

Chapitre 11

Détecteurs

Plan du cours

1/3
bases

1. Introduction

- Caractéristiques physiques des semiconducteurs
- Quels Matériaux pour quel type d'applications

2. Propriétés électroniques des semiconducteurs

- Structure de bandes
- Statistiques d'occupation des bandes
- Propriétés de transport
- Processus de recombinaison

3. Jonctions et interfaces

- Jonctions métal/semi-conducteurs
- Jonction p-n à l'équilibre, Jonction p-n hors-équilibre

1/3
transport

4. Composants électroniques

- Transistors bipolaires
- Transistors à effet de champ
- Dispositifs quantiques
- Nouveaux matériaux

1/3
optique

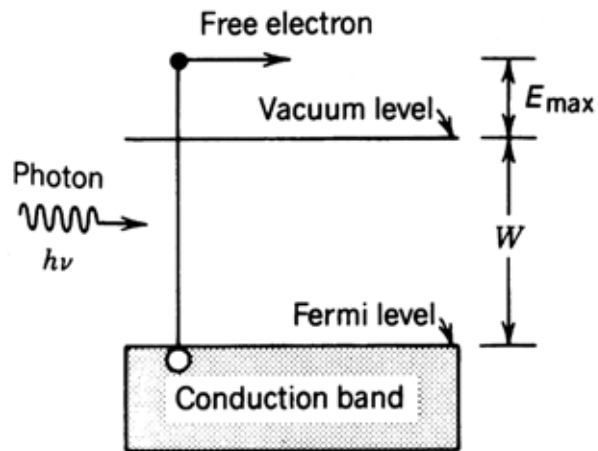
5. Composants optoélectroniques

- Détecteurs
- Diodes électroluminescentes
- Diodes lasers
- Lasers à émission par la surface
- Lasers à cascade quantique

Photodétecteurs

Mécanismes

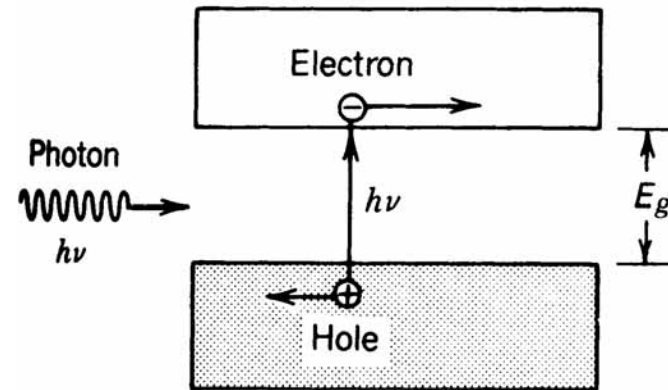
Photoémission externe:



Photon \Rightarrow Electron dans le vide

\Rightarrow Photomultiplicateurs

Photoémission interne:

