



Les énergies nouvelles et renouvelables.

Cas de l'énergie solaire:

Méthode simple de calcul et de choix des éléments
d'une installation photovoltaïque à usage domestique

Bernard BASSEMEL
Expert Ingénierie Energie et Environnement
BP 6583 Douala Cameroun
Tél. ++ 237 99 94 99 87
E.mail.<bassemel_bernard@yahoo.fr>



Contexte

- En Afrique au Sud du Sahara en particulier et dans les pays en voie de développement en général les enseignements, programmes et projets sur l'énergie solaire sont presque rares
- Les acteurs de ce secteur n'ont pas suffisamment d'informations ni de programmes de formations sur les énergies nouvelles et renouvelables.
- Les problèmes d'énergie sont d'actualités et préoccupent actuellement la planète entière
- Les investisseurs et autres acteurs de ce secteur, les experts, les organismes, les administrations, les ONG et les universitaires sont de plus en plus interpellés pour donner des avis et trouver des solutions

Objectifs

- Sensibiliser et informer les Industriels, Administrateurs, Leaders d'opinions, Consommateurs et usagers du secteur, Communauté éducative, ONG sur cette forme d'énergie propre, non polluante et sans besoin d'entretien: Electricité verte
- Présenter aux participants une méthode simple pour le dimensionnement des éléments d'une installation photovoltaïque à usage domestique
- Fournir un support technique et pratique d'aide à la préparation, la réalisation des projets d'une part et la diffusion des programmes et enseignements sur l'énergie solaire

Plan de l'exposé

1. Différents types de générateurs de production du courant électrique
2. Schéma de principe d'un système photovoltaïque
3. Fiches techniques et fonctions des différents éléments d'une alimentation en courant électrique à énergie solaire
4. Conception d'un système photovoltaïque
5. Domaines d'applications des systèmes photovoltaïques
6. Nécessité d'insertion du chapitre sur les systèmes photovoltaïques dans le programme de formation des élèves et étudiants (Minesec, Minsup, Minrest, Unesco, Minee, Gicam, Syndustricam, PNUD, Chambre de commerce, Mincom, PM, PR)
7. Besoin en recherche et développement
8. Feuilles de calcul des éléments des systèmes photovoltaïques
9. Exercices d'applications

1. Différents types de générateurs de production du courant électrique

- **Générateurs chimiques**
- **Générateurs thermiques**
- **Centrales hydroélectriques**
- **Centrales éoliennes**
- **Générateurs photovoltaïques**
- **Solution hybride**

Générateurs chimiques



Batteries

Générateurs thermiques



Groupe électrogène

Centrales hydroélectriques



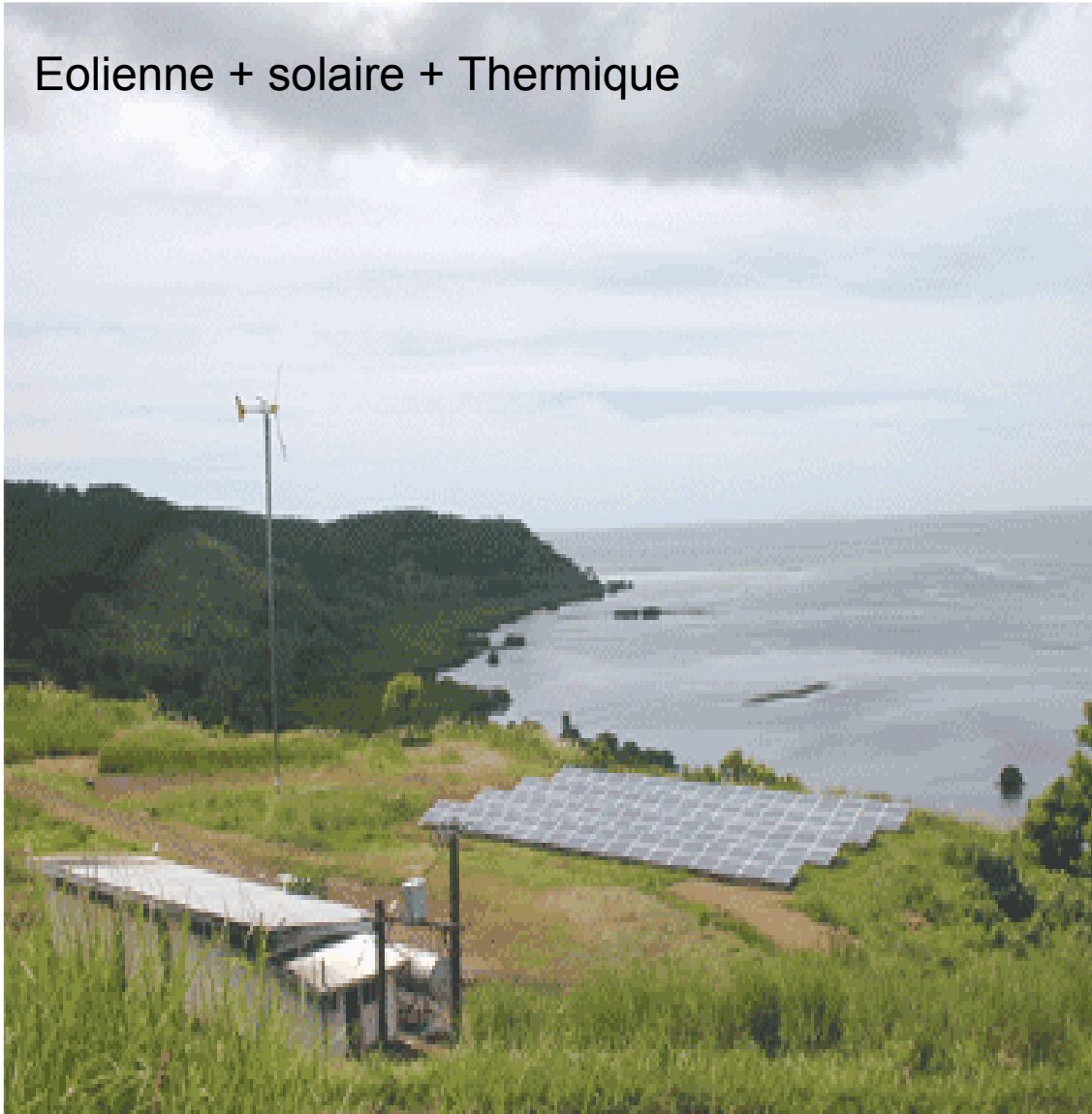
Schéma d'implantation d'une petite centrale hydraulique sur canal de dérivation

