

PHOTODETECTEURS

→ Définition :

transforme un signal lumineux en signal électrique

Ex : Telecom il faut un détecteur - Dans proche IR

- Rapide
- Sensible
- faible dimension (comme celle des fibres)

détecteurs à jonction PN : fabriqués à base de S-C

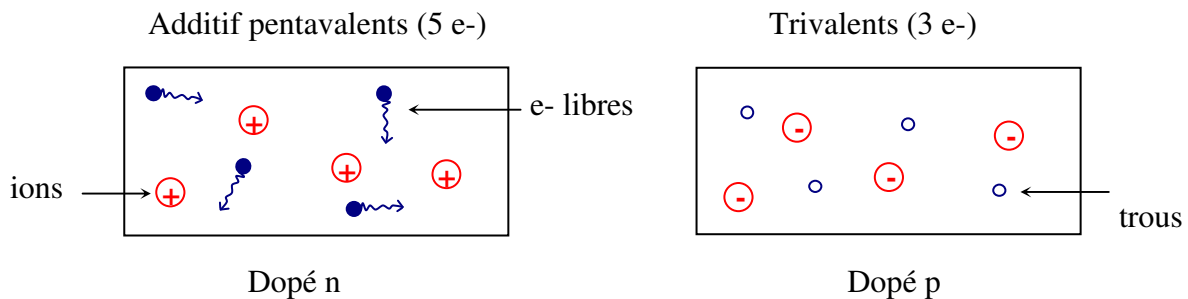
Semi-conducteurs et jonction PN :

→ SC intrinsèque :

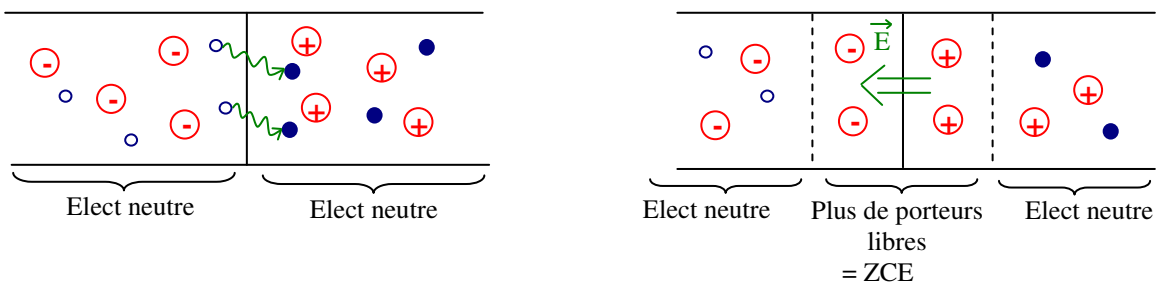
crystal d'atome tétravalents (4 e- sur couche périphérique)
peu d'impuretés

→ SC extrinsèque :

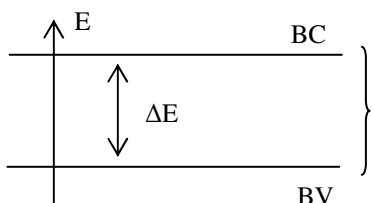
On à ajouté des impuretés = dopants



→ mise en contact n et p :



→ énergie des e- dans cristal :

