



Thème I. Ondes et signaux (électricité)

TP n°16 Photodiode – Corrigé

Vendredi 14 mars 2025



Objectif

Le but de ce TP est d'étudier une photodiode.

Le but est dans un premier temps de tracer cette caractéristique pour différents éclairagements, puis d'intégrer cette photodiode dans une chaîne modélisant l'allumage automatique d'un éclairage (éclairage public ou automobiles).

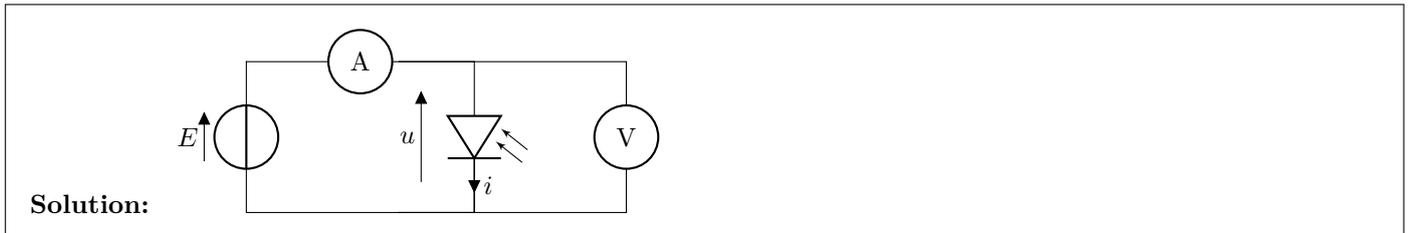
I Présentation de la photodiode

II Tracé de sa caractéristique



Protocole

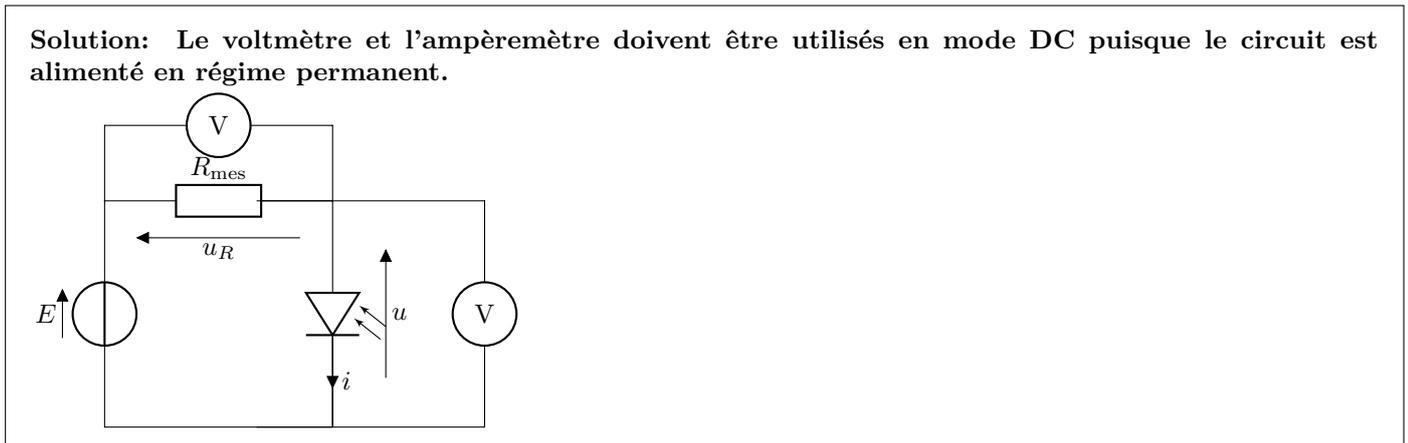
Q1. * Proposer un montage simple permettant de tracer la caractéristique courant-tension (courbe de i en fonction de u) de la photodiode en utilisant un générateur de tension variable, un voltmètre, un ampèremètre et la photodiode.



En pratique, les courants qui traversent la photodiode sont très faibles, donc l'ampèremètre n'est pas un instrument adapté à leur mesure.

On ajoute une résistance $R_{mes} \simeq 100 \text{ k}\Omega$ aux bornes de laquelle on pourra mesurer la tension.

Q2. * Représenter le montage à réaliser.



Q3. * Comment en déduire l'intensité du courant qui traverse la photodiode ?

Solution: Par la loi d'Ohm $i = \frac{u_R}{R}$



Expérience

Exploitation

Q4. Commenter la caractéristique obtenue. Y distinguer deux zones différentes, et en proposer des modèles simples.

