



REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA

Tanindrazana-Fahafahana-Fandrosoana

—○○○—
**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

—○○○—
UNIVERSITE D'ANTSIRANANA



ECOLE NORMALE SUPERIEURE POUR L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

Département : Electricité

Filière : **PETGE**

=====

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU DIPLOME C.A.P.E.N.
(Certificat d'Aptitude Pédagogique de l'Ecole Normale)

=====

ELABORATION DE LOGICIEL GUIDE POUR L'IMPLANTATION DE CHAMP DE MODULES PHOTOVOLTAIQUES DANS UN LIEU DONNE

Rédigé par :

JEAN Fabrice Géraldo

Encadreur :

M. MOUSSA Christian

PROMOTION VATO

(Volonté – Assiduité – Tolérance – Organisation)

Décembre 2009



ELABORATION DE LOGICIEL GUIDE POUR L'IMPLANTATION DE CHAMP DE MODULES PHOTOVOLTAIQUES DANS UN LIEU DONNE

Actuellement les exploitations des énergies renouvelables ont vu le jour dans les pays développés étant donné le protocole de Kyoto, et la lutte contre l'émission de gaz à effet de serre. Comme en Etats Unies, Allemagne, Espagne, Chine, Inde, et Danemark, les énergies renouvelables entrent dans production d'électricité couplée aux réseaux hauts tensions. Cette participation dépend de bon choix de site et de technologie adaptée.

Pour cela l'utilisation de guide avec la possibilité de simulation des données sera une bonne solution.

Travaux demandés :

- Bref rappel sur la production mondiale de l'énergie électrique ;
- Bref rappel sur les sources des énergies renouvelables ;
- Notion générale sur les photovoltaïques ;
- Donnée sur la production mondiale des énergies photovoltaïques ;
- Elaboration de méthodologie d'élaboration du logiciel ;
- Conception du logiciel ;
- Application sur les données météorologiques de la région ;
- Conclusion.

Encadreur : M. Moussa

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	3
INTRODUCTION	4
CHAPITRE UN : PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE	5
I. PRESENTATION	5
1.1. Centrales thermiques :	5
1.2. Centrales utilisant une forme d'énergie renouvelable	7
II. LA PRODUCTION ET CONSOMMATION MONDIALE DE L'ENERGIE ELECTRIQUE	7
III. L'ENERGIE RENOUVELABLE	8
3.1. Les différentes familles d'énergie renouvelable	8
3.1.1) Energie solaire :	8
3.1.2) Energie éolienne :	9
3.1.3) Energie hydraulique :	10
3.1.4) Biomasse :	10
3.1.5) Energie géothermique :	10
3.2. Les avantages des énergies renouvelables	11
CHAPITRE DEUX : PRODUCTION D'ENERGIE SOLAIRE	13
I. NOTION GENERALE SUR LES PHOTOVOLTAIQUES (PV)	13
1.1. Les cellules photovoltaïques	15
1.1.1. L'effet photovoltaïque	15
1.1.2. Principes et fonctionnement	15
1.1.3. Les différentes technologies	16
1.1.4. Description d'une cellule photovoltaïque	17
1.1.5. Caractéristiques d'une cellule PV	17
1.1.6. Le rendement d'une cellule photovoltaïque	18
1.2. Les principes du panneau solaire	19
2.1. Techniques d'application	20
2.2. Influence d'orientation et d'angle d'inclinaison	24
2.3. Influence de la température sur les fonctionnements d'une cellule PV	26
2.4. Obstacles possibles	27

II. DONNEES SUR LA PRODUCTION MONDIALE DES ENERGIES	
PHOTOVOLTAIQUES	28
CHAPITRE TROIS : METHODOLOGIE D'ELABORATION DU LOGICIEL	30
I. CONCEPTION DU LOGICIEL	30
1.1. Difficulté de choisir les données et paramètres utiles	30
1.2. Dimensionnement d'une installation	31
A. Système autonome	31
B. Système couplé au réseau	35
II. ELABORATION DU LOGICIEL	38
2.1. Organigramme	39
2.2. Programmation et création d'interface	43
III. APPLICATIONS SUR LES DONNEES METEOROLOGIQUES SUR LA REGION DE DIANA	47
3.1. Application sur un site isolé (autonome)	49
3.2. Application sur un système raccordé au réseau	53
Les aspects techniques et entretiens	58
CHAPITRE QUATRE : IMPLICATION PEDAGOGIQUE	61
RAPPEL SUR LES STRUCTURE GENERALE DU NIVEAU DES LANGAGES	62
ALGORITHME ET ALGORIGRAMME (ORGANIGRAMME)	62
I- DEFINITIONS	62
II- L'ALGORITHMME	62
III- STRUCTURE DE BASE	62
IV- DECLARATION DE CONSTANTES, DE VARIABLES ET DE STRUCTURES	62
V- DECLARATION DE PROCEDURES ET DE FONCTIONS	62
VI- LES TYPES DE BASE DE VARIABLES	62
VII- LES OPERATEURS	62
VIII- LES STRUCTURES ALGORITHMIQUES FONDAMENTALES	62
IX- EXEMPLES D'APPLICATIONS	62
EXERCICE	62
CONCLUSION	78
BIBLIOGRAPHIE	79
ANNEXES	81

Mes remerciements sont faits pour rendre hommage à des personnes qui m'ont aidé à l'accomplissement de ces travaux de mémoire de fin d'étude pour les raisons suivantes:

- Mr JEANNOT, le Directeur général de l'ENSET, de m'avoir pris comme étudiant dans l'établissement auquel il dirige;
- Mr MOUSSA Christian, chef de département et mon encadreur, qui m'a aidé sur les documentations et des savoirs pendant le développement de mon sujet de mémoire ;
- Mes professeurs de mes deux dernières années surtout à Mr SAID M'zé, prof de centrales électriques, qui m'a donné plus de détail sur les énergies renouvelables (Photovoltaïques).

Je passe également mes remerciements à ma famille pour les supports et les soutiens morales qu'elles ont éprouvé envers ma situation, particulièrement mon grand frère qui a partagé ses connaissances pendant mes recherches.

Sans oublier mes amis et collègues, surtout ma proche amie de son aide et conseil sur le plan d'idée et orthographe.

Sincèrement !!!

J. Fabrice Géraldo

Une installation photovoltaïque produit de l'énergie électrique sans émission de gaz à effet de serre contrairement aux autres sources d'énergie. Elle fournit de l'électricité grâce à des cellules photovoltaïques qui transforment l'énergie du rayonnement solaire directement en électricité.

L'énergie solaire fait partie des énergies renouvelables qui n'engendrent pas ou peu de déchets ou d'émissions polluantes. Elle participe à la lutte contre l'effet de serre et les rejets de CO₂ dans l'atmosphère.

Une installation photovoltaïque peut être autonome (sites isolés), avec ou sans stockage d'énergie, ou connecté aux réseaux hautes tensions, ceux qui permet également de réduire notre dépendance énergétique, d'épargner des ressources épuisables et de créer de l'activité économique locale et de l'emploi.

Comme dans les pays développés, la production des énergies solaires couplées aux réseaux est très avancée. C'est pour cela que dans notre pays, l'exploitation de cette énergie sera souhaitable d'atteindre le maximum de production. Mais ce dernier dépend de bon choix de site et de technologie adaptée.

L'élaboration de logiciel guide permet de simuler les données à la production du site d'implantation.

Ce présent travail se décompose en trois grands chapitres qui sont :

- La production d'énergie électrique ;
- La production d'énergie solaire ;
- Méthodologie d'élaboration du logiciel guide.

I. PRESENTATION

L'énergie électrique est l'énergie la plus facilement disponible. L'électricité est présente dans tous les foyers et ne posent pas de soucis de stockage, de sécurité ou d'entretien. L'énergie électrique est essentiellement distribuée aux utilisateurs sous forme de courant alternatif par des réseaux en haute, moyenne et basse tension.

La production d'énergie électrique se fait par la transformation des différentes sources d'énergies naturelles par le biais des centrales (de production d'énergie) électrique afin d'alimenter en électricité les consommateurs, particuliers ou industriels relativement lointains. Les différentes centrales existantes, les plus connues dans le monde sont :

1.1. Centrales thermiques :

Une centrale thermique est une centrale électrique qui produit de l'électricité à partir d'une source de chaleur. Cette source peut être un combustible brûlé (tels gaz naturel, certaines huiles minérales, charbon, déchets industriels, déchets ménagers), la fission de noyaux d'uranium 235 ou de plutonium 239.

o Centrales thermiques à flamme :

- **Centrale conventionnelle à chaudière** : elle est constituée d'une chaudière et d'une turbine à vapeur. Sa matière première est plus souvent du charbon mais on trouve aussi des chaudières utilisant de la biomasse, du gaz naturel, du pétrole, ou des déchets municipaux.

- **Turbine à gaz** : en cycle simple, elle est peu coûteuse à construire, de plus elle a l'avantage de démarrer très rapidement (contrairement à une chaudière à vapeur qui a une certaine inertie). Néanmoins, son rendement faible (35% au mieux) empêche de l'utiliser directement pour la production sans valoriser sa chaleur résiduelle, sauf en appoint lors des pics de demande ou à toute petite échelle.

o Centrales nucléaires

Ces centrales utilisent également des cycles conversion thermodynamique, néanmoins leur « chaudière » est un réacteur nucléaire. L'énergie nucléaire obtenue à la suite de la réaction de fission de l'uranium et du plutonium est la source de chaleur utilisée. Les centrales nucléaires produisent environ 15% de l'électricité mondiale. Elles engendrent des déchets radioactifs et tout risque d'accident ne peut être exclu. La probabilité d'occurrence d'un tel accident sur les centrales modernes est sujette à débat.

o Centrale à charbon

Les centrales aux charbons ont connu quelques progrès techniques au XX^e siècle, dont la combustion sur lit fluidisé, puis les cycles supercritiques, qui ont permis d'en améliorer les rendements tout en diminuant leur pollution. La figure ci-dessous représente le schéma simplifié du cycle d'une centrale à charbon :

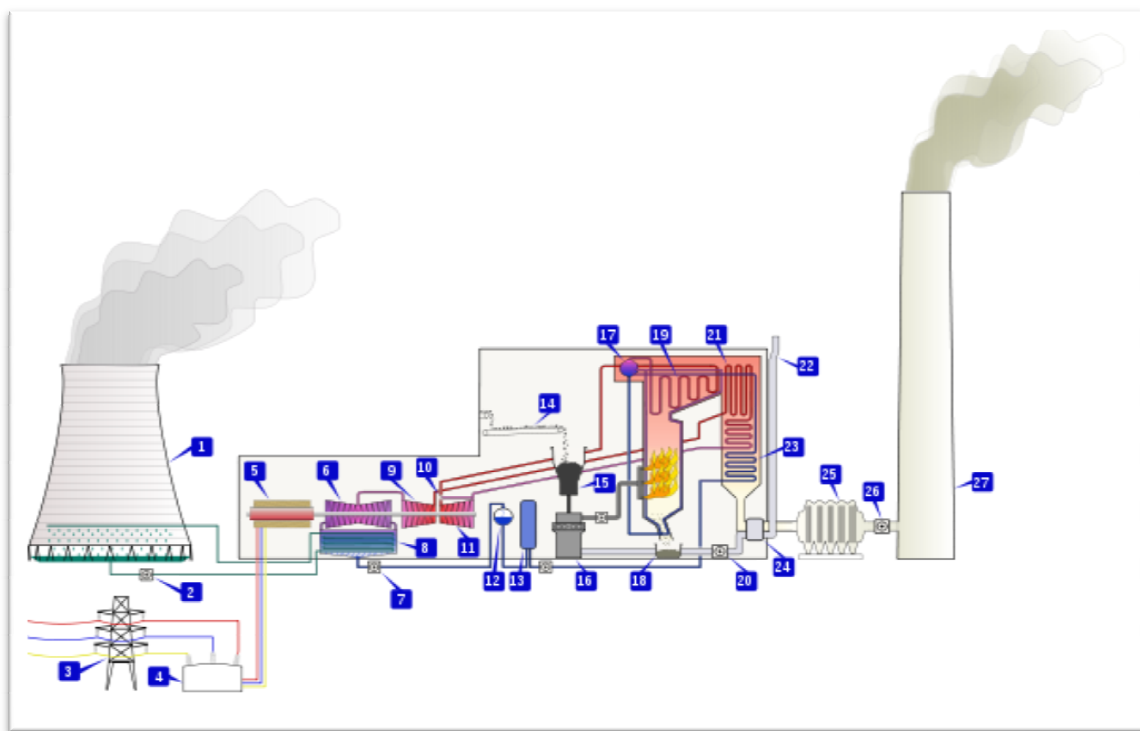


Fig.1.1 : schéma d'une centrale à charbon

1. Tour de refroidissement	10. Valve de contrôle de vapeur	19. Supercalorificateur
2. Pompe de la tour de refroidissement	11. Turbine vapeur à haute pression	20. Ventilateur à traction forcée
3. Ligne de transmission	12. Dégazeur	21. Recalorificateur

triphasée

4. Transformateur step-up	13. Calorificateur aquatique	22. Prise d'air de combustion
5. Alternateur	14. Convoyeur à charbon	23. Économiseur
6. Turbine vapeur à basse pression	15. Entonnoir à charbon	24. Précalorificateur à air
7. Pompe à eau de la bouilloire	16. Pulvérisateur de charbon	25. Précipitateur électrique
8. Condenseur	17. Tambour bouilloire à vapeur	26. Ventilateur à traction induite
9. Turbine à vapeur à pression intermédiaire	18. Entonnoir à cendres	27. Pile de cheminée à gaz

1.2. Centrales utilisant une forme d'énergie renouvelable

Les énergies renouvelables correspondent à différentes sources d'énergie qui se renouvellent à l'échelle humaine.

II. LA PRODUCTION ET CONSOMMATION MONDIALE DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

En 1993, les deux tiers de la consommation de la planète concernaient un peu moins de 20% de la population mondiale. Les États-Unis consommaient 1 407 millions de tonnes équivalent pétrole (1 tep = 4 500 kWh), l'Union européenne, 961 millions et le Japon, 316 millions. En Europe, l'Allemagne consommait 243 millions de tep, la France et la Grande-Bretagne 152, l'Italie 122 et l'Espagne 63. Aujourd'hui, la France utilise 79 millions de tep par an. La production française annuelle s'élève à 450,6 tétrawattheures (TWh), dont elle en consomme 356,2. Les États-Unis produisent 3 211 TWh et en consomment 2 873,9 ; en seconde position vient le Japon, qui en produit 855,5 et en consomme 796,6 ; ensuite le Canada, dont la production atteint les 515,8 TWh et la consommation, 431,4 TWh. En quatrième position se situe l'Allemagne, avec une production de 487,7 TWh et une consommation de 467,2 TWh.

Le tableau ci-après donne un peu de détail sur la production d'énergie électrique de la France en 2006 et mondiale en 2004 : [7]¹

¹ Source : référence bibliographique numéro 7

Tableau1.1 : production d'énergie électrique

	En France en 2006 (%)	Dans le monde en 2004 (%)
En nucléaire	87,5	16
En hydraulique	5,0	16
Gaz naturel	3,2	20
Charbon	3,3	39
Pétrole	1,6	7
En renouvelable (hors hydraulique)	0,9	2

III. L'ENERGIE RENOUVELABLE

Les énergies renouvelables sont issues des phénomènes naturels, réguliers ou constants, provoqués par les astres.

L'énergie renouvelable peut être classée en cinq (5) familles différentes : fournie par le soleil, le vent, la chaleur de la terre, les chutes d'eau, les marées ou encore la croissance des végétaux.

Le solaire (solaire photovoltaïque, solaire thermique), l'hydroélectricité, l'éolienne, la géothermie sont des énergies flux inépuisables par rapport aux « énergies stock » tirées des gisements de combustibles fossiles en voie de raréfaction : pétrole, charbon, lignite, gaz naturel.

3.1. Les différentes familles d'énergie renouvelable

3.1.1) Energie solaire :

Le soleil, principale source des différentes formes d'énergies renouvelables disponibles sur terre. On distingue deux types d'énergie provenant du soleil, qui sont :

 **Energie solaire thermique** : cette source d'énergie est connue depuis très longtemps, notamment par le fait de se positionner à un endroit ensoleillé afin de se réchauffer. Il se caractérise par l'émission d'un rayonnement au détriment de l'énergie calorifique du corps émetteur.

Ainsi, un corps émettant un rayonnement thermique voit son énergie calorifique diminuer et un corps recevant un rayonnement thermique voit son énergie calorifique augmenter. Aujourd'hui, l'énergie solaire thermique connaît différentes applications tels les panneaux

solaires chauffants (production d'eau chaude pour un logement), les fours solaires, l'énergie solaire thermodynamique ou heliothermodynamique.

☀ **Energie photovoltaïque** : elle se base sur l'effet photoélectrique pour créer un courant électrique continu à partir d'un rayonnement électromagnétique. Cette source de lumière peut être naturelle (soleil) ou bien artificielle (une lampe).

3.1.2)Energie éolienne :

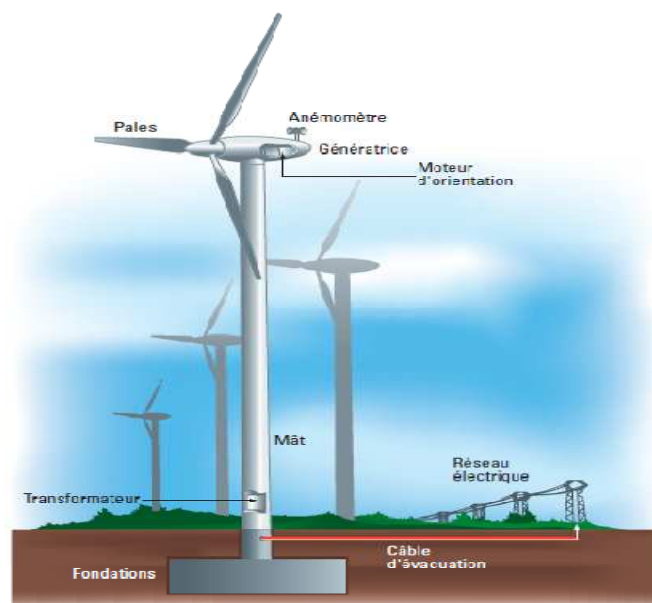


Fig.1.2 : aérogénérateurs modernes

L'énergie éolienne provient de l'énergie cinétique de masse de l'air en mouvement. La quantité d'énergie produite dépend principalement de la vitesse du vent et de la densité de l'air. La puissance et l'énergie produites augmentent exponentiellement avec la hauteur et la vitesse du vent. Par conséquent, les parcs éoliens situés dans les endroits les plus exposés au vent sont les plus rentables et permettent d'offrir un coût de production plus concurrentiel.

Les aérogénérateurs (éoliennes) modernes (cf. : fig.1.2) ne ressemblent plus à nos anciens moulins à vent chers à Cervantès mais bénéficient maintenant d'une expérience qui a abouti à simplifier les choix de conception et de réalisation. La transformation de l'énergie cinétique de l'air en énergie mécanique se fait en utilisant deux phénomènes aérodynamiques, celui de la traînée qui se traduit par une force dans le sens du vent et celui de la portance qui se traduit par une force perpendiculaire à ce mouvement.

3.1.3)Energie hydraulique :

A l'instar de l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique tire son origine dans les phénomènes météorologiques et donc du soleil. Ces phénomènes prélèvent de l'eau principalement dans les océans ou fleuves et libèrent une partie sur les continents à des altitudes variables. On parle du cycle de l'eau pour décrire ces mouvements. De l'eau en altitude possède une énergie potentielle de pesanteur, cette énergie est captée, transformée, lors des mouvements de l'eau qui tend à retourner dans ses sources. Avant l'avènement de l'électricité, il s'agissait de capter cette énergie mécanique et d'entraîner des outils (turbines, moulins à eau). Plus tard, on a transformé cette énergie mécanique en énergie électrique.

Autres énergies hydrauliques :

- **Energie des vagues** : utilise la puissance du mouvement des vagues ;
- **Energie marémotrice** : issue du mouvement de l'eau créé par les marées (variations du niveau de la mer, courant de marée) ;
- **Energie hydrolienne** : les hydroliennes utilisent les courants sous marins ;
- **Energie maréthermique** : produit en exploitant la différence de température entre les eaux superficielles et les eaux profondes des océans ;
- **Energie osmotique** : la diffusion ionique provoquée par l'arrivée d'eau douce dans l'eau salée de la mer est source d'énergie.

3.1.4)Biomasse :

Il s'agit d'énergie solaire stockée sous forme organique grâce à la photosynthèse. Elle est exploitée par combustion. Cette énergie est considérée comme renouvelable si on admet que les quantités brûlées n'excèdent pas les quantités produites. On peut citer notamment le bois et les biocarburants.

3.1.5)Energie géothermique :



Fig.1.3 : centrale géothermique

Géothermie, science qui étudie les phénomènes thermiques internes du globe terrestre. La température augmente au fur et à mesure que l'on s'enfonce dans les couches interne de la terre, exception faite des quelques dizaines de mètres qui subissent des contraintes extérieures périodiques (rayonnement solaire par exemple). A l'exception des sources thermales naturelles, le flux géothermique est beaucoup trop faible à la surface pour être exploité directement.

L'énergie géothermique est transférée à la surface de la terre par diffusion dans des milieux géologiques particuliers, par les mouvements de convection du magma lorsque celui-ci effleure la surface, et par la circulation d'eau chauffée en profondeur, remontant par une cheminée restée perméable dans le plan d'une faille.

Le principe d'une centrale géothermique consiste à extraire l'énergie géothermique contenue dans le sol pour l'utiliser sous forme de chauffage ou pour la transformer en électricité. La chaleur de la terre est produite par la radioactivité naturelle des roches qui constituent la croûte terrestre : c'est l'énergie nucléaire produite par la désintégration de l'uranium, du thorium et du potassium.

Par rapport à d'autres énergies renouvelables, la géothermie profonde ne dépend pas des conditions atmosphériques (soleil, pluie, vent). Les gisements géothermiques ont une durée de vie de plusieurs dizaines d'années.

3.2. Les avantages des énergies renouvelables

Avantages escomptés

La civilisation moderne est très dépendante de l'énergie et spécialement des énergies non renouvelables, qui s'épuiseront tôt ou tard (et même plus tôt que tard). Passer d'une ressource actuellement non renouvelable à une ressource renouvelable suscite des espoirs, certains justifiés, d'autres moins.

Avantages en terme géopolitique et de sécurité

Selon une étude récente (2007) commandée par le ministère de l'environnement allemand, comparativement aux grandes centrales énergétiques thermiques (dont nucléaire) et hydroélectrique qui centralisent la production énergétique, les énergies propres, sûres,

renouvelables quand elles sont décentralisées présentent de nombreux intérêts en termes de sécurité énergétique, intérieure, militaire et civile, en matière de risque terroriste, de même que pour la sécurité climatique, le développement, les investissements et les marchés financiers.

Les énergies renouvelables sont une source de sécurité dans les domaines économiques, sociaux et environnementaux, surtout lorsqu'une gamme de sources complémentaires d'énergie est exploitée (par exemple l'éolien fonctionne mieux quand il n'y a pas de soleil et le solaire produit souvent plus quand il n'y a pas de vent).

Si elles diminuent la dépendance au pétrole aux autres ressources fossiles, et en améliorant l'indépendance énergétique, les énergies renouvelables réduisent leur importance donc les conflits potentiels qu'ils peuvent nourrir, contribuant ainsi à la paix dans le monde (dans la mesure seulement où les conflits d'intérêt en sont le moteur ou le carburant).

Autres avantages

Les énergies renouvelables sont souvent collectivement dotés de caractéristiques favorables dont seulement certaines bénéficient réellement, telles que

- la sûreté (faible risque d'accident, faible conséquence d'un éventuel accident, régularité de la fourniture, ...) ;
- la propreté (peu voire pas du tout de déchets, peu dangereux et facile à gérer : recyclables, par exemple) ;
- la décentralisation (développement local des territoires, réserve d'emplois locaux non décentralisable, etc.) ;
- le respect de l'environnement, lors de la fabrication, pendant le fonctionnement, et enfin de vie (démantèlement).

Dans notre projet, nous nous intéressons surtout sur la production d'énergie solaire plus précisément sur l'énergie photovoltaïque que l'énergie solaire thermique. La création d'un champ photovoltaïque connecté aux réseaux ou d'une source autonome sera le but de cette étude.

I. NOTION GENERALE SUR LES PHOTOVOLTAIQUES (PV)

La conversion de l'énergie du soleil en énergie électrique a été mise en évidence pour la première fois en 1839 par le physicien Antoine Becquerel [4]². Depuis lors, les piles photoélectriques (« cellules photovoltaïques » ou « cellules PV ») ont connu une évolution considérable. L'énergie solaire se répartit en deux catégories d'énergie fournie :

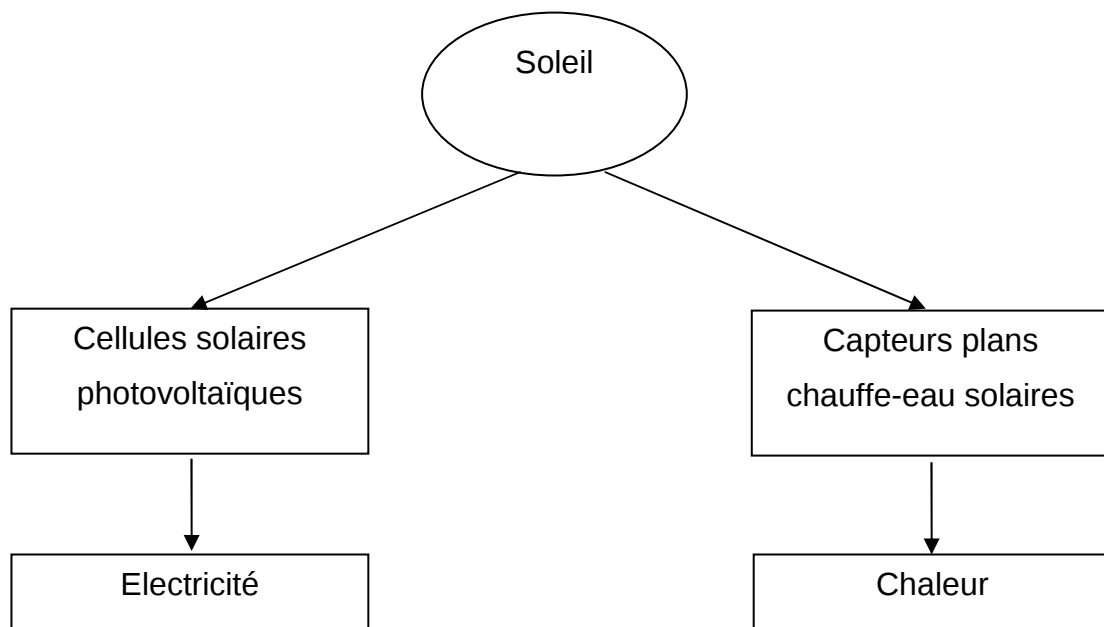


Fig.2.1 : schéma de transformation d'énergie solaire.

