

## **Kit de survie pour le développement d'un système de photodétection à l'aide d'une photodiode BPX65**

Ce document a pour but de permettre à l'entreprise fictive de caractériser la dynamique de leur source par l'utilisation de photodiodes BPX65

Plan de la notice :

- 1)Caractérisation expérimentale de la photodiode
- 2)Réponse fréquentielle des différents montages de photodétection
- 3)Quel montage choisir ?

# 1)Caractérisation expérimentale de la photodiode

## a)Caractéristique statique

Pour effectuer la caractéristique statique de la photodiode, il faut effectuer ce montage (Schéma 1.1). Néanmoins, il faut avant tout cela déterminer la valeur de la résistance de protection :  $R_P$ . Il existe une formule (Schéma 1.2) pour déterminer cette dernière, nécessitant aussi les caractéristiques de la photodiode. On obtient alors pour notre photodiode un résultat de l'ordre du  $k\Omega$  : c'est pourquoi nous avons décidé de prendre une résistance de  $10k\Omega$ . Cette résistance sert à ne pas griller la photodiode qui a un courant maximal soutenable. Une fois que le montage est effectué, il suffit de changer la tension appliquée en  $E$  pour pouvoir à chaque fois prendre les points manuellement. Pour finir, on trace la courbe  $u=f(i)$ . Et on obtient une courbe ressemblant à ce que l'on a en Schéma 1.3.

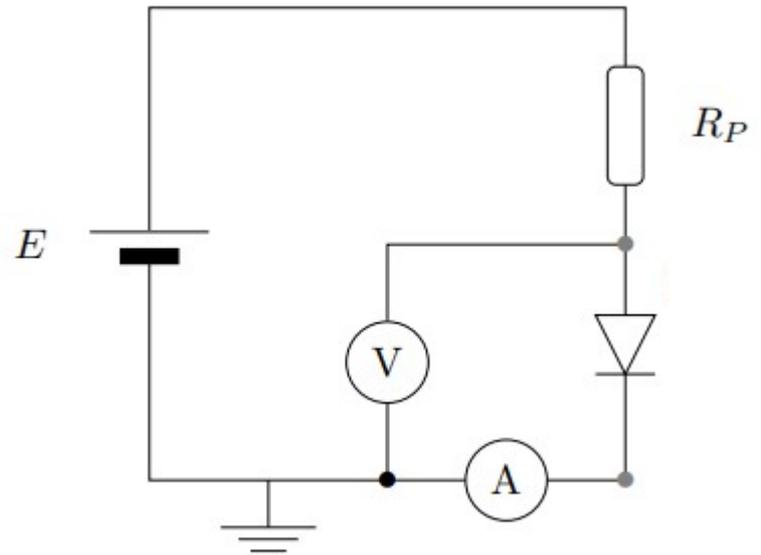


Schéma 1.1: Schéma électrique de la caractérisation statique d'une photodiode

$$R_{MIN} = \frac{V_{MAX} - V_F}{I_{FMAX}}$$

Schéma 1.2: Formule de détermination de la résistance de protection

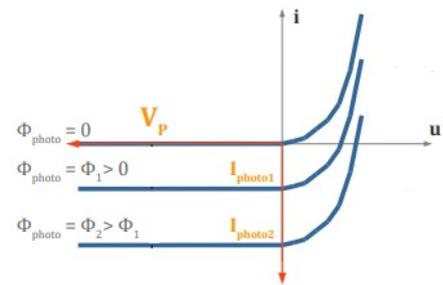


Schéma 1.3: Caractéristique d'une photodiode en fonction du flux photonique

## b)Caractéristique automatique

Pour effectuer une caractéristique automatique de la photodiode, il faut utiliser un oscilloscope qui permet à l'aide du montage proposé (Schéma 1.4) et du mode d'affichage XY de l'oscilloscope. En effet on remarque que en, prenant la tension aux bornes de la photodiode et de  $R_1$ , on obtient par la loi d'Ohm la tension aux bornes de la photodiode et l'intensité passant dans la photodiode. Ainsi, on a en faisant varier l'amplitude dans le temps avec un GBF en forme de signal triangulaire à une fréquence de quelques Hertz par exemple (avec une amplitude ne dépassant pas la tension maximale supportée par la photodiode,) dans cette configuration et pour notre photodiode, caractéristique visible en Schéma 1.4.