Centrale éolienne



Solution hybride

Eolienne + solaire + Thermique



2. Schéma de principe d'un système photovoltaïque

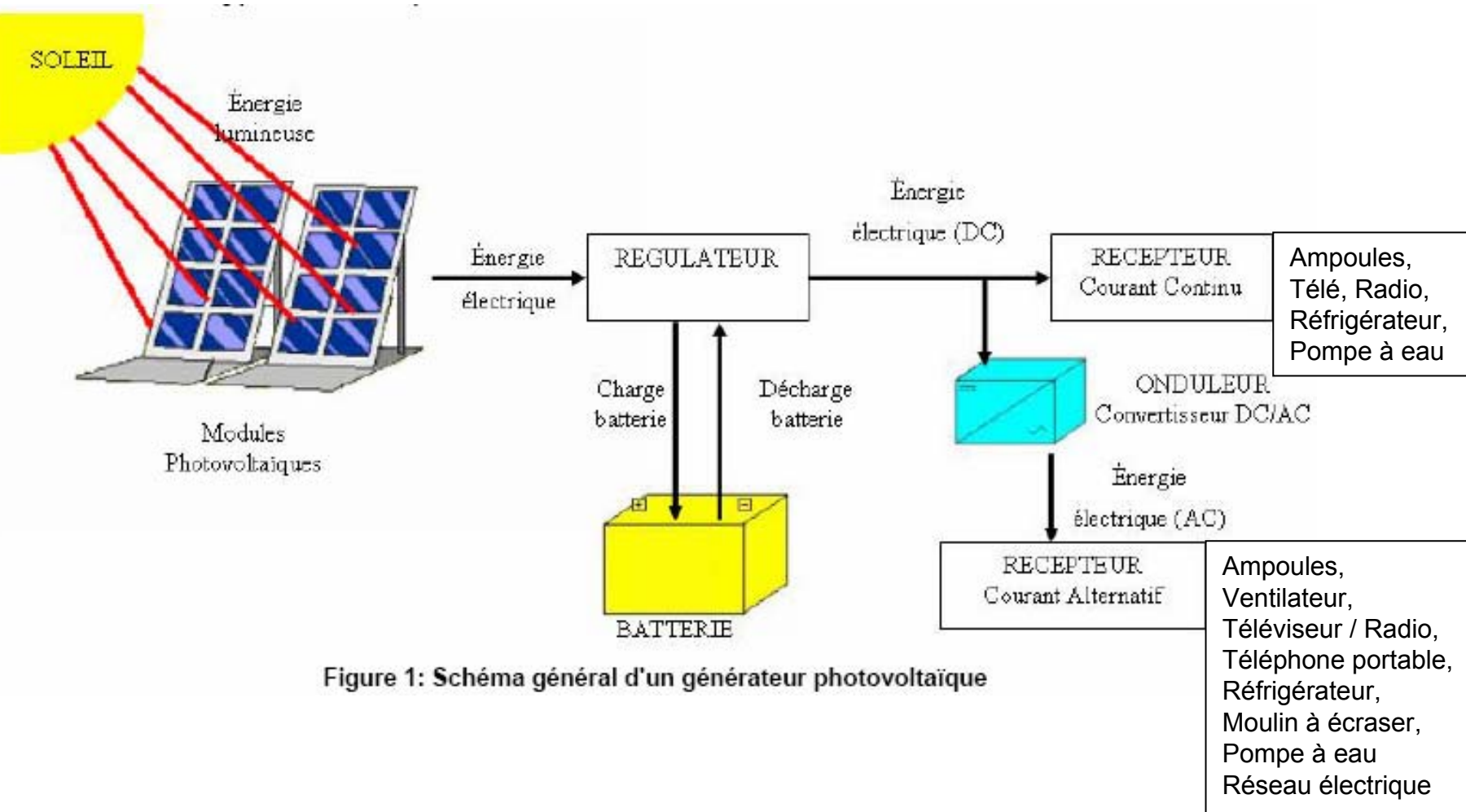
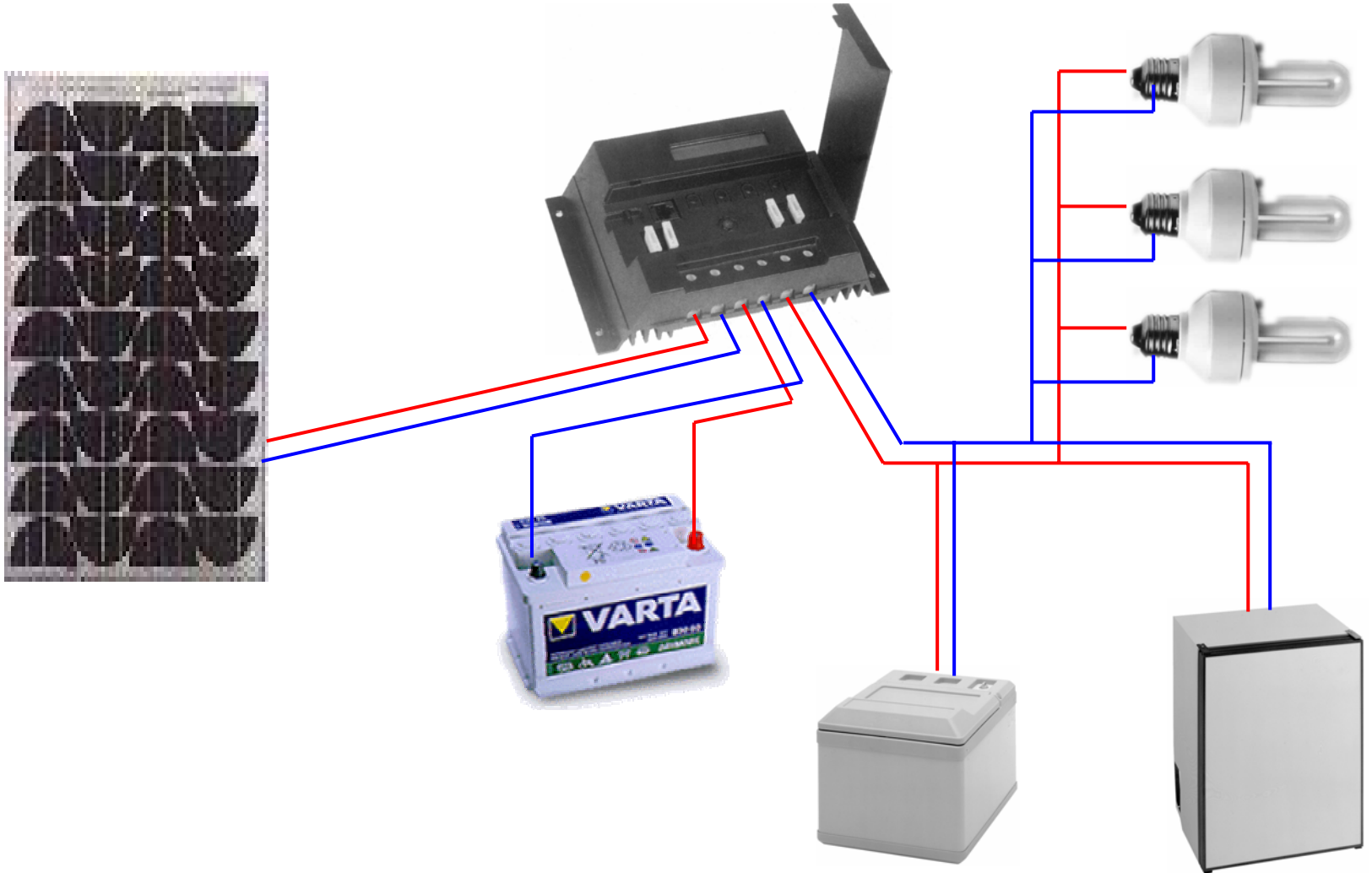


Figure 1: Schéma général d'un générateur photovoltaïque

Schéma de principe



3. Fiches techniques du matériel solaire

- **Panneaux solaires**
- **régulateurs des systèmes PV**
- **Onduleur ou Convertisseur CC/CA**
- **Ampoules à faible consommation d'énergie**
- **Réfrigérateur à faible consommation d'énergie**
- **Batteries**