² Source référence bibliographique numéro 4

L'énergie solaire photovoltaïque convertit directement le rayonnement lumineux en électricité. Elle utilise ce qu'on appelle modules photovoltaïques composés de cellules solaires ou photopiles qui réalisent cette transformation d'énergie.

Elle est radicalement différente de l'énergie solaire thermique qui, quand à elle, produit de la chaleur à partir du rayonnement solaire infrarouge afin de chauffer de l'eau ou de l'air. On utilise dans ce cas des capteurs thermiques qui relèvent d'une toute autre technologie. Dans le langage courant, ce sont des chauffe-eau solaires ou des capteurs à air chaud.

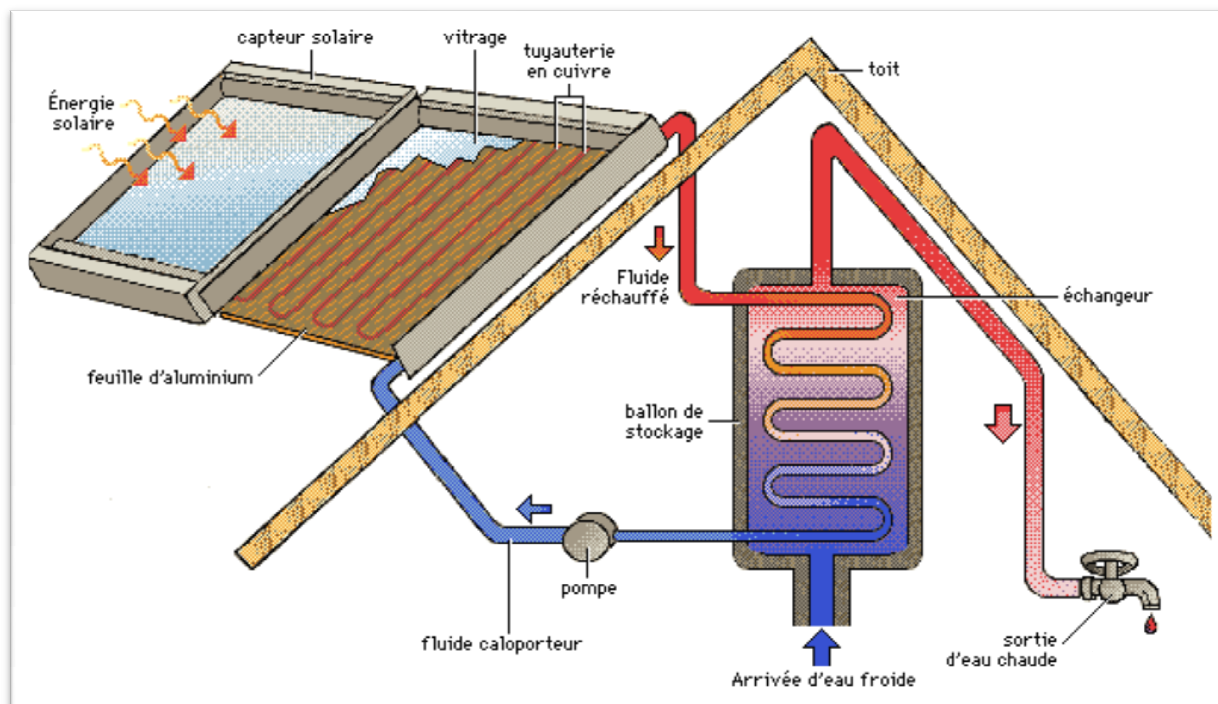


Fig.2.2 : chauffe-eau solaire

La technologie du chauffe-eau solaire, accessible à un coût modéré, nécessite des températures de l'ordre de 60 ou de 70 °C et des capteurs plans simples. L'économie apportée par ce moyen de chauffage, qui est néanmoins accompagné d'un chauffage d'appoint, est importante. Les chauffe-eau solaires sont répandus dans certains pays assez ensoleillés, tels que le Japon, l'Israël et l'Australie. Depuis les années 1980, la France commence à s'intéresser à cette technologie. Les capteurs plans sont fixés sur le toit. Le dispositif de chauffage est muni de deux circuits d'eau qui se rejoignent au sein du ballon de stockage : celui de l'eau (fluide caloporteur) qui s'échauffe dans le capteur solaire et celui de l'eau à usage domestique.

1.1. Les cellules photovoltaïques

1.1.1. L'effet photovoltaïque [7]³

Lorsqu'un matériau est exposé à la lumière du soleil, les atomes exposés au rayonnement sont bombardés par les photons constituant la lumière, sous l'action de ce bombardement les électrons des couches électroniques supérieures (appelé électron de couche de valence) ont tendance à être arraché ou décroché. Si l'électron revient à son état initial, l'agitation de l'électron se traduit par un échauffement du matériau, l'énergie cinétique du photon est transformé alors en énergie thermique. Par contre dans les cellules photovoltaïques, une partie des électrons ne revient pas à son état initial, les électrons décrochés créent une tension électrique continue faible. Une partie de l'énergie cinétique de photon est ainsi directement transformée en énergie électrique, c'est **l'effet photovoltaïque**.

Le terme photovoltaïque (PV) vient du Grec « **Photos** » qui désigne la lumière, « **voltaïque** » mot dérivé du nom du physicien Italien Alessandro VOLTA connu pour ses travaux sur l'électricité.

1.1.2. Principes et fonctionnement [15]⁴

La conversion de la lumière en électricité, appelée conversion photovoltaïque, se produit dans des matériaux semi-conducteurs. Le semi-conducteur le plus utilisé est disponible en très grande quantité sur terre : il s'agit du Silicium (Si) présent dans le sable sous forme de silice et de silicates.

Une cellule photovoltaïque est une fine plaque composée de plusieurs couches de silicium. La couche supérieure et celle inférieure sont en contact avec des électrodes.

Les cellules PV absorbent les photons (ces « grains » ou particules élémentaires de lumière qui composent le rayonnement du soleil). Sous l'impact des photons, des électrons se détachent d'une couche, fond le tour du circuit électrique et passent dans l'autre couche. Ils créent ainsi un courant électrique continu qui sera proportionnel à la quantité de lumières (photons) qui atteint la surface de la cellule. Pour attirer les électrons vers les électrodes, on utilise une force interne. Le dopage de la partie avant (type P) et arrière (type N) de la tranche de silicium permet, grâce à la différence de potentiel, d'obtenir une jonction qui entraîne le courant vers l'extérieur. La lumière devient ainsi électricité.

³ Source référence bibliographique numéro 7

⁴ Source référence bibliographique numéro 15

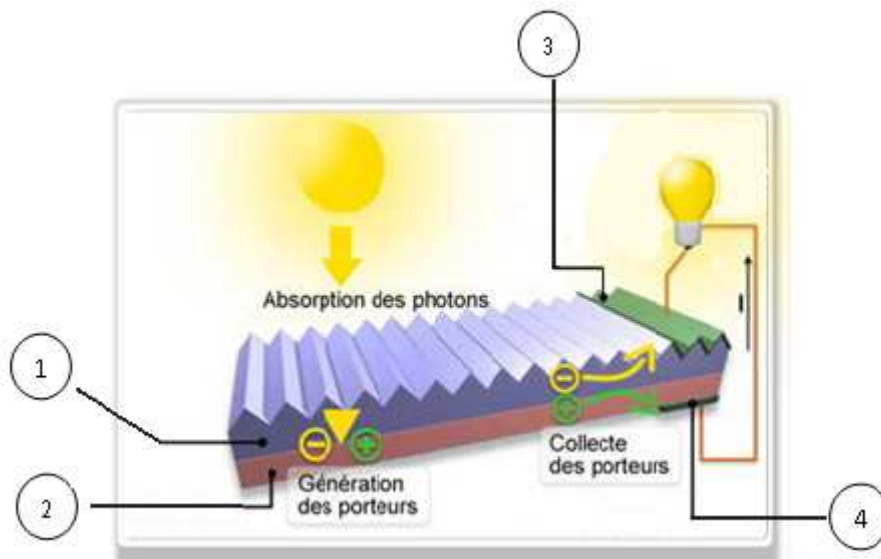


Fig.2.3.1 : principes et fonctionnement d'une cellule PV

Légende :

1 : zone dopée n

3 : contact sur zone n

2 : zone dopée p

4 : contact sur zone p

Pour protéger les cellules photovoltaïques qui sont fragiles et qui craignent l'humidité, on les assemble généralement sous forme de modules avec une vitre de protection et un cadre en aluminium. C'est ce qu'on appelle le plus souvent le panneau PV (cf. **fig.2.4**).

1.1.3. Les différentes technologies [14]

Il existe un grand nombre de techniques différentes, mais les principales mises en œuvre et commercialisées sont le silicium cristallin et le silicium amorphe ou encore appelé « couche mince ».

🔦 **Le silicium cristallin** : les cellules en silicium cristalline représente la majorité des cellules disponible sur le marché. existe en deux types de cellules :

- **les cellules monocristallines** : les photopiles sont formées d'un seul cristal ordonné. Fabriqué en barreaux étirés à partir d'un germe, il peut aussi être recristallisé à haute température.

- **Les cellules poly (ou multi) cristallines**, sont constituées de cristaux de 1mm à environ 2 cm assemblés. Moins onéreux à fabriquer, elles sont obtenues, dans de grands creusets industriels, à partir de blocs de silicium purifié fondus puis refroidis.

Sur ces « wafers » (plaquettes), différents traitements permettent l'incorporation des dopants, la mise en place d'un traitement antireflets et la mise en place des contacts métalliques.

Les photopiles sont assemblées en séries pour augmenter la tension, protégées par encapsulation (scellées par de la résine entre deux feuilles de verre). La photopile est, alors, opérationnelle.

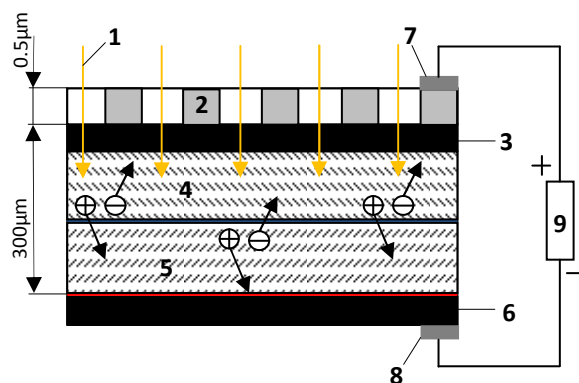
Le silicium amorphe

La structure atomique du silicium est ici désordonnée. Dans ce cas, la capacité d'absorption est environ mille fois supérieure à celle du silicium cristallin. Une très fine couche de quelques microns suffit pour absorber l'essentiel du spectre visible.

Ces photogénérateurs sont donc capables de générer, à moindre coût, des tensions de 3, 6 ou 12V, et cela, même sur de petites surfaces. Elles sont plus minces et peuvent même être déposées sur des supports flexibles. Par contre leur rendement est plus bas que celui des cellules cristallines.

1.1.4. Description d'une cellule photovoltaïque [7]

Malgré la différence entre les technologies utilisées, les caractéristiques de base des composants d'une cellule sont les mêmes.



1. Rayonnement incident
2. Grille conductrice
3. Revêtement anti fléchissant
4. Couche de silicium dopée N
5. Couche de silicium dopée P
6. Surface conductrice arrière
7. Electrode négative
8. Electrode positive
9. Récepteur électrique

Fig.2.3.2: description d'une cellule PV

1.1.5. Caractéristiques d'une cellule PV

Le **watt-crête (Wc)** est la puissance d'un module (d'une cellule) photovoltaïque correspondant à la puissance de 1W délivré sous des conditions optimales appelées Standard Test Condition (STC) :

- Rayonnement instantané par le temps (éclairage) 1000 W/m^2 ;
- Température de cellule de 25°C ;
- Spectre solaire Air Masse (AM) de 1,5 ;
- Plein sud et inclinaison d'environ 30° par rapport à l'horizontale.

Comme dans tous les systèmes énergétiques, l'énergie disponible aux bornes d'une cellule PV est fonction de l'énergie entrante et des pertes ce que l'on peut écrire de la façon suivante :

$$E_{el} = E_{lum} - p_{th}$$

Avec E_{el} : énergie électrique disponible aux bornes de la cellule ;

E_{lum} : énergie incidente (flux lumineux) ;

p_{th} : perte thermique (par convection, rayonnement et conduction).

1.1.6. Le rendement d'une cellule photovoltaïque [4]

Le rendement d'une cellule PV est le rapport entre l'énergie électrique qu'elle fournit et l'énergie du rayonnement (visible ou invisible à l'œil, lumineux ou solaire) reçue ou

incidente : $\eta = \frac{E_{el}}{E_{lum}}$

Contrairement à la condition de teste standard (STC) c'est-à-dire avec le soleil au zénith, sous le ciel nuageux (altocumulus), l'éclairement baisse vers 100 à 500 W/m². Avec un ciel totalement couvert (stratus), l'éclairement atteint péniblement les 50 W/m².

Remarque :

- Appart la distinction par leur couleur et leur aspect, les cellules monocristallines atteignent le rendement (16%) le plus élevé, alors que les cellules amorphes sont moins chers.
- Dans le STC, une installation solaire d'une puissance de 1kWc fournit 900 kWh d'électricité par an.

Tableau 2.1 : Production totale d'électricité produite par l'installation solaire au cours d'une année. [12]⁵

	Rendement (%)	Puissance (Wc/m ²)	Production (kWh/kWc)	Surface nécessaire pour 30Kwc
Silicium Amorphe	faible 7	60	950 à 1100	500 m ²
Silicium "Polycristallin"	12	130	900 à 1000	230 m ²
Silicium "Monocristallin"	maximum 16	140	900 à 1000	210 m ²
Capteurs «HIT» fine plaque de silicium monocristallin enrobée dans des couches de silicium amorphe ultra fines	18/19	150/160	?	190 m ²

Source : les panneaux PV- Chambres d'agriculture Bretagne.

1.2. Les principes du panneau solaire

Pour obtenir une puissance suffisante, les cellules sont reliées entre elles et constituent un module appelé aussi « **panneau solaire** », en fonction de la puissance désirée les panneaux eux-mêmes peuvent être associés pour constituer un champ solaire photovoltaïque (voire le schéma ci-après).

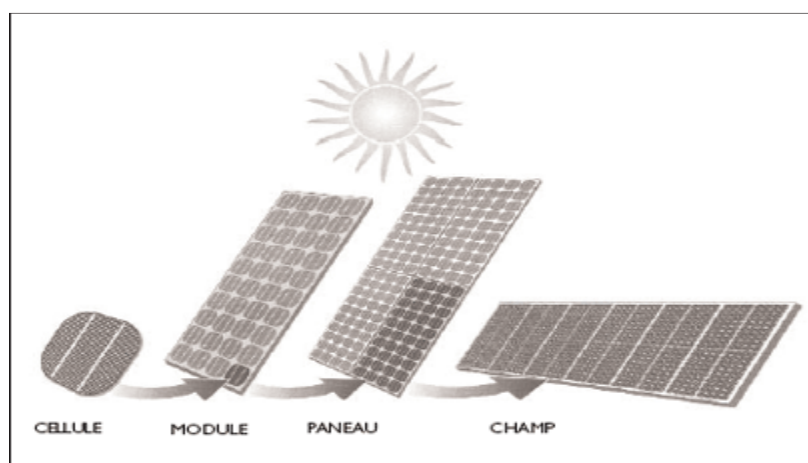


Fig.2.4 : composant d'un champ de module

⁵ Source référence bibliographique numéro 12

Le principe de fonctionnement diffère selon les applications et il est par fois nécessaire de convertir le courant continu généré en courant alternatif par le biais d'un onduleur intégré à l'installation solaire.

2.1. Techniques d'application

L'installation photovoltaïque peut se faire en deux systèmes différents :

a. Les systèmes autonomes [7]

Les systèmes autonomes dépendent uniquement de l'énergie solaire pour répondre à la demande d'électricité. Ils peuvent comporter des accumulateurs qui emmagasinent l'énergie produite par les modules, servant la nuit ou quand le rayonnement solaire est insuffisant. En règle générale, ces systèmes sont installés là où ils constituent la source d'énergie la plus économique.

Avantage :

- Le système permet de produire de l'électricité dans des lieux isolés.

Inconvénients :

- Les installations autonomes ne produisent pas assez d'énergie pour subvenir aux besoins (nocturnes principalement).
- Il est nécessaire de stocker l'énergie solaire pour les périodes non ensoleillées dans des batteries.
- Les batteries et les piles à combustibles coûtent très cher.

Pour ce système, deux cas sont proposés :

❖ L'alimentation au fil du soleil

o Principe

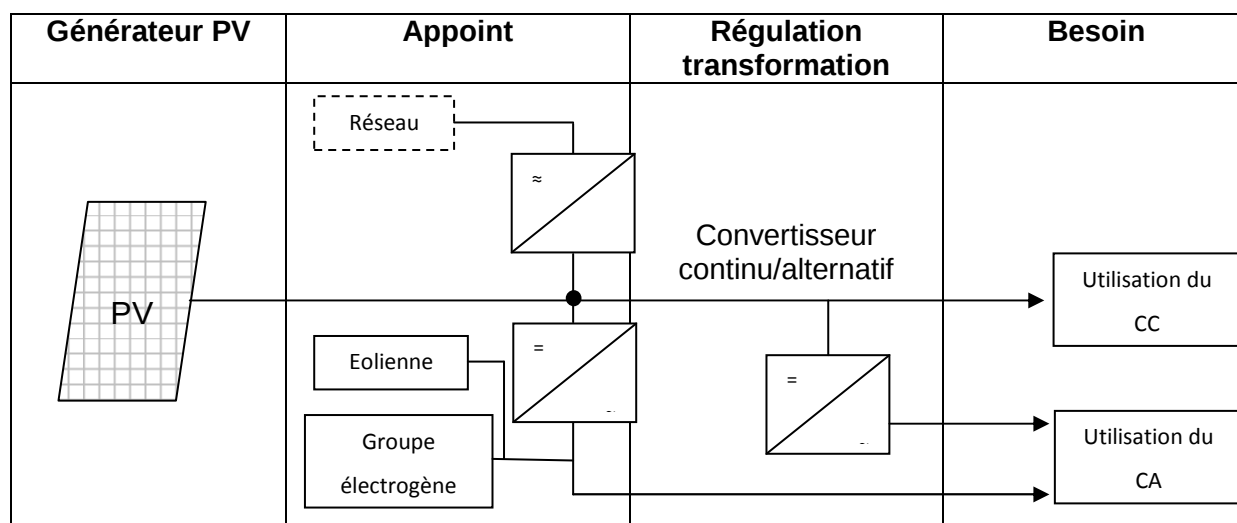
Relié au soleil sans autre élément, le panneau solaire fonctionne au fil du soleil c'est-à-dire que la puissance électrique fournie au récepteur est fonction de la puissance d'éclairement. Elle est donc son maximum lorsque le soleil est zénith et nulle la nuit.

o Domaine d'utilisation

Pompe d'irrigation, chargeur, jouet....

o Schéma de l'installation

Tableau 2.2 : système sans stockage avec appoint.



❖ L'alimentation avec stockage sur batterie

o Principe

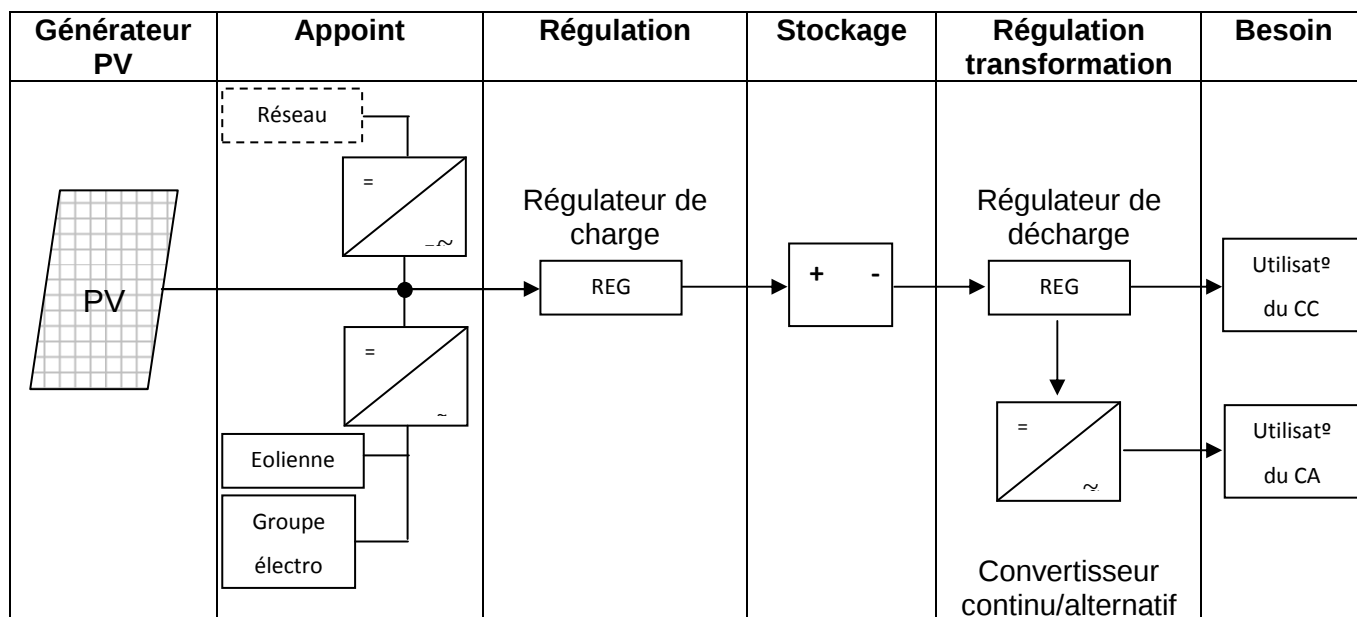
Très souvent les besoins d'énergie ne correspondent pas aux heures d'ensoleillement ou nécessite une intensité régulière (éclairage ou alimentation de réfrigérateur), on équipe alors le système de batteries d'accumulateur qui permettent de stocker l'énergie et de la restituer en temps voulu. Un régulateur est alors indispensable pour protéger la batterie contre les surcharges, pour les décharges profondes nocives à sa durée de vie.

o Domaine d'utilisation

Habitation autonome, véhicule, éclairage public, signalisation, calculatrice....

o Schéma d'installation

Voire le tableau ci-après.

Tableau 2.3 : système avec stockage avec appointRemarque :

- L'utilisation des appoints est facultatif, ils sont utilisés pour compléter ou secourir en cas de besoin ;
- On utilise des onduleurs pour les convertisseurs de courant.

b. Les systèmes raccordés au réseau [13]⁶

Ce deuxième cas correspond est l'objectif de notre recherche. Souvent les pays développés (France, Danemark...), les installations PV sont connectées au réseau. En effet, les producteurs d'énergie électrique à partir des sources renouvelables, généralement des compagnies privées, injectent leur produit aux Réseaux afin d'aider ces derniers à approvisionner les utilisateurs et aussi pour des raisons politiques. Par conséquent, l'énergie provenant du système solaire est utilisée comme appoint.

Les systèmes raccordés au réseau sont une résultante de la décentralisation du réseau électrique. L'énergie est produite plus près des lieux de consommation et non pas seulement par de grandes centrales électriques ou hydroélectriques. Un système connecté à un réseau produit sa propre électricité et achemine son excédent d'énergie vers le réseau, auprès duquel il s'approvisionne au besoin. Ces transferts éliminent le besoin d'acheter et d'entretenir une batterie d'accumulateurs.

⁶ Source référence bibliographique numéro 13

Avantages :

- Il n'y a pas de problème de stockage, L'onduleur permet d'injecter directement l'électricité produite dans le réseau électrique de la maison ou vers le réseau public.
- L'électricité ainsi produite peut être rachetée par les producteurs locaux.
- Il y a très peu de frais d'entretien.

Inconvénients :

- Le coût d'installation reste relativement élevé.

Voici un schéma simplifié d'un système photovoltaïque raccordé au réseau électrique interne de l'habitation :

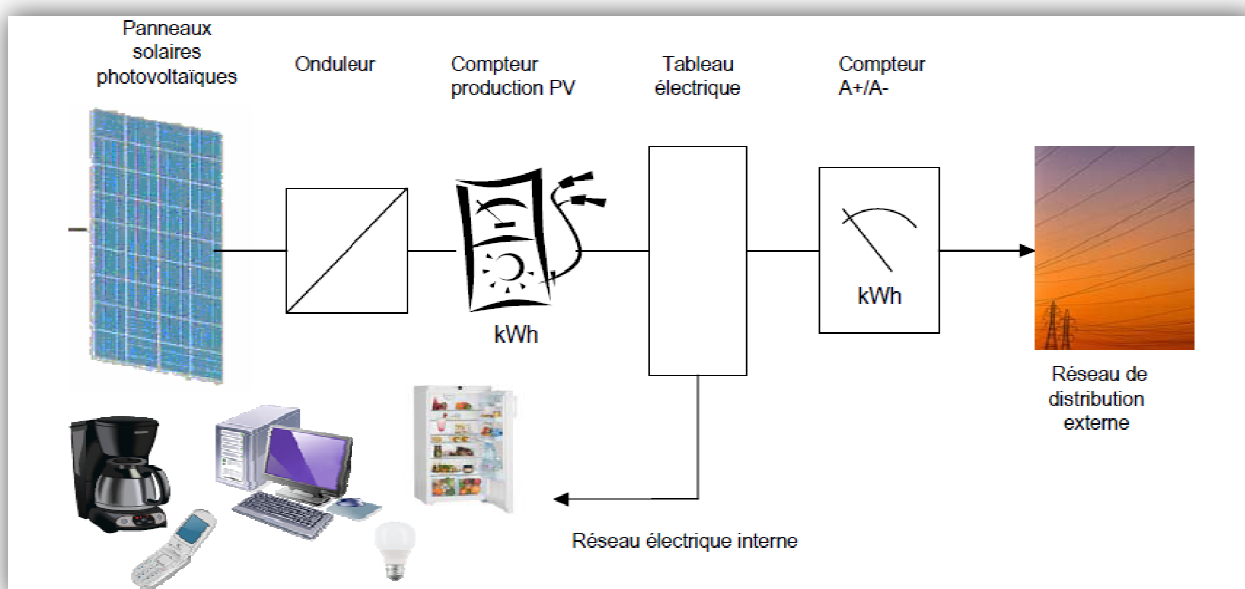


Fig.2.5 : raccordement d'une installation PV.