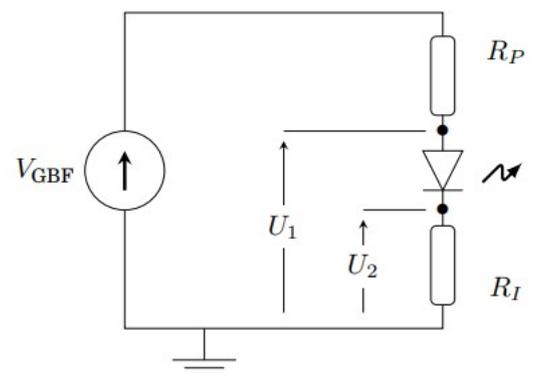


Schéma 2: Schéma de la caractérisation d'une diode par la méthode automatique



Schéma 1.5: Caractéristique automatique de notre photodiode

### c) Utilité de la caractéristique de la photodiode pour la photodétection

Ainsi une fois la caractéristique de la photodiode effectuée, on se rend compte qu'on peut la considérer comme ayant deux domaines : un où  $i=f(u)$  est une constante et un où  $i=f(u)$  est une fonction de forme exponentielle. Il faut vraiment se trouver de préférence dans le domaine où  $i=cte$  pour mieux sentir les variations de  $u$  (qui varie en fonction du flux photonique que reçoit la photodiode). C'est de cette manière que l'on pourra ensuite effectuer un montage de photodétection en utilisant le fait que la constante varie en fonction du flux lumineux reçu.

## **2) Réponses fréquentielles des différents montages de photodétection**

### a) Montage « simple » de photodétection

Vous pourriez travailler sur un montage de photodétection dit simple. En effet ce montage est constitué seulement de la photodiode et de la résistance  $R_{PHD}$ . Or on sait que la photodiode se comporte comme un condensateur et le montage se rapproche donc d'un modèle semblable au filtre de premier ordre de type RC. Il faut alors évaluer la réponse fréquentielle pour confirmer le modèle. On procède à une évaluation automatique de la réponse fréquentielle du montage par l'utilisation de la fonction sweep du GBF et de la fonction synchronisante (en rouge sur le Schéma 2.2) du GBF. Alors, on obtient le Schéma 2.2 et on observe une allure de filtre passe bas du premier ordre car sans résonance avec une fréquence de coupure de l'ordre de 1kHz pour une résistance  $R_{PHD} = 100k\Omega$ . Ainsi pour caractériser la source, il sera intéressant de travailler dans un domaine de fréquence inférieur à cette fréquence.

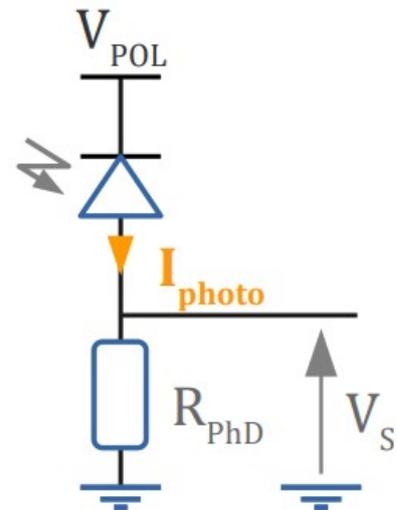


Schéma 2.1: Montage de la photodétection "simple"

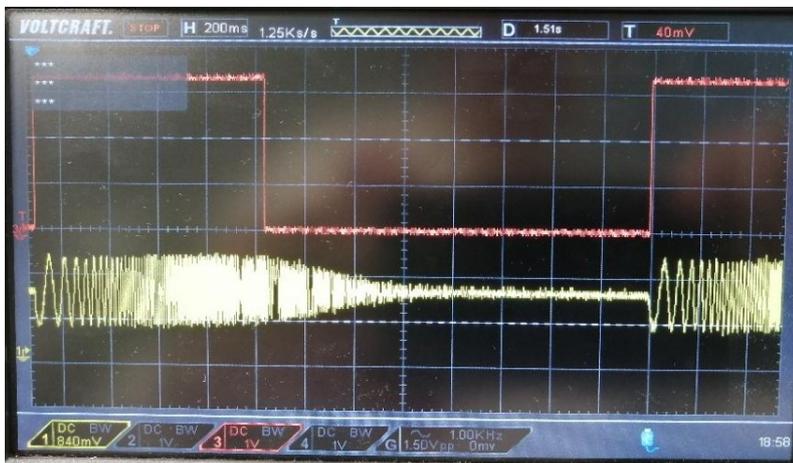


Schéma 2.2: Réponse fréquentielle automatique du montage "simple"

### b) Montage transimpédance de photodétection

Cette fois ci on se propose de travailler avec un ALI et un montage actif cette fois ci de photodétection. Ainsi vous pouvez mettre en place un montage selon le Schéma 2.3.