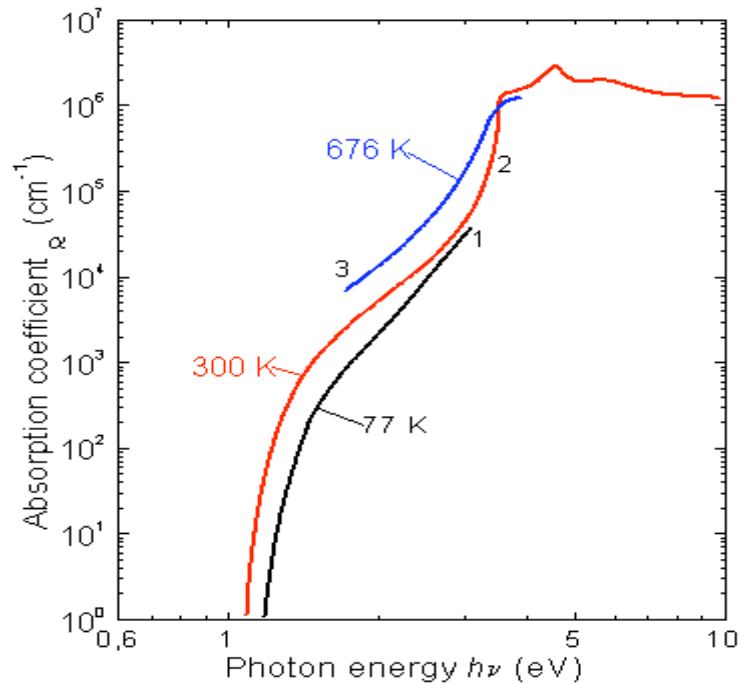


Photon \Rightarrow Paire électron-trou

\Rightarrow Photodétecteurs à semiconducteur

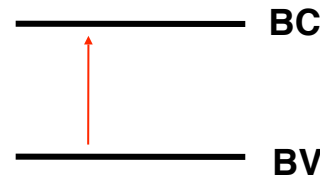
Photodétecteurs

Réponse spectrale

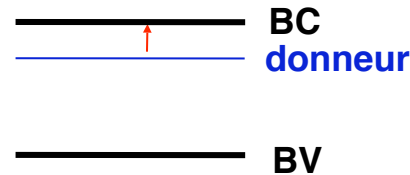


Absorption si énergie des photons > énergie du gap

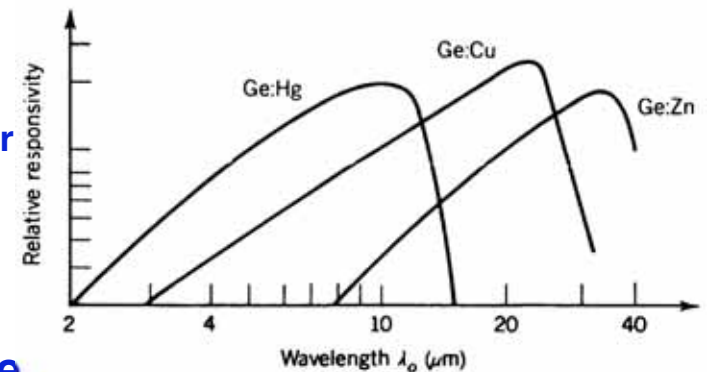
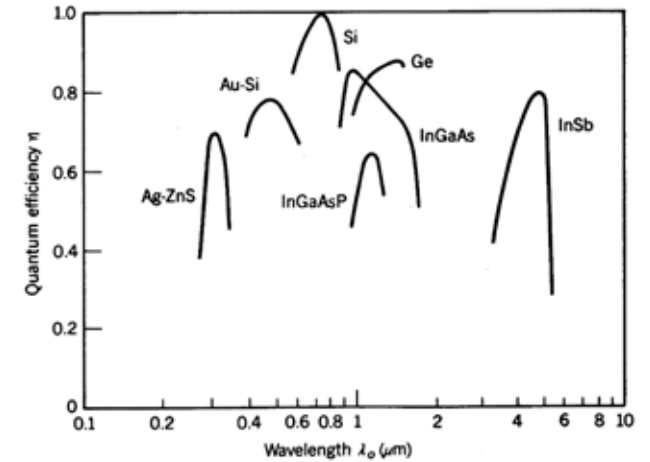
Photoconducteurs intrinsèques:



Photoconducteurs extrinsèques:

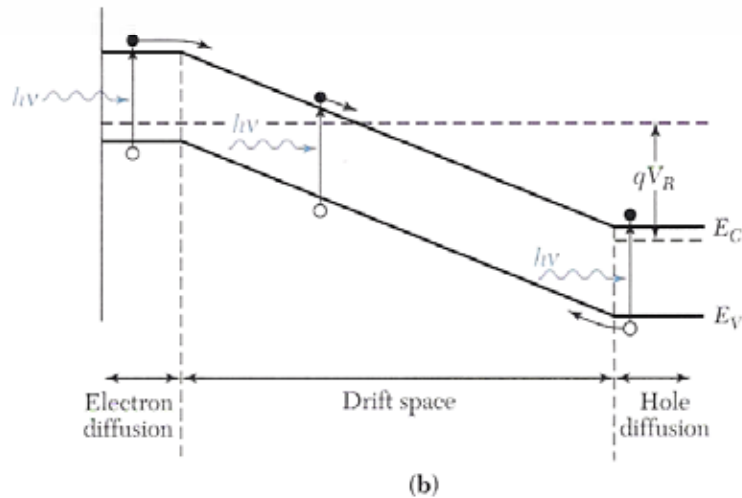
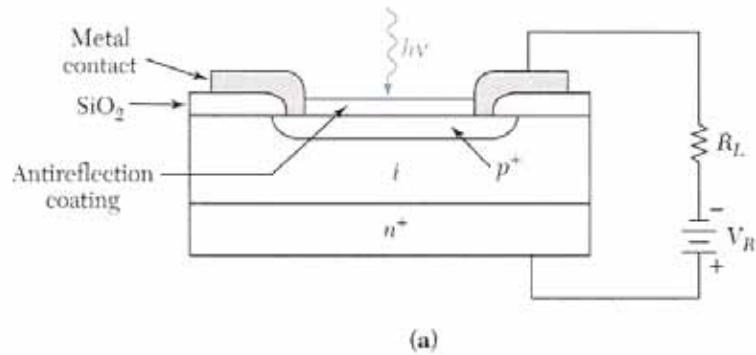