Panneaux solaires : Les **panneaux solaires** doivent répondre aux normes en vigueur.

Les panneaux solaires fonctionnent de 25 à 30 ans. Ils sont systématiquement garantis pour une certaine période. Ceux-ci présentent toujours une perte de rendement avec le temps. Ainsi, un rendement garanti est communiqué par le fabricant (généralement 90% après 10 ans et 80% après 25 ans).

L'onduleur : Il faut un **onduleur** afin que l'électricité produite puisse être utilisée directement dans la maison. Dans le meilleur cas, on placera l'onduleur tout près des modules photovoltaïques (au maximum 10 à 15 m) pour éviter des pertes en ligne trop importantes. L'onduleur doit être situé à un endroit aéré, accessible et protégé de la pluie et des rayons directs du soleil. Le rendement de l'onduleur doit être supérieur à 91% avec une garantie générale de 10 ans. Après 10-15 ans, il devra être remplacé. Cet onduleur doit être

conforme à la norme européenne DIN VDE 0126 (2006), laquelle tient compte notamment de la qualité du courant (tension, fréquence, phase), de la sécurité et de la fiabilité (la performance ne peut pas diminuer avec le temps).

Compteurs énergétiques : Pour mesurer l'électricité produite et l'électricité consommée, deux **compteurs énergétiques** doivent être installés :

- le premier compteur mesure l'électricité nette produite par l'installation photovoltaïque.
- Le deuxième, un compteur bidirectionnel A+/A-, remplace le compteur présent dans l'habitation. Ce compteur mesure l'énergie fournie à l'habitation séparément de celle mise sur le réseau lorsque la production des panneaux solaires est supérieure à la consommation de l'habitation.

Options de raccordement :

Dans les pays occidentaux, lors de la connexion du système photovoltaïque au réseau, trois options différentes de branchement sont possibles :

- **Option vente de la totalité de la production** : l'intégralité de la production sera injectée sur le réseau et vendue au tarif fixé par la loi. Cette option de branchement est en général un peu plus onéreuse que l'option vente de surplus.

- **Option vente de surplus** : la production électrique est prioritairement consommée sur place par les appareils en cours de fonctionnement (autoconsommation). Seul le surplus de la production par rapport aux consommations instantanées sera injecté sur le réseau et vendu.

- **Option autoconsommation totale** : l'intégralité de la production est réputée consommée sur place. Aucun compteur de production n'est installé (très faible coût de connexion réseau). Cette dernière option revient alors à un système autonome avec appoint qui est le réseau.

2.2. Influence d'orientation et d'angle d'inclinaison [1]

Une surface orientée au sud avec une inclinaison de 30° est optimale (facteur de correction = 1). L'influence d'orientation et d'inclinaison est relativement modérée, ce qui donne la variation du facteur de correction, comme la montre la figure ci-après.

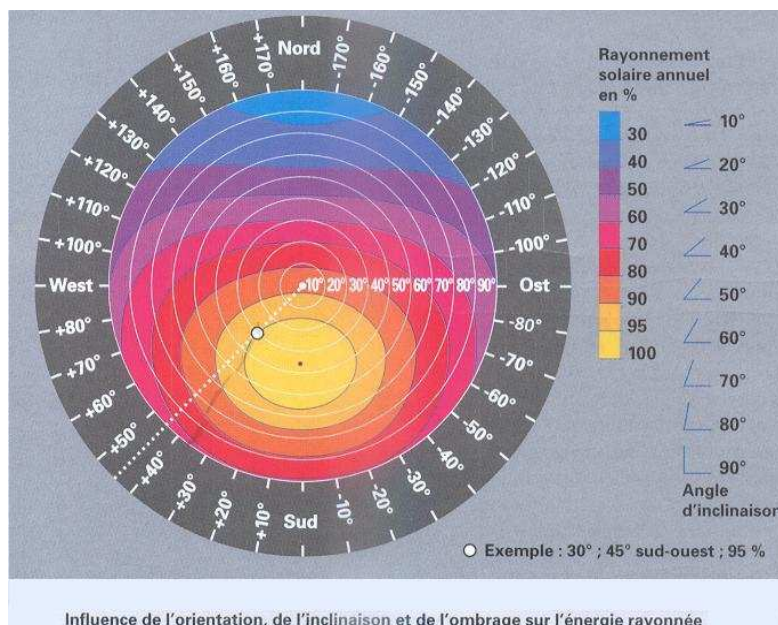


Fig.2.6.1 : influence de l'orientation et de l'angle d'inclinaison sur l'irradiation annuelle.

La position du soleil est définie par deux angles : sa hauteur angulaire h – l'angle entre la direction du soleil et le plan horizontal du lieu – et son azimut α – l'angle entre le méridien du lieu et le plan vertical passant par le soleil, compté négativement vers l'Est.

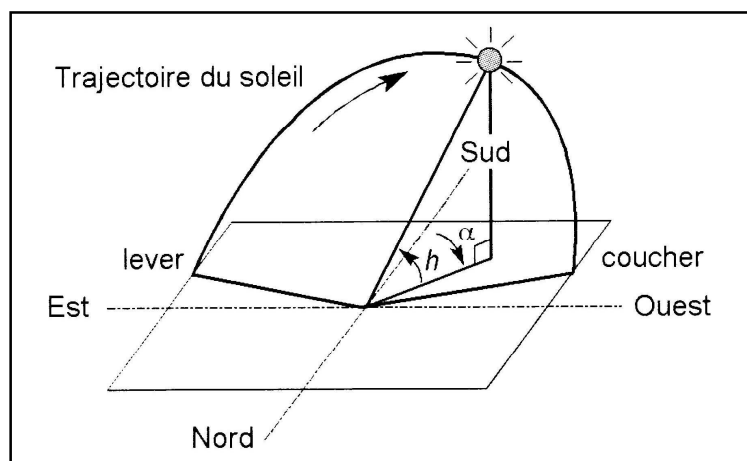


Fig.2.6.2 : position du soleil (hauteur et azimut)

Le tableau ci-après montre la variation du facteur de correction selon l'orientation et l'inclinaison du capteur solaire.

Tableau 2.4 : facteur de correction par rapport au calcul du rendement d'une installation PV.

		Inclinaison par rapport à l'horizontale (°)			
		0	30	60	90
orientation	Est	0,93	0,90	0,78	0,55
	Sud-est	0,93	0,96	0,88	0,66
	Sud	0,93	1,00	0,91	0,68
	Sud-ouest	0,93	0,96	0,88	0,66
	ouest	0,93	0,90	0,78	0,55

Source : mémo installation solaire photovoltaïque - ADEME

2.3. Influence de la température sur les fonctionnements d'une cellule PV [4]

Les caractéristiques d'une cellule PV dépendent de la température de jonction au niveau de la surface exposé. Le comportement de la cellule PV en fonction de la température est complexe, les courbes suivantes représentent l'évolution du courant et de la tension en fonction de la température de jonction de la cellule, les autres conditions extérieures restent fixes.

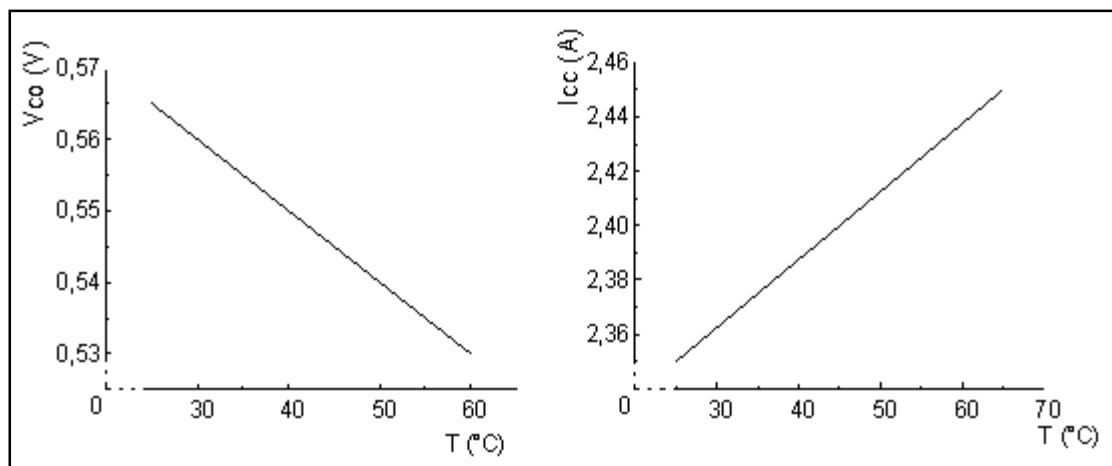


Fig.2.7: $V_{co}(T)$ et $I_{cc}(T)$ pour une irradiation constante.

Avec V_{co} : tension de circuit ouvert (en silicium, la tension V_{co} est de 0,4 à 0,6V).

I_{cc} : intensité de courant au court-circuit (le courant I_{cc} est de l'ordre de 12mA/cm²).

D'après les courbes précédentes, lorsque la température augmente, la tension diminue alors que le courant augmente. Dans le cas de cellule au silicium, le courant augmente d'environ 0,025mA/cm²/°C ; alors que la tension décroît de 2,2mV/°C. La baisse globale de la puissance est environ de 0,4%/°C.

N.B : Ainsi plus la température augmente moins la cellule est performante.

2.4. Obstacles possibles

Comme indiqué précédemment, les choix de l'orientation et de l'angle d'inclinaison influencent le rendement ainsi que la variation de température.

Les panneaux doivent rester propres. Il conviendra donc d'éviter tout dépôt de saleté comme des poussières et des déjections d'oiseaux. Généralement, la pluie nettoie suffisamment la surface des modules, si une inclinaison minimale des modules de 15° est respectée. Néanmoins, une vérification périodique est conseillée.

A côté de cela, **la présence d'ombre** sur la surface du toit peut également perturber le fonctionnement. Il est essentiel d'éviter l'ombre due à des poteaux, des arbres, des fenêtres des toits, des cheminées et des bâtiments car l'ombre provoque une baisse de rendement importante.

On distingue deux types d'ombrage : **ombrage total** et **ombrage partiel**.

- L'ombrage complet empêche tout rayonnement direct et indirect d'atteindre une partie de cellule PV (par exemple une déjection d'oiseau, une branche d'arbre sur le panneau...);
- L'ombrage partiel empêche seulement le rayonnement direct d'atteindre une partie de la cellule PV (par exemple l'ombrage d'une cheminée, d'un arbre ou d'un nuage...).

En cas de connexion en série, si un seul panneau est partiellement ou totalement ombragé, ainsi la cellule la plus faible va déterminer et limiter la puissance des autres cellules.

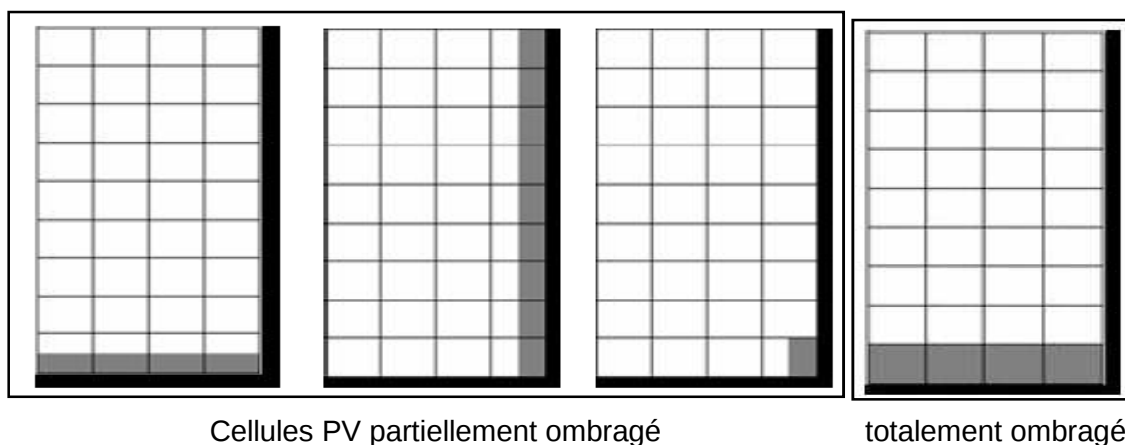


Fig.2.8 : Exemples d'ombrage sur des panneaux photovoltaïques qui peut réduire la puissance d'un module de 50 % jusqu' au 0%.

II. DONNEES SUR LA PRODUCTION MONDIALE DES ENERGIES PHOTOVOLTAIQUES [15]⁷

Les données mondiales de la production des énergies PV ont été prises par un nouveau rapport de la **Commission européenne** de la production de panneaux solaires. Cette commission qui est la **JRC** (Joint research centre - JRC) publie aujourd'hui son nouveau rapport intitulé « *Photovoltaics Status Report* ». Cette étude scientifique s'appuie sur l'analyse des dernières données en matière de fabrication internationale et de mise sur le marché pour 2007, ainsi que sur les développements politiques et stratégiques les plus récents, jusqu'à septembre 2008.

Le diagramme ci-après représente l'augmentation de la production d'électricité depuis l'an 1990 à 2007, pour le Japon, Europe, République populaire de Chine, Taïwan, Etats Unies, et le reste du monde :

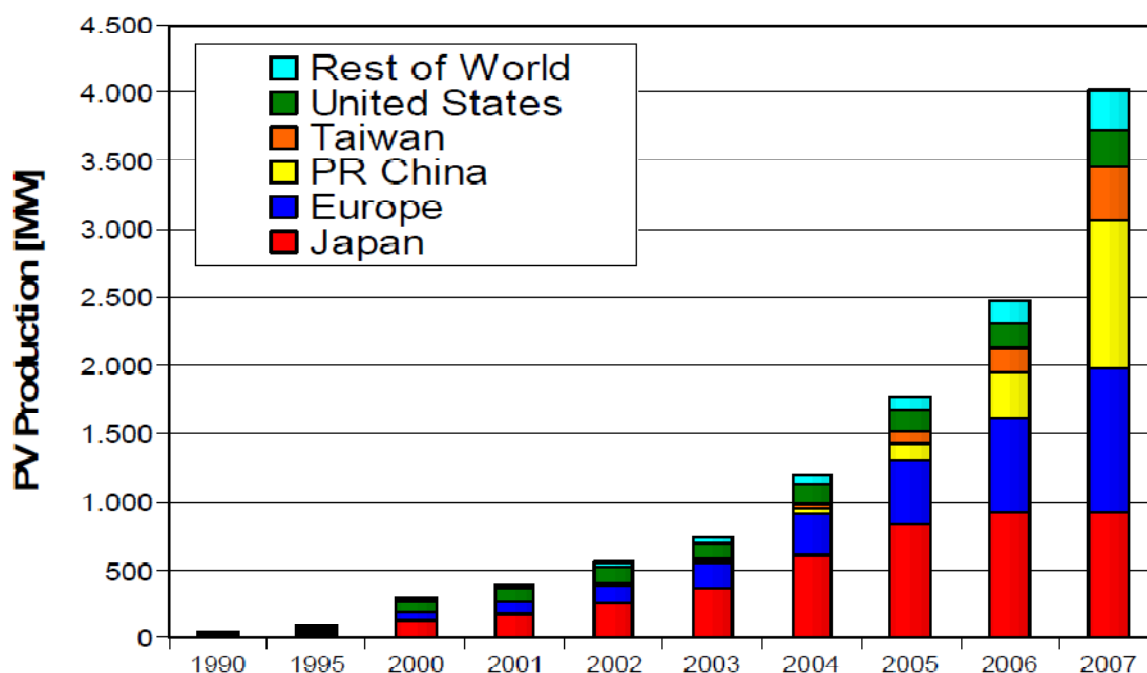


Fig.2.9 : Production PV mondiale, de 1990 à 2007

Sources: PV News, Photon International et analyse du JRC

La production d'énergie solaire par système PV est vraiment lancée en Japon, Europe et en Etats Unies vers l'an 2000. Elle apparaisse en suit sur le reste du monde en 2003. La Chine et le Taïwan ont commencé leur production en 2004 et tout ça a été augmenté

⁷ Source référence bibliographique numéro 15

progressivement suivant le temps avec une vitesse de croissance très importante surtout pour le Japon, Europe et La Chine.

Le diagramme suivant présente alors l'estimation de la production prévue de la capacité de production d'énergie solaire en électricité :

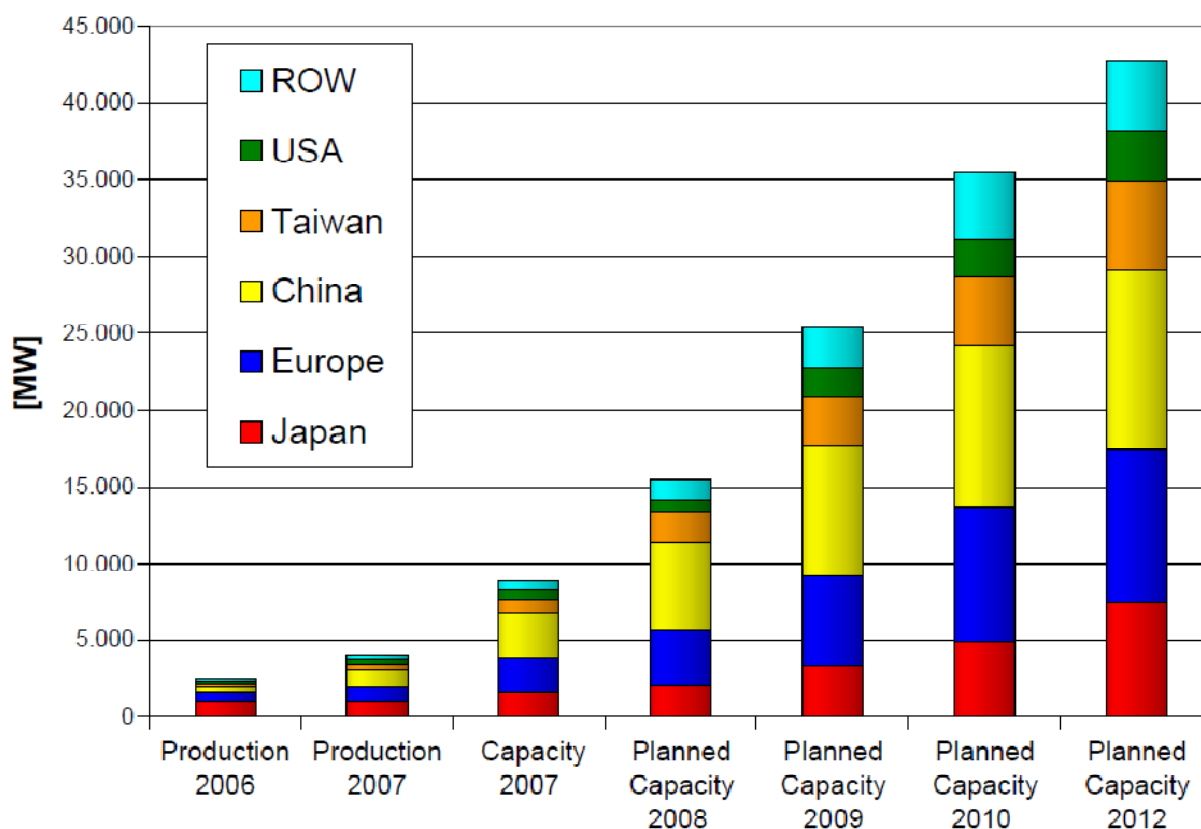


Fig.2.10 : Production PV mondiale en 2006 et 2007, avec l'augmentation prévue de la capacité de production

Sources: PV News, Photon International et analyse du JRC

D'après le diagramme, d'ici 2012, la Chine devrait représenter 27% de la capacité de production mondiale de cellules solaires, (environ 42,8 GW), suivie par l'Europe (23%), le Japon (17%) et Taiwan (14%).

Notre recherche consiste à élaborer un logiciel afin de faciliter le dimensionnement des installations photovoltaïques. Ces installations des panneaux solaires peuvent être placées à un site isolé (autonome) ou raccordée au réseau. Cette dernière n'est pas encore très lancée pour notre pays. Mais dans les pays développés, ils utilisent ce qu'on appelle «champ photovoltaïque » qui est souvent placé sur le toit d'un bâtiment ou sur une terrasse.

I. CONCEPTION DU LOGICIEL

1.1. Difficultés de choix des données et des paramètres utiles

Dans un dimensionnement d'une installation photovoltaïque, les calculs et les choix des données pour les variables d'entrées forment des difficultés majeures. La moindre erreur de ces dernières, peut provoquer un manque ou surplus de la requête (objectif).

- La première difficulté est la connaissance de puissances totales et d'énergies des charges : l'évaluation de la charge avec précision et le choix du pas de temps ;
- La deuxième difficulté consiste à bien savoir sélectionner les données météorologiques telles que :
 - Flux solaire ;
 - Température externe ;
 - Vitesse du vent ;
 - Nébulosité ;
 - Humidité de l'air ;
 - Teneur en poussière de l'atmosphère local.
- La troisième sera le choix de stockage en batterie qui est en fonction de leur capacité de stockage (en jour d'autonomie) et des paramètres qui sont :
 - Profondeur de décharge maximale ;
 - Régimes de charges et de décharges ;
 - Recyclages ;
 - Autonomie de charge ;
 - Durée de vie ;
 - Problème de sulfatation

- Corrosion ;
- Effet de mémoire.

1.2. Dimensionnement d'une installation [4] et [6]⁸

On va considérer les deux cas de systèmes d'installation qu'on a citée avant. La conception d'une installation photovoltaïque ne s'arrête pas sur le dimensionnement des panneaux solaires, mais il y a aussi les différents équipements qui complètent le système, en tenant compte aussi des difficultés majeures précisées précédemment.

Pour le système raccordé au réseau ou pour un site isolé, les calculs d'énergie produite par les panneaux et la puissance d'onduleur nécessaire se font par la même méthode. Seuls les multiples des unités qui les diffèrent. Mais au système autonome, il est nécessaire d'introduire le stockage par batterie ainsi que son régulateur. Le développement des expressions de calculs sont présentés dans la suite du travail.

A. Système autonome

Pour bien dimensionner un système photovoltaïque autonome, il faut tenir compte des paramètres et des marges afin de minimiser les erreurs.

1) Panneaux solaires

Avant de passer au dimensionnement, il faut évaluer les besoins d'énergie journalière de la cite qu'on va installer le système. C'est-à-dire, calculer l'énergie totale des charges.

- o L'énergie nécessaire à la charge :

$$E = \sum P * t \quad (1)$$

Avec, E : énergie nécessaire à la charge [Wh] ;

P : puissance de charge [W] ;

t : durée de fonctionnement de charge [h].

⁸ Source référence bibliographique numéro 4 et 6

o Puissance des panneaux solaires :

Pour calculer cette puissance, on divise la consommation par l'ensoleillement journalier le plus défavorable sur une période d'utilisation du lieu d'implantation et dans la position du panneau (orientation et inclinaison retenues).

Exemples : A Diégo, la valeur globale d'ensoleillement journalier moyen est de 5kWh/m²/j (5kWh/m²/j est assimilé à 5h d'un ensoleillement de 1000W/m²).

L'installation présente une perte de performance de 50% sur son rendement.

$$P_i = \frac{E}{i} \quad (2)$$

$$P_c = \frac{P_i}{k} \quad (3)$$

$$(2) \text{ et } (3) \rightarrow P_c = \frac{E}{i \cdot k} * 1,5 \quad (4)$$

Avec, P_c : puissance crête des panneaux [Wc] ;

P_i : puissance intermédiaire sans coefficient de correction [W] ;

i : irradiation solaire par rapport à l'ensoleillement dans le STC (1000W/m²) [h] ;

k : coefficient de correction (orientation/inclinaison) (cf. tableau 2.4).

o Nombre de panneaux :

La connaissance de la puissance nominale d'un panneau à utiliser nous permet de savoir le nombre de panneaux pour couvrir notre besoin.

$$N = \frac{P_c}{P_n} \quad (5)$$

Avec, N : nombre de panneaux solaires à installer ;

P_n : puissance nominale d'un panneau solaire [Wc].

2) Batterie de stockage

Le stockage se calcule à partir du nombre de jours d'autonomie nécessaire (en moyenne (3) trois jours pour Madagascar, pour pallier les successions de jours mal ensoleillés).

- o Le besoin de capacité théorique de stockage :

$$C = \frac{E \cdot a}{V_{\text{ins}}} \quad (6)$$

Avec, C : capacité de stockage théorique [Ah] ;

a : jour d'autonomie [j] ;

Vins : tension d'installation (tension du panneau sera égale à la tension de la batterie) [V].

- o La capacité réelle nécessaire :

Mais comme la batterie verra sa capacité réduite en fonctionnement pour des contraintes techniques, alors on adoptera une majoration :

- Pour une batterie solaire un coefficient de perte en décharge de 70% → 0,7 ;
- Pour une batterie classique un coefficient de perte en décharge de 50% → 0,5.

$$\text{On a alors : } C_r = \frac{C}{m} \quad (7)$$

Avec, Cr : capacité de stockage réelle [Ah] ;

m : coefficient de perte en décharge (on utilise, dans notre cas, 0,7).

- o Nombre de batteries :

$$n = \frac{C_r}{C_n} \quad (8)$$

Avec, Cn : capacité de stockage nominale d'une batterie [Ah].

3) Régulation de charge et décharge

La régulation des charges sera dimensionnée pour la puissance totale des panneaux (en fonction du nombre des panneaux utilisés) :

$$P_t = P_n \cdot N \quad (9)$$

Sous la tension de l'installation, avec une marge de 50% environs.

- o Le courant du régulateur :

$$I_r = \frac{P_t}{V_{ins}} * 1,5 \quad (10)$$

Avec, I_r : courant du régulateur [A] ;

P_t : puissance totale de panneaux [Wc].

- o Nombre du régulateur :

$$x = \frac{I_r}{I_{nr}} \quad (11)$$

Avec, x : nombre de régulateurs utilisés ;

I_{nr} : courant nominal d'un régulateur [A].

4) Convertisseur continu/alternatif (onduleur)

Le dimensionnement de l'onduleur doit être réalisé en adéquation avec la puissance du champ photovoltaïque et doit être compris entre 0,7 et 1 fois la puissance du champ photovoltaïque. On considère une perte de conversion de 5 à 7%. Alors, on peut adopter que la puissance d'onduleur sera égale à 0,9 fois de la puissance du champ photovoltaïque.

- o Puissance d'onduleur :

$$P_o = P_c * p \quad (12)$$

Avec, P_o : puissance d'onduleur [W] ;

p : coefficients de pertes (on prend la moyenne 0,9).

- o Courant à l'entrée d'onduleur :

$$I_o = \frac{P_o}{V_{ins}} \quad (13)$$

Avec, I_o : courant de l'onduleur [A].

