




Thème I. Ondes et signaux (électricité)

TP n°16 Photodiode

Vendredi 14 mars 2025

 La totalité de l'énoncé doit être lue avant la séance de TP, et les questions précédées d'une étoile * doivent être faites avant la séance.

Capacité exigibles du programme :

✓ Étudier la caractéristique d'un dipôle pouvant être non-linéaire et mettre en œuvre un capteur dans un dispositif expérimental.

Matériel :

- Résistances,
- 1 photodiode,
- 1 DEL,
- 2 ALI,
- 1 alimentation « marron » (1 côté : alimentation $+/- 15$ V des ALI; 1 côté : alimentation stabilisée variable),
- 2 multimètres.

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

Une **photodiode** est un composant à base de semi-conducteur (souvent du silicium) sensible à la lumière, et capable de transformer un signal lumineux en un signal électrique.

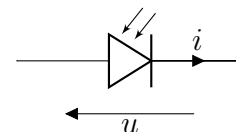
Les photodiodes peuvent être utilisées en tant que capteur pour détecter la lumière ou mesurer son intensité. Ainsi, dans la vie de tous les jours, on en trouve par exemple dans les lecteurs CD, les détecteurs de fumée, les récepteurs de télécommande (par exemple sur une télévision). Elles sont aussi extrêmement répandues dans l'industrie et les laboratoires de recherches. Dans le domaine des énergies renouvelables, les panneaux photovoltaïques sont aussi des photodiodes (de très grande surface) et servent à convertir l'énergie lumineuse du soleil directement en énergie électrique.

Contrairement à une résistance par exemple, c'est un **dipôle qui a une polarité**, c'est à dire que **ses deux bornes ne sont pas équivalentes**.

En l'absence de lumière, la photodiode se comporte comme une diode classique, c'est à dire qu'elle ne laisse passer le courant que de l'anode vers la cathode (et elle bloque le courant dans l'autre sens).

Par contre, lorsqu'elle est exposée à la lumière, un courant électrique peut exister dans le sens «inverse» (c'est à dire dans le sens où la diode est censée bloquer le courant), et l'intensité de ce courant «inverse» est proportionnelle à l'intensité lumineuse, ce qui permet d'utiliser la photodiode comme capteur.

La photodiode est étudiée en convention récepteur. La **caractéristique d'un dipôle** est la donnée de la relation entre u et i , ou de la **courbe représentative de i en fonction de u** .



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 $R_{\text{mes}} \simeq 100 \text{ k}\Omega$ 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 ?

Expérience

On va voir que la caractéristique dépend de l'éclairement. Pour gagner du temps, chaque groupe de TP va tracer la caractéristique pour un éclairement différent :

- dans le noir,
- éclairée par une lampe très proche,
- éclairée par la lumière naturelle de la salle,
- ...

☞ Réaliser le montage (de Q2*).

On utilisera la partie gauche « Tension réglable » de l'alimentation stabilisée dont on peut modifier la valeur entre (environ) -12 V et 12 V .

☞ Effectuer les mesures permettant de tracer la caractéristique (on fera varier la tension délivrée par l'alimentation sur toute la plage possible).

☞ Tracer la caractéristique (i en fonction de u) à l'aide de régressi.

Exploitation

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


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 reliée à l'éclairement ?

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

III Utilisation comme capteur de lumière

Objectif : On va utiliser la photodiode comme capteur d'éclairement afin de l'intégrer dans un système d'éclairage public automatique ou d'allumage automatique de phares de voitures lorsque la luminosité devient trop faible.

On constate sur les caractéristiques précédentes que pour que le courant soit indépendant de la tension, il est nécessaire de se placer dans la bonne portion de la caractéristique : c'est ce qu'on appelle polariser la diode.

 Les ALI devront être alimentés entre $+15 \text{ V}$ et -15 V grâce à la partie droite « Tensions fixes » des alimentations stabilisées.

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 :

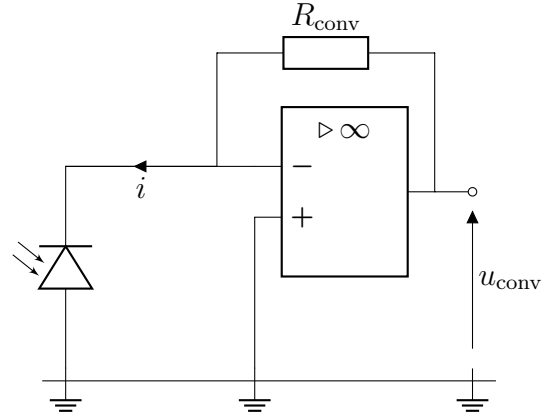
$$u_{\text{conv}} = R_{\text{conv}} i$$

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.