Alors on a un montage qui en se rappelant que la photodiode contient une capacité interne ressemble à nouveau à un filtre mais cette fois ci on a un filtre actif donc la réponse fréquentielle est différente. On obtient une réponse fréquentielle qui ressemble à celle d'un filtre d'ordre supérieur de type passe bas car en effet on observe une résonance (Schéma 2.4). Cette résonance on la trouve aux alentours de 1MHz pour une résistance sur la boucle de retour de 10kΩ. Ce qui est remarquable, c'est que la résonance est très grande.

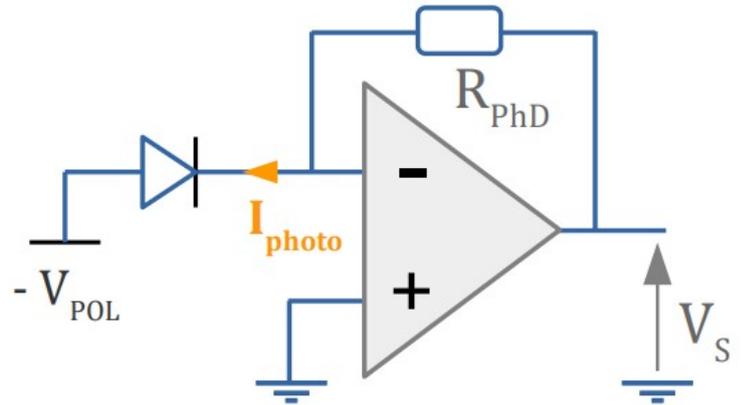


Schéma 2.3: Schéma du montage transimpédance

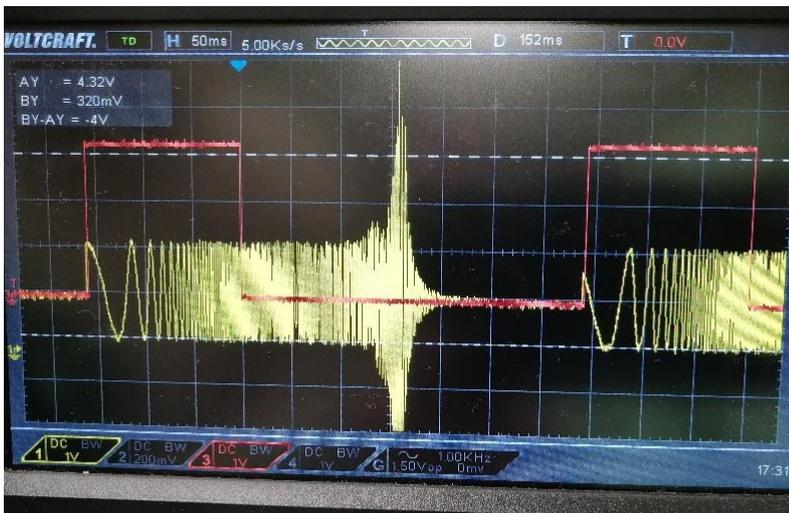
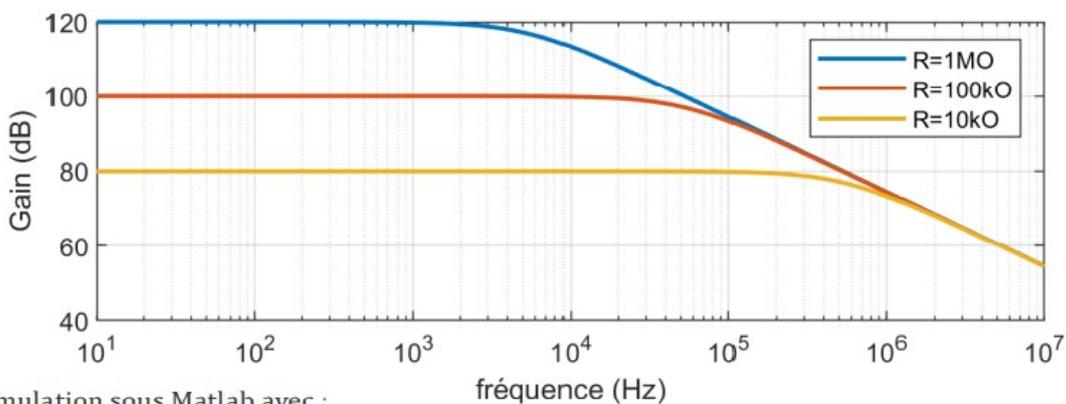