Games de panneaux solaires / Siemens



SM110/SM100



SM55/SM50



SM50-H



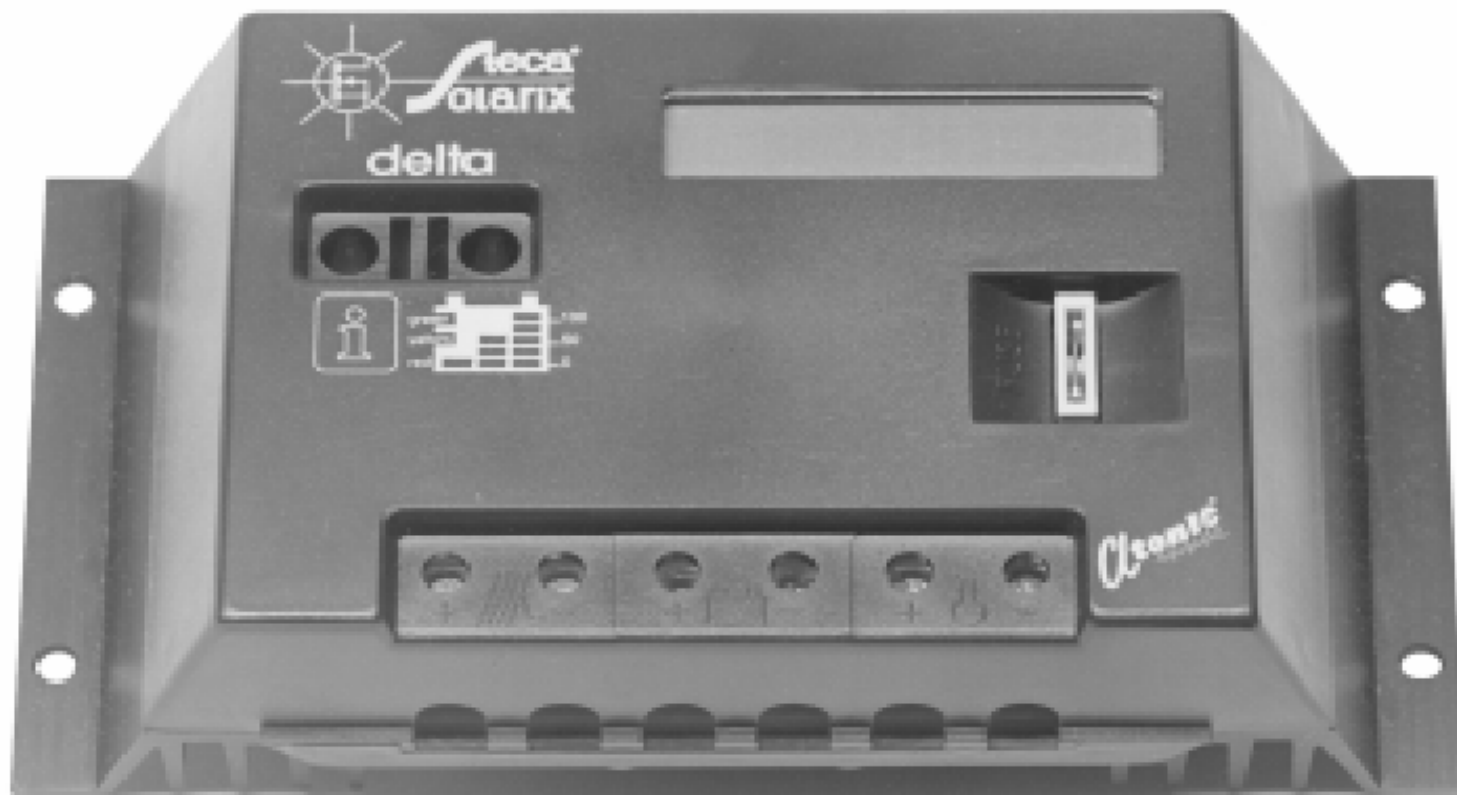
SM46



SM20

| Type de module | SM110 | SM100 | SM110-L | SM100-L | SM55/SM50 | SM50-H | SM46 | SM20 |
|------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|--------|------|------|
| Caractéristiques électriques | | | | | | | | |
| Puissance nominale P_{max} [W _p] | 110 | 100 | 110 | 100 | 55 / 50 | 50 | 46 | 20 |
| Configuration | 12/24 V | 12/24 V | 12/24 V | 12/24 V | 12 V | 12 V | 12 V | 12 V |
| Courant nominal I_{MPP} [A] | 6,3/3,15 | 5,9/2,95 | 6,3/3,15 | 5,9/2,95 | 3,15 / 3,05 | 3,15 | 3,15 | 1,38 |
| Tension nominale U_{MPP} [V] | 17,5/35,0 | 17,0/34,0 | 17,5/35,0 | 17,0/34,0 | 17,4 / 16,6 | 15,9 | 14,6 | 14,5 |
| Courant de court-circuit I_{SC} [A] | 6,9/3,45 | 6,5/3,25 | 6,9/3,45 | 6,5/3,25 | 3,45 / 3,4 | 3,35 | 3,35 | 1,6 |
| Tension à vide U_0 [V] | 21,7/43,5 | 21,0/42,0 | 21,7/43,5 | 21,0/42,0 | 21,7 / 21,4 | 19,8 | 18,0 | 18,0 |
| Caractéristiques physiques | | | | | | | | |
| Longueur A [mm] | 1321 | | 1307 | | 1293 | 1219 | 1083 | 567 |
| Largeur B [mm] | 660 | | 652 | | 329 | 329 | 329 | 328 |
| Profondeur C [mm] | 40 | | 5,5 | | 34 | 34 | 34 | 35 |
| Profondeur avec boîte électrique [mm] | 54 | | 52 | | - | - | - | - |

Le Régulateur



Côntroleur de charge solaire 8A / 12A / 20A / 30A

Diagnostic l'etat de fonctionnement

Adaption automatique à la tension 12/24V

Indication de l'etat de charge

Protecion de décharge

Compensation de température interne

Protection dynamique de surcharge

Algorithme de charge autodidactif

Détermination de l'etat de charge

Onduleur ou Convertisseur



**Les convertisseurs de type solarix réunissent deux appareils en un seul :
Convertisseur Onduleur / Contrôleur de charge**

- **Installation simple, seulement une connexion simple**
- **Opérations simultanées des accessoires AC et DC**
- **Circuit intégré AtoniC inside permettant la détermination de l'état de charge (SOC) est calculé par un algorithme intelligent**
- **Affichage de la tension de la batterie, courant des modules, SOC (State of Charge)**
- **Tension d'entrée 12/24Vcc**
- **Tension de sortie: 230 Vac – 50 Hz**
- **Puissance: 550 w; 900 W**

Ampoules à faible consommation d'énergie



Puissance: 7 / 9 ou 11 w – Tension: 12 V

- Installation dans toutes les douilles standard E27
- Rendement Luminex comparable à une lampe standard de 60 W
- Consommation d'énergie réduite de 80%
- Construction compacte attractive
- Haute longue-durée de service

Réfrigérateur à faible consommation d'énergie

system cost saving

High efficient cooling technologie
For mobile and stand alone use
Low power consumption
System cost saving

Sunfreezer 30 Refrigerator



Sunfreezer 50 Refrigerator + Deep - Freezer



Sunfreezer 60 Refrigerator



Sunfreezer

Technical Data:

| | Sunfreezer 30 | Sunfreezer 50 | Sunfreezer 60 |
|------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Kälteerzeuger Cold generator | Kompressor | Kompressor | Kompressor |
| Bauform | Kühlbox | Kühlbox | Kühlschrank |
| Design | Box | Box | Cabinet |
| Kühlvolumen | 30 L | 50 L | 60 L |
| Cooling volume | 30 L | 50 L | 60 L |
| Kühltemperatur | 13°C bis 5°C | -20°C bis + 10°C | 16°C bis 3°C |
| Cooling temperature | 13°C bis 5°C | -20°C bis + 10°C | 16°C bis 3°C |
| Abmessungen | 42x37x51 cm | 45x69,5x47,5 cm | 47x62x46 cm |
| Dimensions | 42x37x51 cm | 45x69,5x47,5 cm | 47x62x46 cm |
| Gewicht | 17,5 Kg | 23,6 Kg | 22,5 Kg |
| Weight | 17,5 Kg | 23,6 Kg | 22,5 Kg |
| Gefrierfach | - | - | 12 L |
| Freezing Compartment | - | - | 12 L |
| Energieverbrauch | *1) 90 Wh / Tag | *1) 200 Wh / Tag | *1) 90 Wh / Tag |
| Energy consumption | *1) 90 Wh / Tag | *1) 200 Wh / Tag | *1) 90 Wh / Tag |



3. (suite) Fonction des différents éléments d'un système photovoltaïque

- **La lumière du soleil** est le véritable "carburant" d'un système photovoltaïque
- **Le module solaire** converti directement la lumière du soleil en courant continu
- **Le régulateur du système** fait la liaison entre les modules solaires, les batteries et les consommateurs. Protège la batterie contre les surcharges et décharges profondes
- **Accumulateur de batteries** stocke l'énergie électrique produite par les panneaux solaires
- **Onduleur** transforme le courant continu en courant alternatif
- **Les récepteurs et consommateurs:** appareils à économie d'énergie et dispositifs fonctionnant à l'électricité

3. (suite et fin) Fonction des différents éléments d'un système photovoltaïque

- **La structure support** permet une fixation sûre et efficace des modules solaires
- **Le Générateur de courant de sécurité** fournit un complément d'énergie si les besoins en énergie sont plus importants ou pendant de longues périodes de faible ensoleillement
- **Emplacement:** les modules solaires doivent être placés dans les zones les plus ensoleillées et si possible sans ombre
- **Entretien:** les systèmes photovoltaïques sont un moyen simple et efficace de produire l'électricité. Les composants nécessitent peu d'entretien. Il est conseillé de contrôler régulièrement l'état de la batterie et des câbles

4. Conception d'un système photovoltaïque

- **Besoins quotidiens en énergie électrique**
- Facteur régional d'ensoleillement
- Types de panneaux solaires et de batteries
- **Quantité d'énergie que peuvent produire les panneaux solaires**
- Calcul de la capacité de batteries requises
- Choix du régulateur et du convertisseur

Calcul des besoins quotidiens en énergie pour l'alimentation solaire d'une maison au Cameroun: 04 ampoules (5 h/J) et un téléviseur (3 h/J)