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

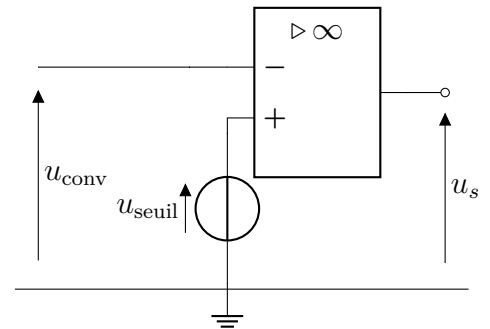


III.2 Comparateur simple

Montage

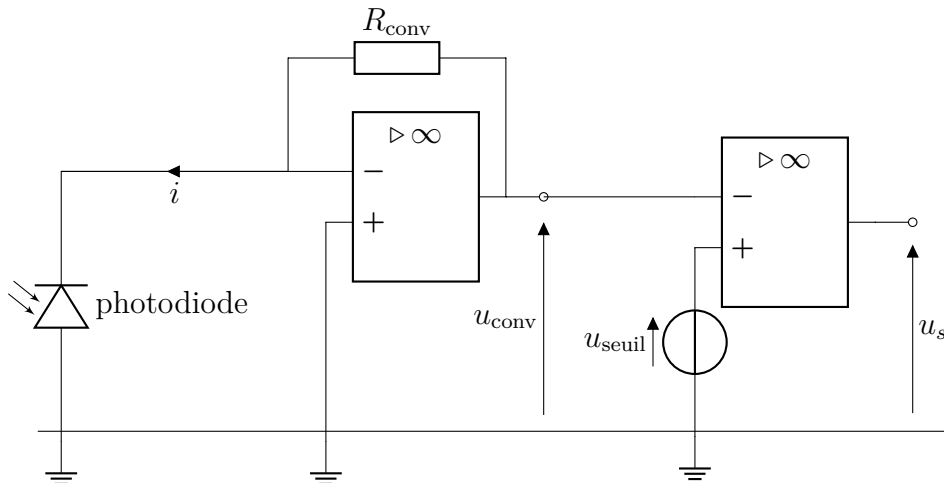
On considère le montage ci-contre, appelé comparateur simple, qui compare les potentiels des entrées inverseuse et non inverseuse. il fonctionne en régime saturé (non linéaire).

- Si $V^+ > V^-$, alors $u_s = +V_{\text{sat}}$, avec $V_{\text{sat}} \approx 12 \text{ à } 14 \text{ V}$.
- Si $V^+ < V^-$, alors $u_s = -V_{\text{sat}}$.



III.3 Montage complet

Choix de u_{seuil}



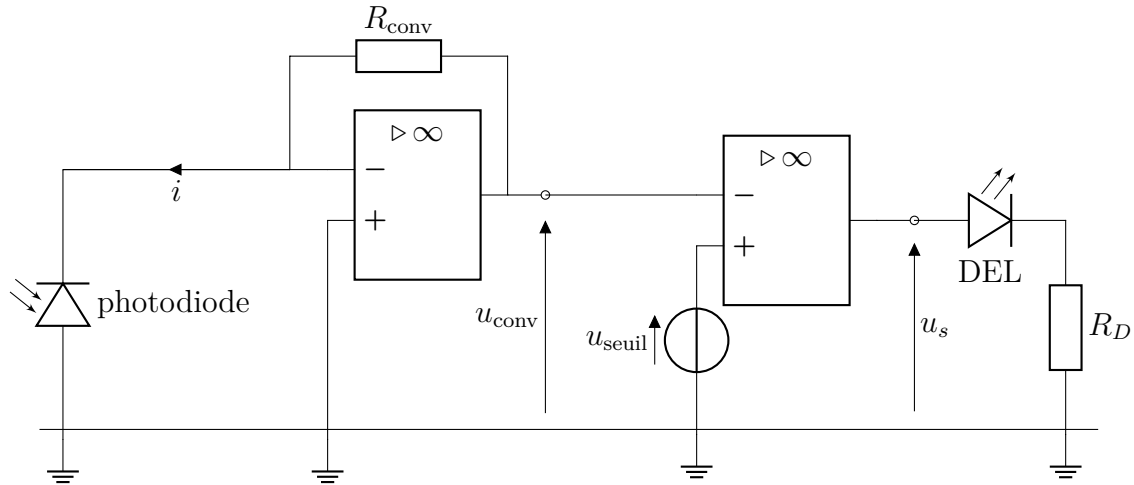
- ☞ Réaliser le montage complet (laisser une colonne de libres à droite de la plaquette).
- ☞ Mesurer au voltmètre les tensions u_{conv} et u_s .

☞ Ajuster la valeur de u_{seuil} de manière à ce que l'on obtienne $u_s = +V_{\text{sat}}$ lorsque la photodiode est masquée avec un doigt, et $u_s = -V_{\text{sat}}$ lorsqu'elle est soumise à l'éclairement de la salle.

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

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'éclairement de la photodiode.

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

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.

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 ?

IV Bilan

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

- Comment tracer la caractéristique d'un dipôle ?
- Comment peut-on procéder quand l'intensité à mesurer est « trop faible » ?
- Comment peut-on qualifier la caractéristique de la photodiode ?
- Comment peut-on utiliser une photodiode ? dans quel objectif ?