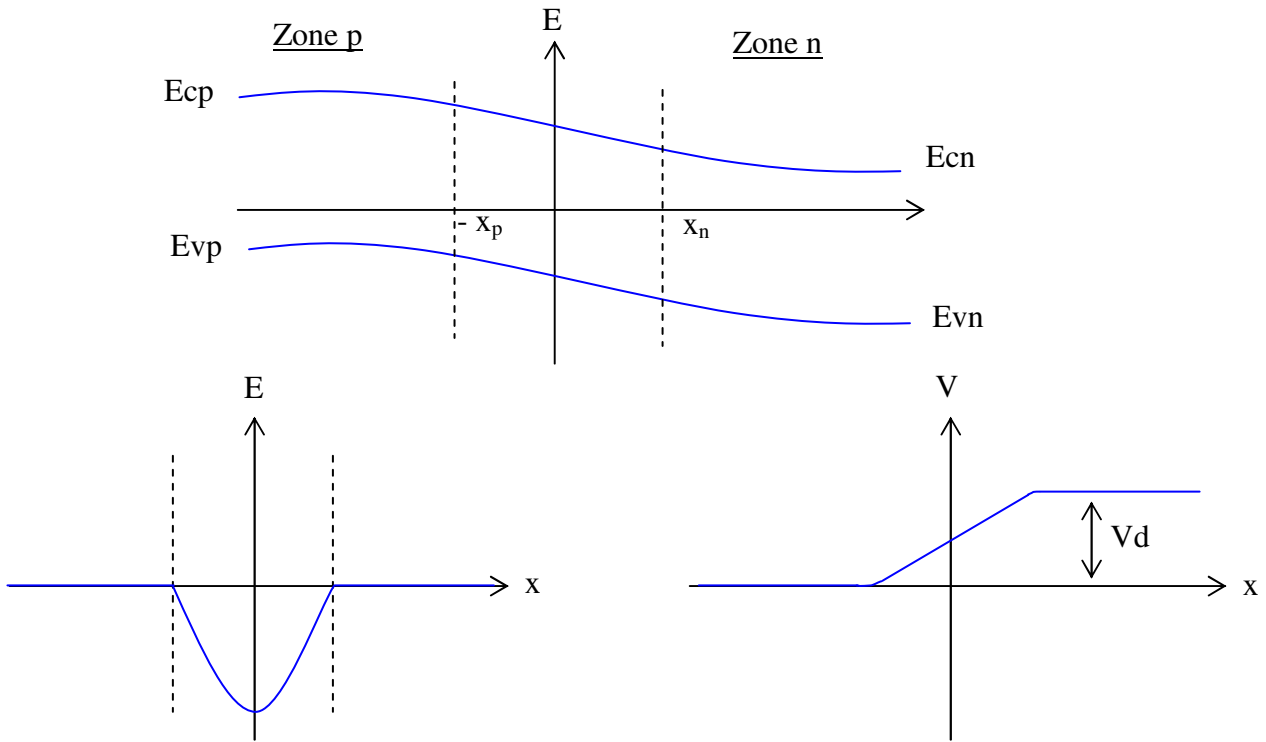


Si energie e- < E_v :

- e- dans BV
- e- attaché a l'atome

Si energie e- > E_v :

- e- dans BV
- e- libre



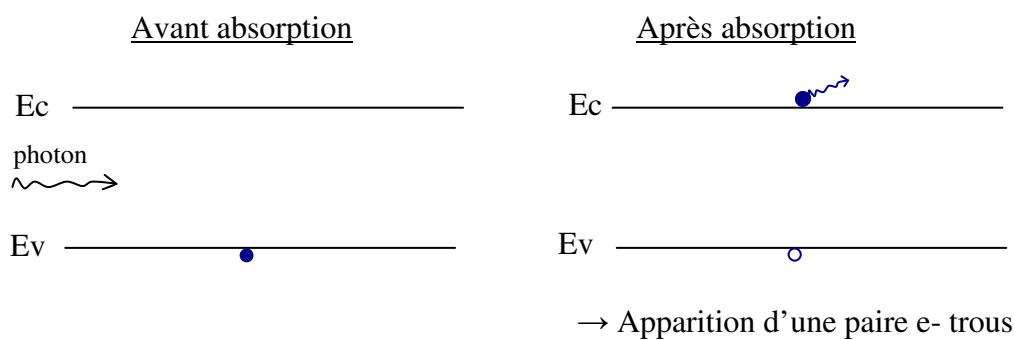
Principe de fonctionnement d'une photodiode :

→ photo excitation :

Pour détecter un photon : - le détecteur doit absorber ce photon
 - il libère un e- dans le circuit

Pour libérer un e- il faut le faire passer de BV à BC

Il faut que l'énergie du photon absorbé soit : $e = h\gamma > E_g$ avec $\gamma = c / \lambda$



→ Coefficient d'absorption :

$$\left. \begin{array}{l} \Phi_t = \Phi_i - \Phi_r \\ \Phi_r = R \Phi_i \end{array} \right\} \Phi_t = \Phi_{(0)} = \Phi_i (1-R) \quad (\text{avec } R = (n_1 - n_2)/(n_1 + n_2))$$

Pour $x > 0 \rightarrow \Phi_{(x)} = \Phi_{(0)} e^{-\alpha x}$ ($\alpha = \text{coefficient d'absorption}$)

Paramètres caractéristiques :

→ Efficacité quantique apparente :

$$\eta_a = \frac{N e^-}{N h \gamma}$$

$$\left. \begin{aligned} N e^- &= \frac{I \lambda}{q} \\ N h \gamma &= \frac{\lambda}{h C} \end{aligned} \right\} \cdot \Phi_i \quad \left\{ \eta_a = \frac{I \lambda}{\Phi_i} \cdot \frac{h C}{q \lambda} \right.$$

→ Sensibilité spectrale :

$$S_\lambda = \frac{\text{photocourant } I_\lambda}{\text{Flux incident } \Phi_i}$$

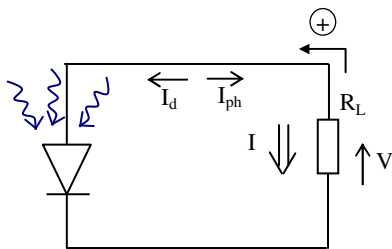
$$S_\lambda = \eta_a \cdot (\lambda / 1,24)$$