Récepteur Courant Continu

| Appareil | Nbre (Na) | Puissance (Pa) | Nbre d'heures d'utilisat° /J=t | Cons/j | Wh |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|----------------|--------------------------------|-----------|-----|
| Ampoules | 4 | 9 Watts | 5 | 4 x 9 x 5 | 180 |
| Besoins quotidiens en énergie CC: $W_{11} = P_a \times N_a \times t$ | | | | | |

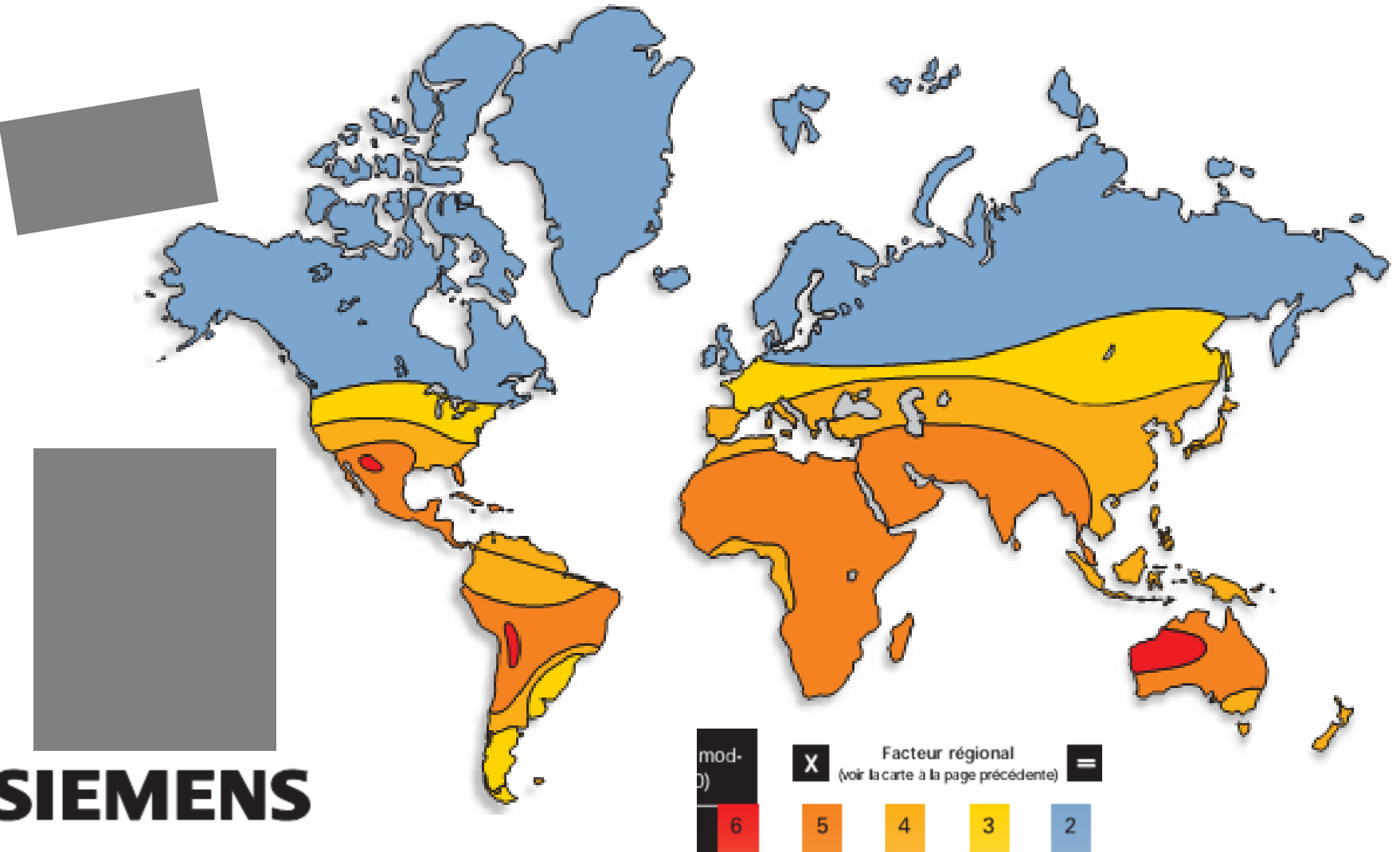
Récepteur Courant alternatif

| | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------|---|----------|---|--------------|-----|
| Téléviseur | 1 | 60 Watts | 3 | 1 x 60 x 3 | 180 |
| Besoins quotidiens en énergie CA: $W_{12} = P_a \times N_a \times t$ | | | | | |
| Besoins quotidiens en énergie CC et CA: $W_1 = W_{11} + W_{12}$ | | | | 180 + 180 | 360 |
| Perte du système: $W_p = 30\% \text{ de } W_1$ | | | | 360 X 30% | 108 |
| Besoins quotidiens en énergie au total: $W_t = W_1 + W_p$ | | | | 360 + 108 | 468 |

4. (suite) Facteur régional d'ensoleillement

- La terre est divisée en cinq catégories à différents facteurs régionaux d'ensoleillement
 - Asie, Afrique : Catégorie 5
 - Europe centrale : Catégorie 4, 3 et 2
 - Etats Unis: Catégorie 6, 5, 4
 - Canada et URSS: Catégorie 2
- Les facteurs régionaux prennent en compte la durée quotidienne du rayonnement du soleil et les températures locales annuelles

La carte représente la terre divisée en cinq catégories à différents facteurs régionaux d'ensoleillement



SIEMENS

Calcul de la quantité d'énergie quotidienne que doivent produire les panneaux solaires pour alimenter le système

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------|
| Grandeurs fixes: Facteur régional, Type de panneaux et batterie, autonomie | | |
| Facteur régional au Nord Cameroun: $Fr = 5$ | | |
| Type de panneaux solaires utilisés | | |
| <ul style="list-style-type: none"> •Puissance (P1) d'un panneau solaire = 50 W •Tension (U1) d'un panneau solaire = 12 Vcc •Tension (U) d'utilisation = 12 Vcc | | |
| Type de batteries utilisées | | |
| <ul style="list-style-type: none"> •Capacité (Cb1) d'un élément de la rame de batterie = 75Ah •Tension (Ub1) d'un élément de la rame de batterie = 12 Vcc | | |
| Autonomie du système en nombres de jours $Nja = 3$ | | |
| Quantité d'énergie quotidienne (Wj1) produit un panneau solaire de 50W | | |
| $Wj1 = P1 \times Fr$ | 50×5 | $Wj1 = 250 \text{ Wh}$ |
| Nombre de panneaux solaires de 50W nécessaires pour alimenter le système | | |
| $N = Wt / Wj1$ | $468 / 250$ | $N = 2$ |

Calcul de la capacité de batterie requise

Capacité de la rame de batteries

$$C_1 = W_t / U$$

$$468 / 12$$

$$C_1 = 39 \text{ Ah}$$

Perte à l'intérieur de la rame de batteries

$$C_p = 30\% \text{ de } C_1$$

$$75 \times 30\%$$

$$C_p = 11,7 \text{ Ah}$$

Capacité de sécurité de la rame de batteries

$$C_s = (C_1 + C_p) \times 30\%$$

$$(39 + 11,7) \times 30\%$$

$$C_s = 15,21 \text{ Ah}$$

Capacité totale de la rame de batteries

$$C_t = (C_1 + C_p + C_s) \times N_{ja}$$

$$(39 + 11,7 + 15,21) \times 3$$

$$C_t = 197,73 \text{ Ah}$$

Nbre d'éléments (N_b) nécessaires pour constituer la rame de batteries

$$N_b = C_t / C_{b1}$$

$$197,73 / 75$$

$$N_b = 3$$

4. (suite) Éléments de l'alimentation en courant électrique à énergie solaire de la maison

- **2 modules solaires de 50W - 12Vcc**
- **3 batteries de 75Ah - 12Vcc**
- **1 régulateur de 12Vcc - 12A**
- **1 convertisseur DC/AC -100 W - 12Vcc/220ac**
- **4 ampoules à économie d'énergie 9W - 12Vcc**
- **Accessoires: Câbles, 4 interrupteurs, structures supports, boîte de connexion, matériel de fixation**