Solution:

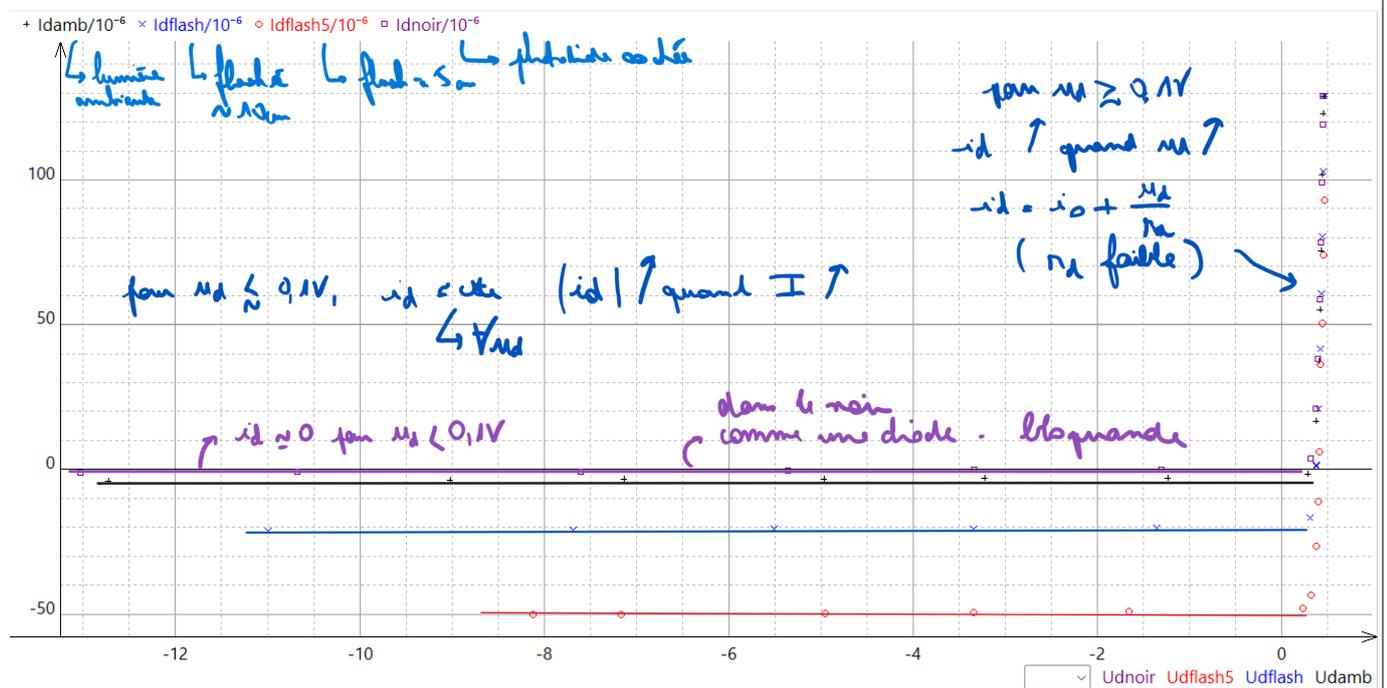
La caractéristique n'est pas linéaire. Pour $u_d < 0,1 \text{ V}$, l'intensité à travers la photodiode est négative et constante, d'autant plus élevée en valeur absolue que l'éclairement lumineux est élevé. Pour $u_d > 0,1 \text{ V}$, l'intensité est positive et croît fortement avec la tension qui reste presque constante de l'ordre de $0,4 \text{ V}$.

Pour $u_d < 0,1 \text{ V}$, on peut proposer $i_d = i_0 = \text{cste}$.

Pour $u_d > 0,1 \text{ V}$, on peut proposer $i_d = i_0 + \frac{u_d}{r_d}$, où r_d est très faible.

Q5. À partir de la caractéristique d'une photodiode pour différents éclairagements, fournie par l'enseignante, quelle grandeur électrique est à mesurer pour retrouver l'éclairement ? Autrement dit, quelle grandeur électrique est directement liée à l'éclairement ?

Solution:



L'intensité électrique qui traverse la photodiode est directement liée à l'éclairement, dans la zone $u_d < 0,1 \text{ V}$ où $i < 0 \text{ A}$.

Dans la zone $u_d > 0,1 \text{ V}$ l'intensité lumineuse ne modifie pas l'intensité du courant qui traverse la photodiode.