Φ_i = Surface . Eclairement
 λ en μm

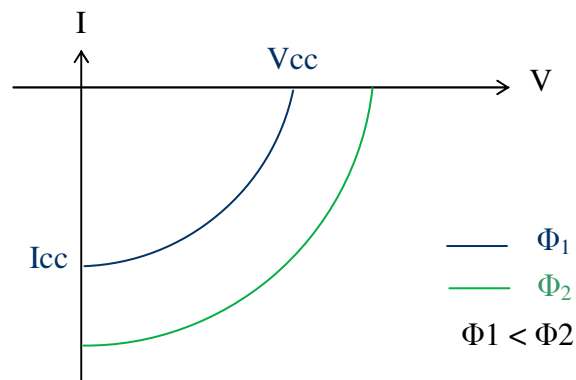
Mode de fonctionnement :

→ Mode photovoltaïque :

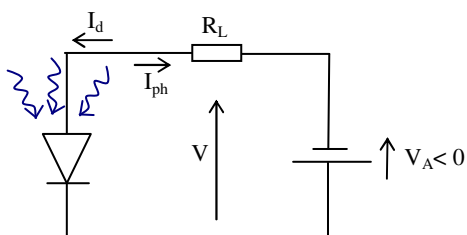
$$I = I_{ph} - I_s (e^{(qV/kT)} - 1)$$



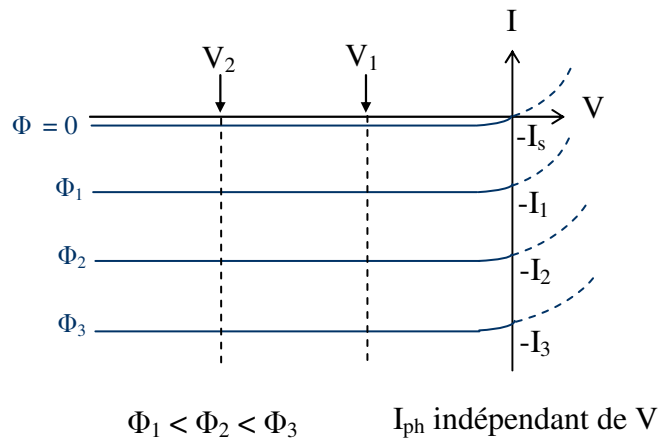
- Pas de polarisation
- Diode éclairée



→ Mode photovoltaïque :



- Polarisation en inverse
- Diode éclairée



Autres caractéristiques :

→ Courant d'obscurité:

$$I_{obs} \approx I_s \quad (I_s = \text{courant de saturation inverse})$$

$$I_{obs} \approx b e^{-EG/2kT}$$

T en Kelvin

E_G en joule

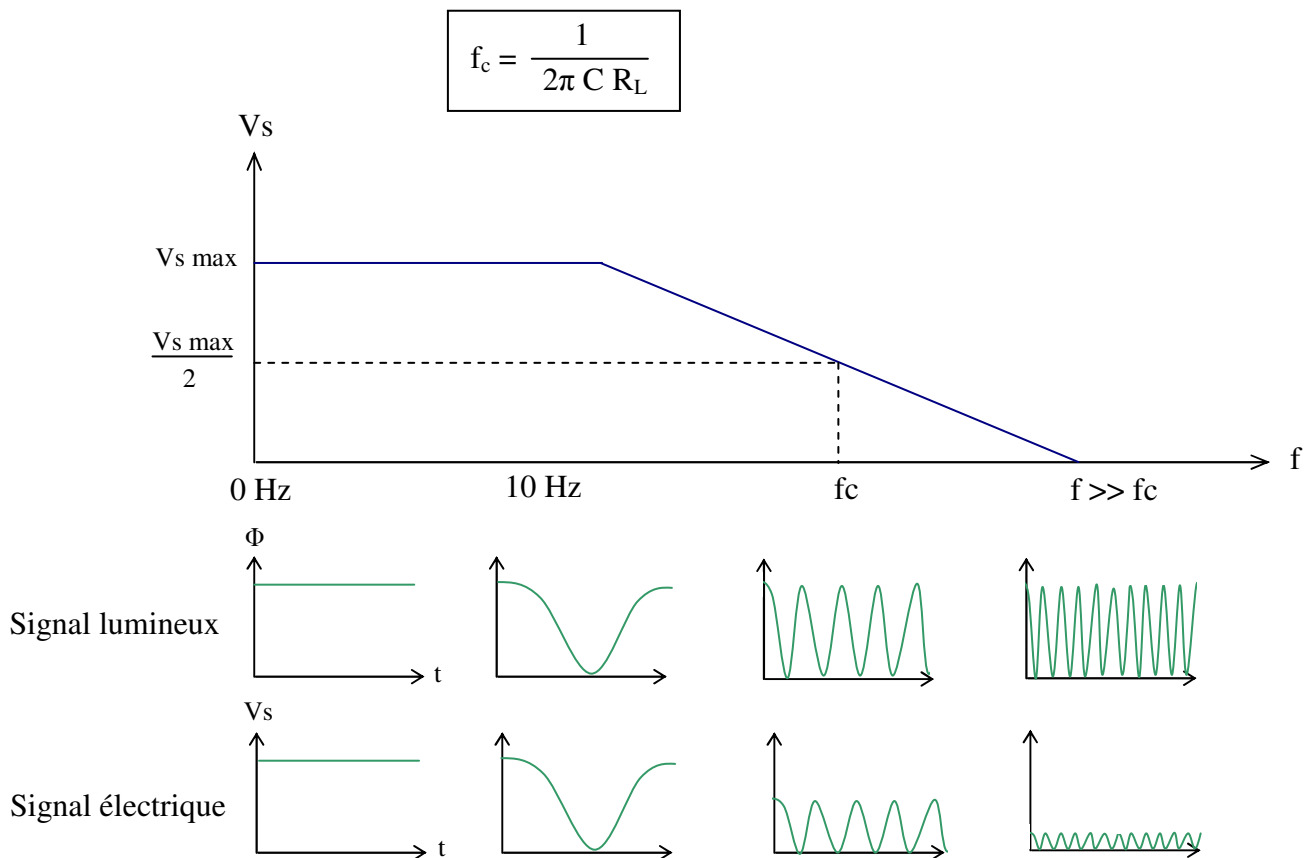
$$E_G/J = E_G/eV \times 1,6 \cdot 10^{-19}$$