- o Nombre d'onduleur :

$$y = \frac{P_o}{P_{no}} \quad (14)$$

Avec, P_{no} : puissance nominale d'un onduleur [W].

B. Système couplé au réseau [3]⁹

Le dimensionnement de ce système ressemble au dimensionnement de l'installation d'un site isolé. Mais, on ne dimensionne que les panneaux solaires et l'onduleur. Le dimensionnement du système Photovoltaïque raccordé au réseau a trois possibilités d'entamer le calcul de reste du paramètre, soit :

- ★ On a la surface disponible : il faut dimensionner en fonction de la surface ;
- ★ On a déjà le budget de construction (investissement pour les panneaux);
- ★ On a la valeur d'énergie à atteindre.

Si une de ces trois propositions est présente. Le dimensionnement du système peut se faire normalement ou bien en sens inverse.

Donnée : énergie à fournir

Comme l'expression (4) du système autonome précédent, la méthode de calcul de la puissance du champ photovoltaïque suit l'étape de cette dernière avec une perte de performance de 50%.

- o La puissance du champ PV :

$$P_c = \frac{E}{i \cdot k} * 1,5 \quad (15)$$

Avec, P_c : puissance crête du champ PV [kWc] ;

E : énergie totale estimée à fournir [kWh] ;

i : irradiation solaire ramené au nombre d'heure équivalent [h] ;

k : facteur de correction.

- o Nombre de panneaux

$$N = \frac{P_c}{P_n} \quad (16)$$

Avec, P_n : puissance nominale du panneau [kWc] ;

N : nombre de panneaux.

⁹ Source référence bibliographique numéro 3

Notez qu'il vaut mieux chercher à installer une puissance importante pour mieux amortir les coûts fixes et avoir un meilleur temps de retour sur l'investissement. Par contre, il est certain qu'en installant une puissance plus importante. L'investissement de départ est également plus élevé.

📌 Donnée : surface disponible

Pour 8m² de panneaux, on peut installer une puissance de 1kWc environs selon le rendement. Mais, on va fixer à 8m². Alors, on raisonne avec la surface totale.

- o La puissance du champ PV :

$$P_c = \frac{S_t}{8} \quad (17)$$

Avec : S_t= surface totale disponible [m²] ;

8 : valeur équivalent de 1kWc.

- o Nombre de panneaux :

$$N = \frac{P_c}{P_n} \quad (18)$$

C'est à partir de la valeur de puissance de panneaux qu'on va calculer les énergies produites.

- o Energies produites

$$E = \frac{P_c}{1,5} * (i * k) \quad (19)$$

📌 Donnée : Budget pour les panneaux

Si on connaît le prix unitaire du panneau suivant la puissance de ce dernier, on peut alors calculer les nombres du panneau nécessaire.

- o Nombre de panneaux

$$N = \frac{Inv}{PU} \quad (20)$$

Avec : Inv. : investissement pour les panneaux solaires [Ar] ;

PU : prix unitaire du panneau [Ar].

Autre méthode :

Une autre méthode consiste à dimensionner les panneaux avec des paramètres définis dans une année et sans tenir compte de la variation de la donnée météorologique :

- o La puissance du champ PV :

Chaque kWc produira plus ou moins 850kWh par an, alors on a une énergie :

$$E_{1kWc} = 850 * k \quad (16)$$

Avec, E_{1kWc} : énergie corrigée équivalent en kWc [kWh] ;

k : facteur de correction.

On ramène E_{1kWc} au nombre d'heure équivalent, ce qui nous donne une puissance :

$$Pc = \frac{E}{E_{1kWc}} \quad (17)$$

Avec, Pc : puissance crête du champ PV [kWc].

L'expression du nombre de panneaux ainsi que le dimensionnement de l'onduleur seront les mêmes. Mais, il faut mettre tous les valeurs en kilo (exemple un panneau de 100Wc vaut 0,1kWc et paraît aussi pour l'onduleur).

Les principales sources de pertes énergétiques sont : [1]

- *Pertes par ombrage* : l'environnement d'un module photovoltaïque peut inclure des arbres, montagnes, murs, bâtiments, etc. Il peut provoquer des ombrages sur le module ce qui affecte directement l'énergie collectée.
- *Pertes par poussière ou saletés* : leur dépôt occasionne une réduction du courant et de la tension produite par le générateur photovoltaïque. (~3-6%)
- *Pertes par dispersion de puissance nominale* : les modules photovoltaïques issus du processus de fabrication industrielle ne sont pas tous identiques. Les fabricants garantissent des déviations inférieures de 3% à 10% autour de la puissance nominale.
- *Pertes de connexions* : La connexion entre modules de puissance légèrement différente occasionne un fonctionnement à puissance légèrement réduite. Elles augmentent avec le nombre de modules en série et en parallèle. (~3%)

- *Pertes angulaires ou spectrales* : Les modules photovoltaïques sont spectralement sélectifs, la variation du spectre solaire affecte le courant généré par ceux-ci. Les pertes angulaires augmentent avec l'angle d'incidence des rayons et le degré de saleté de la surface.
- *Pertes par chutes ohmiques* : Les chutes ohmiques se caractérisent par les chutes de tensions dues au passage du courant dans un conducteur de matériau et de section donnés. Ces pertes peuvent être minimisées avec un dimensionnement correct de ces paramètres.
- *Pertes par température* : En général, les modules perdent 0,4 % par degré supérieur à sa température standard (25°C en conditions standard de mesures STC). La température d'opération des modules dépend de l'irradiation incidente, la température ambiante et la vitesse du vent (5 % à 14 %).
- *Pertes par rendement DC/AC de l'onduleur* : l'onduleur peut se caractériser par une courbe de rendement en fonction de la puissance d'opération. (~6 %)
- *Pertes par suivi du point de puissance maximum* : l'onduleur dispose d'un dispositif électronique qui calcule en temps réel le point de fonctionnement de puissance maximum (3 %).

En conclusion, les valeurs moyennes du coefficient de performance PR oscillent entre 0,5 et 0,75. L'analyse de l'Agence Internationale pour l'énergie montre que les PR varient considérablement de 0,25 à 0,9 avec une valeur moyenne de 0,72.

II. ELABORATION DU LOGICIEL

Le logiciel guide pour l'implantation de champ de module photovoltaïque a été créé par un langage de programmation qu'on a choisi « Delphi7 ». Vu que les expressions de calculs semblent moins compliquer. Ce dernier peut produire une interface fascinante et simple avec la facilité d'accès aux programmes.

Avant d'écrire les programmes sur Delphi, on va d'abord établir un organigramme ou algorithme afin de mieux comprendre les détails.

2.1. Organigramme

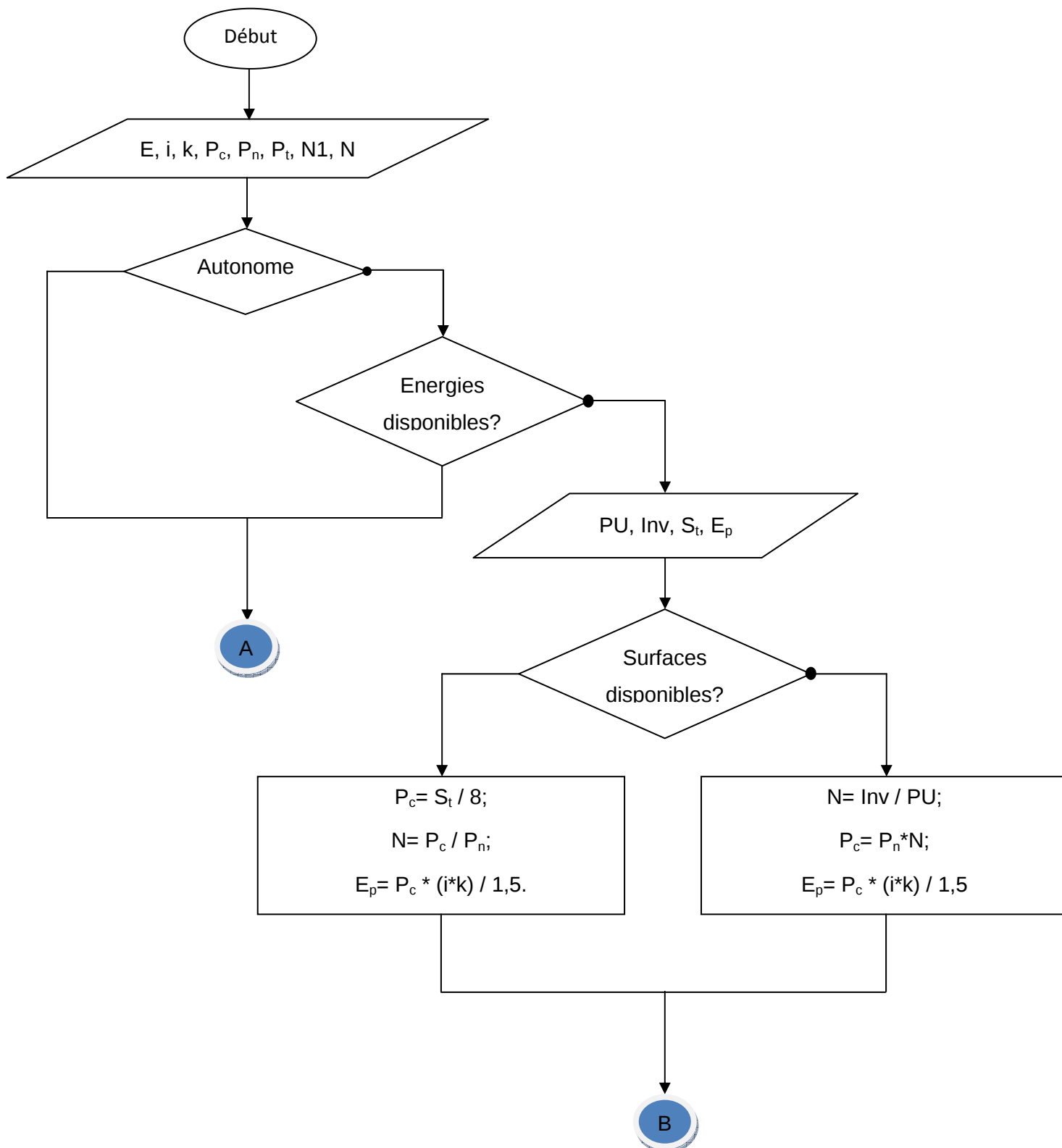
Avant de commencer l'organigramme, on doit connaître les variables d'entrées ainsi que les paramètres à calculer. Pour notre cas, on ne va pas introduire le calcul d'énergie des charges dans le programme. Alors, il faut faire d'abord le calcul de puissances multipliées par temps manuellement. Et c'est ce résultat qu'on déclare comme variable d'entrée.

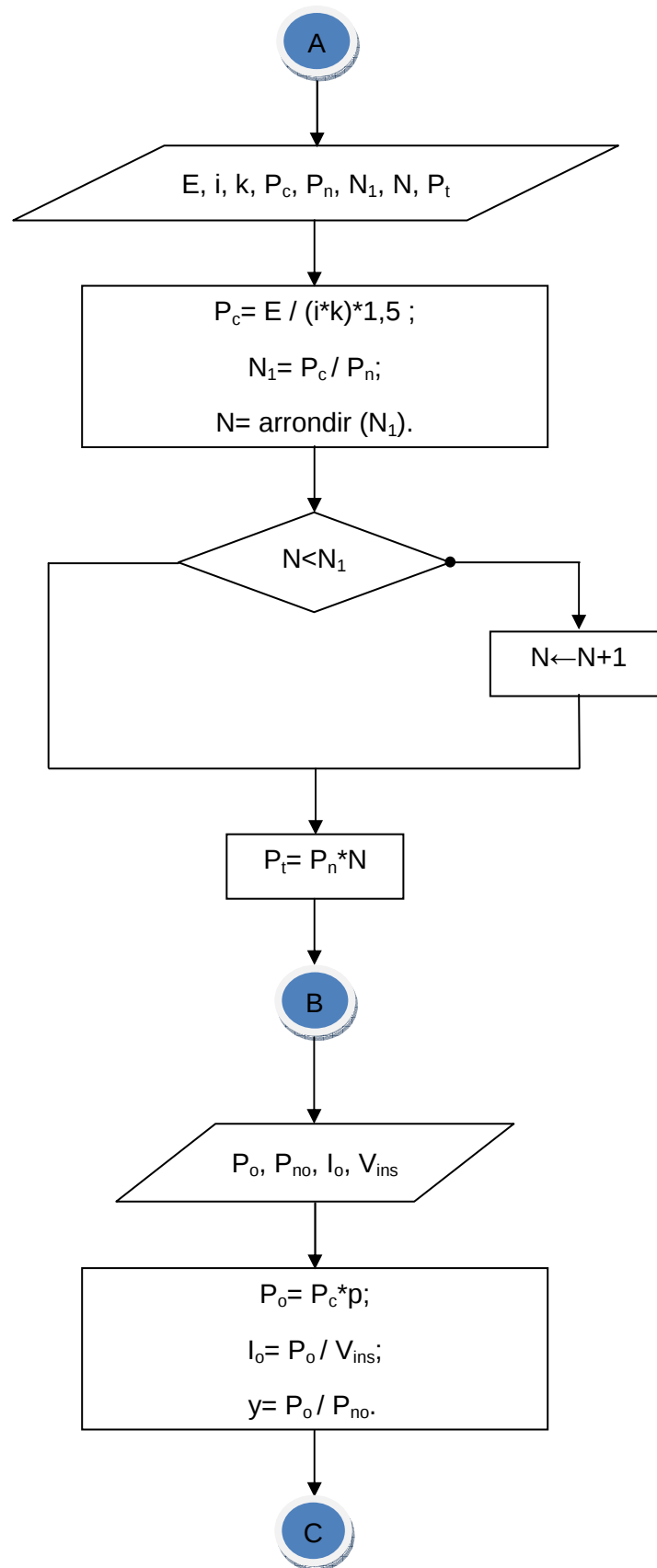
Déclaration des variables

Les variables d'entrée :

- E : énergie de charge ou à produire ;
- i : irradiation solaire moyenne journalier ;
- k : coefficient de correction ;
- P_n : puissance nominale d'un panneau ;
- a : nombre de jour d'autonomie de batterie ;
- C_n : capacité de stockage nominale d'une batterie ;
- I_{nr} : courant nominal d'un régulateur ;
- P_{no} : puissance nominale d'un onduleur ;
- Inv. : investissement pour les panneaux solaires ;
- PU : prix unitaire de panneau ;
- S_t : surface totale disponible pour l'installation des panneaux.

Voici, donc l'organigramme en tenant compte de deux systèmes :





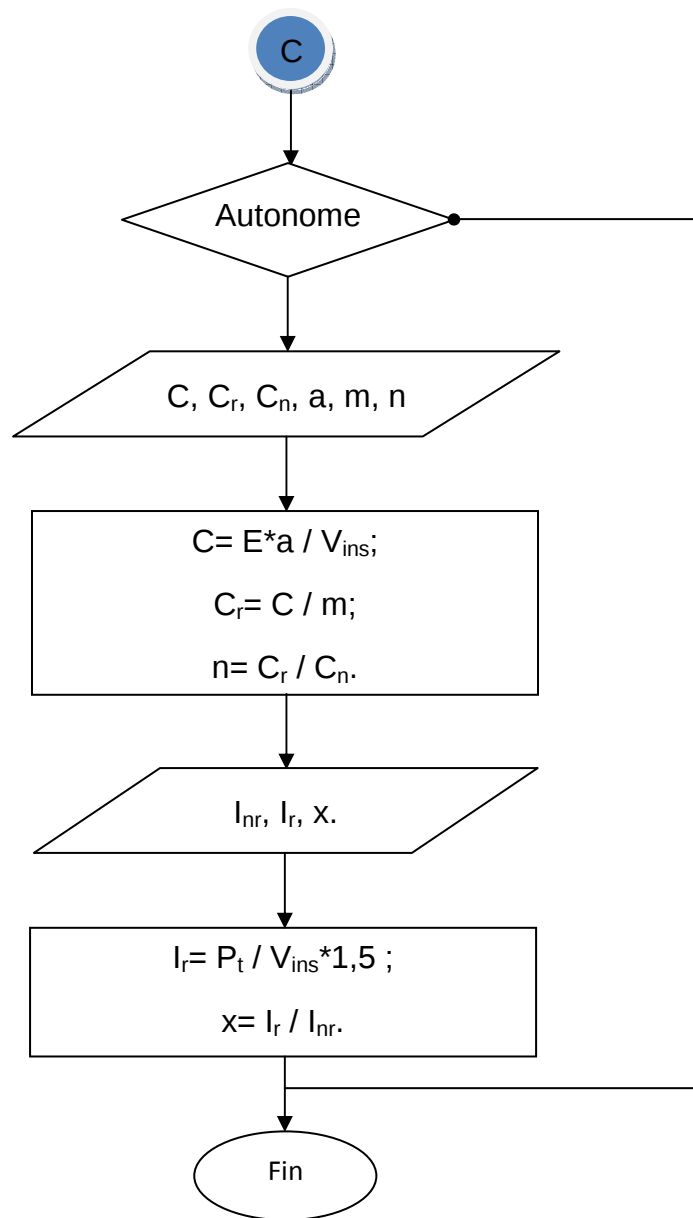


Fig.3.1 : organigrammes du dimensionnement des systèmes PV.

Après avoir fini l'organigramme ci-dessus, on peut tout de suite saisir le programme sur n'importe quel kit de développement (logiciel de programmation de haut niveau). Mais ici, on a choisi le Delphi grâce à de sa performance, ses qualités et aussi sa simplicité.

On va détailler alors, ci-après, les programmes avec ses interfaces (extrait du Delphi).

2.2. Programmation et création d'interface

Avec Delphi, la création des interfaces se fait avant de commencer le programme. C'est dans la partie de programmation qu'on doit présenter la place qu'on va écrire les valeurs où celles-ci s'affichent en désignant le nom de chacun des outils (label, édit, combobox...).

On a créé sept interfaces pour bien distinguer les différentes étapes et choix, qui sont :

- Accueil ;
- Licence ;
- Choix ;
- Renseignement ;
- Autonome donnée ;
- Autonome résultat ;
- Couplée au réseau donnée ;
- Couplée au réseau résultat.
- Résumé des résultats ;
- Aide.

Elles sont liées par des boutons à partir de le programme.

Avant de vous montrer ces interfaces, j'aimerais tout d'abord préciser que, lors de démarrage du Delphi. Il présente deux interfaces dont l'un pour créer les interfaces du logiciel à créer (Form1) et l'autre pour le programme (Unit1.pas), comme la photo suivant nous montre :

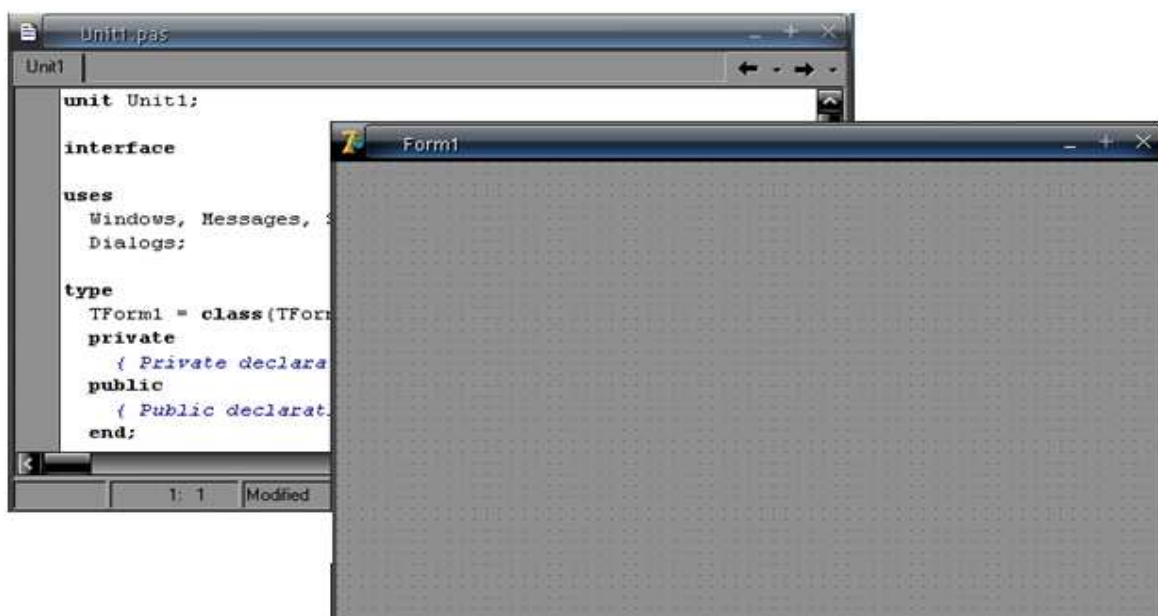


Fig.3.2 : les interfaces de Delphi.

Alors, à partir de la modification apportée par ces deux interfaces de Delphi et l'ajout de Form1, 2, 3, ..., 7 qu'on obtienne le logiciel guide créé. Ci-dessous les interfaces de ce dernier :

✱ Accueil



Fig.3.3 : Accueil du logiciel nommé « Photovoltas ». (Form1)

C'est le début et la représentativité du logiciel. Elle montre à quoi sert ce logiciel et aussi comment on l'utilise. C'est-à-dire que, si vous posez la question : qu'est ce que c'est ? Elle peut directement répondre à votre question. Après avoir appuyé sur le bouton « suivant », la seconde interface s'affiche. Pour savoir plus d'information sur cette fiche, il faut aller sur le menu « aide ? ».

✱ Licence

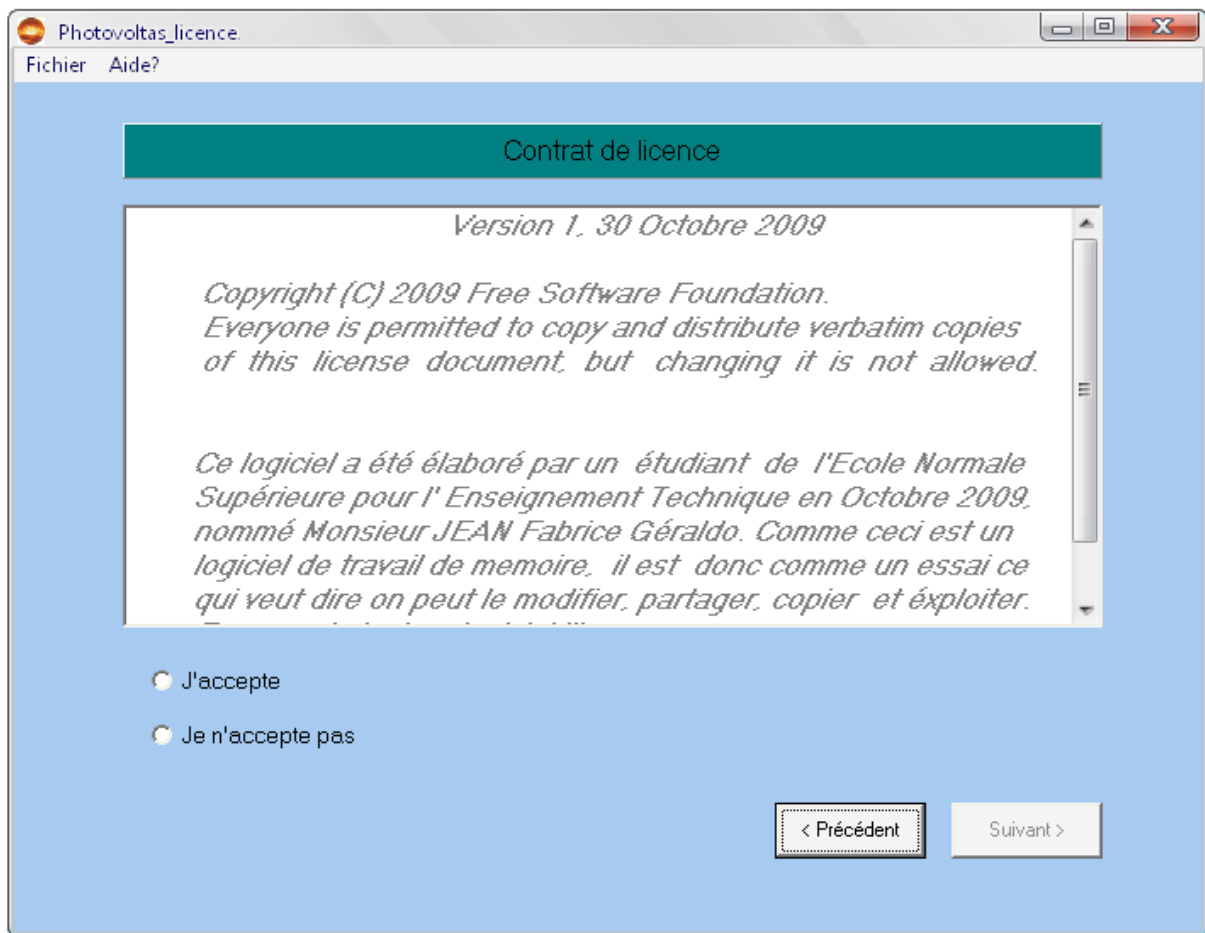


Fig.3.4 : Licence du logiciel nommé « Photovoltaics ». (Form2)

Le contrat de licence vous informe la version, le type du logiciel ainsi que son concepteur. Si on les accepte, le bouton suivant s'active pour accéder à l'interface suivant. Si on ne veut pas accepter (je n'accepte pas). Un message s'aperçoit et dit : « Merci d'avoir consulté cette application, appuyer yes pour quitter. ».

