

Problème 4 Étude d'une photodiode

A Caractéristique d'une photodiode

Considérons une photodiode recevant une puissance lumineuse $P_\ell = 0,20 \text{ W}$.

A.1 On détermine $I_\ell = 0,10 \text{ A}$.

A.2 On lit graphiquement la valeur de la tension u quand $i = 0$: $U_{CO} = 0,24 \text{ V}$.

A.3 $\mathcal{P} = ui$ représente la puissance reçue par la photodiode. Donc la photodiode fonctionne comme générateur électrique quand $\mathcal{P} = ui < 0$, autrement dit quand u et i sont de signes opposés. Cela correspond au quadrant en bas à droite :

$$i < 0 \quad \text{et} \quad 0 < u < U_{CO}$$

A.4 Cette photodiode fonctionne comme un générateur idéal de courant si $i = \text{cte}$. C'est le cas pour $i = -I_\ell = -0,10 \text{ A}$ (cem) avec $0 < u < U_{CO}$.

A.5 Cette photodiode fonctionne comme un générateur idéal de tension si $u = \text{cte}$. C'est le cas pour $u = U_{CO} = 0,24 \text{ V}$ (fem) et $-I_\ell < i < 0$.

B Utilisation en cellule photovoltaïque

B.1 La convention générateur est utilisée pour décrire la résistance R_L .

B.2 Supposons la photodiode fonctionnant en générateur idéal de courant : $i = -I_\ell = -0,10 \text{ A}$ et $u = -R_L i = R_L I_\ell = 1,0 \text{ V}$.

Mais cela est impossible par incompatibilité avec les conditions $0 < u < U_{CO}$.

Supposons la photodiode fonctionnant en générateur idéal de tension :

$$u = U_{CO} = 0,24 \text{ V} \quad \text{et} \quad i = -\frac{u}{R_L} = -\frac{U_{CO}}{R_L} = -24 \text{ mA}.$$

Cela est possible car c'est compatible avec les conditions $-I_\ell < i < 0$.

B.3 La puissance électrique cédée par la photodiode et reçue par la résistance vaut $\mathcal{P} = -ui$, soit

$$\mathcal{P} = \frac{U_{CO}^2}{R_L} = 5,8 \text{ mW}.$$

B.4 Pour maximiser $\mathcal{P} = -ui$, on choisit $u = u_{\max} = U_{CO}$ et $-i = -i_{\max} = I_\ell$. Ainsi $R_L = \frac{u}{-i} =$

$$\frac{U_{CO}}{I_\ell} = 2,4 \Omega \quad \text{et} \quad \mathcal{P}_{\max} = U_{CO} I_\ell = 24 \text{ mW}.$$

B.5 D'après l'additivité des tensions, on a : $u_{\text{panneau}} = 36 \times u_{\text{photodiode}}$.

D'après la loi des nœuds, on a : $i_{\text{panneau}} = 6 \times i_{\text{photodiode}}$.

Ainsi la caractéristique simplifiée de l'ensemble du panneau photovoltaïque a la même allure que celle d'une photodiode avec une tension en circuit ouvert $U_{CO,p} = 36 \times U_{CO}$ et un photocourant d'intensité

$$-I_p = -6 \times I_\ell.$$

A.N. : $-I_p = -0,60 \text{ A}$ et $U_{CO,p} = 8,6 \text{ V}$.

B.6 La puissance maximale délivrée par le panneau photovoltaïque vaut : $\mathcal{P}_{\max} = U_{CO,p} I_p = 216 \times U_{CO} I_\ell$.

A.N. : $\mathcal{P}_{\max} = 5,2 \text{ W}$.