⇒ détecteurs dans l'infrarouge

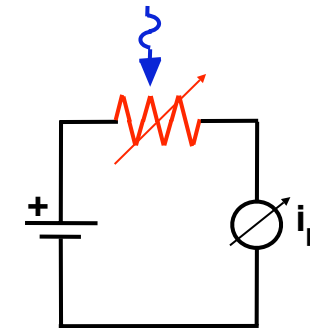
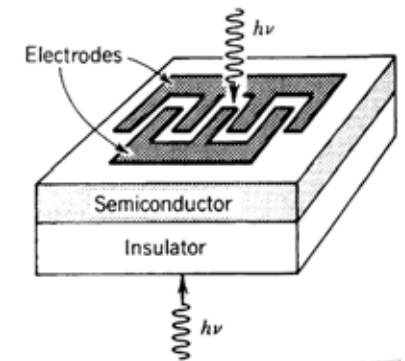
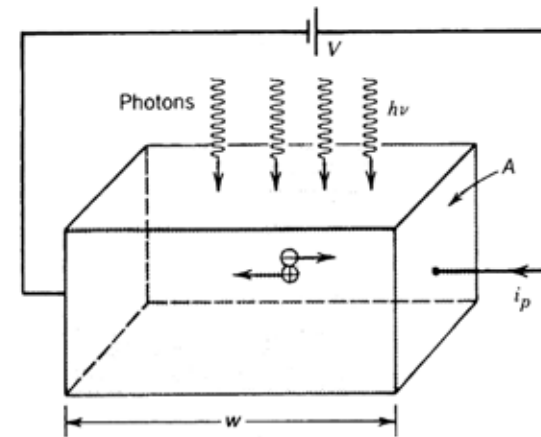


Photodétecteurs

Les photons créent des paires électrons-trous \Rightarrow il s'agit de les collecter avant qu'ils ne se recombinent



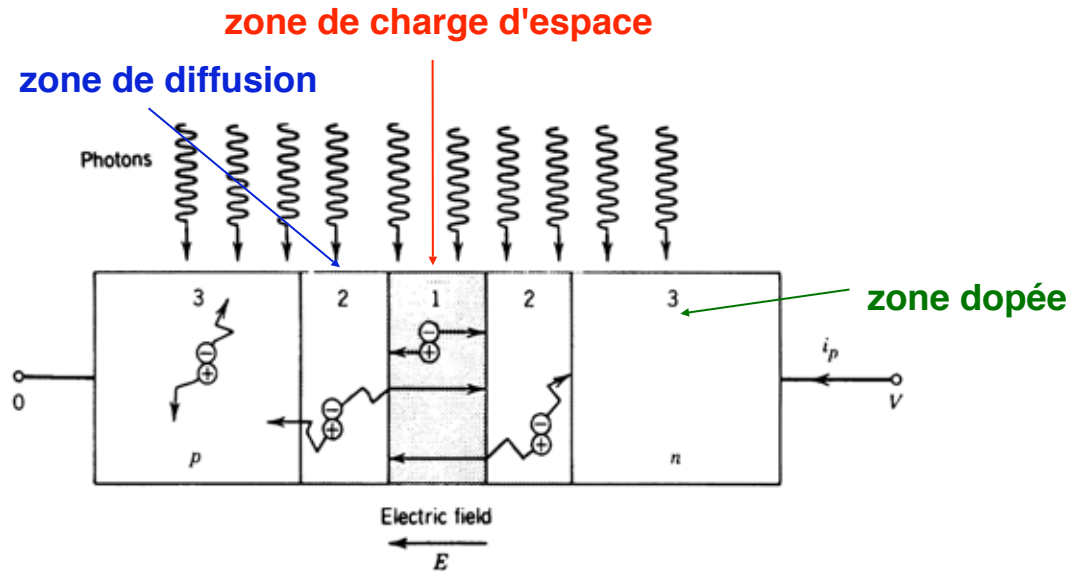
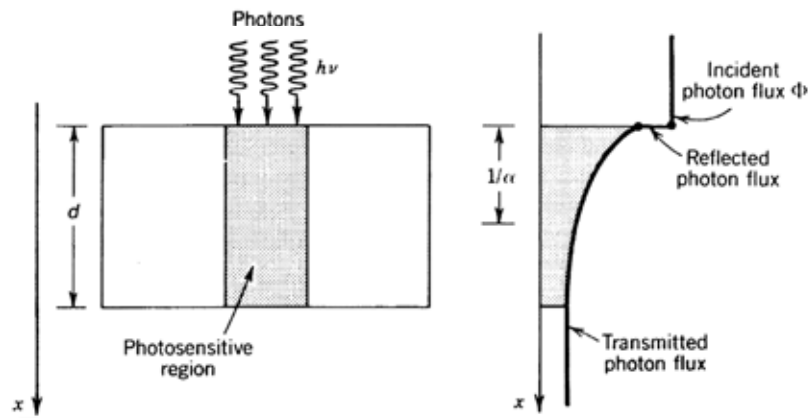
Jonction p-i-n