✱ Choix du système

La troisième interface est le choix du système photovoltaïque, qu'on veut dimensionner, à savoir un système autonome ou bien un champ photovoltaïque. Notre travail consiste à faire un logiciel guide pour l'implantation d'un champ de module photovoltaïque. Mais pour améliorer un peu ce logiciel, on a décidé d'introduire dans celui-ci le dimensionnement pour un site isolé. La représentation est ci-après :

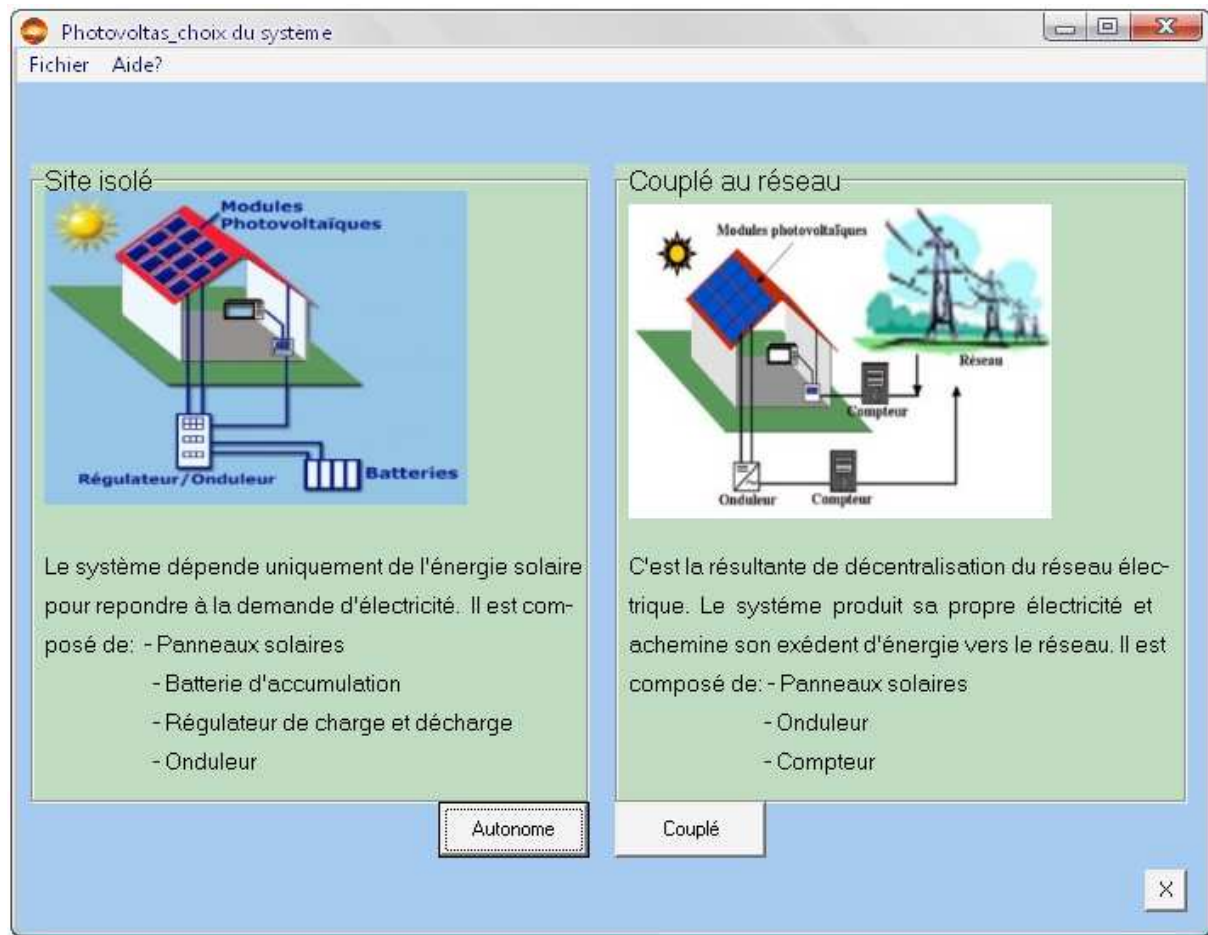


Fig.3.5 : Choix du système du logiciel nommé « Photovoltaic ». (Form3)

Dans chacun des choix, il y a des explications de fonctionnement et aussi un schéma de principe. Le bouton « X » est utilisé pour quitter cette application, les boutons « Autonome » et « Couplé » sont respectivement pour accéder aux interfaces des données autonome et couplé pour saisir les valeurs en passant par la fiche de renseignement. Pour plus d'explication sur cette interface, cliquez sur le menu « aide ? ».

Avant de continuer aux autres interfaces, on va tout d'abord voir les exemples d'applications et on présentera les interfaces avec des valeurs de données et les résultats.

III. APPLICATIONS SUR LES DONNEES METEOROLOGIQUES DANS LA REGION DE DIANA

Dans cette partie, on va considérer les deux cas de systèmes avec la même donnée météorologique de la région. Mais le reste sera différent. Pour notre exemple, on a pris un lieu dans la ville de Diégo.

D'après la carte d'irradiation annuelle de Madagascar et la « *NASA surface meteorology and solar energy : RETScreen Data* », par l'introduction des coordonnées de la station météorologique d'Antsiranana (latitude : 12° 21 sud ; longitude : 49° 18 Est), nous a permis d'avoir les données moyennes mensuelles estimatives suivantes, présentées dans le tableau ci-après (tableau3.1).

Tableau3.1 : Données météorologique de la NASA surface meteorology and solar energy : RETScreen Data.

Mois	Température de l'air	Humidité relative	Irradiation journalière	Pression atmosphérique	Vitesse du vent	Température au sol
	°C	%	kWh/m ² /j	kPa	m/s	°C
Janvier	26.8	78.1%	5.39	100.2	4.1	28.3
Février	26.9	78.3%	5.32	100.1	4.2	28.4
Mars	26.9	78.4%	5.61	100.1	4.2	28.5
Avril	26.9	75.2%	5.49	100.2	5.5	28.3
Mai	26.5	70.2%	5.11	100.4	7.3	27.6
Juin	25.3	67.8%	4.82	100.6	7.6	26.3
Juillet	24.6	67.3%	4.97	100.7	8.2	25.4
Août	24.5	67.3%	5.53	100.8	8.0	25.3
Septembre	24.9	67.4%	6.38	100.7	7.3	26.0
Octobre	25.4	68.5%	6.64	100.5	6.1	26.9
Novembre	26.2	69.5%	6.46	100.4	5.3	28.0
Décembre	26.6	74.9%	5.82	100.3	4.2	28.4
Annuel	26.0	71.9%	5.63	100.4	6.0	27.3
Measured (m)					10.0	0.0

D'après le tableau de la page précédente, l'irradiation journalière moyenne annuelle à Antsiranana est de 5,63 kWh/m²/j. Par rapport à la STC (condition de teste standard) de 1000 W/m² (1kW/m²), l'irradiation de 5,63 kWh/m²/j est assimilé à 5,63h/j d'ensoleillement. Alors ce qui nous donne $i = 5,63h$.

3.1. Application sur un site isolé (autonome)

On considère une habitation de quatre chambres, elle a sept lampes de 18 W dont cinq lampes à l'intérieure utilisées pendant cinq heures de temps par jour et deux à l'extérieures utilisées pendant toute la nuit (douze heures).

Dans la salle de séjour, il y a une radio cassette de 60 W utilisée environs douze heures par jour, et aussi un poste de télévision de 120 W utilisée pendant sept heures par jour.

En résumé :

- 5 lampes de 18 W → 5h/j ;
- 2 lampes de 18 W → 12h/j ;
- 1 radio k7 de 60 W → 12h/j ;
- 1 poste de télévision 120w→ 7h/j.

Comme nous avons dit auparavant, l'énergie nécessaire pour les charges devra calculer à la main.

$$E = \sum p \cdot t = (18 \cdot 5) + (18 \cdot 12) + (60 \cdot 12) + (120 \cdot 7)$$

$E = 2442 \text{ Wh}$

Quand on a l'énergie des charges. On connaît déjà l'irradiation moyenne journalière. C'est ce qu'il nous reste à faire pour bien dimensionner l'installation. Après, on doit suivre les étapes suivantes :

- Voir dans quelle position on va mettre les panneaux c'est-à-dire l'orientation et l'inclinaison pour connaître le coefficient de correction.
- Le nombre de jour d'autonomie est choisi en tenant compte des jours non ensoleillés. Pours Diégo on prend trois jours.
- Consulter des catalogues des prix et des valeurs normalisées pour les autres paramètres.
- Sans oublier la tension d'installation et les pertes de performance pour la batterie.

Pour cela alors, on a :

- ▶ Si l'emplacement des panneaux est d'orientation sud-ouest et d'inclinaison 30°. On aura (d'après le tableau 2.4) **$k=0,96$** .
- ▶ Après avoir consulté les catalogues et l'internet, on a pris :
 - Puissance d'un panneau solaire **$P_n=80\text{ Wc} / 12\text{V}$** à 1.316.640 Ar ;
 - Capacité nominale d'une batterie **$C_n=150\text{Ah} / 12\text{V}$** à 1.042.247 Ar ;
 - Intensité du courant nominal d'un régulateur **$I_n=45\text{ A} / 12-24\text{V}$** à 1.275.000 Ar ;
 - Puissance nominale d'un onduleur **$P_{no}=400\text{ W} / 12\text{V}$** à 1.448.400 Ar.
- ▶ Comme nous utilisons des batteries solaires. On admet donc les pertes de performance **$m=0,7$** .

La suite de notre travail est donc de compléter le renseignement et d'introduire ces valeurs dans le logiciel sur la partie autonome après le choix. Ce qui nous montre sur les figures suivantes :

✱ Renseignements

The screenshot shows a software window titled 'Photovoltaics_information'. Inside, there's a section titled 'Renseignements sur le Projet'. The form is divided into two main parts: 'Désignation du Projet' and 'Titulaire du Projet'. Each part has a list of labels on the left and corresponding text input fields on the right.

Désignation du Projet	
Titre du projet	Dimensionnement solaire
Lieu de l'implantation du projet	Diégo
Type du projet à installer	Site isolé

Titulaire du Projet	
Nom du titulaire du projet	Fabrice Géraldo
Adresse du titulaire	UNA PVK3
Téléphone / Fax / e-mail	faldo04@yahoo.fr / 0320754223

At the bottom right of the form, there are two buttons: '< Retour' and 'Suivant >'.

Fig.3.6 : renseignements du logiciel nommé « Photovoltaics ». (Form4)

* Autonome donnée

Panneaux solaire		
Caractéristique	Valeur	Unité
Energie nécessaire pour les charge - E	2442	(Wh)
Irradiation solaire journalière moyenne - i	5.63	(h)
Puissance nominale d'un panneau - Pn	80	(Wc)
Coefficient de correction - k	0.96	[aide]
Prix unitaire de panneau - PU	1316640	[Ar]

Batterie de stockage		
Caractéristique	Valeur	Unité
Jour d'autonomie - a	3	(j)
Tension d'installation - Vins	12	(V)
Capacité nominale d'une batterie - Cn	150	(Ah)
Pertes de charge - m	0.7	
Prix unitaire de batterie - PUB	1042247	[Ar]

Régulateur		
Caractéristique	Valeur	Unité
Courant nominal d'un régulateur - In	45	(A)
Prix unitaire - PUr	1275000	[Ar]

Onduleur		
Caractéristique	Valeur	Unité
Puissance nominale d'un onduleur - Pno	400	(W)
Prix unitaire d'onduleur - PUo	1448400	[Ar]

J. Fabrice Géralde / Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de C.A.P.E.N.

Reinitialisé < Retour Quitter X Calculer

Fig.3.7 : donnée sur l'autonome du logiciel nommé « Photovoltaic ». (Form5)

Lors de l'introduction des valeurs, s'il y a quelques choses qui vous tracassent, n'hésitez pas de consulter aide du menu déroulant.

Appuyer sur le bouton « calculer » lorsque toutes les valeurs sont prêtes.

NB : quelques système d'exploitation des ordinateurs (exemple VISTA) n'accepte pas qu'on utilise les virgule (,) alors il faut les remplacer par des point (.).

Exemple : 0,96 → 0.96.

* Autonome résultat

Le résultat des calculs est donné sur l'interface suivante :

Caractéristique	Valeur	Unité
Puissance crête des panneaux - Pc	677,73	(Wc)
Nombre des panneaux - N	9	
Puissance totale des panneaux - Pt	720,00	(Wc)
Coût d'investissement de panneaux -Cinv	11849760,00	[Ar]

Caractéristique	Valeur	Unité
Capacité de stockage théorique - C	610,50	(Ah)
Capacité de stockage réelle - Cr	872,14	(Ah)
Nombre de batterie - n	6	
Coût d'investissement de batteries -Cinvb	6253482,00	[Ar]

Caractéristique	Valeur	Unité
Courant du régulateur - Ir	90,00	(A)
Nombre de régulateur - x	2	
Coût d'investissement de rég - Cinvr	2550000,00	[Ar]

Caractéristique	Valeur	Unité
Puissance d'onduleur - Po	609,96	(W)
Courant d'onduleur - Io	50,83	(A)
Nombre d'onduleur - y	2	
Coût d'investissement d'onduleurs -Cinvo	2896800,00	[Ar]

Coût d'investissement total - Cinv

23550042,00 [Ar]

J. Fabrice Géraudo / Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de C.A.P.E.N.

< Resumer > < Retour << Retour au choix Terminé

Fig.3.8 : résultat sur l'autonome du logiciel nommé « Photovoltaic ». (Form6)

Ce logiciel fait le calcul de dimensionnement technique ainsi que les coûts d'investissements des équipements solaires. Mais, on va vérifier à la main les calculs de ces équipements.

On va alors évaluer l'aspect économique sur le tableau suivant :

Tablea3.1 : aspect économique des équipements solaires.

Désignation	Nombres	Caractéristique nominal	Prix unitaire [Ar]	Prix total [Ar]
Panneau solaire	9	80W / 12V	1.316.640	11.849.760
Batterie de stockage	6	150Ah / 12V	1.042.247	6.253.482
Régulateur de charge	2	45A / 12-24V	1.275.000	2.550.000
Onduleur	2	400W / 12V	1.448.400	2.896.800
Total				23.550.042

Source : prix unitaire des équipements solaires PV – annexe

Après avoir obtenu les résultats, une dernière fiche nous montre le résumé de ces derniers. Cette fiche est présentée ci-après.

* Résumé des résultats

Renseignements			
Désignation du Projet		Titulaire du Projet	
Titre du projet	Dimensionnement solaire	Nom du titulaire du projet	Fabrice Géraldo
Lieu de l'implantation du projet	Diégo	Adresse du titulaire	UNA PV/K3
Type du projet à installer	Site isolé	Téléphone / Fax / e-mail	faldo04@yahoo.fr / 0320754223

Paramètres			
Paramètres données			
Energie nécessaire pour les charge -	E	2442	[Wh]
Irradiation solaire journalière moyenne -	i	5,63	[h]
Coefficient de correction -	k	0,96	
Tension d'installation -	Vins	12	[V]

Désignation	Nombre	X paramètre nominale		Prix total	
Panneaux solaires	9	X	80	[Wc]	11849760,00
Batterie de stockage	6	X	150	[Ah]	6253482,00 [Ar]
Onduleur / convertisseur DC/AC	2	X	400	[W]	2896800,00 [Ar]
Régulateur des charges	2	X	45	[A]	2550000,00 [Ar]

Investissement total		23550042,00	[Ar]
----------------------	--	-------------	------

< Retour Terminer

Fig.3.9 : résumé des résultats du logiciel nommé « Photovoltaic ». (Form9)

3.2. Application sur un système raccordé au réseau

Comme on a déjà parlé auparavant que pour faire le dimensionnement d'un système raccordé au réseau. On a trois options disponibles : soit on a l'énergie nécessaire pour les charges ; soit on a le budget pour les panneaux solaires ou bien on a la surface pour l'installation.

Pour l'énergie disponible le principe de calcul sera le même pour les deux choix du système. Alors pour cette deuxième application, on va considérer que la surface est disponible.

Enoncé :

Une entreprise commerciale qui se trouve à Diégo dispose d'une terrasse de 4 m de large et de 9 m de long en haut de son bâtiment. Le propriétaire de cette entreprise a décidé d'implanter un champ de module photovoltaïque sur son terrasse afin de minimiser le frais d'électricité et aussi quelques avantages de l'entreprise au niveau de la finance. Pour favoriser le système, on a décidé d'orienter les panneaux vers le sud avec une inclinaison de 30°.

Les étapes à suivre :

- Déterminer d'abord la surface totale disponible pour l'installation.
- Evaluer le coefficient de correction.
- Vérifier les données météorologies de la ville où se trouve le lieu.
- Dans cette application, on n'a pas besoin de déterminer le jour non ensoleillé car on ne stocke pas de l'énergie. Alors ce qui nous reste à faire, c'est de consulter les catalogues des puissances et les prix.

Pour cela, on a alors :

- ▶ Largeur = 4m et longueur = 9m
 $S = l * L = 4 * 9$ on a alors $S=36m^2$
- ▶ D'après le tableau 2.4, on a un coefficient de correction qui est $k= 1$.
- ▶ La ville de Diégo a une irradiation moyenne journalière de $5,63 \text{ kWh/m}^2$ assimilée à $i=5,63 \text{ h}$.
- ▶ Après la consultation des catalogues, on a pris :
 - Panneau solaire de puissance nominale $P_n = 160W$ (0,16kW) / 24V à 5.212.500 Ar.
 - Onduleur de puissance nominale $P_{no} = 1500W$ (1,5kW) / 24-220V à 4.603.200 Ar.
 - On prendra la tension d'installation plus grande pour éviter les pertes 24V.

Notre logiciel va continuer le travail après le renseignement et l'introduction de valeur.

* Renseignements

Cette fiche apparaît toujours avant d'entrer dans l'interface d'introduction des valeurs. Elle présente toujours la même forme mais les renseignements vont être différents en fonction du projet et de son titulaire.

Le remplissage de cette fiche est facultatif, mais elle est utilisée pour remplir le résumé des résultats.

La figure est représentée ci-après :

The screenshot shows a software window titled 'Photovoltas_reseignements'. Inside, there's a section titled 'Renseignements sur le Projet'. This section is divided into two main parts: 'Désignation du Projet' and 'Titulaire du Projet'. Each part contains several text input fields. At the bottom right, there are two buttons: '< Retour' and 'Suivant >'.

Renseignements sur le Projet	
Désignation du Projet	
Titre du projet	Dimensionnement solaire
Lieu de l'implantation du projet	Antsiranana
Type du projet à installer	raccordé au réseau
Titulaire du Projet	
Nom du titulaire du projet	NY HASINA-JEAN
Adresse du titulaire	Entreprise commerciale
Téléphone / Fax / e-mail	0208254833 / 0320754223
< Retour Suivant >	

Fig.3.9 : renseignement du logiciel nommé « Photovoltas ». (Form4)

Comme le cas de dimensionnement sur le système autonome, l'introduction des valeurs sur l'interface de couplé donnée est comme suit :

✱ Couplé donnée

Pour notre cas, le donné disponible est la surface. Alors, il faut cliquer sur le bouton radio « surface disponible » pour que les cases de valeur s'affichent.

Photovoltaics_couplé donné

Fichier Imprimer Aide?

Choix des données disponibles

☐ Energie à calculer disponible ☒ Surface totale disponible ☐ Budget disponible

Panneaux solaire		Valeur	Unité
Caractéristique			
Surface totale disponible -	St	36	[m²]
Irradiation solaire journalière moyenne - i		5.63	(h)
Puissance nominale d'un panneau - Pn		0.16	(kWc)
Coefficient de correction -	k	1	[aide]
Prix unitaire d'un panneau/Pn -	PU	5212500	[Ar]

Onduleur		Valeur	Unité
Caractéristique			
Puissance nominale d'un onduleur - Pno		1.5	(kW)
Tension d'installation -	Vins	24	[V]
Prix unitaire d'un onduleur -	PUo	4603200	[Ar]

J. Fabrice G ralde / Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de C.A.P.E.N.

Reinitialis 

< Retour Quitter X S Calculer

Fig.3.10 : donnée sur couplé au réseau du logiciel nommé « Photovoltaics » (form7).

NB : il faut bien respecter les multiples des unités. La virgule peut être chang e en point en cas de refus du logiciel pour d'autre système (exemple VISTA).

✱ Couplé résultat

Photovoltaics_coupl  résultat

Fichier Imprimer Aide?

Panneaux solaire		Valeur	Unité
Caractéristique			
Puissance crête des panneaux -	Pc	4.50	[kWc]
Nombre des panneaux -	N	28	
Energie produite totale -	Ep	16.89	[kWh]
Coût d'investissement -	Cinv	146601562.50	[Ar]

Onduleur		Valeur	Unité
Caractéristique			
Puissance d'onduleur -	Pa	4.05	[kW]
Courant d'onduleur -	Io	0.17	[kA]
Nombre d'onduleur -	y	3	
Coût d'investissement d'onduleur -	Cinvo	13809600.00	[Ar]

Coût d'investissement total 160411162.50 [Ar]

J. Fabrice G ralde / Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de C.A.P.E.N.

< Resumer > < Retour << Retour au choix Terminé

Fig.3.11 : résultat sur couplé au réseau du logiciel nommé « Photovoltaics » (form8).

Vérification sur l'aspect économique :

Tablea3.2 : aspect économique des équipements solaires.

Désignation	Nombre	Caractéristique nominal	Prix unitaire [Ar]	Prix total [Ar]
Panneaux solaires	28	0,16kWc / 24V	5.212.500	145.950.000
Onduleurs	3	1,5kW / 24-220V	4.603.200	13.809.600
Total				159.759.600

Source : prix unitaire des équipements solaires PV – annexe

* Résumé des résultats

Renseignements

Désignation du Projet
 Titre du projet : Dimensionnement solaire
 Lieu de l'implantation du projet : Antsiranana
 Type du projet à installer : raccordé au réseau

Titulaire du Projet
 Nom du titulaire du projet : NY HASINA-JEAN
 Adresse du titulaire : Entreprise commerciale
 Téléphone / Fax / e-mail : 0208254833 / 0320754223

Paramètres

Paramètres données

Surface totale disponible -	St	2442	[m²]
Irradiation solaire journalière moyenne -	i	5,63	[h]
Coefficient de correction -	k	1	
Tension d'installation -	Vins	24	[V]

Désignation

Désignation	Nombre	×	paramètre nominale		Prix total
Panneaux solaires	28	×	0,16	[kWc]	146601562,50 [Ar]
Onduleur / convertisseur DC/AC	3	×	1,5	[kW]	13809600,00 [Ar]

Investissement total : 160411162,50 [Ar]

< Retour Terminer

Fig.3.12 : résumé des résultats du logiciel nommé « Photovoltaics » (form9).

Pour l'instant, on n'a pas considéré la présence des câbles, les supports et les autres matériels pour la construction et finition des travaux d'installation. Vous pouvez imprimer les résumés de résultats en cliquant sur le menu « imprimer ».

Les aspects techniques et entretiens [1] :**a) Les technologies des cellules photovoltaïques**

Les paramètres des cellules PV varient en fonction de ses types :

Tableau3.3 : caractéristiques des cellules PV.

Types de PV	Couleur	Rendement	Puissance installé/m ²
Silicium monocristallin	Bleue nuit voire noire	14 – 15%	110 – 115 Wc
Silicium polycristallin	Bleue foncée	12 – 13%	110 – 150 Wc
Amorphe	Violette sombre	6%	65 – 80 Wc

Source : mémo installation solaire photovoltaïque - ADEME

b) Garanties des modules photovoltaïques

Un module PV est constitué par un assemblage série/parallèle de cellules. C'est un générateur de courant continu délivrant une tension de **12 ou 24V**. La puissance d'un module est comprise entre **10 et 300 Wc**. Les modules sont ensuite assemblés en **série/parallèle** pour constituer un champ photovoltaïque. Pour les garanties :

- o Garantie des fabricants : 2 à 5 ans ;
- o Garantie pour 90% de rendement : 10 ans ;
- o Garantie pour 80% de rendement : 20 ans voire 25 ans selon les fabricants.

c) Entretien des modules

Les entretiens et les précautions à prendre sur les modules PV :

- Il faut faire attention aux phénomènes d'ombres, de masques proches ou lointains (arbre, bâtiment,...) ;
- Plus la cellule est froide, meilleur sera le rendement. Il faut donc chercher un moyen pour avoir un bon rendement (exemple aérer ou ventiler les modules...) ;
- La pluie nettoie parfois les panneaux mais il faut intervenir de temps en temps de nettoyer les panneaux pour enlever les poussières et tout autre chose qui peut réduire le rendement de l'installation.

d) L'onduleur ou plutôt le convertisseur

Cet appareil transforme le courant continu (DC) produit par les modules en courant alternatif (AC) selon les caractéristiques requises par le réseau.

Le dimensionnement de l'onduleur doit être réalisé en adéquation avec la puissance du champ PV et doit être compris entre 0,7 et 1 fois la puissance du champ PV.

e) Rendement et garantie

Le rendement de l'onduleur est de 97% à 99% et le rendement de conversion DC/AC est de 92 à 96%.

La garantie produit d'un onduleur est de 5 ans, mais il est possible de trouver des garanties de 10 ans voir de 20 ans.

f) Entretien et précaution

- L'onduleur doit être installé dans un local ventilé (le rendement diminuera en fonction de la chaleur) ;
- Il doit avoir une facilité d'accès pour la maintenance et proche du champ PV pour limiter les pertes en ligne ;
- Les onduleurs peuvent être soit monophasés pour un raccordement en monophasé ou en triphasé soit triphasé pour un raccordement en triphasé ;

g) Découplage réseau

L'onduleur est muni de cette fonction de découplage réseau (pas d'injection d'électricité sur le réseau si le réseau est hors tension). Pour une puissance d'injection supérieure à 10 kVA, le découplage réseau devra être externe à l'onduleur. Il faut privilégier les onduleurs possédant la norme allemande DIN VDE 0126 ou DIN VDE 0126 1.1. [1]

h) Le câblage

Il intervient entre les modules et l'onduleur (entrée) et entre l'onduleur (sortie) et le réseau. Il veille à limiter les pertes en ligne en adaptant la section de câble à utiliser. Le calcul de section des câbles peut se faire par l'utilisation des « data book » en pratique ou d'autre système qui peut le déterminer pratiquement (voire annexe 3).

i) Raccordement au réseau

En fonction de la puissance du générateur (système PV), le raccordement se fera environ soit en **basse tension** jusqu'à 250 kVA, soit en **haute tension** à partir de 250 kVA et en fonction de la proximité de telle ou telle ligne électrique. Il faut néanmoins s'assurer que la ligne électrique puisse accepter la centrale photovoltaïque sans créer de renforcement de réseau sur une ligne en contrainte. Une étude peut être demandée aux distributeurs d'électricité dans la ville (par exemple JIRAMA pour Madagascar) pour vérifier la faisabilité du raccordement.

Pour le cas de ERDF (France), celui-ci s'effectue en monophasé jusqu'à 18 kVA de puissance d'injection et en triphasé à partir de 18 kVA.

Lorsque la tension à la sortie de l'onduleur est différente de celle du réseau. C'est-à-dire, la tension du réseau est supérieure à la tension de la centrale photovoltaïque. Alors il faut utiliser une poste de transformation pour élever la tension en respectant sa puissance.

Attention : pour une centrale photovoltaïque située en bout de réseau électrique, le coût de raccordement peut être élevé du fait de travaux de création d'un nouveau poste de transformation et renforcement du réseau voire même création de nouveau réseau ...

CHAPITRE QUATRE :

IMPLICATION PEDAGOGIQUE

En tant qu'un étudiant de l'Ecole Normale Supérieure pour l'Enseignement Technique, cette partie est la plus grande chapitre de notre recherche pendant la mission qu'on a fait dans les cinq années d'étude.