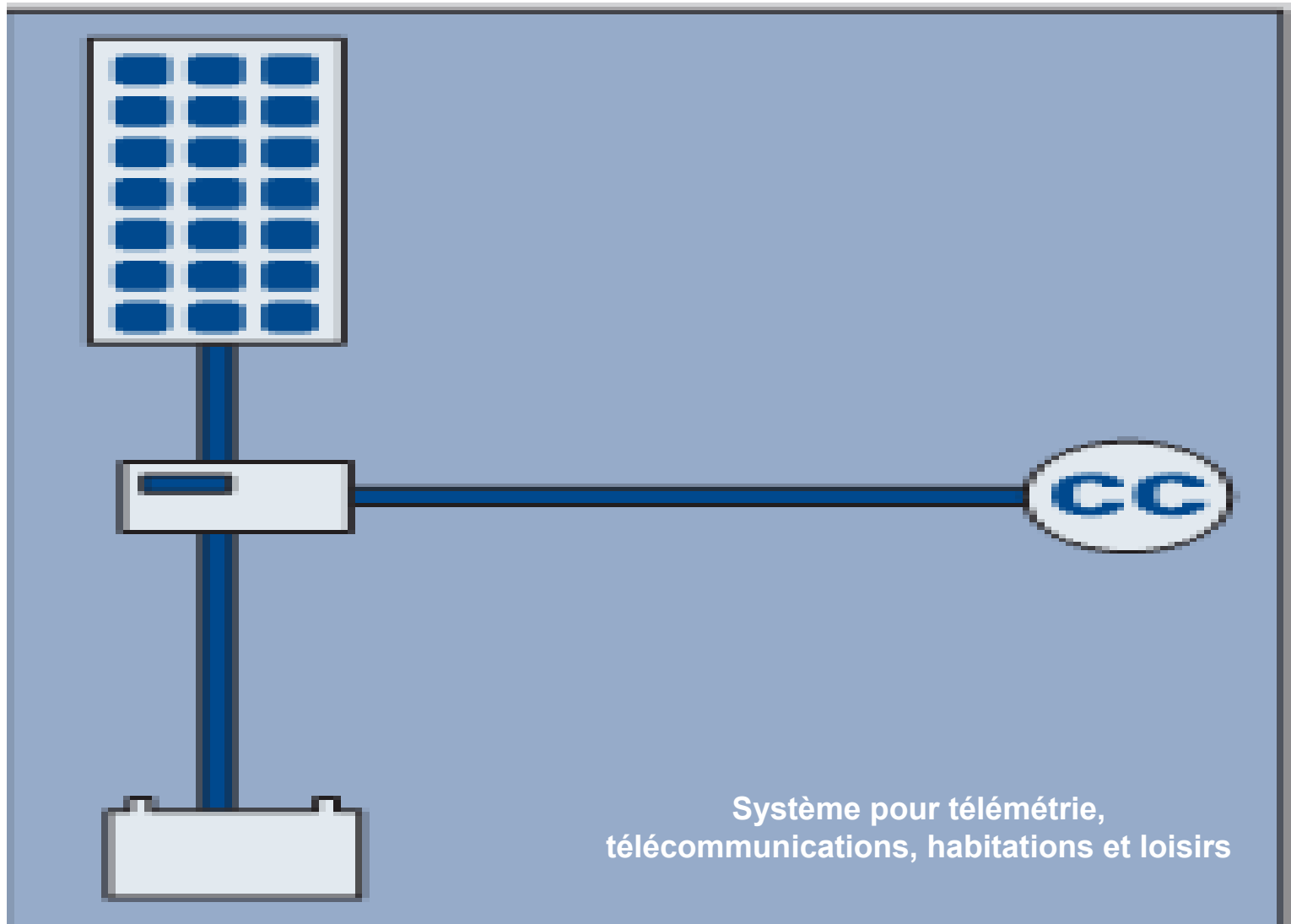
4. (suite) Prix des équipements solaires au Cameroun

| Equipements solaires | Prix Unit. Fcfa | Unité | Prix Unit. Fcfa |
|----------------------------------------|--------------------|-------|--------------------|
| Modules solaires de 50W - 12Vcc | 260 000 | 2 | 520 000 |
| Batteries étanches de 75Ah - 12Vcc | 90 000 | 1 | 90 000 |
| Régulateur de 12Vcc - 12A | 50 000 | 1 | 50 000 |
| Lampes à basse consommations d'énergie | 15 000 | 4 | 60 000 |
| Convertisseur DC/AC -100 W 12Vcc/220ac | 80 000 | 1 | 80 000 |
| Total | | | 800 000 |

5. Domaines d'applications

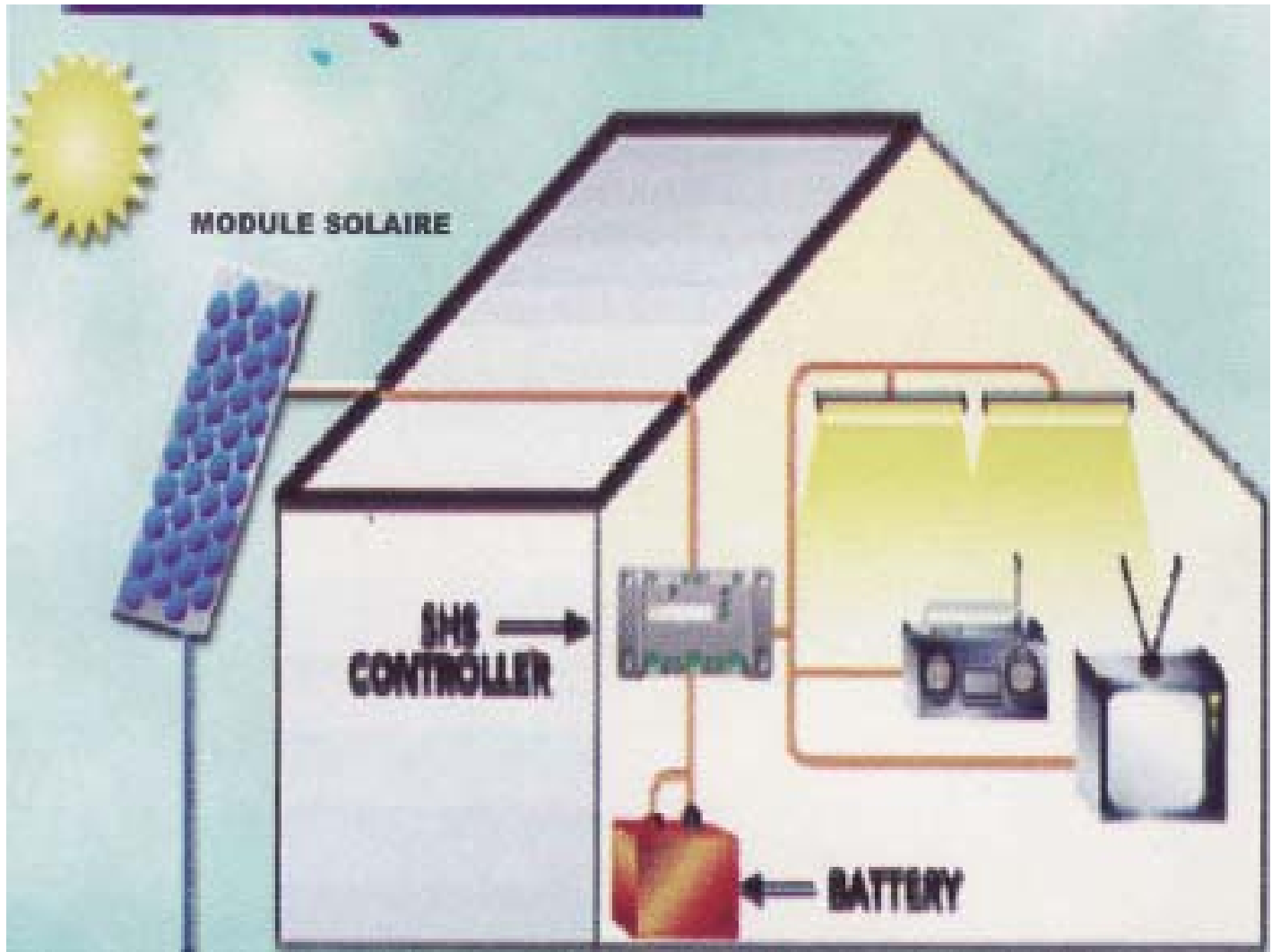
1. **Système à courant continu avec un module solaire et une batterie** : Eclairage de domicile, Ecoles, Dispensaires, télécommunications etc.
2. **Système à courant continu avec plusieurs modules solaires et une rame de batteries**: habitations, Ecoles, dispensaires, Maisons communautaires, télécommunications et informatiques
3. **Système à courant continu sans batterie**: Pompage d'eau
4. **Fonctionnement en parallèle avec le secteur** : Alimentation du secteur (réseau électrique national ou régional) sans batteries
5. **Fonctionnement combiné Courant Continu / Courant Alternatif (CC/CA)**: Toutes applications électriques domestiques et industrielles
6. **Système hybride**: Toutes applications électriques

