

TP n° 2: Sensibilité de la cellule photovoltaïque - Photodiode

1) Notion de sensibilité

Une cellule photovoltaïque n'absorbe pas l'ensemble du rayonnement émis par le soleil. Tout comme l'oeil humain n'est sensible qu'à une partie du spectre électromagnétique, la cellule n'est sensible qu'à une partie du rayonnement solaire, avec des différences notables suivant les technologies utilisées.

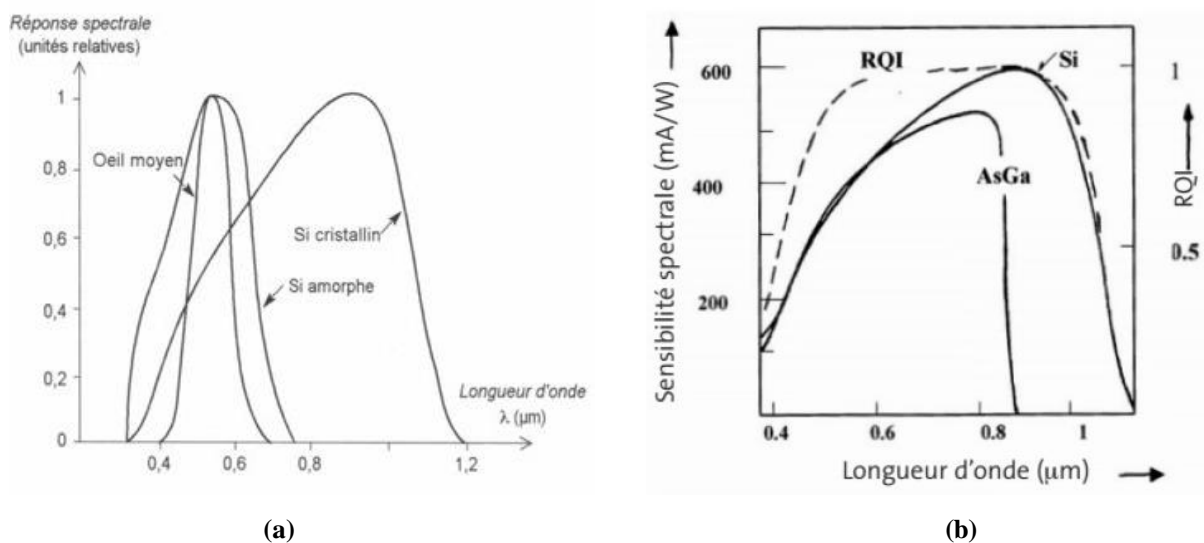


Figure 1. (a) Courbes de réponse spectrale de l'oeil humain, d'une photopile au silicium amorphe et d'une photopile au silicium cristallin.

(b) Variations spectrales de la sensibilité d'une cellule solaire au silicium ou à l'arséniure de gallium. On notera le décalage vers les courtes longueurs d'onde de la réponse pour AsGa. La variation spectrale du rendement quantique interne RQI est aussi représentée (courbe en tirets) pour la cellule au silicium.

La figure 1(a) montre que le maximum de sensibilité est fortement décalé pour le silicium cristallin. La sensibilité de ces cellules (photocourant créé par unité d'éclairement pour chaque longueur d'onde) est élevée pour les longueurs d'onde comprises entre 350 et 1100 nm, et présente un maximum autour de 850 nm. Pour les grandes longueurs d'onde, ce sont les longueurs de diffusion des porteurs minoritaires et le faible coefficient d'absorption optique qui limitent la sensibilité. Aux courtes longueurs d'onde ($< 0,5 \mu\text{m}$), pour lesquelles le coefficient d'absorption optique est élevé ($> 10^4 \text{ cm}^{-1}$), ce sont les recombinaisons en surface qui l'atténuent. Aux longueurs d'onde intermédiaires, la décroissance de la sensibilité spectrale, quand l'énergie des photons croît, est due à la génération d'une seule paire électron-trou par photon absorbé, donc à la perte de l'excès d'énergie $h\nu - E_g$. La figure 1(b) représente cette variation spectrale pour une cellule monocristalline et aussi celle du rendement quantique interne $RQI(\lambda)$, qui représente le nombre d'électrons créés et collectés pour chaque photon absorbé. La variation spectrale de RQI, qui est au plus égal à 1, est beaucoup plus «carrée» que ne l'est la sensibilité spectrale, puisque la perte d'énergie $h\nu - E_g$ n'est pas prise en compte. Cette variation

