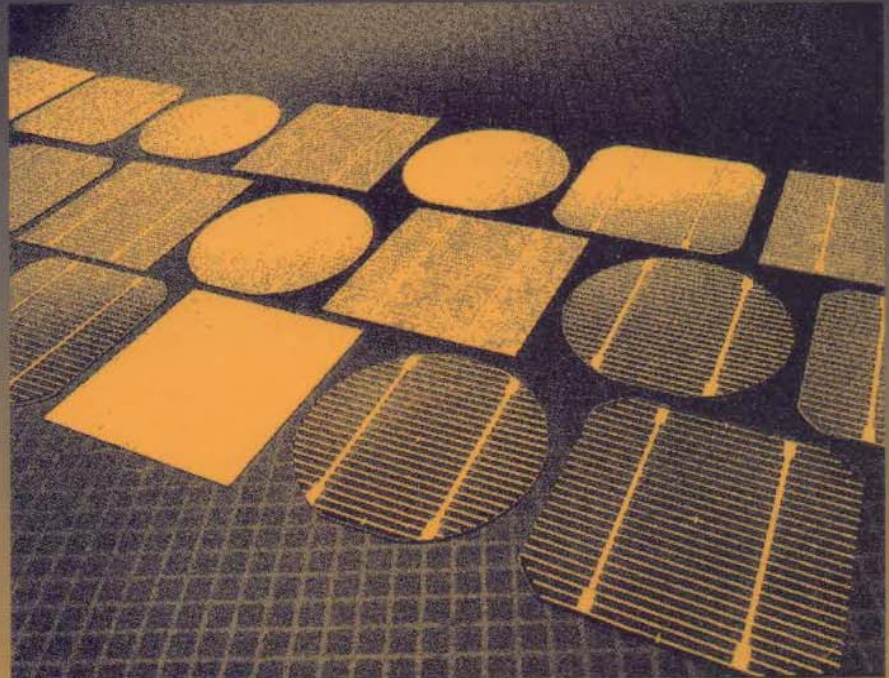


Alain Ricaud

# Photopiles solaires

De la physique de la conversion photovoltaïque  
aux filières, matériaux et procédés



C  
A  
H  
I  
E  
R  
S

D  
E

C  
H  
I  
M  
I  
E

Presses polytechniques et universitaires romandes

# TABLE DES MATIÈRES

Préface .....	V
Présentation .....	VII
Avant-propos .....	XI
Le potentiel des énergies renouvelables .....	0
Forces et faiblesses de l'énergie solaire photovoltaïque .....	0
Une brève histoire des photopiles .....	0
La segmentation du marché .....	0
Première partie : Physique de la conversion photovoltaïque .....	1
Chapitre I - Le rayonnement solaire .....	2
1.1 Éléments de photométrie .....	2
1.2 Le soleil comme un corps noir .....	10
1.3 Rôle de l'atmosphère terrestre et rayonnement au sol .....	14
Chapitre II - Convertisseurs photovoltaïques .....	35
2.1 Conversion photo-électron .....	35
2.2 La cellule solaire idéale .....	40
2.3 Photodiode à semi-conducteur .....	47
2.4 Module photovoltaïque .....	55
2.5 Champs de modules photovoltaïques .....	60
2.6 Systèmes photovoltaïques .....	67
Chapitre III - Physique des photopiles .....	92
3.1 Matériaux semiconducteurs à l'équilibre thermodynamique .....	92
3.2 Semiconducteurs hors d'équilibre .....	131
3.3 Jonction $p-n$ à l'équilibre, polarisée et sous éclairage .....	153
3.4 Caractéristiques des photodiodes à semiconducteurs .....	172
Deuxième partie : Filières, matériaux et procédés .....	190
Chapitre IV - Caractéristiques physiques des différentes filières .....	191
4.1 Absorption optique .....	192
4.2 Courant de court-circuit .....	201

4.3 Barrière de potentiel et tension de circuit ouvert .....	208
4.4 Résistance série .....	211
4.5 Performances actuelles des différentes filières .....	216
<b>Chapitre V - Photopiles au silicium cristallin .....</b>	<b>218</b>
5.1 Matériau de base .....	218
5.2 Croissance des lingots .....	223
5.3 Sciage des plaquettes .....	227
5.4 Tirage des rubans .....	229
5.5 Technologie des cellules .....	233
5.6 Modules .....	244
5.8 Cellules à très haut rendement .....	247
<b>Chapitre VI - Photopiles au silicium amorphe .....</b>	<b>250</b>
6.1 Introduction et historique .....	250
6.2 Un semiconducteur aux propriétés particulières .....	251
6.3 Méthodes de dépôt du a-Si:H .....	264
6.4 Jonction <i>pin</i> .....	266
6.5 Modules .....	273
6.6 Applications .....	277
6.7 Analyse prospective des coûts de production .....	279
<b>Chapitre VII - Photopiles en films minces polycristallins .....</b>	<b>284</b>
7.1 Techniques de dépôt .....	284
7.2 Filière CdTe .....	286
7.3 Filière CIS .....	292
7.4 Films de silicium microcristallin .....	295
<b>Chapitre VIII - Photopiles à colorant à base d'oxyde de titane nanocristallin .....</b>	<b>298</b>
8.1 Principes de la cellule photoélectrochimique en couches minces	299
8.2 Procédé de fabrication .....	301
8.3 Problèmes à résoudre et programme d'améliorations .....	305
8.4 Applications .....	306
8.5 Contrats industriels .....	307
8.6 Conclusion .....	307
<b>Annexe .....</b>	<b>309</b>