Jonction métal -
semiconducteur - métal (MSM)

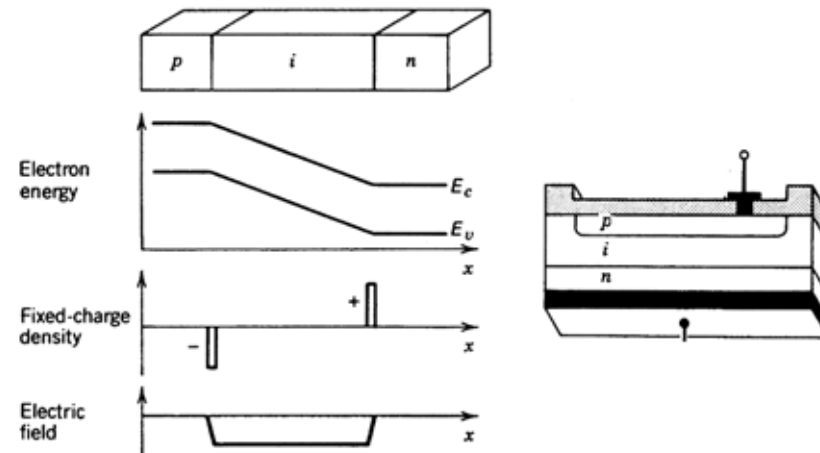
Photodétecteurs

Détecteur p-i-n



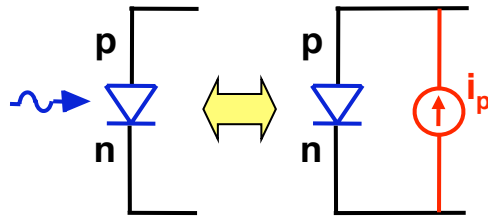
$\eta = \text{efficacité} = \text{nombre électrons} / \text{nombre photons}$

But: augmenter la longueur d'absorption



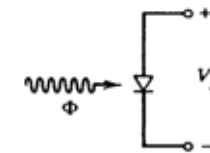
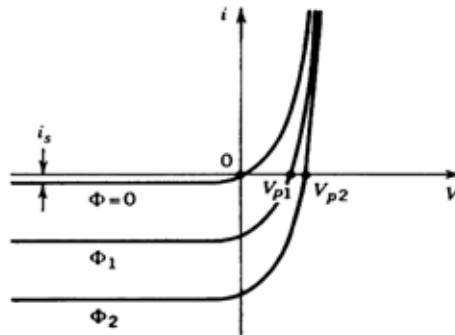
Photodétecteurs

Détecteur p-i-n

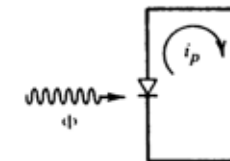
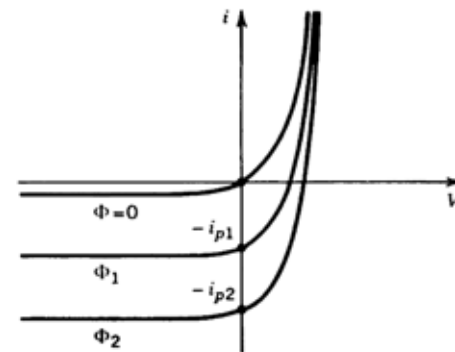


$$i_p = \frac{e}{h\nu} \eta P \quad i = i_s \left[\exp\left(\frac{eV}{kT}\right) - 1 \right] - i_p$$