→ Capacité de la photodiode:

$$C = \epsilon (A / W)$$

← Aire de la surface détectrice
↑ Permittivité ↑ Largeur ZCE

→ Fréquence de modulation de coupure :



→ Bruit de grenaille :



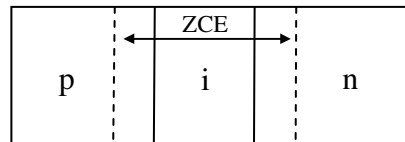
Amplitude du bruit :

Valeur quadratique moyenne $\rightarrow \langle i_b^2 \rangle$

Photodiode PIN :

Photodiode rapide : - peu de diffusion (hors ZCE)
- beaucoup de génération (dans ZCE)

ZCE tres large, proche de la zone d'entrée
On intercale entre p et n une zone non dopée i



Photodiode à avalanche

C'est une diode PIN dans laquelle est réalisée une amplification du courant dans la ZCE. Cela permet d'extraire un signal électrique fort même pour un signal lumineux faible.

→ Principe :

Dans la ZCE : un e- issu de l'absorption des $h\nu$ subit un champ E

- il est accéléré
- son énergie cinétique E_c augmente

Au bout d'une distance x il acquiert l'énergie : $\Delta W = qE \cdot x$

Cet e- peut entrer en collision avec un autre e- attaché à un atome.

Energie gagnée entre 2 chocs : $\Delta W = qE \cdot \Lambda$ (Λ = distance entre 2 chocs)

Dans BC : un e- libre ayant parcouru Λ peut donner l'énergie E_g à un e- de BV qui passe ainsi dans BC \rightarrow ionisation par chocs

L'e- incident perd E_g mais reste dans BC

\rightarrow On a maintenant 2 e- dans BC ...

→ Facteur de multiplication :

$$M = \frac{\text{Courant fournit avec avalanche}}{\text{Courant fournit sans avalanche}}$$

$$\boxed{I_{ph} = M \cdot I_{phSA}}$$

\uparrow \uparrow
 Avec avalanche Sans avalanche

$$\boxed{M = \frac{1}{1 - (V/V_B)^n}}$$

V = tension appliquée aux bornes
 V_b = tension d'avalanche
 N = paramètre qui dépend du SC,
 de $\lambda \dots (n > 1)$

→ Courant d'obscurité :

Dans PIN → $I_{obs} \approx I_{th}$
 Dans PDA → $I_{obs} = M \cdot I_{th}$

→ Sensibilité d'une PDA :

$$\boxed{S_{PDA} = \frac{\text{Courant fournit}}{\text{Flux reçu}} = \frac{I \text{ fournit}}{\Phi \text{ reçu}}}$$

$I \text{ fournit} = I_{SA} \cdot M \rightarrow S_{PDA} = M \cdot \frac{I_{SA}}{\Phi \text{ reçu}}$
Si $S \gg 2 \text{ A} \cdot \text{W}^{-1} \rightarrow \text{PDA}$