Systeme à courant continu avec un module solaire et une batterie



Systeme pour télémétrie,
télécommunications, habitations et loisirs

Application : utilisation domestique

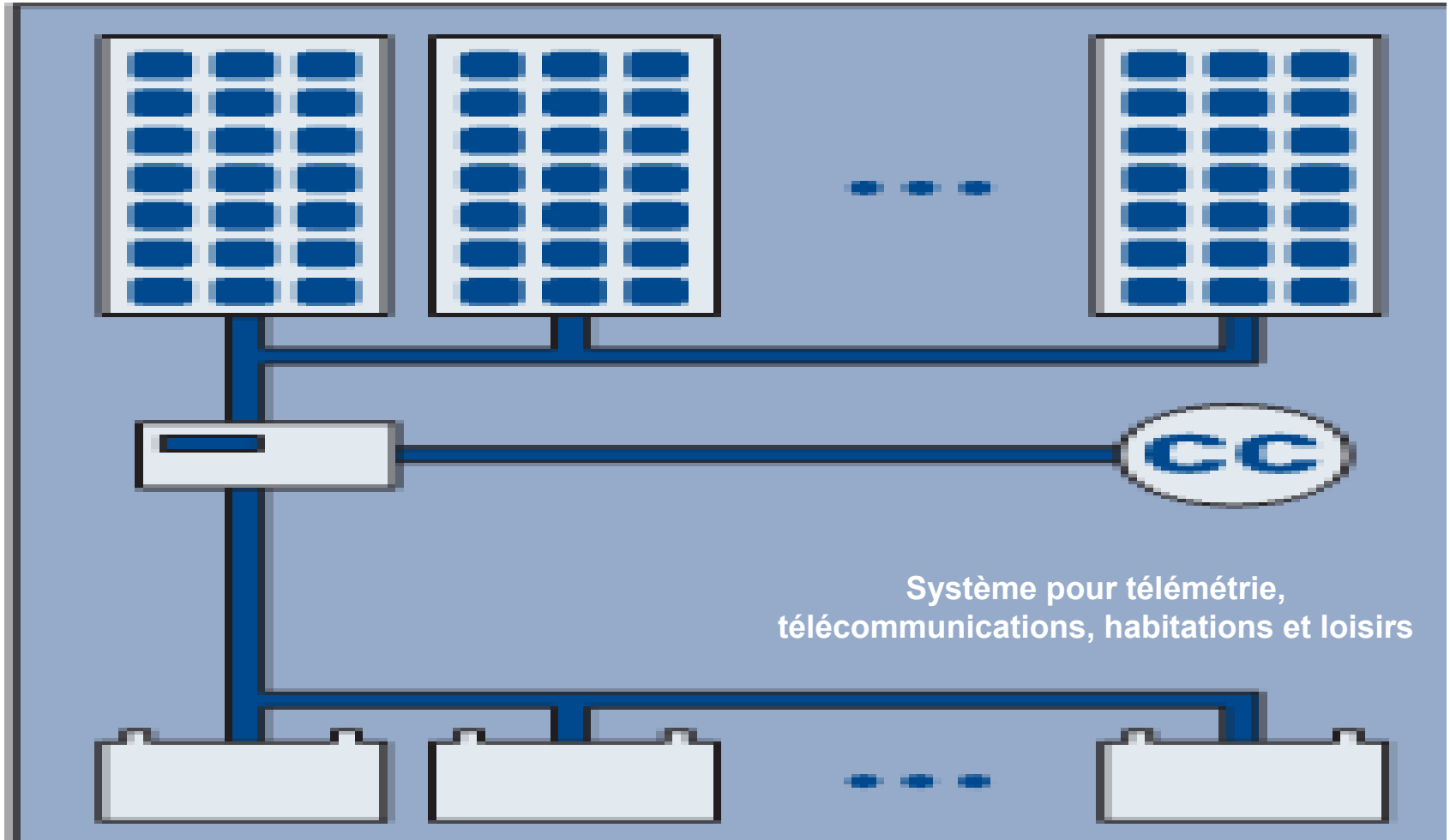


Application : utilisation domestique



Eclairage d'une sare

Systeme à courant continu avec plusieurs modules solaires et une rame de batteries



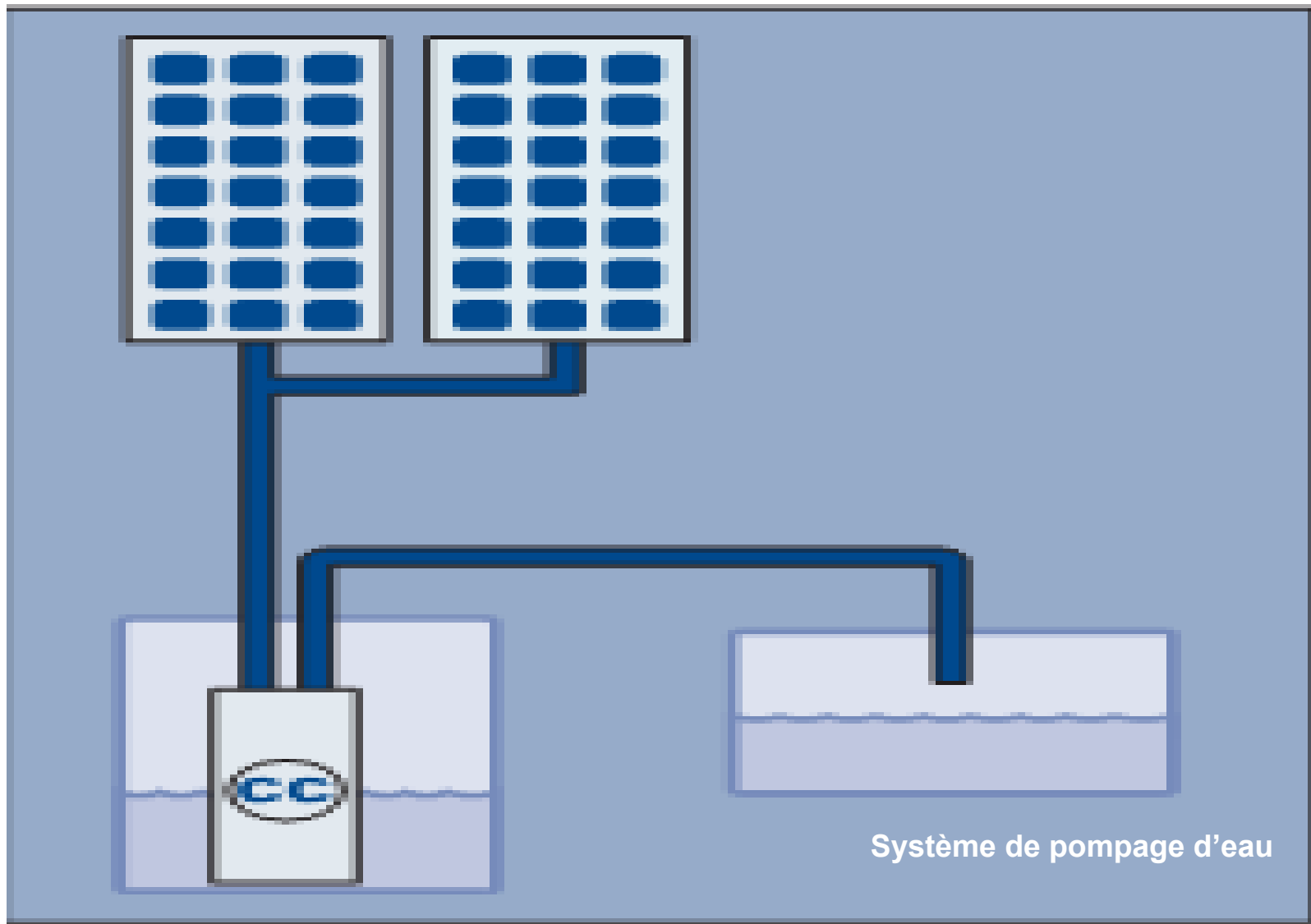
Application : Alimentation domestique solaire