Mode "photovoltaïque":
on mesure la tension



Mode "photoconductif":
on mesure le courant

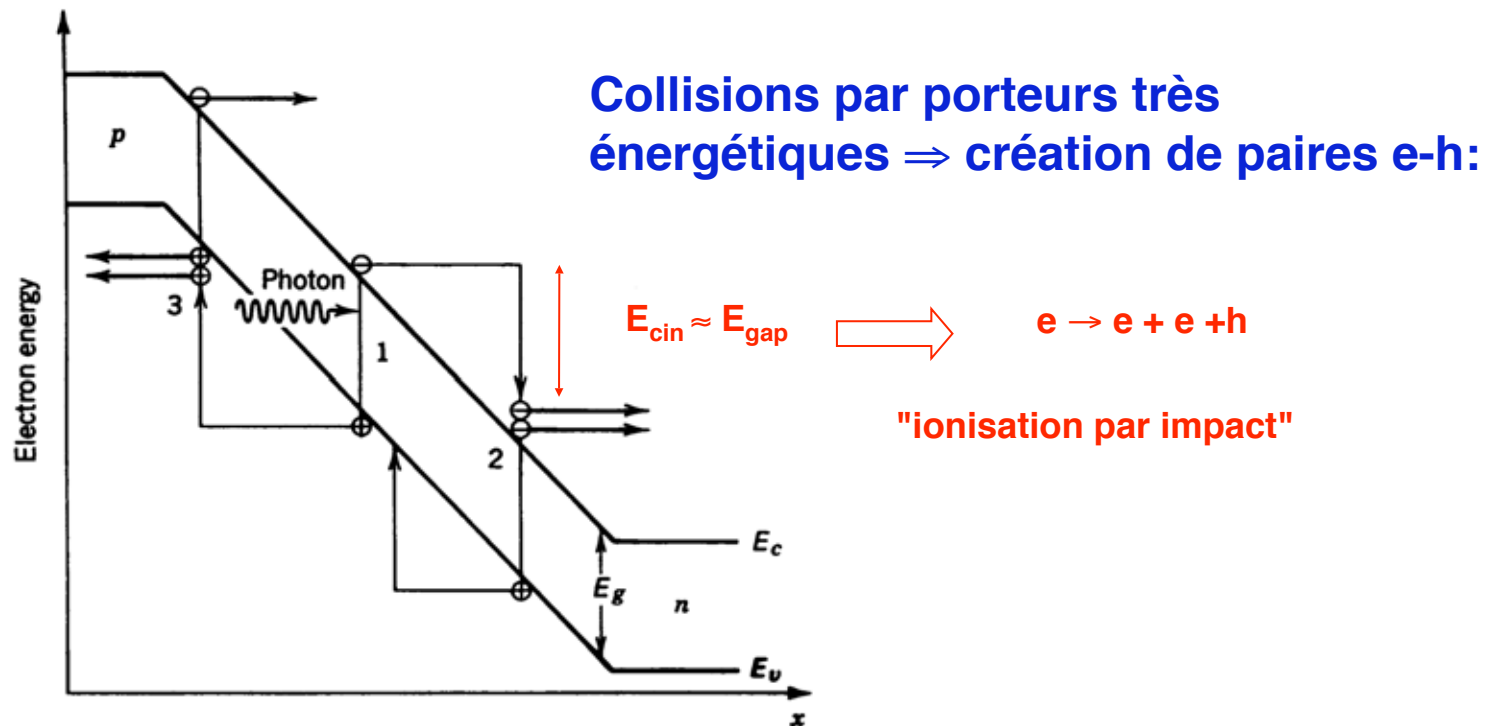


En polarisation inverse champ plus intense \Rightarrow Plus rapide ($f_{\max} > 50$ GHz)

Photodétecteurs

Détecteur à avalanche

On polarise fortement en inverse une jonction p-n

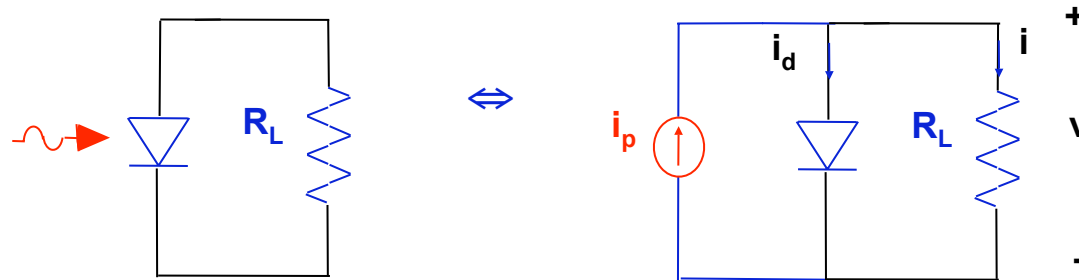


Processus d'avalanche: **1 photon \Rightarrow G électrons**, G = gain

1 seul photon donne une impulsion de courant \Rightarrow peut être détecté

Photodétecteurs

Cellules solaires



$$i = i_p - i_d = i_p - i_s \left(e^{\frac{eV}{kT}} - 1 \right) = \frac{V}{R_L}$$