Dans cette implication pédagogique, on est censé de faire une préparation des leçons et exercices comme on a fait pendant notre stage pédagogique au Lycée Technique. Cette préparation doit être conforme au programme qui existe dans l'enseignement secondaire du second cycle (technique) ou bien de l'enseignement supérieur (Bacc+2) et qui pourrai avoir une relation avec le contenu de travaux de mémoire ou du projet.

Comme mon sujet de mémoire est l'élaboration de logiciel guide, et que j'ai enseigné l'informatique pendant notre stage pédagogique, alors j'ai décidé de continuer la matière en mettant dans ce chapitre le thème suivant. Ce thème a été pris dans le programme des étudiants en première année Génie Télécommunication et Réseau (GTR) à l'Institut Supérieur pour l'enseignement technique.

Thème : PROGRAMMMATION ET ALGORITHME

Matière : PROGRAMMATION

Niveau : 1^{ère} année étude supérieure

Filière : GTR / IST-D

Pré-requis :

- structure des ordinateurs ;
- la notion de codage ;
- comment parler avec un ordinateur.

Objectif : à la fin de cette partie, l'étudiant doit savoir décrire le fonctionnement par étape des choses à l'aide d'un algorithme ou algorithme, savoir tracer le chemin de programmation.

Plan :

RAPPEL SUR LES STRUCTURE GENERALE DU NIVEAU DES LANGAGES

Programme, programmation

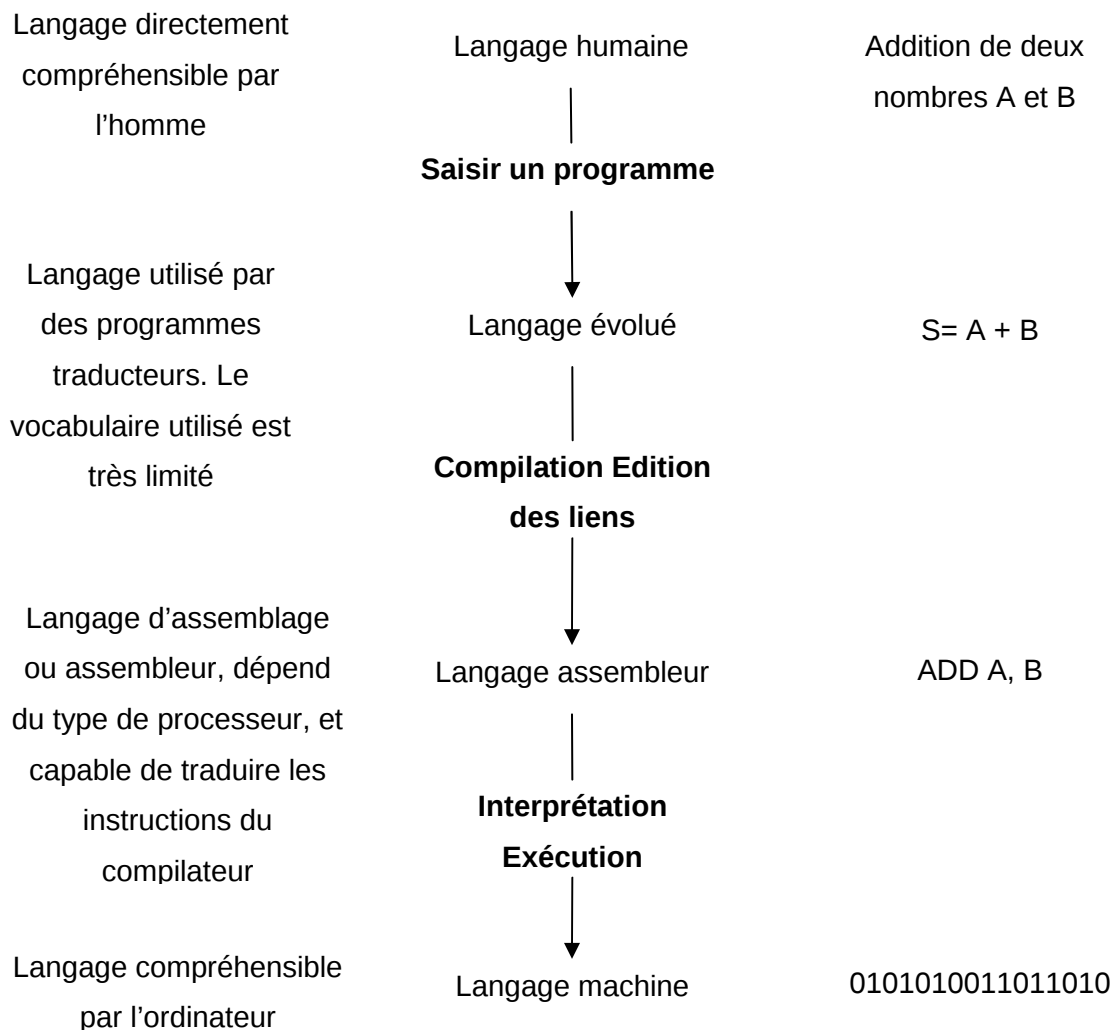
ALGORITHME ET ALGORIGRAMME (ORGANIGRAMME)

- I- DEFINITIONS
- II- L'ALGORITHME
- III- STRUCTURE DE BASE
- IV- DECLARATION DE CONSTANTES, DE VARIABLES ET DE STRUCTURES
- V- DECLARATION DE PROCEDURES ET DE FONCTIONS
- VI- LES TYPES DE BASE DE VARIABLES
- VII- LES OPERATEURS
- VIII- LES STRUCTURES ALGORITHMIQUES FONDAMENTALES
- IX- EXEMPLES D'APPLICATIONS

EXERCICE

Durée : 5 heures

RAPPEL SUR LES STRUCTURE GENERALE DU NIVEAU DES LANGAGES



Programme, programmation

La programmation consiste à réaliser des programmes dans un langage donné.

Un programme est un ensemble de directives, nommées instructions qui spécifient :

- Les opérations élémentaires à exécuter ;
- La façon dont elle s'enchaînent.

La demande de programmation se déroule en deux phases :

1. Analyse du problème ou recherche d'algorithme ;
2. Traduction de l'algorithme à un langage donné

ALGORITHME ET ALGORIGRAMME (ORGANIGRAMME)

I. DEFINITIONS

1.1. Définition d'un algorithme

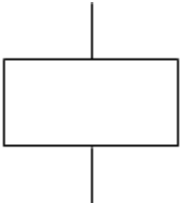
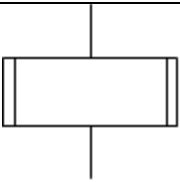
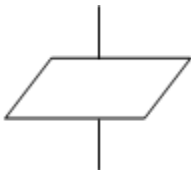
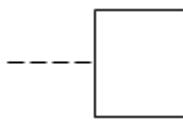
Un algorithme est un ensemble de règles opératoires rigoureuses, ordonnant à un processeur d'exécuter dans un ordre déterminé un nombre fini d'opérations élémentaires ; il oblige à une programmation structurée.

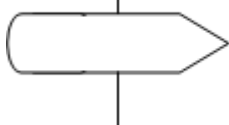
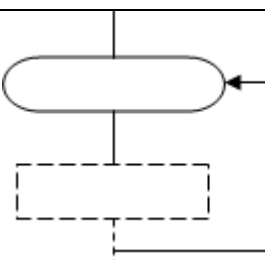
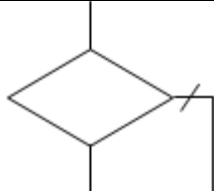
Il est écrit en utilisant un langage de description d'algorithme (LDA), et ne doit pas être confondu avec le programme proprement dit.

1.2. Définition d'un algorithme

C'est une représentation graphique de l'algorithme. Pour le construire, on utilise des symboles normalisés.

Tableau1 : Quelques symboles utilisés dans la construction d'un algorithme.

SYMBOLE	DESIGNATION	SYMBOLE	DESIGNATION
Symboles de traitement		Symboles auxiliaires	
	Symbole général Opération ou groupe d'opérations sur des données, instructions, pour laquelle il n'existe aucun symbole normalisé.		Renvoi Symbole utilisé deux fois pour assurer la continuité lorsqu'une partie de ligne de liaison n'est pas présentée.
	Sous programme Portion de programme considérée comme une simple opération.		Début, fin, interruption Début, fin ou interruption d'un algorithme.
	Entrée-Sortie Mise à disposition d'une information d'une information à traiter ou enregistrement d'une information traitée.		Commentaire Symbole utilisé pour donner des indications sur les opérations effectuées.

	Affichage Instruction indiquant l'affichage d'une variable, valeur,....	Symbole de boucle	
Symbole de test			Boucle Exécution d'une boucle, pour répétition en un nombre fini, d'une instruction ou groupe d'instruction
	Branchement Exploitation de conditions variables impliquant un choix parmi plusieurs.	Les différents symboles sont reliés entre eux par des lignes de liaisons.	
Sens conventionnel des liaisons			
Le sens général des lignes de liaison doit être :			
• De haut en bas • De gauche à droite			
Lorsque le sens général ne peut pas être respecté, des pointes de flèche à cheval sur la ligne indiquent le sens utilisé.			

II. L'ALGORITHME

Le langage de description d'algorithme

Ce langage utilise un ensemble de mots clés et de structures permettant de décrire de manière complète, claire, l'ensemble des opérations à exécuter sur des données pour obtenir des résultats ; on n'hésitera donc pas à agrémenter l'algorithme de nombreux commentaires.

NB : l'avantage d'un tel langage est de pouvoir être facilement transcrit dans un langage de programmation structuré (Pascal, C...).

III. STRUCTURE DE BASE

2.1. Représentation :

L'en-tête :

algorithme *nom de l'algorithme* ;

Les déclarations de constantes, variables, structures :

{	<u>const</u>	
		<i>liste des constantes ;</i>
	<u>var</u>	
		<i>liste des variables ;</i>
	<u>struct</u>	
		<i>liste des structures ;</i>

Les déclarations de fonctions et procédures :

{	<u>fonc</u>	
		<i>liste des fonctions ;</i>
	<u>proc</u>	
		<i>liste des procédures ;</i>

Le corps de l'algorithme :

{	<u>début</u>	
		<i>action1 ;</i>
		<i>action2 ;</i>
		<i>:</i>
		<i>action n ;</i>
	<u>fin algorithme</u>	

NB : - tous les mots clés sont soulignés et écrits en **minuscule**.

- une marque de terminaison (;) est utilisée entre chaque action.

2.2. Description

a. L'en-tête

Il permet tout simplement d'identifier un algorithme.

b. Les déclarations

C'est une liste exhaustive des objets, grandeurs utilisés et manipulés dans le corps de l'algorithme ; cette liste est placée en début d'algorithme.

c. Les corps

Dans cette partie de l'algorithme, sont placées les tâches (instructions, opérations...) à exécuter.

d. Les commentaires

Pour permettre une interprétation aisée de l'algorithme, l'utilisation de commentaires est vivement conseillée.

Mot clé : co...fco

IV. DECLARATION DE CONSTANTES, DE VARIABLES ET DE STRUCTURES

Les constantes :

C'est une espace mémoire nommé, de la taille fixée prenant au cours de l'exécution de l'algorithme une unique valeur. Elles représentent des chiffres, des nombres, des caractères, des chaînes de caractères,....

Mots clé : const

Les variables :

Elles peuvent stocker des chiffres des nombres, des caractères, des chaînes de caractères,... dont la valeur peut être modifiée au cours de l'exécution de l'algorithme. Ce changement de variable se fait par l'opération d'affectation.

Mot clé : var

- * Les constantes et les variables sont définis dans la partie déclarative par deux caractéristiques essentielles, à savoir :
 - **L'identificateur** : c'est le nom de la variable ou constante. Il est composé de lettres et de chiffres ;
 - **Le type** : il détermine la nature de la variable ou de la constante (entier, réel, booléen, chaîne de caractères...)

Pour pouvoir envisager des exemples d'utilisation, il faut introduire dès à présent l'instruction d'affectation ; elle s'écrit de la façon suivante :

Identificateur de variable ← **valeur** ;

← : symbole d'affectation (ou assignation).

L'affectation se fait toujours en deux temps :

1. Evaluation de l'expression située à droite du symbole ;

2. Affectation du résultat à l'identificateur de variable.

Ainsi dans l'instruction d'affectation suivante $y \leftarrow 2 * x + 3$

- On évalue $2 * x + 3$
- On affecte à y.

Les structures :

Elles permettent de rassembler plusieurs variables ou constantes sous un même identificateur ; on parle aussi d'entités ou objets.

Mot clé : struct

La partie déclaration de variable permet de spécifier quelle seront les variables utilisées au cours de l'algorithme ainsi que le type de valeur qu'elles doivent respectivement prendre.

Exemple :

var entier A, B

co définit 2 variables de type entier n'ayant aucune valeur.

V. DECLARATION DE PROCEDURES ET DE FONCTIONS

5.1. La procédure :

C'est un ensemble d'instructions référencé par un nom, et dont l'« exécution » est provoquée par le simple énoncé de ce nom.

Mot clé : proc

5.2. La fonction :

Comme pour la procédure, l'« exécution » d'une fonction est provoquée par la simple évocation son nom, à la différence qu'elle se voit assigner une valeur dont le type doit être défini.

Mot clé : fon

Procédures et fonctions sont des groupes de tâches à effectuer. L'intérêt de grouper ces tâches est de permettre :

- Une lecture plus facile de l'algorithme principal (appelé également **ordonnement**).
- De développer de manière indépendante des parties d'algorithmes dont l'emploi multiple au sien de l'algorithme principal est ainsi rendu plus aisé.

Les paramètres :

Pour fournir à une procédure les informations qui doivent être traitées, et pour que la procédure puisse fournir en contrepartie des résultats, on utilise des paramètres. On distinguera trois types de paramètres :

- ▶ *Les paramètres entrants* peuvent être consultés (et éventuellement modifiés) à l'intérieur de la procédure ;
- ▶ *Les paramètres sortants* dont la valeur est déterminée à l'intérieur de la procédure et utilisable après l'appel à la procédure ;
- ▶ *Les paramètres mixtes* ont une valeur à l'entrée dans la procédure, valeur qui peut être modifiée à l'intérieur de celle-ci, la modification étant répercutée à l'extérieur de la procédure.

VI. LES TYPES DE BASE DE VARIABLES

Nous considérons cinq types de base :

6.1. L'entier

Notation : 45, 36, -564, 0... en décimal
45h, 0FBh, 64h... en hexadécimal
%10101111, %1011... en binaire

Mot clé : entier

6.2. Le réel

-3.67, 4.3569, -564.0, 18.36 10e⁻⁶...

Mot clé : réel

6.3. Le booléen

Il ne peut prendre que deux états : VRAI ou FAUX

Mot clé : booléen

6.4. Le caractère

'A', 'a', '*', '7', 'z', '!'....

Mot clé: car

6.5. La chaîne de caractères

'électronique', 'cd ROM de 80mn'...

Mot clé : chaîne

VII. LES OPERATEURS

7.1. Opérateurs sur les entiers et les réels

Arithmétiques	
+	Addition
-	Soustraction
*	Multiplication
/	Division
DIV	Division entière
↑	Puissance

Comparaisons	
>	Supérieur
<	Inférieur
≥	Supérieur ou égal
≤	Inférieur ou égal
=	Egal
≠	Différent

7.2. Opérateurs sur les entiers et les booléens

Fonctions logiques	
Mot clé	
<u>et</u>	Fonction ET
<u>ou</u>	Fonction OU
<u>oux</u>	Fonction OU exclusif
<u>non</u>	Fonction NON
<u>non et</u>	Fonction NON ET
<u>non ou</u>	Fonction NON OU
>>	Décalage à droite
<<	Décalage à gauche

Fonction de comparaison pour les booléens	
=	Egal
≠	Différent

7.3. Opérateurs sur les caractères et les chaînes

Fonctions de concaténation	
+	concaténation

Fonctions de comparaison pour les chaînes	
=	Egalité
≠	Différent
>	Supérieur
<	Inférieur

7.4. Priorité des opérateurs

Priorité à la multiplication et à la division.

7.5. L'affectation

Elle permet d'affecter une valeur à une variable.

Syntaxe : *identificateur de la variable* $\leftarrow$ **expression** ;

L'expression est une suite d'opérations sur des constantes ou des variables déjà déclarées.

Exemple :

algorithme exemple

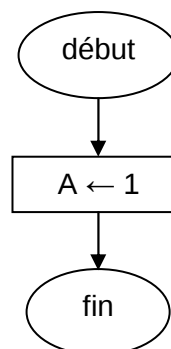
var entier A

début

A $\leftarrow$ 1

fin algorithme

algorithme



VIII. LES STRUCTURES ALGORITHMIQUES FONDAMENTALES

Les opérations élémentaires relatives à la résolution d'un problème peuvent, en fonction de leur enchaînement être organisées suivant quatre familles de structures algorithmiques fondamentales.

- Structures linéaires
- Structures alternatives
- Structures de choix
- Structures itératives (ou répétitives).

8.1. Caractéristique de la structure linéaire

La structure linéaire se caractérise par une suite d'actions à exécuter successivement dans l'ordre énoncé.

Notation : faire action ;

8.2. Caractéristique de la structure alternative

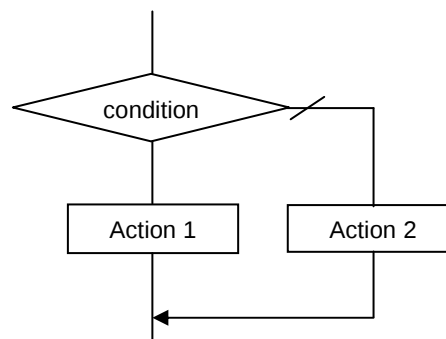
Cette structure n'offre que deux issues possibles à la poursuite de l'algorithme et s'excluent mutuellement. On peut rencontrer deux types de structures alternatives :

a. Une structure alternative complète

Dans cette structure l'exécution d'un des deux traitements distincts ne dépend que du résultat d'un test effectué sur la condition qui peut être une variable ou un événement ;

- si la condition est vérifiée seul le premier traitement est exécuté ;
- si la condition n'est pas vérifiée seul est effectué le second traitement

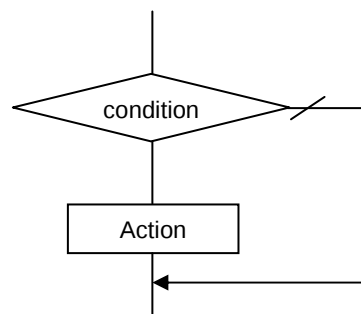
Notation : si condition alors
 action 1 ;
 sinon
 action 2 ;
 fsi ;



b. Une structure alternative réduite

La structure alternative réduite se distingue de la précédente par le fait que seule la situation correspondant à la validation de la condition entraîne l'exécution du traitement, l'autre situation conduisant systématiquement à la sortie de la structure.

Notation : si condition alors
 Action ;
 fsi ;



8.3. Caractéristique de la structure de choix

La structure de choix permet, en fonction de plusieurs conditions de type booléen, d'effectuer des actions différentes suivant des valeurs que peut prendre une même variable.

Notation : suivant valeur faire

valeur1 : action1 ;

valeur2 : action2 ;

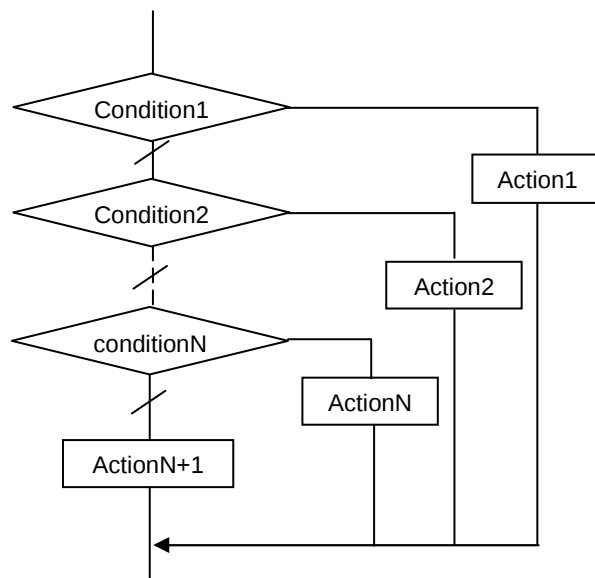
:

:

Valeur N : action N ;

sinon action N + 1 ;

fsuivant ;



8.4. Caractéristique de la structure itérative

La structure itérative répète l'exécution d'une opération ou d'un traitement. On considérera deux cas :

Premier cas : le nombre de répétitions n'est pas connu ou est variable.

On distingue deux structures de base :

Structure **REPETER JUSQU'A**

Dans cette structure, le traitement est exécuté une première fois puis sa répétition se poursuit jusqu'à ce que la condition soit vérifiée. Par traitement on entend :

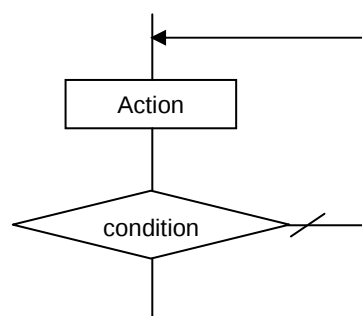
- Soit une structure isolée ;
- Soit une succession d'instructions.

L'action est toujours exécutée au moins une fois

Notation : répéter

Action ;

jusqu'à condition vraie ;



Structure **TANT QUE... FAIRE...**

Dans cette structure, on commence par tester la condition ; si elle est vérifiée, le traitement est exécuté. Par traitement on entend :

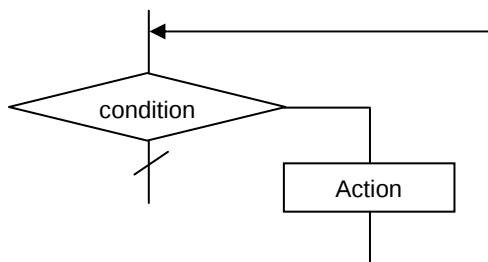
- Soit une structure isolée ;
- Soit une succession d'instructions.

L'action peut ne jamais être exécutée.

Notation : tant que condition faire

Action ;

ftant que ;



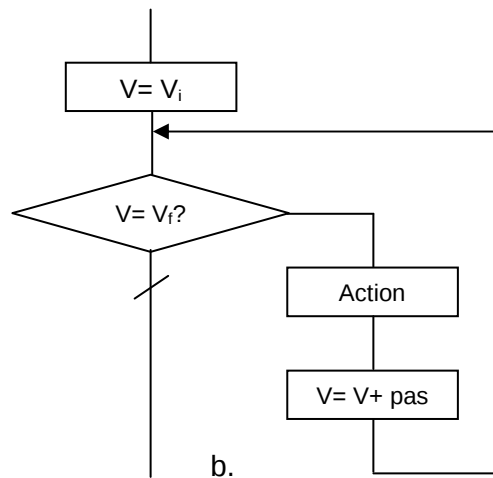
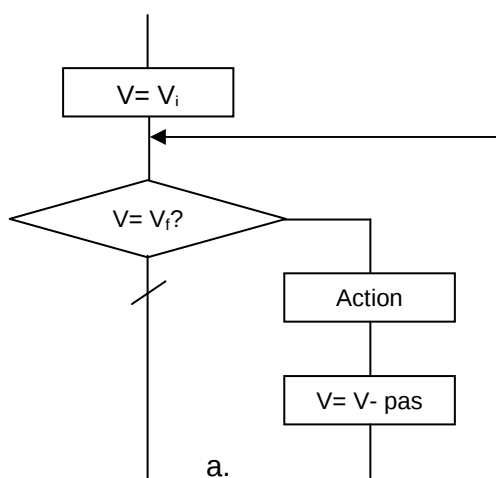
Deuxième cas : le nombre de répétitions est connu.

Structure **POUR...DE..A.. FAIRE...**

Dans cette structure, la sortie de la boucle d'itération s'effectue lorsque le nombre souhaité de répétition est atteint. On utilise donc une variable (ou indice) de contrôle d'itération caractérisée par :

- Sa valeur initiale ;
- Sa valeur finale ;
- Son pas de variation.

Si la valeur finale de l'indice est inférieure à sa valeur initiale le pas de variation est négatif, la structure est dite « **pour décroissante** » (a.) ; dans le cas contraire, le pas est positif et la structure est dite « **pour croissante** » (b.).



V : variable

V_i : valeur initiale de V

V_f : valeur finale de V

Notation : pour variable de début à fin pas n faire

Action ;

fpour ;

IX. EXEMPLES D'APPLICATIONS

1. Ecrivez un algorithme qui lit trois valeurs entières (A, B et C) et qu'affiche la plus grande des trois valeurs, en utilisant
 - si... sinon et une variable d'aide MAX
 - si... sinon si... sinon sans variable d'aide.

algorithme Nombre

var entier A, B, C, Max ;

lire (A) ;

lire (B) ;

lire (C) ;

début

si A>B alors

Max ← A ;

sinon Max ← B ;

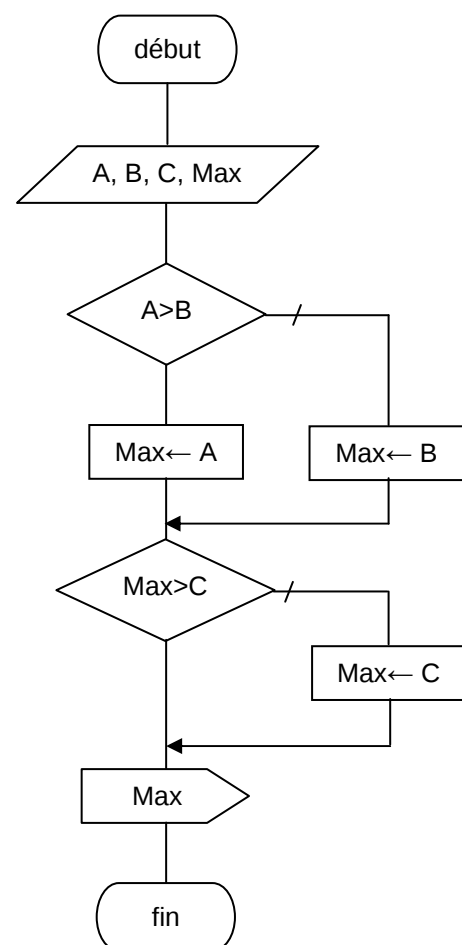
si Max>C alors

écrire : Max

sinon Max ← C

écrire : Max ;

fin d'algorithme.



EXERCICES

Exercice 1 : Mise en marche d'un équipement.

Avant de procéder à la mise en service d'un équipement, il est nécessaire d'effectuer un certains nombres d'opérations indispensables à son bon fonctionnement :

- a) Montée en température : mise en route de l'accélérateur de chauffage AC ;
- b) Distribution d'air comprimé : ouverture de l'électrovanne d'admission EV.
- c) Mise en route du dispositif de lubrification : pompe d'arrosage P sous tension.

