusion

Nous vous avons présenté les principales étapes à effectuer pour correctement caractériser la photodiode qui vous intéresse en nous inspirant des mesures que nous avons obtenu en TP avec la photodiode SFH206. Ainsi pour résumer les éléments à retenir pour caractériser votre photodiode sont :

- sa capacité à être un capteur de photons.
- l'intensité qui la traverse est proportionnelle au flux de photons qu'elle reçoit.
- modifier la valeur de R_{phd} permet d'augmenter la sensibilité du circuit.
- tracer une "allure rapide" d'un diagramme de Bode permet de voir la présence d'un filtre passe bas et de mesurer sa bande passante.
- pour optimiser l'utilisation de cette photodiode, donc pour avoir la plus grande bande passante, il est possible d'utiliser une ALI avec une boucle de rétroaction (suite au prochain TP).