court circuit: $V = 0 \Rightarrow I_{SC} = i_p$

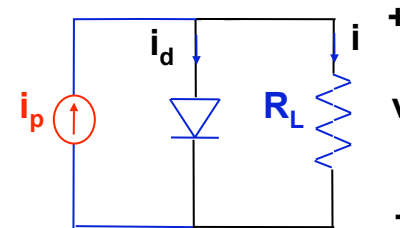
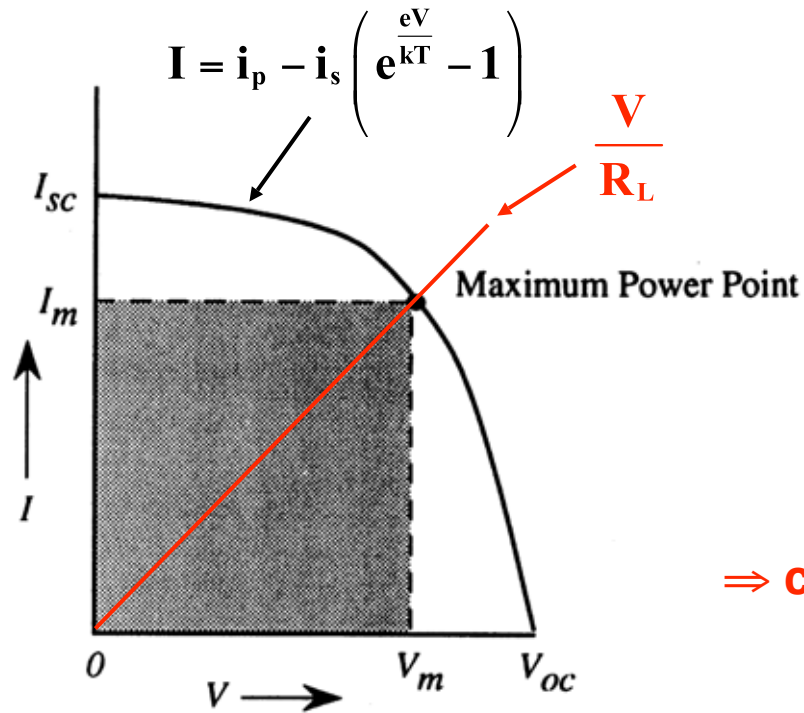
circuit ouvert: $i = 0 \Rightarrow V_{OC} = \frac{kT}{e} \ln \left(1 + \frac{i_p}{i_s} \right)$

But: Générer de la puissance électrique
à partir de la puissance lumineuse

Photodétecteurs

Cellules solaires

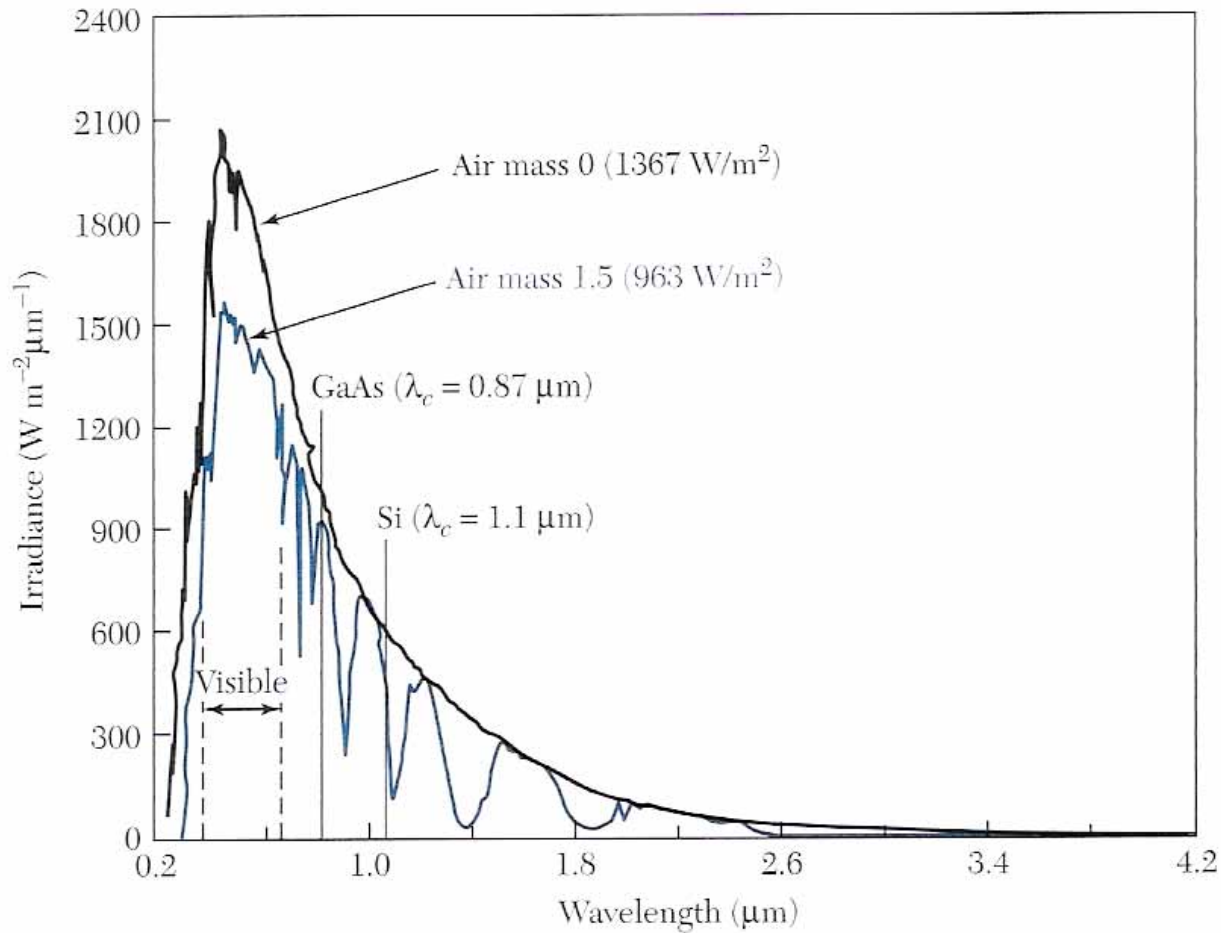
Point de travail optimal:



\Rightarrow choix de R_L

Photodétecteurs

Cellules solaires

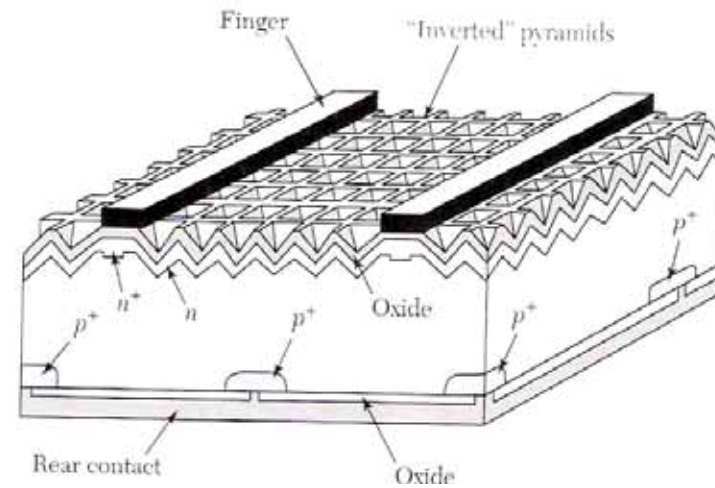
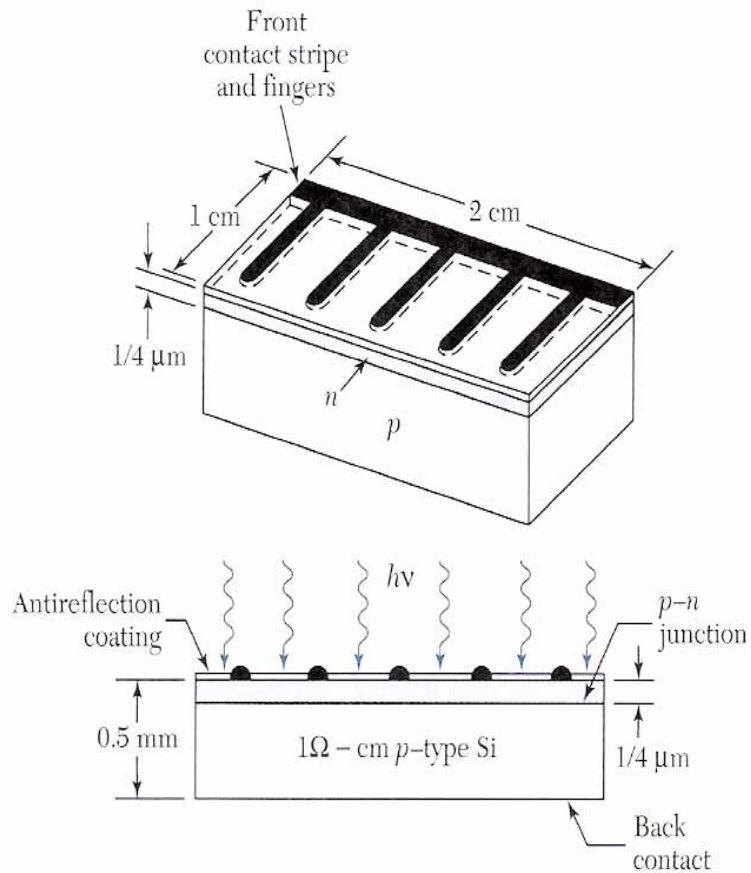