Travaux demandés :

- 1. Compléter l'algorithme suivant ?
- 2. Construire l'algorigramme correspondant ?

algorithme Mise en service d'un équipement ;

const Marche c'est 1 ;

 Arrêt c'est 0 ;

var

AC co Accélérateur de chauffage fco ;

EV co Electrovanne d'admission d'air fco

P co Pompe de lubrification fco

EQ co Equipement fco

début

fin algorithme Mise en service d'un équipement.

Le soleil est une source d'énergie naturelle et inépuisable. Grâce au système photovoltaïque, cette énergie naturelle est transformée en électricité puis acheminée auprès des réseaux de distribution électrique.

En fin de compte, un système photovoltaïque est le système de centrale récente et efficace. Sa facilité d'installation se répartie dans le monde entier car le soleil est toujours disponible. Malgré son coût d'investissement très onéreux, mais par rapport aux autres sources d'énergie (groupe électrogène par exemple), les systèmes photovoltaïques ne nécessitent pas des carburants et de plus son entretien reste facile et il a une longue période de garantie.

Par rapport aux autres énergies renouvelable, l'énergie solaire a plus d'avantage surtout au niveau des ressource naturelles et des données météorologique car, on peut l'implanter n'importe où qu'on peut avoir un ensoleillement.

A propos du logiciel guide, sa création reste une grande œuvre pour moi jusqu'à maintenant. On peut le faire avec les autres développeurs de haut niveau (matlab, java...), mais j'ai choisi le Delphi pour la simplification de la relation entre le programme et son interface. En outre, la création d'interface en Delphi donne de grand avantage grâce à de nombreuses variantes d'outils et d'inspecteur d'objet sur ce logiciel.

Ce qui reste à faire, c'est de réaliser un projet pratique sur les installations photovoltaïques car ses dimensionnements seront considéré comme déjà fait.

DOCUMENT PDF ET ŒUVRES SPECIFIQUE

- [1] – ADEME Bourgogne ; MEMO INSTALLATION SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE
Mise à jour le 22 / 08 / 2008.
- [2] - ADEME PACA ; BESOIN D'ELECTRICITE EN SITE ISOLE ?
En 2002
- [3] - Daniel Ryckmans ; PANNEAUX SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUES : Les toits de vos hangars, une mine d'or à exploiter....
- [4] - RAZAFIMAHENINA Jean Marie ; L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE
Cours de SERA / IST-D en 2008-2009
- [5] - Roger DUMON ; ENERGIE SOLAIRE ET STOCKAGE D'ENERGIE
2^{ème} édition 1980
- [6] - JAOMIARY Antonio ; BASCULEMENT DE L'ECLAIRAGE DU SIEGE DE LA CCI D'ANTSIRANANA AU SYSTEME SOLAIRE
4^{ème} année PETGE / ENSET Projet1 en 2008
- [7] - SAID M'ze ; L'ENERGIE SOLAIRE
Cours de centrale électrique - 4^{ème} année PETGE / ENSET
- [8] - A. SAYER ; DELPHI : programmation dans l'environnement Windows
- [9] - JEAN Jimmy Andronnick ; DIMENSIONNEMENT ET CALCUL D'ECHAUFFEMENT DES MACHINE ELECTRIQUE EN DELPHI
Mini-projet - TAM / IST-D en 2008-2009
- [10] - Lycée Julliot de la Morandière Granville ; COURS D'ALGORITHME
- [11] - MENJA ; ALGORITHME ET PROGRAMMATION
Cours de 1^{ère} année GTR / IST en 2008 / 2009

REVUES ET FICHES D'ARTICLES

- [12] - Chambres d'agriculture Bretagne ; LES PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES
- [13] - Communauté de communes du pays né de la Mer ; LE PHOTOVOLTAIQUE
- [14] - Maison des Bio Energies ; PHOTOVOLTAIQUE (PV)
- [15] - JRC European commission NEWS RELEASE; PV_STATUS_REPORT

Le 11 décembre 2008

- [16] - Bruxelles environnement ; GUIDE ADMINISTRATIF ET TECHNIQUE POUR L'INSTALLATION DE PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES

Version 2.1 – Janvier 2009.

SITES WEB ET LES SOURCES A SUPPORT ELECTRONIQUE

- [17] - www.EnergieVrai.com
- [18] - www.boutiquesolaire.com
- [19] - www.hespul.org
- [20] - <http://foyerenergie.free.fr/pages/fiches-pratiques/fiches/fichepann.htm>
- [21] - <http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergierenouvelable>.
- [22] - Microsoft Etude ; Microsoft Encarta 2008 – Etude DVD.
- [23] - Encyclopédie comme ça marche

Annexe 1 : listing des programmes sur Delphi

Annexe 2 : Prix des kits solaires

Annexe 3 : Sections des conducteurs

Annexes 1: listing des programmes sur Delphi

```
Unit1: ACCUEIL                                end.                                begin

unit Unit1;                                Unit2: LICENCE

var                                          MessageDlg('Fin      de      l''application.',
mtInformation,[mbOk],0);

Form1: TForm1;                                application.Terminate;

implementation                                end;

uses Unit2, Unit8;                                buttonLicence2.Enabled:=False;

{$R *.dfm}                                end;

procedure TForm1.ButtonAccueil1Click (Sender: TObject);                                procedure TForm2.ButtonLicence2Click(Sender: TObject);

begin                                          begin

    Application.Minimize;                                form3.show;

    form2.show;                                form2.Close;

end;                                end;

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);                                procedure TForm2.FormCreate(Sender: TObject);

begin                                          begin

    Top:=100;                                Top:=100;

    Left:=280;                                Left:=280;

    clientheight:=500;                                clientheight:=500;

    clientwidth:=700;                                clientwidth:=700;

end;                                end;

procedure TForm1.suivant1Click(Sender: TObject);                                procedure TForm2.RadioButtonLicence1Click(Sender: TObject);

begin                                          begin

    form8.show;                                buttonLicence2.Enabled:=True;

    form8.Image1.Visible:=true;                                end;

    form8.Image2.Visible:=False;                                procedure TForm2.RadioButtonLicence2Click(Sender: TObject);

    form8.Image3.Visible:=False;                                begin

    form8.Image4.Visible:=False;                                if MessageDlg('Merci d''avoir consulter cet

    form8.Image5.Visible:=False;                                application appuyer yes pour quitter'

    form8.Image6.Visible:=False;                                ,mtConfirmation,[mbyes,mbno],0)= mryes then

    form8.Image7.Visible:=False;                                form3.show;

    form8.Image8.Visible:=False;                                form2.Close;

end;                                end;
```

Annexes 1: listing des programmes sur Delphi

```
end;

procedure TForm2. retour1Click(Sender: TObject);

begin
    form1.show;

    form2.close;

end;

procedure TForm2. quitter1Click(Sender: TObject);

begin
    application.Terminate;

end;

procedure TForm2. explicationduform1Click(Sender:
TObject);

begin
    showMessage('Cette forme consiste à vous livrer le
contrat de licence. Il faut alors bien lire ce contrat
avant d''accepter, si vous n''accepterez pas, le bouton
suivant n''apparaît jamais ou bien vous quitterez.
l''explication dans le glossaire d''aide. ');

end;

end.

Unit3: CHOIX DU SYSTEME

unit Unit3;

var
    Form3: TForm3;

    energie, surface, budget:integer;

E,i,k,Pc,Pn,N,N1,nb,nb1,Pt,a,Vins,Cn,m,C,Cr,Inr,Ir,x,x1
,Pno,Po,lo,y,y1:real;

PU,Inv,St,Ep,So,Cinv,PUo,PUB,PUr,Cinvo,Cinvt,Po1,Ci
nvb,Cinvr:real;

implementation

uses Unit4, Unit6, Unit2, Unit8, Unit9;

{$R *.dfm}

procedure TForm3. ButtonChoix1Click(Sender:
TObject);

begin
    form9.show;

    form3.Close;

    Form9.Button2.visible:=true;

    Form9.Button3.visible:=False;

end;

procedure TForm3. ButtonChoix2Click(Sender:
TObject);

begin
    form9.show;

    form3.Close;

    Form9.Button3.Visible:=True;

    Form9.Button2.visible:=False;

end;

procedure TForm3. FormCreate(Sender: TObject);

begin
    Top:=100;

    Left:=280;

    clientheight:=500;

    clientwidth:=700;

end;

procedure TForm3. ButtonChoix3Click(Sender:
TObject);

begin
    application.Terminate;

end;

procedure TForm3. retour1Click(Sender: TObject);

begin
    form2.show;

    form3.close;

end;

procedure TForm3. autonome1Click(Sender: TObject);

begin
    form4.show;

    form3.Close;

end;

procedure TForm3. coupl1Click(Sender: TObject);

begin
    form6.show;

    form3.Close;

end;

end;

procedure TForm3. quitter1Click(Sender: TObject);

begin
    application.Terminate;

end;

procedure TForm3. explicationduform1Click(Sender:
TObject);

begin
    showMessage('Cette partie vous force à choisir entre
ces deux types d''installation afin de faire son
dimensionnement. Il faut bien lire leur définition pour
ne pas tromper de choix. ');

end;

procedure TForm3. d1Click(Sender: TObject);

begin
    form8.show;

    form8.show;

    form8.Image2.Visible:=true;

    form8.Image1.Visible:=False;

    form8.Image3.Visible:=False;

    form8.Image4.Visible:=False;

    form8.Image5.Visible:=False;

    form8.Image6.Visible:=False;

    form8.Image7.Visible:=False;

    form8.Image8.Visible:=False;

end;
```

```
end;

procedure TForm3.dfnitioncoupl1Click(Sender: TObject);

begin

    form8.show;

    form8.show;

    form8.Image3.Visible:=true;

    form8.Image2.Visible:=False;

    form8.Image1.Visible:=False;

    form8.Image4.Visible:=False;

    form8.Image5.Visible:=False;

    form8.Image6.Visible:=False;

    form8.Image7.Visible:=False;

    form8.Image8.Visible:=False;

end;

end.

Unit 9: RENSEIGNEMENTS

unit Unit9;

var

    Form9: TForm9;

implementation

uses Unit10, Unit4, Unit3, Unit6;

{$R *.dfm}

procedure TForm9.Edit1Change(Sender: TObject);
```

```
begin

    Edit1.Text:=Edit1.Text;

    Form10.Edit1.Text:=Edit1.Text;

end;

procedure TForm9.Edit2Change(Sender: TObject);

begin

    Edit2.Text:=Edit2.Text;

    Form10.Edit2.Text:=Edit2.Text;

end;

procedure TForm9.Edit3Change(Sender: TObject);

begin

    Edit3.Text:=Edit3.Text;

    Form10.Edit3.Text:=Edit3.Text;

end;

procedure TForm9.Edit4Change(Sender: TObject);

begin

    Edit4.Text:=Edit4.Text;

    Form10.Edit4.Text:=Edit4.Text;

end;

procedure TForm9.Edit5Change(Sender: TObject);

begin

    Edit5.Text:=Edit5.Text;

    Form10.Edit5.Text:=Edit5.Text;
```

```
end;

procedure TForm9.Edit6Change(Sender: TObject);

begin

    Edit6.Text:=Edit6.Text;

    Form10.Edit6.Text:=Edit6.Text;

end;

procedure TForm9.Button2Click(Sender: TObject);

begin

    form9.Close;

    form4.show;

end;

procedure TForm9.Button1Click(Sender: TObject);

begin

    form9.Close;

    form3.show;

end;

procedure TForm9.Button3Click(Sender: TObject);

begin

    Form9.Close;

    Form6.Show;

end;

procedure TForm9.FormCreate(Sender: TObject);

begin
```

```
    Top:=100;

    Left:=280;

    clientheight:=500;

    clientwidth:=700;

end;

end.

Unit 4: AUTONOME DONNE

unit Unit4;

var

    Form4: TForm4;

implementation

uses Unit3, Unit5, Unit8, Unit9, Unit10;

{$R *.dfm}

procedure TForm4.ButtonDonne1Click(Sender: TObject);

begin

    form9.show;

    form4.Close;

end;

procedure TForm4.ButtonDonne3Click(Sender: TObject);

begin

    {***Dimensionnement de panneaux***}

    E:=StrToFloat(EditValeur1.Text);
```

Annexes 1: listing des programmes sur Delphi

```
i:=StrToFloat(EditValeur2.Text);
Pn:=StrToFloat(EditValeur3.Text);
k:=StrToFloat(ComboBoxValeur1.Text);
PU:=StrToFloat(EditValeur4.Text);
Pc:=E/(i*k)*1.5;
N1:=Pc/Pn;
N:=round(N1);
if N<N1 then
N:=N+1;
Pt:=N*Pn;
if N1<0.5 then
showMessage('Avertissement:Pn est trop grand par
rapport à Pc');
Cinv:=N*PU;
{****Dimensionnement de batteries****}
a:=StrToFloat(EditVal1.Text);
Vins:=StrToFloat(ComboBoxVal2.Text);
Cn:=StrToFloat(EditVal3.Text);
m:=StrToFloat(ComboBoxVal1.Text);
PUB:=StrToFloat(EditVal4.Text);
C:=(E*a)/Vins;
Cr:=C/m;
nb1:=Cr/Cn;
nb:=round (nb1);

if nb<nb1 then
nb:=nb+1;
if nb1<0.5 then
showMessage('Avertissement:Cn est trop grand par
rapport à Cr');
Cinvb:=nb*PUB;
{****Dimensionnement de regulateurs****}
Inr:=StrToFloat(EditVlr1.Text);
PUr:=StrToFloat(EditVlr2.Text);
Ir:=Pt/Vins*1.5;
x1:=Ir/Inr;
x:=round (x1);
if x<x1 then
x:=x+1;
if x1<0.5 then
showMessage('Avertissement:In est trop grand par
rapport au Ir');
Cinvr:=x*PUr;
{****Dimensionnement d'onduleurs****}
Pno:=StrToFloat(EditVI1.Text);
PUo:=StrToFloat(EditVI2.Text);
Po:=Pc*0.9;
Io:=Po/Vins;
y1:=Po/Pno;
y:=round (y1);
if y<y1 then
y:=y+1;
if y1<0.5 then
showMessage('Avertissement:Pno est trop grand par
rapport à Po');
Cinvo:=y*PUo;
Cinvt:=Cinv+Cinvb+Cinvr+Cinvo;
form5.Show;
form4.Close;
form5.EditValeur1.Text:=FloatToStrF(Pc,ffFixed,10,2);
form5.EditValeur2.Text:=FloatToStrF(N,ffFixed,10,0);
form5.EditValeur3.Text:=FloatToStrF(Pt,ffFixed,10,2);
form5.EditValr1.Text:=FloatToStrF(C,ffFixed,10,2);
form5.EditValr2.Text:=FloatToStrF(Cr,ffFixed,10,2);
form5.EditValr3.Text:=FloatToStrF(nb,ffFixed,10,0);
form5.EditVal1.Text:=FloatToStrF(Ir,ffFixed,10,2);
form5.EditVal2.Text:=FloatToStrF(x,ffFixed,10,0);
form5.EditVlr1.Text:=FloatToStrF(Po,ffFixed,10,2);
form5.EditVlr2.Text:=FloatToStrF(Io,ffFixed,10,2);
form5.EditVlr3.Text:=FloatToStrF(y,ffFixed,10,0);
form5.EditValeur4.Text:=FloatToStrF(Cinv,ffFixed,10,
2);
form5.EditValr4.Text:=FloatToStrF(Cinvb,ffFixed,10,2)

form5.EditVal3.Text:=FloatToStrF(Cinvr,ffFixed,10,2);
form5.EditVlr4.Text:=FloatToStrF(Cinvo,ffFixed,10,2);
form5.Edit1.Text:=FloatToStrF(Cinvt,ffFixed,10,2);
end;
procedure TForm4.FormCreate(Sender: TObject);
begin
Top:=100;
Left:=190;
clientheight:=500;
clientwidth:=900;
end;
procedure TForm4.ButtonDonne2Click(Sender:
TObject);
begin
application.Terminate;
end;
procedure TForm4.ButtonDonne4Click(Sender:
TObject);
begin
EditValeur1.Text:="";
EditValeur2.Text:="";
EditValeur3.Text:="";
EditVal1.Text:="";
EditVal3.Text:="";
```

Annexes 1: listing des programmes sur Delphi

```
EditVlr1.Text:='';

EditVl1.Text:='';

ComboBoxValeur1.text:='0,55';

ComboBoxVal2.Text:='12';

ComboBoxVal1.Text:='0,7';

end;

procedure TForm4. retour1Click(Sender: TObject);
begin
    form3.show;

    form4.Close;
end;

procedure TForm4. quitter2Click(Sender: TObject);
begin
    application.Terminate;
end;

procedure TForm4. quitter1Click(Sender: TObject);
begin
    EditValeur1.Text:='';

    EditValeur2.Text:='';

    EditValeur3.Text:='';

    EditVal1.Text:='';

    EditVal3.Text:='';

    EditVlr1.Text:='';

    EditVl1.Text:='';

    ComboBoxValeur1.text:='0,55';

    ComboBoxVal2.Text:='12';

    ComboBoxVal1.Text:='0,5';

end;

procedure TForm4.glossaire1Click(Sender: TObject);
begin
    form8.show;

    form8.show;

    form8.Image4.Visible:=true;

    form8.Image2.Visible:=False;

    form8.Image3.Visible:=False;

    form8.Image1.Visible:=False;

    form8.Image5.Visible:=False;

    form8.Image6.Visible:=False;

    form8.Image7.Visible:=False;

    form8.Image8.Visible:=False;

end;

procedure TForm4.explicationduform1Click(Sender:
TObject);
begin
    ShowMessage('Cette interface est la partie pour les
données lorsque vous allez installer un système
autonome. Il faut bien respecter les unités et trouver
dans le glossaire l''explication des mots.');
```

```
end;

procedure TForm4.Button1Click(Sender: TObject);
begin
    form8.show;

    form8.Image8.Visible:=true;

    form8.Image2.Visible:=False;

    form8.Image3.Visible:=False;

    form8.Image4.Visible:=False;

    form8.Image5.Visible:=False;

    form8.Image6.Visible:=False;

    form8.Image1.Visible:=False;

    form8.Image7.Visible:=False;

end;

procedure TForm4.Imprimerlaforme1Click(Sender:
TObject);
begin
    PrintScale:=poPrintToFit;

    Print;

end;

procedure TForm4.EditValeur1Change(Sender:
TObject);
begin
    EditValeur1.Text:=EditValeur1.Text;

    Form10.Edit32.Text:=EditValeur1.Text;
```

```
end;

procedure TForm4.EditValeur2Change(Sender:
TObject);
begin
    EditValeur2.Text:=EditValeur2.Text;

    Form10.Edit10.Text:=EditValeur2.Text;

end;

procedure TForm4.ComboBoxValeur1Change(Sender
: TObject);
begin
    ComboBoxValeur1.Text:=ComboBoxValeur1.Text;

    Form10.Edit11.Text:=ComboBoxValeur1.Text;

end;

procedure TForm4.ComboBoxVal2Change(Sender:
TObject);
begin
    ComboBoxVal2.Text:=ComboBoxVal2.Text;

    Form10.Edit33.Text:=ComboBoxVal2.Text;

end;

procedure TForm4.EditValeur3Change(Sender:
TObject);
begin
    EditValeur3.Text:=EditValeur3.Text;

    Form10.Edit28.Text:=EditValeur3.Text;

end;
```

Annexes 1: listing des programmes sur Delphi

```
procedure TForm4.EditVal3Change(Sender: TObject);   Form5: TForm5;

begin
    EditVal3.Text:=EditVal3.Text;

    Form10.Edit16.Text:=EditVal3.Text;

end;

procedure TForm4.EditVlr1Change(Sender: TObject);

begin
    EditVlr1.Text:=EditVlr1.Text;

    Form10.Edit20.Text:=EditVlr1.Text;

end;

procedure TForm4.EditVI1Change(Sender: TObject);

begin
    EditVI1.Text:=EditVI1.Text;

    Form10.Edit29.Text:=EditVI1.Text;

end;

end.

Unit 5: AUTONOME RESULTAT

unit Unit5;

interface

uses
    Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes,
    Graphics, Controls, Forms, Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls,
    Menus;

var
    Form5: TForm5;

implementation

uses Unit4, Unit3, Unit8, Unit10;

{$R *.dfm}

procedure TForm5.ButtonResultat1Click(Sender:
TObject);

begin
    Form4.show;

    Form5.Close;

end;

procedure TForm5.ButtonResultat2Click(Sender:
TObject);

begin
    Form3.show;

    Form5.Close;

end;

procedure TForm5.ButtonResultat3Click(Sender:
TObject);

begin
    if MessageDlg('Merci d avoir consulter cet
application appuyer yes pour quitter'
,mtConfirmation, [mbytes, mbno], 0) = mryes then
    application.Terminate;

end;

end;

end;

GroupBoxOnduleur1.Visible:=True;

GroupBoxOnduleur2.Visible:=True;

GroupBoxOnduleur3.Visible:=True;

end;

procedure TForm5.FormCreate(Sender: TObject);

begin
    Top:=100;

    Left:=190;

    clientheight:=500;

    clientwidth:=900;

end;

procedure TForm5.retour1Click(Sender: TObject);

begin
    Form4.show;

    Form5.Close;

end;

procedure TForm5.retourauchoix1Click(Sender:
TObject);

begin
    Form3.show;

    Form5.Close;

end;

procedure TForm5.GroupBoxResultat1Click(Sender:
TObject);

begin
    GroupBoxPanneau1.Visible:=true;

    GroupBoxPanneau2.Visible:=true;

    GroupBoxPanneau3.Visible:=true;

end;

procedure TForm5.GroupBoxResultat2Click(Sender:
TObject);

begin
    GroupBoxBatterie1.Visible:=True;

    GroupBoxBatterie2.Visible:=True;

    GroupBoxBatterie3.Visible:=True;

end;

procedure TForm5.GroupBoxResultat3Click(Sender:
TObject);

begin
    GroupBoxRegulateur1.Visible:=True;

    GroupBoxRegulateur2.Visible:=True;

    GroupBoxRegulateur3.Visible:=True;

end;

procedure TForm5.GroupBoxResultat4Click(Sender:
TObject);

begin
```

Annexes 1: listing des programmes sur Delphi

```
application.Terminate;

end;

procedure TForm5.explicationduform1Click(Sender:
TObject);

begin

showMessage('Les      résultats      de      votre
dimenssionnement sont affichées sur cette forme,
correspondent aux données que vous avez mis
précédement. ');

end;

procedure TForm5.glossaires1Click(Sender: TObject);

begin

form8.show;

form8.show;

form8.Image5.Visible:=true;

form8.Image2.Visible:=False;

form8.Image3.Visible:=False;

form8.Image4.Visible:=False;

form8.Image1.Visible:=False;

form8.Image6.Visible:=False;

form8.Image7.Visible:=False;

form8.Image8.Visible:=False;

end;

procedure TForm5.Imprimerlaforme1Click(Sender:
TObject);

begin

PrintScale:=poPrintToFit;

Print;

end;

procedure TForm5.EditValeur2Change(Sender:
TObject);

begin

EditValeur2.Text:=EditValeur2.Text;

Form10.Edit30.Text:=EditValeur2.Text;

end;

procedure TForm5.EditValr3Change(Sender:
TObject);

begin

EditValr3.Text:=EditValr3.Text;

Form10.Edit15.Text:=EditValr3.Text;

end;

procedure TForm5.EditValeur4Change(Sender:
TObject);

begin

EditValeur4.Text:=EditValeur4.Text;

Form10.Edit26.Text:=EditValeur4.Text;

end;

procedure TForm5.EditValr4Change(Sender:
TObject);

begin

EditValr4.Text:=EditValr4.Text;

end;

Form10.Edit22.Text:=EditValr4.Text;

end;

procedure TForm5.EditVal2Change(Sender: TObject);

begin

EditVal2.Text:=EditVal2.Text;

Form10.Edit19.Text:=EditVal2.Text;

end;

procedure TForm5.EditVal3Change(Sender: TObject);

begin

EditVal3.Text:=EditVal3.Text;

Form10.Edit24.Text:=EditVal3.Text;

end;

procedure TForm5.EditVlr3Change(Sender: TObject);

begin

EditVlr3.Text:=EditVlr3.Text;

Form10.Edit31.Text:=EditVlr3.Text;

end;

procedure TForm5.EditVlr4Change(Sender: TObject);

begin

EditVlr4.Text:=EditVlr4.Text;

Form10.Edit27.Text:=EditVlr4.Text;

end;

procedure TForm5.ButtonResultat4Click(Sender:
TObject);

begin

form10.Button1.Visible:=True;

form10.Button3.Visible:=false;

form10.Label9.visible:=False;

form10.Label8.visible:=False;

form10.Label7.visible:=True;

form10.Edit9.visible:=False;

form10.Edit8.visible:=False;

form10.Edit7.visible:=False;

form10.Edit32.visible:=True;

form10.Edit12.visible:=False;

form10.Edit33.visible:=True;

form10.Label15.visible:=False;

form10.Label14.visible:=False;

form10.Label16.visible:=False;

form10.Label13.visible:=True;

form10.Edit30.visible:=True;

form10.Edit28.visible:=True;

form10.Edit26.visible:=True;

form10.Edit31.visible:=True;

form10.Edit29.visible:=True;

form10.Edit27.visible:=True;

form10.Edit34.visible:=True;
```

