

TECHNOSUP

Les FILIÈRES TECHNOLOGIQUES des ENSEIGNEMENTS SUPÉRIEURS

GÉNIE ÉNERGÉTIQUE

Énergie solaire

Calculs et optimisation

*nouvelle
édition*

Jacques BERNARD

ellipses

TABLE DES MATIÈRES

*"La pensée solaire,
la civilisation au double visage,
attend son aurore.
Mais elle éclaire déjà les chemins de la vraie maîtrise."
Albert CAMUS - L'homme révolté*

AVANT PROPOS	7
NOTATIONS	12
CHAPITRE I. L'ÉNERGIE SOLAIRE HORS ATMOSPHÈRE	
1. Le système solaire	15
2. Le Soleil	19
3. L'énergie solaire	23
3.1. Origine	23
3.2. La constante solaire	24
3.3. Vie et mort du Soleil	25
3.4. Spectre solaire	27
CHAPITRE II. LE COUPLE TERRE-SOLEIL	
1. L'atmosphère terrestre	33
1.1. Structure	33
1.2. Composition de la troposphère	37
2. Influence de l'atmosphère sur le rayonnement solaire	39
2.1. Masse atmosphérique	39
2.2. Atténuation du rayonnement solaire	40
2.3. La lumière solaire	43
3. Les échanges d'énergie	45
3.1. Notion d'albédo	45
3.2. Bilan énergétique annuel global du système Terre-atmosphère	46
3.3. Échanges d'énergie entre la Terre et l'Atmosphère	49
3.4. Le problème du réchauffement climatique	52

CHAPITRE III. RÉCEPTION DE L'ÉNERGIE SOLAIRE	55
1. Calcul de la position du soleil	55
1.1. Paramètres de position	55
1.2. Paramètres de temps	62
1.3. Cas particuliers	64
1.4. La gnomonique	66
2. Diagramme solaire	68
3. Éclairement solaire	80
3.1. Éclairement direct	80
3.2. Éclairement diffus	81
3.3. Éclairement global	82
3.4. Rapports d'éclairement	82
4. Irradiation solaire	84
4.1. Irradiation hors atmosphère	84
4.2. Irradiation au sol dans le cas d'un ciel clair	85
4.3. Irradiation au sol dans le cas d'un ciel variable	86
4.4. Instruments de mesure	89
4.5. Résultats des mesures	90
4.6. Méthodes de calcul de l'irradiation	93
CHAPITRE IV. LES CAPTEURS PLANS	97
1. Éléments de construction	97
1.1. Surface absorbante	97
1.2. Fluide caloporteur	100
1.3. Couverture transparente	101
1.4. Isolant	106
2. Rendement d'un capteur plan	109
2.1. Bilan énergétique	109
2.2. Influence de la température de l'absorbeur	109
2.3. Influence de la température d'entrée du fluide caloporteur	115
3. Régime transitoire	123
3.1. Position du problème	123
3.2. Étude simplifiée	123
CHAPITRE V. APPLICATIONS À BASSE TEMPÉRATURE	127
1. Généralités	127
2. Eau chaude sanitaire	129
2.1. Système à boucle ouverte	129
2.2. Système à boucle fermée	130
3. Besoins en chauffage d'une habitation	135
3.1. Coefficient GV	135
3.2. Coefficient BV	137
3.3. Méthode des degrés-jours	137
3.4. Réglementations thermiques	139
4. Chauffage des locaux	142
4.1. Description des systèmes	142
4.2. Stockage par ballon d'eau	142
4.3. Stockage par lit de galets	147
4.4. Stockage par mur capteur	151
5. Maison bioclimatique	153
5.1. Les techniques passives	153
5.2. Les techniques dynamiques	155
6. Séchage solaire	157
7. Climatisation solaire	159
8. Distillation solaire	164