Spectre solaire

AM0: spatial
AM1.5: terrestre

Photodétecteurs

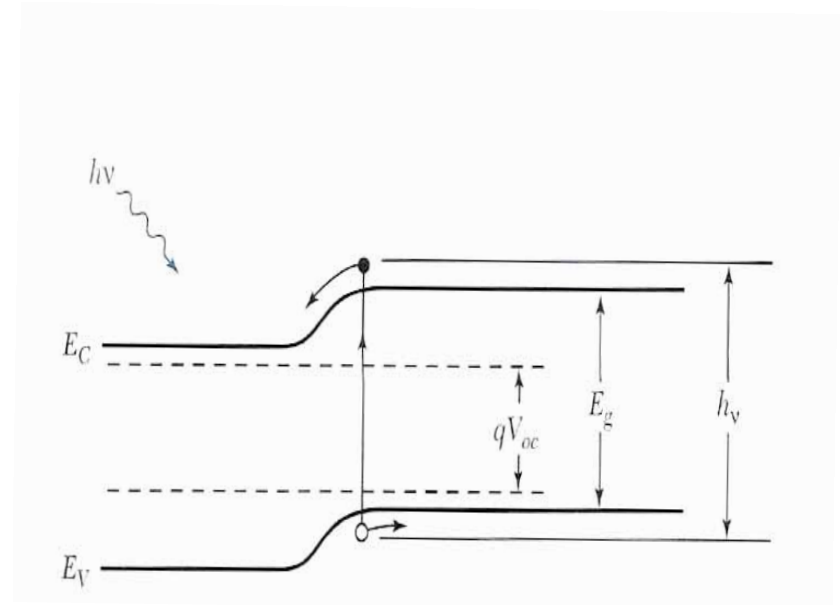
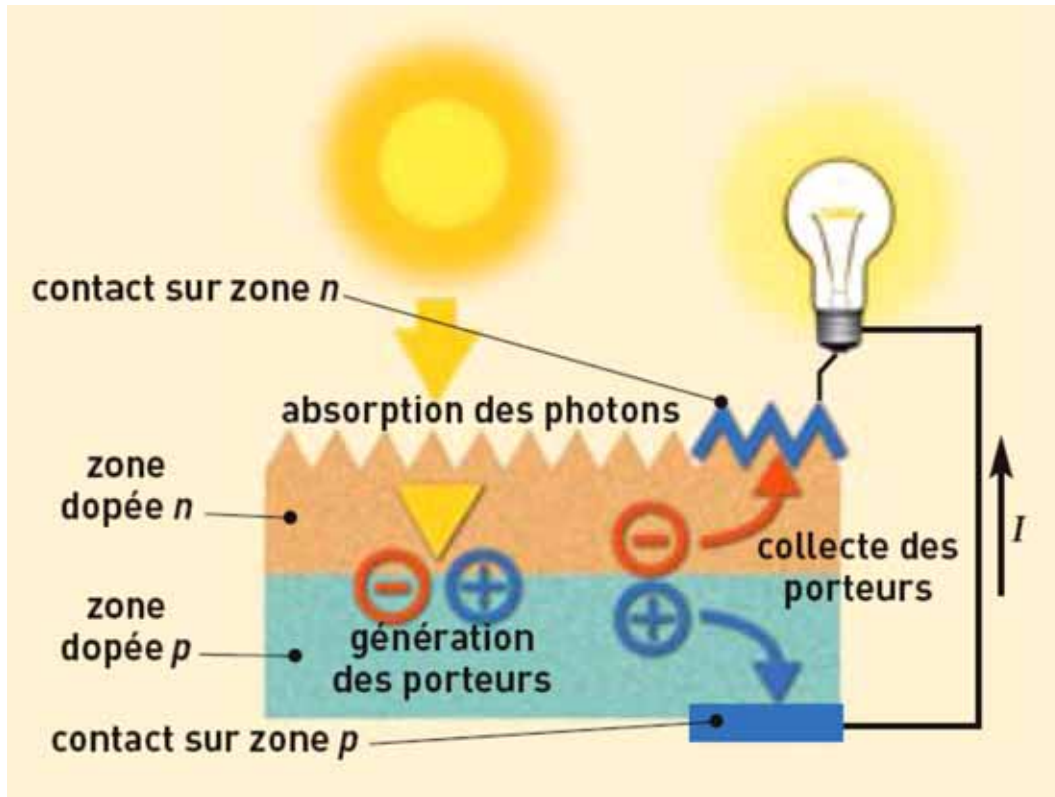
Cellules solaires



Eviter la réflexion de la lumière à la surface du semiconducteur

Photodétecteurs

Cellules solaires



Jonction p-n

Silicium 12%

GaAs: 30%

C'EST FINI !

Ouf !

Merci de votre attention

Maintenant à vous de jouer...