Il faudra donc se placer dans la zone $u_d < 0,1 \text{ V}$ pour utiliser la photodiode comme capteur d'éclairement.

Q6. Dans le montage précédent, quelle grandeur est directement liée à l'éclairement ? Vérifier que cette grandeur varie bien quand l'éclairement augmente ou diminue.

Solution: Dans le montage précédent c'est la tension aux bornes de la résistance qui est directement liée à l'intensité lumineuse.

On constate expérimentalement qu'en augmentant l'intensité lumineuse soumise à la photodiode, la tension aux bornes de la résistance diminue tout en étant négative, elle augmente en valeur absolue.

III Utilisation comme capteur de lumière

III.1 Convertisseur courant-tension

Le courant n'est pas la grandeur la plus facile avec laquelle travailler en électronique, on lui préfère de beaucoup un signal sous forme de tension. On va donc utiliser un montage qui permet de convertir un courant en tension

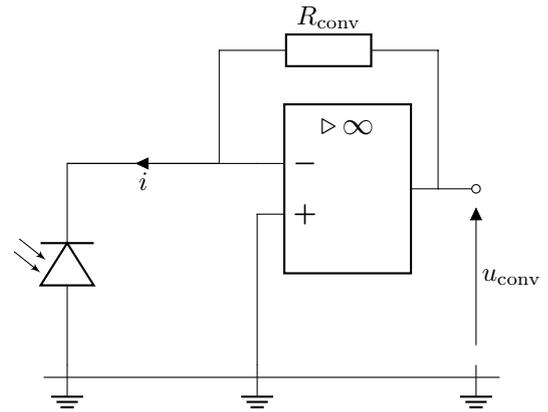
Montage

On considère le montage ci-contre, qui délivre une tension proportionnelle à l'intensité entrant :

$$u_{\text{conv}} = R_{\text{conv}} i$$

avec $R_{\text{conv}} = 100 \text{ k}\Omega$.

- ☞ Réaliser le montage (le plus à gauche possible de la plaquette).
- ☞ Mesurer la tension de sortie du convertisseur au voltmètre, pour différents éclairagements de la photodiode.



Q7. Commenter.

Solution: La tension en sortie est d'autant plus élevée que l'intensité lumineuse est élevée.

En effet, si l'éclairage augmente, i augmente (c'est l'opposée de l'intensité définie pour la caractéristique), et u_{conv} augmente.

Q8. Pourquoi avoir placé la photodiode dans ce sens-là ?

Solution: L'ALI fonctionne en régime linéaire, donc $V^+ = V^-$, donc la tension aux bornes de la photodiode est nulle. L'intensité qui traverse la photodiode dans la convention ci-dessus est alors positive, donc la tension $u_{\text{conv}} = R_{\text{conv}} i$ est positive.

III.2 Comparateur simple

III.3 Montage complet

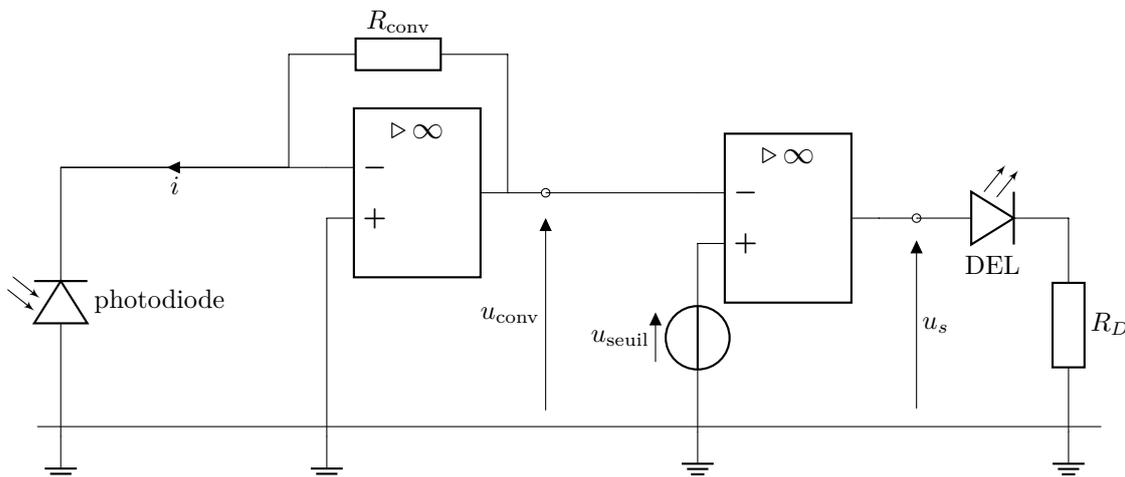
Choix de u_{seuil}

Q9. Noter vos observations, la valeur de u_{seuil} , ...