Schéma 2.4: Réponse fréquentielle du montage transimpédance de photodétection

### 3) Quel montage choisir ?

#### a) Avantages et désavantages du montage « simple »



Simulation sous Matlab avec :  
 $R_e = 100M / C_{phd} = 70pF / C_e = 120pF$

Schéma 3.1: Influence de la résistance sur la réponse fréquentielle du montage "simple"

Le fonctionnement en tant que passe bas de ce montage est régi majoritairement par le choix de la valeur de la résistance. En effet les réponses fréquentielles en  $G_{dB}$  présente deux domaines correspondant aux deux asymptotes du diagramme. Un étant une portion de droite affine semblable peu importe  $R_{PHD}$  et une étant une portion de droite constante de valeur le gain dans la bande passante du montage « simple ». Ainsi comme on peut le voir lors dans le Schéma 3.1, plus la résistance est élevée, plus le signal envoyé par la source sera amplifié mais aussi plus la bande passante sera fine. Ainsi, la bande passante est fortement limitée par la capacité interne de la photodiode et le montage est fortement sensible à la valeur de l'impédance d'entrée du circuit. De plus on rappelle que l'on recherche un temps de réponse du circuit inférieur à la fréquence d'oscillation de la source. Or on a un temps de réponse de l'ordre de grandeur de l'inverse de la fréquence de coupure. Il faudra donc prendre en compte lors de la détection de votre source que le temps de réponse soit bien inférieur à  $25 \cdot 10^{-6}$  donc que la fréquence de coupure soit au dessus de 40kHz.

### b) Avantages et désavantages du montage transimpédance

Cette fois ci on a aussi un modèle de la forme d'un passe-bas qui est actif et on a en plus une résonance qui est la et qui est dérangeante d'un point de vue mesure. Ainsi vous aurez à chercher à minimiser la résonance. Néanmoins comme on le voit aussi sur cette image, on a des bandes passantes qui sont améliorées pour une même valeur de  $R_{PHD}$ . Ainsi on a une bande passante qui est nettement améliorée. De plus le fait que ce montage soit transimpédance permet d'être beaucoup moins sensible à la capacité interne de la photodiode. Néanmoins, de tels avantages sont contrebalancés notamment par deux inconvénients majeurs : dans un premier temps la résonance qui comme on l'a déjà dit gêne à la mesure mais aussi le fait que le montage étant plus complexe et comportant un ALI, il est plus gourmand en énergie. Vous devrez de plus toujours faire attention à respecter le critère sur la fréquence de résonance soulignée en 3)a).

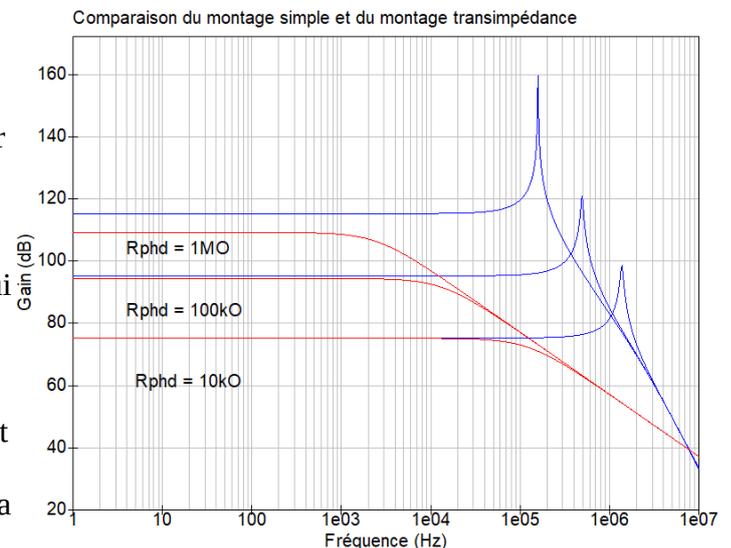


Schéma 3.2: Réponses fréquentielles en fonction de la résistance de la photodiode (en bleu)

### Conclusion :

C'est en mettant la photodiode dans le cône d'émission de la source et en s'assurant que les sources parasites ne gênent pas la photodétection que vous arriverez à détecter votre source. C'est en suivant cette notice que vous pourrez choisir un des deux montages pour répondre à vos besoins selon les contraintes de votre problème.

### Sources :

- lense.institutoptique.fr pour les images
- le travail du binôme 12 du groupe 1 2020-2021 pour la présentation de la note de synthèse

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