témoigne mieux de l'influence des recombinaisons superficielles et volumiques.

2) Courant d'une cellule solaire

Dans les conditions normales d'utilisation d'une diode $I = -kE + I_s \left(e^{\frac{eU}{kT}} - 1 \right)$

U = différence de potentiel aux bornes de la jonction

I_s = courant de saturation (quelques μA)

k = constante de Boltzmann

T = température absolue de la jonction

E = éclairement

En polarisation directe (utilisation classique d'une diode), E et I_s sont négligeables :

$$I = I_s e^{\frac{eU}{kT}}$$

En polarisation inverse, le 2^{ème} terme est négligeable si l'éclairement n'est pas nul :

$$I = I_{cc} = -kE$$

Une photodiode, ou cellule photovoltaïque, est une diode spécialement conçue pour que cette relation soit vérifiée.

3) Variation du courant de court-circuit de la photodiode en fonction de l'éclairement

Le luxmètre permet de mesurer l'éclairement, c'est à dire le flux lumineux reçu par la photodiode par unité de surface : $E = \Phi/S$. Pour déterminer la sensibilité de la photodiode à une longueur d'onde donnée, on place un filtre entre la source et le luxmètre.

a) Montage

Réaliser le montage de la figure 2. La photodiode est éclairée par une lampe à filament de tungstène. On fait varier l'éclairement de la photodiode en déplaçant la lampe sur le rail. Le luxmètre sera placé à côté de la photodiode, dans le même plan.

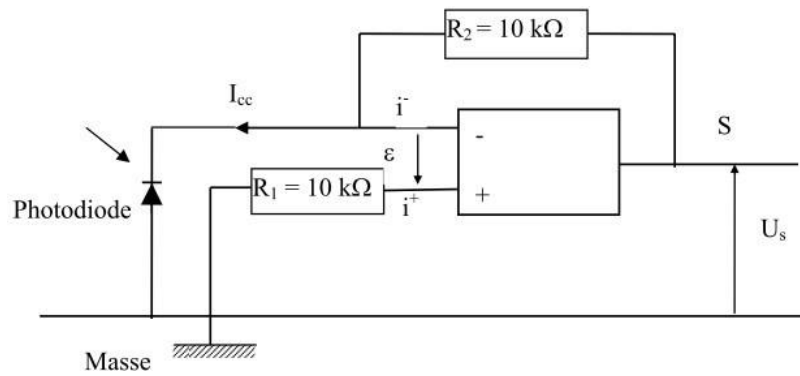


Figure 2

b) Mesures

- Montrer que I_{cc} est proportionnel à la tension de sortie U_s : $I_{cc} = U_s / R_2$

E (lux)									
U_s (V)									
I_{cc} (μA)									

- Tracer le graphe : $I_{cc} = f(E)$, en incluant l'abscisse et l'ordonnée à l'origine.
- Modéliser la courbe : $I_{cc} = s E + b$
- Comment varie I_{cc} en fonction de E ?
- En déduire la sensibilité de la photodiode : $s = \Delta I_{cc} / \Delta E_{lux}$

c) A la sortie de l'amplificateur, on place une diode électroluminescente.

- Qu'observe-t-on si la photodiode est éclairée ?
- Qu'observe-t-on si la photodiode n'est pas éclairée ?
- Quel est l'intérêt du montage ?