Solution: u_{seuil} doit être mesuré au voltmètre aux bornes de l'alimentation. Elle est de l'ordre d'un petit volt. En la choisissant ainsi, on observe $u_s = +V_{\text{sat}}$ quand la photodiode est cachée, et $u_s = -V_{\text{sat}}$ quand la photodiode est éclairée. En augmentant le seuil, le niveau d'éclairage pour obtenir $u_s = -V_{\text{sat}}$ doit augmenter.

Montage

On ajoute une DEL qui s'éclaire lorsque la tension à ses bornes est positive (éteinte si négative) et qui est équivalente à un fil quand elle est allumée. On ajoute aussi en série de la DEL une résistance $R_D = 1,0 \text{ k}\Omega$.



☞ Observer l'allumage de la DEL selon l'éclairage de la photodiode.

Q10. Noter vos observations. Commenter. À quoi peut servir ce montage ?

Solution: La DEL s'allume quand la photodiode est cachée et s'éteint quand la photodiode est éclairée. On peut jouer sur la valeur de u_{seuil} pour que l'allumage de la DEL se produise à différents niveaux d'éclairement.

Compréhension du montage complet

- Q11. Expliquer le branchement de la photodiode.
Q12. Expliquer le branchement de u_{conv} et u_{seuil} .
Q13. Expliquer les observations faites au niveau de l'allumage de la DEL.

Solution: Si la photodiode est éclairée fortement, alors u_{conv} est « élevée » et peut être supérieure à u_{seuil} , alors $u_s = -V_{\text{sat}}$, et la DEL s'éteint car soumise à une tension négative.

Dans le noir, u_{conv} est « faible » et peut être inférieure à u_{seuil} , alors $u_s = +V_{\text{sat}}$, et la DEL s'allume car soumise à une tension positive.

Le choix de la valeur de u_{seuil} permet de modifier la valeur du seuil d'éclairement de la photodiode nécessitant l'allumage de la DEL.

Si on augmente la valeur de u_{seuil} , il faut que u_{conv} soit plus élevée pour obtenir $u_s = -V_{\text{sat}}$ et provoquer l'extinction de la DEL. La DEL reste donc allumée même si la photodiode est éclairée légèrement.

On jouera sur u_{seuil} pour modifier le critère d'éclairement de la DEL.

- Q14. Prévoir l'ordre de grandeur du courant qui traverse la DEL allumée.
Q15. Le courant maximal que peut supporter la DEL est de 150 mA. La résistance est-elle bien choisie ?

Solution: $u_s \sim 14 \text{ V}$, donc $i_D = \frac{u_s}{R_D} \sim 14 \text{ mA} < 150 \text{ mA}$

IV Bilan

Q16. Écrire le bilan du TP, avec les éléments suivants :

- a) Comment tracer la caractéristique d'un dipôle ?

Solution: Pour tracer la caractéristique d'un dipôle, il faut mesurer la tension à ses bornes (avec un voltmètre en DC) et l'intensité (avec un ampèremètre en DC) qui le traverse pour différentes valeurs de tension continue d'alimentation. On trace alors l'intensité en fonction de la tension.

- b) Comment peut-on procéder quand l'intensité à mesurer est « trop faible » ?

Solution: Si l'intensité est trop faible, on peut mesurer la tension aux bornes d'une résistance de grande valeur, qui doit tout de même rester faible devant la résistance du voltmètre (qui vaut environ $10 \text{ M}\Omega$).

- c) Comment peut-on qualifier la caractéristique de la photodiode ?

Solution: La caractéristique est non linéaire et asymétrique. On peut en première approximation l'assimiler à deux portions de droite, une droite horizontale négative pour la tension à ses bornes négatives (inférieures à $0,1\text{V}$), et une droite croissante quasi-verticale à environ $0,4 \text{ V}$.

- d) Comment peut-on utiliser une photodiode ? dans quel objectif ?

Solution: La photodiode peut être utilisée comme capteur de niveau d'intensité, à condition de l'utiliser dans la zone où elle est soumise à une tension inférieure à environ $0,1\text{V}$. On peut alors s'en servir pour déclencher l'allumage d'une DEL quand l'éclairement n'est pas suffisant.