9. Analyse économique	165
9.1. Paramètres	165
9.2. Intérêts des emprunts	165
9.3. Mise en équations	166
9.4. Optimisation d'une installation solaire	167
10. Piscine solaire	169
10.1. Principe	169
10.2. Analyse énergétique	169
10.3. Analyse économique et optimisation	172
CHAPITRE VI. LA CONCENTRATION SOLAIRE	
1. Caractéristiques d'un capteur à concentration	177
1.1. Définitions	177
1.2. Détermination de la concentration géométrique	179
1.3. Concentration géométrique maximale	182
1.4. Température maximale de concentration	184
2. Concentrateur sphérique	186
2.1. Concentration idéale	186
2.2. Concentration géométrique	186
2.3. Concentration énergétique	186
3. Concentrateur parabolique	188
3.1. Concentration idéale	188
3.2. Concentration géométrique	189
3.3. Concentration énergétique	190
4. Concentrateur cylindro-parabolique	192
4.1. Concentration idéale	192
4.2. Concentration géométrique	193
4.3. Concentration énergétique	193
4.4. Montage	193
5. Les centrales STC	195
5.1. Les centrales à récepteurs cylindro-paraboliques	195
5.2. Les centrales à concentrateurs linéaires de Fresnel	196
5.3. Les paraboloïdes Stirling	197
5.4. Les centrales à tour	200
5.5. Le rendement de conversion	201
6. La concentration en chimie solaire	206
6.1. La thermochimie	206
6.2. La photochimie	206
CHAPITRE VII. LES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES	
1. L'effet photovoltaïque	207
1.1. Introduction	207
1.2. Principe	208
1.3. Rendement de la photopile idéale	211
1.4. Rendement réel	212
1.5. Influence de la résistance de charge	216
1.6. Influence de l'éclairement	218
1.7. Influence de la température	218
1.8. Les améliorations possibles	219
2. Utilisations	221
2.1. Montage série	221
2.2. Montage parallèle	221
2.3. Mise en œuvre	222
2.4. Avantages et inconvénients	223
2.5. Réalisations	224

La collection TECHNOSUP dirigée par Claude Chèze est une sélection d'ouvrages dans toutes les disciplines, pour les filières technologiques des enseignements supérieurs.

Niveau A Approche (éléments, résumés ou travaux dirigés)
Niveau B Bases (cours avec exercices et problèmes résolus)
Niveau C Compléments (approfondissement, spécialisation)

IUT - BTS - 1^{er} cycle
IUP - Licence
Écoles d'ingénieurs, Master

L'ouvrage : niveau B (IUP - Licence)

Cet ouvrage répond aux besoins des ingénieurs, techniciens et étudiants confrontés à une utilisation rationnelle de l'énergie solaire.

Il présente les différentes notions en relation avec cette source d'énergie. Puis il développe les méthodes de calcul et fournit de très nombreuses données numériques.

Élément clé de l'énergie solaire basse température, le capteur plan est analysé de façon très détaillée, en privilégiant notamment l'étude du rendement et l'application au chauffage de l'eau et des locaux.

L'étude des surfaces catadioptriques est surtout orientée vers la concentration du rayonnement solaire en vue d'obtenir des hautes températures.

Enfin, l'ouvrage s'achève sur une approche des photopiles.

De très nombreuses applications chiffrées développent et précisent tous les aspects de la démarche.

L'auteur :

Jacques Bernard, ingénieur ENSMA (Poitiers), docteur-ingénieur et agrégé de mécanique, est professeur d'énergétique à l'INSA de Toulouse. Il enseigne également l'énergie nucléaire à Sup'Aéro (École nationale supérieure de l'aéronautique et de l'espace).

Il est l'auteur de deux autres ouvrages de la même collection, en 2008, Énergie nucléaire 1. De la théorie aux applications et Énergie nucléaire 2, les réacteurs électrogènes.

Illustration de couverture : Dessin de Léonard de Vinci.



www.editions-ellipses.fr