Application : Alimentation domestique solaire

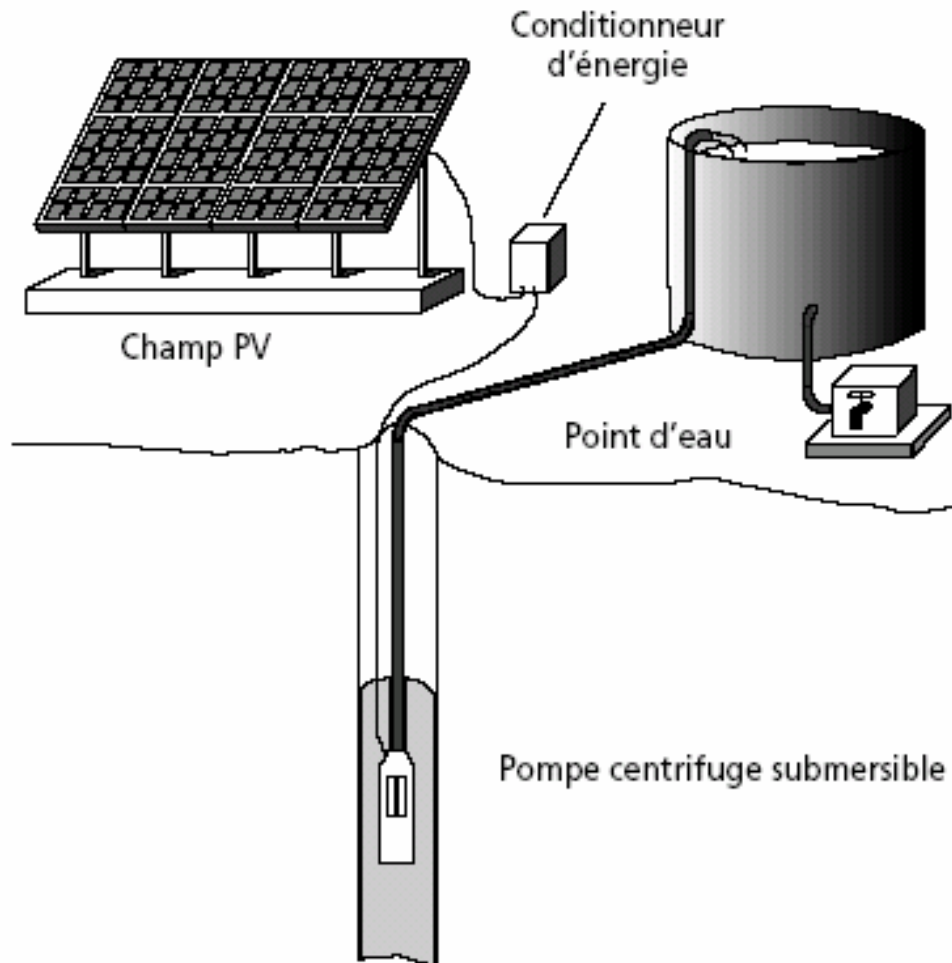


Systeme à courant continu sans batterie



Application : Pompage d'eau

Pompe submersible centrifuge à étages multiples



Application : Pompage d'eau

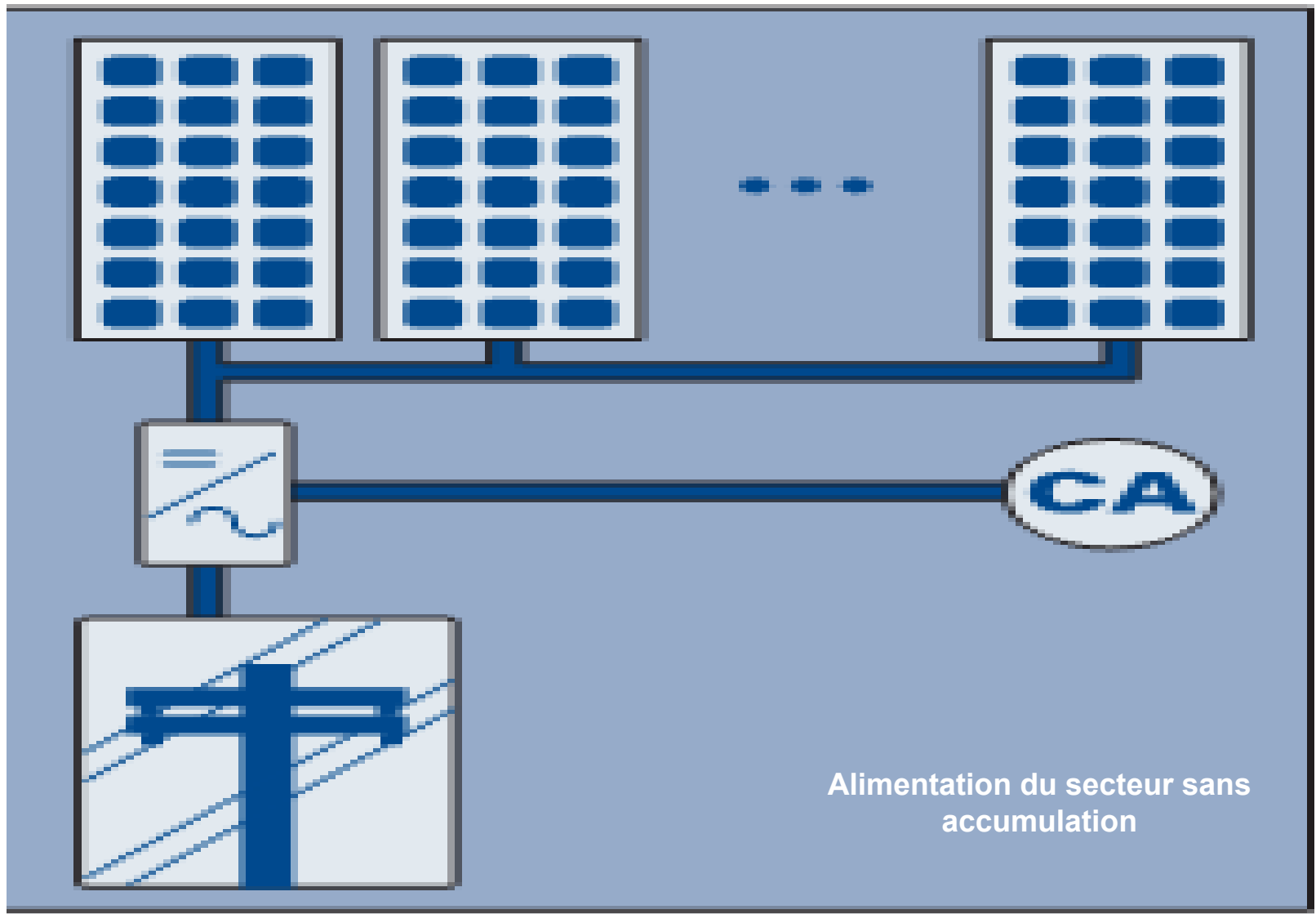


Alimentation en eau en Mauritanie

Application : Télécommunications et Informatiques



Fonctionnement en parallèle avec le secteur

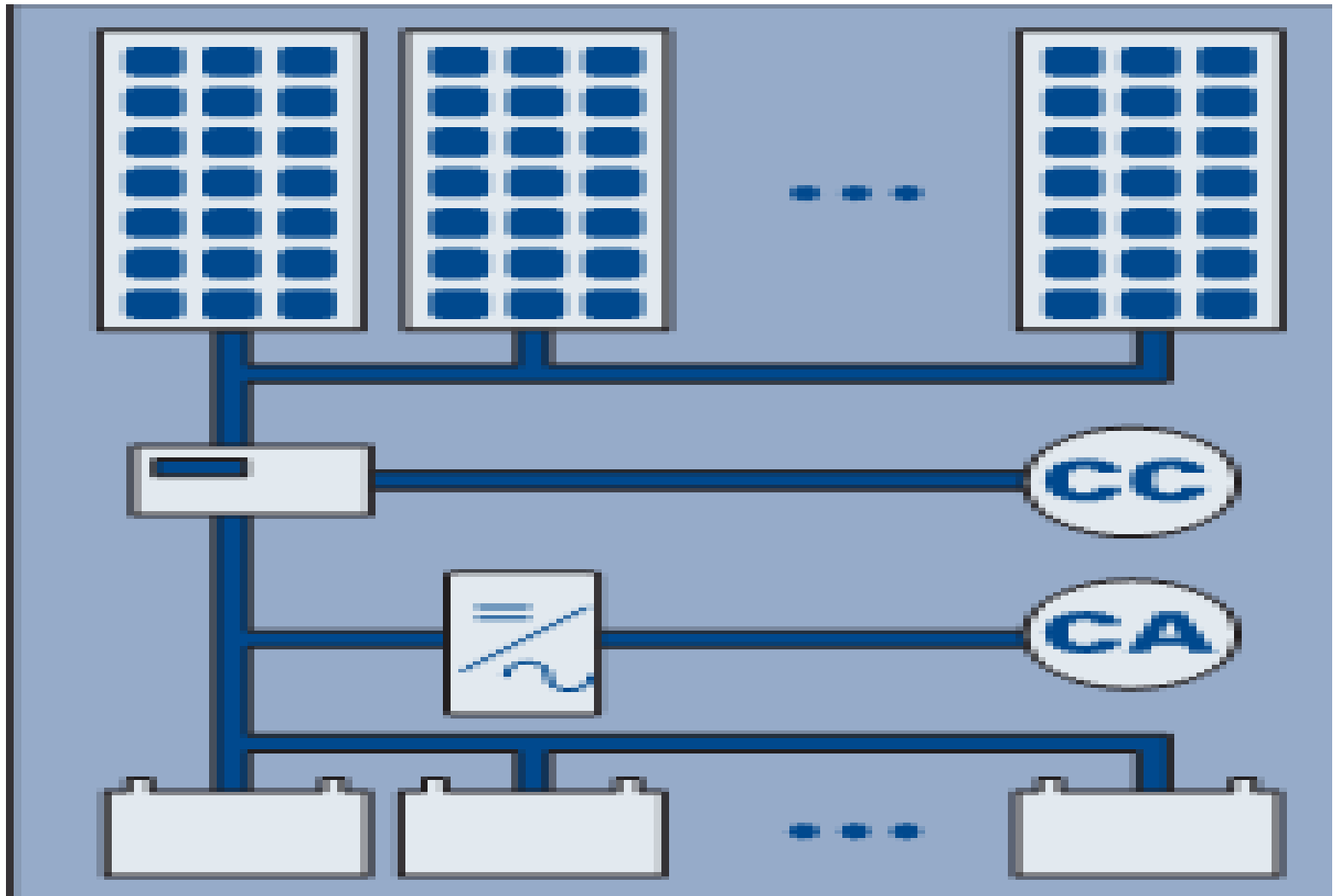


Alimentation du secteur sans accumulation

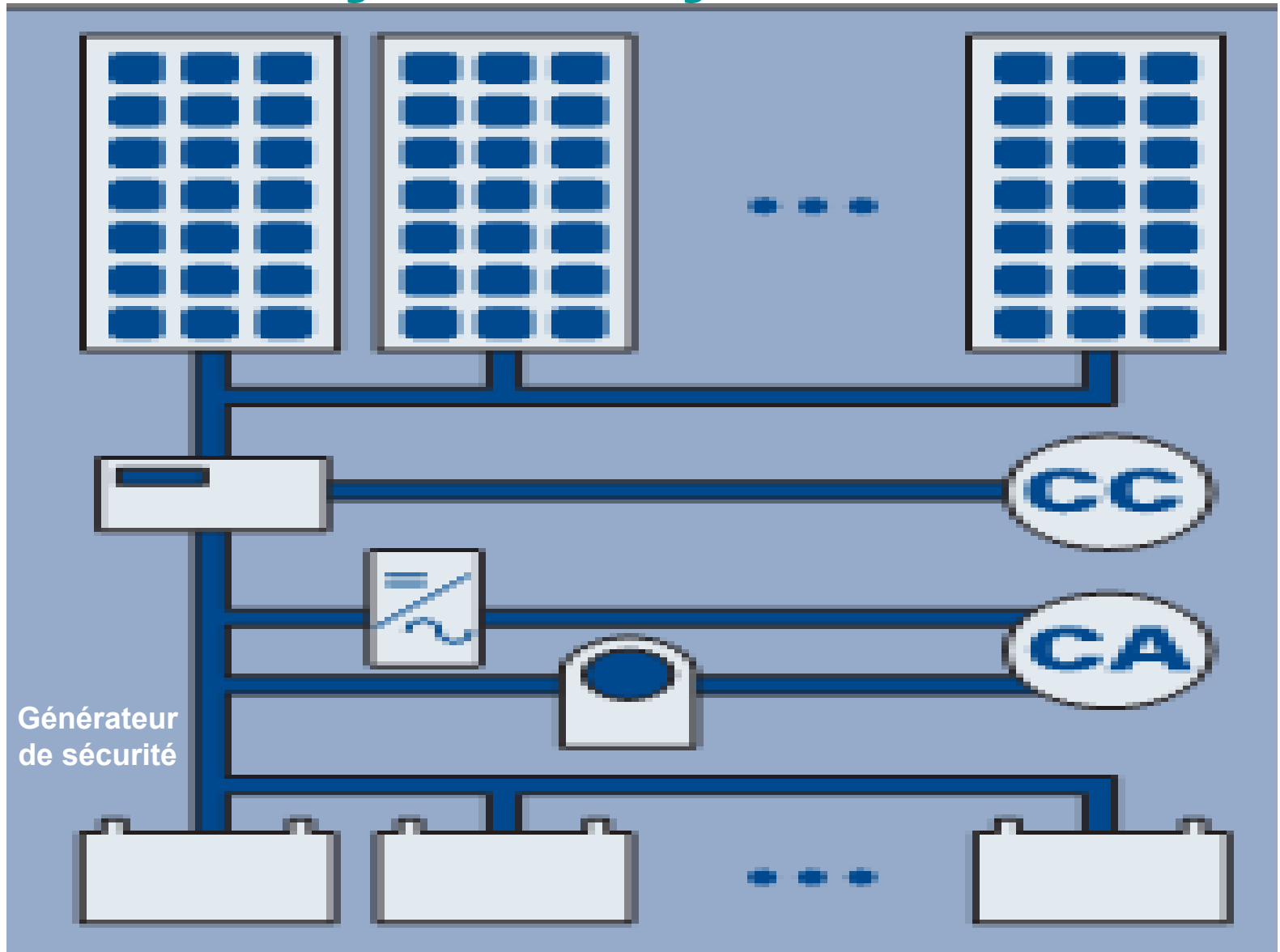
Application : Alimentation du réseau électrique national



Fonctionnement CC/CA



Systeme hybride



6. Nécessité d'insertion du chapitre sur les systèmes photovoltaïques dans le programme de formation des élèves et étudiants en Afrique Sud-saharienne

- Classe de 4^{ème} et 3^{ème} de l'enseignement général – Cours de technologie
- Classe de 3^{ème} et 4^{ème} année toutes séries d'enseignement technique industriel
- Classe de 2nd, 1^{ère} et T^{le} toutes séries d'enseignement technique industriel
- Cycle BTS / DUT / ENSET / FAC de Sciences / Ecole Polytechnique / Grandes Ecoles Scientifiques

Administrations, Organismes et Acteurs à/ impliqués:
Minesec, Minsup, Minrest, Unesco, Minee, Gicam, Syndustricam, PNUD, Chambre de commerce, Mipromalo, Mincom, PM, PR

7. Besoin en recherche et développement

