

L'ÉLECTRIFICATION SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

SYSTÈMES AUTONOMES • SYSTÈMES HYBRIDES • MINIRÉSEAUX

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	12
1.1 Contexte	12
1.2 Historique	15
1.3 Les différents systèmes photovoltaïques et leurs applications	16
2. NOTIONS DE BASE	36
2.1 Le rayonnement solaire	36
2.2 La conversion photovoltaïque	46
2.3 Propriétés électriques des cellules photovoltaïques	55
2.4 Groupement de cellules photovoltaïques	61
3. PRINCIPAUX COMPOSANTS D'UN SYSTÈME PV AUTONOME OU HYBRIDE	70
3.1 Les modules photovoltaïques	70
3.2 Les accumulateurs	79
3.3 Le régulateur de charge/décharge	108
3.4 L'onduleur autonome	128
3.5 Le chargeur de batterie	138
3.6 Le convertisseur multifonctionnel	142
3.7 L'onduleur photovoltaïque	147
3.8 Le groupe électrogène	156
3.9 Le monitoring	182
3.10 Les récepteurs	190
4. GÉNÉRALITÉS SUR LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES D'ÉLECTRIFICATION	214
4.1 Les besoins des utilisateurs	214
4.2 Les solutions techniques d'électrification	219
5. LES SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES AUTONOMES	224
5.1 Introduction	224
5.2 Systèmes avec contrôleurs de charge à couplage direct (PWM)	225
5.2 Systèmes avec contrôleurs de charge à adaptation d'impédance (MPPT)	231
6. LES SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES HYBRIDES AVEC STOCKAGE	234
6.1 Introduction	234
6.2 Architectures électriques des systèmes hybrides	235
6.3 Caractéristiques de fonctionnement des systèmes hybrides	243

7. RÈGLES DE CONCEPTION DES SYSTÈMES AUTONOMES OU HYBRIDES		246
7.1	Choix de l'architecture électrique	246
7.2	Dimensionnement des systèmes	250
7.3	Protection des personnes et des biens	282
7.4	Choix des composants et spécifications techniques	336
8. LES MINIRÉSEAUX		376
8.1	Architectures électriques des centrales de production électrique	376
8.2	Miniréseaux électriques de distribution	400
9. MISE EN ŒUVRE, EXPLOITATION ET MAINTENANCE DES SYSTÈMES		416
9.1	Introduction	416
9.2	Sécurité des personnes	417
9.3	Identification du site	423
9.4	Implantation des équipements	424
9.5	Installation	432
9.6	Mise en service	452
9.7	Exploitation	460
9.8	Maintenance	464
10. ÉTUDES DE CAS		482
10.1	Alimentation d'un panneau de signalisation (20 W _c)	482
10.2	Electrification d'un cabanon en région lyonnaise (80 W _c)	486
10.3	Electrification d'un collège au Burkina Faso (750 W _c)	492
10.4	Electrification d'une auberge en Auvergne (3 kW _c)	498
10.5	Alimentation d'un relais de télécommunications au Bangladesh (4,32 kW _c)	505
10.6	Electrification d'un village en Guyane (100 kW _c)	509
11. RETOURS D'EXPÉRIENCE		514
11.1	Aspects techniques	514
11.2	Aspects énergétiques	542
11.3	Aspects économiques	552
11.4	Témoignages	564
12. ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX, SOCIAUX ET SOCIÉTAUX		582
12.1	Enjeux environnementaux	582
12.2	Enjeux sociaux	585
12.3	Enjeux sociétaux	587
13. CONCLUSIONS		588
14. ANNEXES		592
14.1	Glossaire	592
14.2	Rappels d'électricité	592
14.3	Rappels de protection électrique	609
14.4	Rappels de protection contre les surintensités	618
14.5	Rappels de calcul de chutes de tension	621
14.6	Rappels de protection contre la foudre	622