- Outil logiciel d'aide à la conception d'un système photovoltaïque
- Conception et réalisation des régulateurs des systèmes PV
- Etude, adaptation et insertion dans certaines matières scientifiques du programme scolaire
- Facilitation administrative et législative en vue d'attirer les IDE pour:
 1. l'électrification des régions éloignés du réseau électrique national
 2. L'implantation des usines de production du matériel solaire: Panneaux, Batteries, Régulateurs, Lampes, Réfrigérateur, Téléviseur, Radio
- Suppression des droits de douane sur les importations du matériel solaire
- Création d'un fonds pour l'électrification rurale par les énergies nouvelles et renouvelables
- Lancement d'un programme prioritaire d'électrification par les énergies nouvelles et renouvelables de 5000 villages avant la fin de l'année 2008

8. Feuilles de calcul des éléments des systèmes photovoltaïques

- Domicile ou Ecole sans téléviseur
- Domicile ou Ecole avec téléviseur
- Dispensaire, Eglise, Maison communautaire
- Lycée, Hôpital de district, Complexe de spectacle

9. Exercices de calcul des éléments des systèmes photovoltaïques

- Domicile ou Ecole sans téléviseur
- Domicile ou Ecole avec téléviseur
- Dispensaire, Eglise, Maison communautaire
- Lycée, Hôpital de district, Complexe de spectacle

Merci pour votre attention