Annexes 1: listing des programmes sur Delphi

```
form10.Edit13.visible:=False;
form10.Edit14.visible:=False;
form10.Edit17.visible:=False;
form10.Edit18.visible:=False;
form10.Edit21.visible:=False;
form10.Edit23.visible:=False;
form10.Edit25.visible:=False;
form10.Label24.visible:=True;
form10.Label27.visible:=True;
form10.Label25.visible:=False;
form10.Label28.visible:=False;
form10.Label22.visible:=True;
form10.Label23.visible:=True;
form10.Label38.visible:=True;
form10.Label40.visible:=True;
form10.Label26.visible:=True;
form10.Label29.visible:=True;
form10.Label31.visible:=True;
form10.Label34.visible:=True;
form10.Edit15.visible:=True;
form10.Edit16.visible:=True;
form10.Edit19.visible:=True;
form10.Edit20.visible:=True;

form10.Edit22.visible:=True;
form10.Edit24.visible:=True;
form10.Edit10.visible:=True;
form10.Edit11.visible:=True;
form10.Edit35.visible:=False;
form10.Edit36.visible:=False;
Form10.show;
Form5.Close;

end;

procedure TForm5.Edit1Change(Sender: TObject);
begin
    Edit1.Text:=Edit1.Text;
    Form10.Edit34.Text:=Edit1.Text;
end;

end.

Unit 6: COUPLE DONNEE

unit Unit6;

var
    Form6: TForm6;

implementation

uses Unit3, Unit7, Unit8, Unit10;

{$R *.dfm}

procedure TForm6.ButtonDonne1Click(Sender:
TObject);

begin
    form3.show;
    form6.Close;
end;

procedure TForm6.ButtonDonne3Click(Sender:
TObject);
begin // *Energie disponible
    {***Dimensionnement de panneaux***}
    i:=StrToFloat(EditValeur2.Text);
    Pn:=StrToFloat(EditValeur3.Text);
    k:=StrToFloat(ComboBoxValeur1.Text);
    PU:=StrToFloat(EditValeur4.Text);
    E:=StrToFloat(EditValeur1.Text);
    Pc:=E/(i*k)*1.5;
    N1:=Pc/Pn;
    N:=round(N1);
    if N<N1 then
        N:=N+1;
    Pt:=N*Pn;
    if N1<0.5 then
        showmessage('Avertissement: Pn est trop grande
par rapport à Pc');
    Cinv:=N*PU;
    So:=Pt*8;
    Form7.LabelCaracteristique4.Visible:=False
    Form7.EditValeur4.Visible:=False;
    Form7.LabelUnite3.Visible:=False;
    Form7.LabelCaracteristique3.Visible:=True;
    Form7.EditValeur3.Visible:=True;
    Form7.LabelUnite2.Visible:=True;
    Form7.LabelCaracteristique5.Visible:=True;
    Form7.EditValeur5.Visible:=True;
    Form7.LabelUnite4.Visible:=True;
    Form7.LabelCaracteristique6.Visible:=True;
    Form7.EditValeur6.Visible:=True;
    Form7.LabelUnite5.Visible:=True;
    {****Dimensionnement d'onduleurs****}
    Pno:=StrToFloat(EditVal1.Text);
    Vins:=StrToFloat(ComboBoxVal11.Text);
    PUo:=StrToFloat(EditVal2.Text);
    Po:=Pc*0.9;
    Po1:=round (Po)+1;
    Io:=Po/Vins;
    y1:=Po/Pno;
    y:=round(y1);
    if y1<0.5 then
        begin
```

Annexes 1: listing des programmes sur Delphi

```
showmessage('Avertissement: Pno est trop grande  
par rapport à Po');  
  
end;  
  
if y<y1 then  
y:=y+1;  
Cinvo:=PUo*y;  
Cinv:=Cinv+Cinvo;  
form7.show;  
form6.Close;  
form7.EditValeur1.Text:=FloatToStrF(Pc,ffFixed,10,2);  
form7.EditValeur2.Text:=FloatToStrF(N,ffFixed,10,0);  
form7.EditValeur3.Text:=FloatToStrF(Pt,ffFixed,10,2);  
form7.EditValeur5.Text:=FloatToStrF(So,ffFixed,10,2);  
form7.EditValeur6.Text:=FloatToStrF(Cinv,ffFixed,10,  
form7.EditValr1.Text:=FloatToStrF(Po,ffFixed,10,2);  
form7.EditValr2.Text:=FloatToStrF(Io,ffFixed,10,2);  
form7.EditValr3.Text:=FloatToStrF(y,ffFixed,10,0);  
form7.EditValr4.Text:=FloatToStrF(Cinvo,ffFixed,10,2)  
form7.Edit1.Text:=FloatToStrF(Cinvt,ffFixed,10,2);  
  
Form10.Label7.Visible:=True;  
Form10.Label8.Visible:=False;  
Form10.Label9.Visible:=False;  
Form10.Edit9.Visible:=False;  
Form10.Edit8.Visible:=False;  
  
Form10.Edit7.Visible:=true;  
Form10.Label15.Visible:=False;  
Form10.Label16.Visible:=False;  
Form10.Label14.Visible:=True;  
Form10.Edit21.Visible:=True;  
Form10.Label30.Visible:=True;  
  
end;  
  
procedure TForm6.FormCreate(Sender: TObject);  
begin  
Top:=100;  
Left:=190;  
clientheight:=500;  
clientwidth:=900;  
  
end;  
  
procedure TForm6.RadioButtonCdd1Click(Sender:  
TObject);  
begin  
energie:=1;  
Button1.Visible:=true;  
ButtonDonne3.Visible:=True;  
ButtonDonne5.Visible:=False;  
ButtonDonne6.Visible:=False;  
LabelCaracteristique1.Visible:=True;  
LabelCaracteristique2.Visible:=True;  
  
LabelCaracteristique3.Visible:=True;  
LabelCaracteristique4.Visible:=True;  
LabelCaracteristique5.Visible:=True;  
EditValeur1.Visible:=True;  
EditValeur2.Visible:=True;  
EditValeur3.Visible:=True;  
EditValeur4.Visible:=True;  
LabelUnite1.Visible:=True;  
LabelUnite2.Visible:=True;  
LabelUnite3.Visible:=True;  
LabelUnite4.Visible:=True;  
ComboBoxValeur1.Visible:=true;  
LabelCaracteristiq1.Visible:=True;  
LabelCaracteristiq2.Visible:=True;  
EditVal1.Visible:=True;  
ComboBoxVal11.Visible:=True;  
LabelUnit1.Visible:=True;  
LabelUnit2.Visible:=True;  
LabelCaracteristique6.Visible:=False;  
LabelCaracteristique7.Visible:=False;  
EditValeur5.Visible:=False;  
EditValeur6.Visible:=False;  
LabelUnite5.Visible:=False;  
  
LabelUnite6.Visible:=False;  
LabelCaracteristiq3.Visible:=True;  
EditVal2.Visible:=True;  
LabelUnit3.Visible:=True;  
Form7.LabelCaracteristique3.Visible:=True;  
Form7.EditValeur3.Visible:=True;  
Form7.LabelUnite2.Visible:=True;  
Form7.LabelCaracteristique5.Visible:=True;  
Form7.EditValeur5.Visible:=True;  
Form7.LabelUnite4.Visible:=True;  
Form7.LabelCaracteristique6.Visible:=True;  
Form7.EditValeur6.Visible:=True;  
Form7.LabelUnite5.Visible:=True;  
  
end;  
  
procedure TForm6.RadioButtonCdd2Click(Sender:  
TObject);  
begin  
surface:=1;  
Button1.Visible:=true;  
ButtonDonne5.Visible:=True;  
ButtonDonne6.Visible:=False;  
ButtonDonne3.Visible:=False;  
LabelCaracteristique2.Visible:=True;  
LabelCaracteristique3.Visible:=True;
```

Annexes 1: listing des programmes sur Delphi

```
LabelCaracteristique4.Visible:=True;
LabelCaracteristique5.Visible:=True;
LabelCaracteristique6.Visible:=True;
EditValeur2.Visible:=True;
EditValeur3.Visible:=True;
EditValeur4.Visible:=True;
EditValeur5.Visible:=True;
LabelUnit2.Visible:=True;
LabelUnit3.Visible:=True;
LabelUnit4.Visible:=True;
LabelUnit5.Visible:=True;
ComboBoxValeur1.Visible:=true;
LabelCaracteristiq1.Visible:=True;
LabelCaracteristiq2.Visible:=True;
LabelUnit1.Visible:=True;
LabelUnit2.Visible:=True;
EditVal1.Visible:=True;
ComboBoxVal11.Visible:=True;
LabelCaracteristique1.Visible:=False;
LabelCaracteristique7.Visible:=False;
EditValeur6.Visible:=False;
EditValeur1.Visible:=False;
LabelUnit6.Visible:=False;
```

```
LabelUnit1.Visible:=False;
LabelCaracteristiq3.Visible:=True;
EditVal2.Visible:=True;
LabelUnit3.Visible:=True;
end;
procedure TForm6.RadioButtonCdd3Click(Sender:
TObject);
begin
    surface:=0;
    Button1.Visible:=true;
    ButtonDonne6.Visible:=True;
    ButtonDonne5.Visible:=False;
    ButtonDonne3.Visible:=False;
    LabelCaracteristique2.Visible:=True;
    LabelCaracteristique3.Visible:=True;
    LabelCaracteristique4.Visible:=True;
    LabelCaracteristique5.Visible:=True;
    LabelCaracteristique7.Visible:=True;
    EditValeur2.Visible:=True;
    EditValeur3.Visible:=True;
    EditValeur4.Visible:=True;
    EditValeur6.Visible:=True;
    LabelUnit2.Visible:=True;
    LabelUnit3.Visible:=True;
```

```
LabelUnit4.Visible:=True;
LabelUnit6.Visible:=True;
ComboBoxValeur1.Visible:=true;
LabelCaracteristiq1.Visible:=True;
LabelCaracteristiq2.Visible:=True;
LabelUnit1.Visible:=True;
LabelUnit2.Visible:=True;
EditVal1.Visible:=True;
ComboBoxVal11.Visible:=True;
LabelCaracteristique1.Visible:=False;
LabelCaracteristique6.Visible:=False;
EditValeur5.Visible:=False;
EditValeur1.Visible:=False;
LabelUnit5.Visible:=False;
LabelUnit1.Visible:=False;
LabelCaracteristiq3.Visible:=True;
EditVal2.Visible:=True;
LabelUnit3.Visible:=True;
end;
procedure TForm6.ButtonDonne2Click(Sender:
TObject);
begin
    application.Terminate;
end;
```

```
procedure TForm6.ButtonDonne4Click(Sender:
TObject);
begin
    EditValeur1.Text:="";
    EditValeur2.Text:="";
    EditValeur3.Text:="";
    EditValeur4.Text:="";
    EditValeur5.Text:="";
    EditValeur6.Text:="";
    EditVal1.Text:="";
    ComboBoxValeur1.text:='0,55';
    ComboBoxVal11.Text:='24';
end;
procedure TForm6.ButtonDonne6Click(Sender:
TObject);
begin // * Budget disponible
    {****Dimensionnement de panneaux****}
    i:=StrToFloat(EditValeur2.Text);
    Pn:=StrToFloat(EditValeur3.Text);
    k:=StrToFloat(ComboBoxValeur1.Text);
    PU:=StrToFloat(EditValeur4.Text);
    Inv:=StrToFloat(EditValeur6.Text);
    N:=Inv/PU;
    Pc:=Pn*N;
```

Annexes 1: listing des programmes sur Delphi

Ep:=Pc*(i*k)/1.5; So:=Pc*8; Form7.LabelCaracteristique4.Visible:=True; Form7.EditValeur4.Visible:=True; Form7.LabelUnite3.Visible:=True; Form7.LabelCaracteristique5.Visible:=True;Form7.EditValeur5.Visible:=True; Form7.LabelUnite4.Visible:=True; Form7.LabelCaracteristique6.Visible:=False; Form7.EditValeur6.Visible:=False; Form7.LabelUnite5.Visible:=False; <i>****Dimensionnement d'onduleurs****</i> Pno:=StrToFloat(EditVal1.Text); Vins:=StrToFloat(ComboBoxVal11.Text); PUo:=StrToFloat(EditVal2.Text); Po:=Pc*0.9; Po1:=round (Po)+1; Io:=Po/Vins; y1:=Po/Pno; y:=round(y1); if y1<0.5 then showmessage('Avertissement: Pno est trop grande par rapport à Po'); if y<y1 then	y:=y+1; Cinvo:=PUo*y; Cinvt:=Inv+Cinvo; form7.show; form6.Close; form7.EditValeur1.Text:=FloatToStrF(Pc,ffFixed,10,2); form7.EditValeur2.Text:=FloatToStrF(N,ffFixed,10,0); form7.EditValeur4.Text:=FloatToStrF(Ep,ffFixed,10,2); form7.EditValeur5.Text:=FloatToStrF(So,ffFixed,10,2); form7.EditValr1.Text:=FloatToStrF(Po,ffFixed,10,2); form7.EditValr2.Text:=FloatToStrF(Io,ffFixed,10,2); form7.EditValr3.Text:=FloatToStrF(y,ffFixed,10,0); form7.EditValr4.Text:=FloatToStrF(Cinvo,ffFixed,10,2); form7.Edit1.Text:=FloatToStrF(Cinvt,ffFixed,10,2); Form10.Label8.visible:=True; Form10.Label7.Visible:=False; Form10.Label9.Visible:=False; Form10.Edit9.Visible:=False; Form10.Edit7.Visible:=False; Form10.Edit8.Visible:=true; Form10.Label15.Visible:=False; Form10.Label14.Visible:=False; Form10.Label16.visible:=True; Form10.Edit21.Visible:=False;	Form10.Label30.Visible:=False; end; procedure TForm6.ButtonDonne5Click(Sender: TObject); begin <i>/**Surface disponible</i> <i>****Dimensionnement de panneaux****</i> i:=StrToFloat(EditValeur2.Text); Pn:=StrToFloat(EditValeur3.Text); k:=StrToFloat(ComboBoxValeur1.Text); PU:=StrToFloat(EditValeur4.Text); St:=StrToFloat(EditValeur5.Text); Pc:=St/8; N:=Pc/Pn; Ep:=Pc*(i*k)/1.5; Cinv:=N*PU; Form7.LabelCaracteristique4.Visible:=True; Form7.EditValeur4.Visible:=True; Form7.LabelUnite3.Visible:= True; Form7.LabelCaracteristique6.Visible:=True; Form7.EditValeur6.Visible:=True; Form7.LabelUnite5.Visible:=True; Form7.LabelCaracteristique5.Visible:=False; Form7.EditValeur5.Visible:=False; Form7.LabelUnite4.Visible:=False;	<i>****Dimensionnement d'onduleurs****</i> Pno:=StrToFloat(EditVal1.Text); Vins:=StrToFloat(ComboBoxVal11.Text); PUo:=StrToFloat(EditVal2.Text); Po:=Pc*0.9; Po1:=round (Po)+1; Io:=Po/Vins; y1:=Po/Pno; y:=round(y1); if y1<0.5 then showmessage('Avertissement: Pno est trop grande par rapport à Po'); if y<y1 then
---	---	---	--

Annexes 1: listing des programmes sur Delphi

```
form7.EditValr3.Text:=FloatToStrF(y,ffFixed,10,0);
form7.EditValr4.Text:=FloatToStrF(Cinvo,ffFixed,10,2)
form7.Edit1.Text:=FloatToStrF(Cinv,ffFixed,10,2);
Form10.Label9.Visible:=True;
Form10.Label7.Visible:=False;
Form10.Label8.Visible:=False;
Form10.Edit8.Visible:=False;
Form10.Edit7.Visible:=False;
Form10.Edit9.Visible:=true;
Form10.Label16.Visible:=False;
Form10.Label14.Visible:=False;
Form10.Label15.Visible:=True;
Form10.Edit21.Visible:=True;
Form10.Label30.Visible:=True;
end;
procedure TForm6. retour1Click(Sender: TObject);
begin
    form3.show;
    form6.Close;
end;
procedure TForm6.reinitialiser1Click(Sender:
TObject);
begin
    EditValeur1.Text:="";
    EditValeur2.Text:="";
    EditValeur3.Text:="";
    EditValeur4.Text:="";
    EditValeur5.Text:="";
    EditValeur6.Text:="";
    EditVal1.Text:="";
    ComboBoxValeur1.text:='0,55';
    ComboBoxVal11.Text:='12';
end;
procedure TForm6.quitter1Click(Sender: TObject);
begin
    application.Terminate;
end;
procedure TForm6.explicationduform1Click(Sender:
TObject);
begin
    ShowMessage('Cette forme est la partie pour les
données lorsque vous allez installer un système couplé
au réseau. Il faut bien respecter les unités en kilo
appart la tension et il faut choisir ce qui semble
disponible vous. l"explication dans glossaire.');
```

```

    end;
    procedure TForm6.glossaire1Click(Sender: TObject);
    begin
        form8.show;
        form8.show;
        form8.Image6.Visible:=true;
        form8.Image2.Visible:=False;
        form8.Image3.Visible:=False;
        form8.Image4.Visible:=False;
        form8.Image5.Visible:=False;
        form8.Image1.Visible:=False;
        form8.Image7.Visible:=False;
        form8.Image8.Visible:=False;
    end;
    procedure TForm6.Button1Click(Sender: TObject);
    begin
        form8.show;
        form8.Image8.Visible:=true;
        form8.Image2.Visible:=False;
        form8.Image3.Visible:=False;
        form8.Image4.Visible:=False;
        form8.Image5.Visible:=False;
        form8.Image6.Visible:=False;
        form8.Image1.Visible:=False;
        form8.Image7.Visible:=False;
    end;
    procedure TForm6.Imprimerlaforme1Click(Sender:
TObject);
    begin
        PrintScale:=poPrintToFit;
        Print;
    end;
    procedure TForm6.EditValeur1Change(Sender:
TObject);
    begin
        EditValeur1.Text:=EditValeur1.Text;
        Form10.Edit7.Text:=EditValeur1.Text;
    end;
    procedure TForm6.EditValeur5Change(Sender:
TObject);
    begin
        EditValeur5.Text:=EditValeur5.Text;
        Form10.Edit9.Text:=EditValeur5.Text;
    end;
    procedure TForm6.EditValeur6Change(Sender:
TObject);
    begin
        EditValeur6.Text:=EditValeur6.Text;
        Form10.Edit8.Text:=EditValeur6.Text;
    end;
    procedure TForm6.EditValeur2Change(Sender:
TObject);
    begin
        EditValeur2.Text:=EditValeur2.Text;
```

Annexes 1: listing des programmes sur Delphi

```
Form10.Edit35.Text:=EditValeur2.Text;

end;

procedure TForm6.ComboBoxValeur1Change(Sender:
TObject);

begin
ComboBoxValeur1.Text:=ComboBoxValeur1.Text;

Form10.Edit36.Text:=ComboBoxValeur1.Text;

end;

procedure TForm6.ComboBoxVal11Change(Sender:
TObject);

begin
ComboBoxVal11.Text:=ComboBoxVal11.Text;

Form10.Edit12.Text:=ComboBoxVal11.Text

end;

procedure TForm6.EditValeur3Change(Sender:
TObject);

begin
EditValeur3.Text:=EditValeur3.Text;

Form10.Edit14.Text:=EditValeur3.Text;

end;

procedure TForm6.EditVal1Change(Sender: TObject);

begin
EditVal1.Text:=EditVal1.Text;

Form10.Edit18.Text:=EditVal1.Text;

end;
```

```
end.

Unit 7: COUPLE RESULTAT

unit Unit7;

var
Form7: TForm7;

implementation

uses Unit6, Unit3, Unit8, Unit10;

{$R *.dfm}

procedure TForm7.ButtonResultat1Click(Sender:
TObject);

begin
Form7.InitiateAction;

EditValeur1.Text:="";

EditValeur2.Text:="";

EditValeur3.Text:="";

EditValeur4.Text:="";

EditValeur5.Text:="";

EditValeur6.Text:="";

EditValr1.Text:="";

EditValr2.Text:="";

EditValr3.Text:="";

form6.show;

form7.Close;

end;
```

```
procedure TForm7.ButtonResultat2Click(Sender:
TObject);

begin
form3.show;

form7.close;

end;

procedure TForm7.ButtonResultat3Click(Sender:
TObject);

begin
if MessageDlg('Merci d avoir consulter cet
application appuyer yes pour quitter'

,mtConfirmation, [mbyes, mbno], 0) = mryes then

begin
application.Terminate;

end;

end;

procedure TForm7.GroupBoxResultat1Click(Sender:
TObject);

begin
GroupBoxPanneau1.Visible:=true;

GroupBoxPanneau2.Visible:=true;

GroupBoxPanneau3.Visible:=true;

end;

procedure TForm7.GroupBoxResultat2Click(Sender:
TObject);

begin
```

```
GroupBoxOnduleur1.Visible:=True;

GroupBoxOnduleur2.Visible:=True;

GroupBoxOnduleur3.Visible:=True

end;

procedure TForm7.FormCreate(Sender: TObject);

begin
clientheight:=500;

clientwidth:=900;

end;

procedure TForm7.retour1Click(Sender: TObject);

begin
Form7.InitiateAction;

EditValeur1.Text:="";

EditValeur2.Text:="";

EditValeur3.Text:="";

EditValeur4.Text:="";

EditValeur5.Text:="";

EditValeur6.Text:="";

EditValr1.Text:="";

EditValr2.Text:="";

EditValr3.Text:="";

form6.show;

form7.Close;
```

Annexes 1: listing des programmes sur Delphi

```
end;

procedure TForm7.retourauchoix1Click(Sender: TObject);

begin
    form3.show;

    form7.close;

end;

procedure TForm7.quitter1Click(Sender: TObject);

begin
    application.Terminate;

end;

procedure TForm7.explicationduform1Click(Sender: TObject);

begin
    showMessage('Les résultats de votre
    dimensionnement sont affichées sur cette forme,
    correspondent aux données que vous avez mis
    précédement avec les autres paramètres qui ne sont
    pas disponible autant que donnée.');
```

```
form8.Image4.Visible:=False;

form8.Image5.Visible:=False;

form8.Image6.Visible:=False;

form8.Image1.Visible:=False;

form8.Image8.Visible:=False;

end;

procedure TForm7.Imprimerlaforme1Click(Sender: TObject);

begin
    PrintScale:=poPrintToFit;

    Print;

end;

procedure TForm7.EditValeur2Change(Sender: TObject);

begin
    EditValeur2.Text:=EditValeur2.Text;

    Form10.Edit13.Text:=EditValeur2.Text;

end;

procedure TForm7.EditValr3Change(Sender: TObject);

begin
    EditValr3.Text:= EditValr3.Text;

    Form10.Edit17.Text:=EditValr3.Text;

end;

procedure TForm7.EditValeur6Change(Sender: TObject);

begin
    EditValeur6.Text:=EditValeur6.Text;

    Form10.Edit21.Text:=EditValeur6.Text;

end;

procedure TForm7.EditValr4Change(Sender: TObject);

begin
    EditValr4.Text:=EditValr4.Text;

    Form10.Edit23.Text:=EditValr4.Text;

end;

procedure TForm7.Edit1Change(Sender: TObject);

begin
    Edit1.Text:=Edit1.Text;

    Form10.Edit25.Text:=Edit1.Text;

end;

procedure TForm7.Button1Click(Sender: TObject);

begin
    form10.Button3.Visible:=True;

    form10.Button1.Visible:=false;

    form10.Edit12.visible:=True;

    form10.Edit33.visible:=false;

    form10.Edit30.visible:=false;

    form10.Edit28.visible:=false;

    form10.Edit26.visible:=false;

    form10.Edit31.visible:=false;

    form10.Edit29.visible:=false;

    form10.Edit27.visible:=false;

    form10.Edit34.visible:=false;

    form10.Edit13.visible:=True;

    form10.Edit14.visible:=True;

    form10.Edit17.visible:=True;

    form10.Edit18.visible:=True;

    form10.Edit23.visible:=True;

    form10.Edit25.visible:=True;

    form10.Label24.visible:=False;

    form10.Label27.visible:=False;

    form10.Label25.visible:=True;

    form10.Label28.visible:=True;

    form10.Label22.visible:=False;

    form10.Label23.visible:=False;

    form10.Label38.visible:=False;

    form10.Label40.visible:=False;

    form10.Label26.visible:=False;

    form10.Label29.visible:=False;

    form10.Label31.visible:=False;
```

Annexes 1: listing des programmes sur Delphi

```
form10.Label34.visible:=False;

form10.Edit15.visible:=False;

form10.Edit16.visible:=False;

form10.Edit19.visible:=False;

form10.Edit20.visible:=False;

form10.Edit22.visible:=False;

form10.Edit24.visible:=False;

form10.Edit10.visible:=False;

form10.Edit11.visible:=False;

form10.Edit35.visible:=true;

form10.Edit36.visible:=true;

Form10.show;

Form7.Close;

end;

end.
```

Unit 8: AIDE

```
unit Unit8;
```

```
var
```

```
Form8: TForm8;
```

```
implementation
```

```
{ $R *.dfm }
```

```
procedure TForm8.FormCreate(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
clientheight:=595;
```

```
clientwidth:=774;
```

```
end;
```

```
procedure TForm8.Button1Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
form8.Close;
```

```
end;
```

```
end.
```

Unit 10: RESUME

```
unit Unit10;
```

```
var
```

```
Form10: TForm10;
```

```
implementation
```

```
uses Unit5, Unit7;
```

```
{ $R *.dfm }
```

```
procedure TForm10.FormCreate(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
Top:=0;
```

```
Left:=70;
```

```
clientheight:=702;
```

```
clientwidth:=1120;
```

```
end;
```

```
procedure TForm10.Button1Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
form5.show;
```

```
form10.Close;
```

```
end;
```

```
procedure TForm10.Button3Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
form7.show;
```

```
form10.Close;
```

```
end;
```

```
procedure TForm10.Button2Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
if MessageDlg('Merci d avoir consulter cet  
application appuyer yes pour quitter'
```

```
,mtConfirmation, [mbytes, mbno], 0) = mryes then
```

```
begin
```

```
application.Terminate;
```

```
end;
```

```
end;
```

```
procedure TForm10.retour1Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
form7.show;
```

```
form10.Close;
```

```
end;
```

```
procedure TForm10.quiter1Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
if MessageDlg('Merci d avoir consulter cet  
application appuyer yes pour quitter'
```

```
,mtConfirmation, [mbytes, mbno], 0) = mryes then
```

```
begin
```

```
application.Terminate;
```

```
end;
```

```
end;
```

```
procedure TForm10.Imprimerlafiche1Click(Sender:  
TObject);
```

```
begin
```

```
PrintScale:=poPrintToFit;
```

```
Print;
```

```
end;
```

```
end.
```

Tableau annexe2-1 : Tableau de prix des panneaux solaires en DOLLARS [\$].

#	Max Amps	Max Volts	Max Wattage	Dimension (mm)	Type	Price (US\$)	
1	1.45	17,5 (12v)	25	441*535*25	Mono	90\$	
2	1.59	18.9 (12v)	30	441*535*25	Mono	110\$	
3	4.16	17,9 (12v)	70	1197*535*35	Mono	260\$	
4	4.65	18,2 (12v)	80	1197*535*35	Mono	300\$	
5	4.77	19,1 (12v)	90	1197*535*35	Mono	335\$	
6	5.07	34.5 (24v)	160	1581*809*40	Mono	600\$	
7	5.25	35.8 (24v)	170	1581*809*40	Mono	635\$	
8	5.36	36.2 (24v)	180	1581*809*40	Mono	675\$	
9	4,59	48.1 (36v)	210	1581*1068*40	Mono	785\$	
10	4,67	49.5 (36v)	220	1581*1068*40	Mono	825\$	
11	4,75	49.4 (36v)	230	1581*1068*40	Mono	860\$	
12	4.77	50.9 (36v)	240	1581*1068*40	Mono	900\$	
1	2.33	17.7 (12v)	40	537*664*25	Poly	150\$	
2	3.21	16.7 (12v)	50	771*664*35	Poly	185\$	
3	3.49	17.7 (12v)	60	771*664*35	Poly	225\$	
4	3.89	18.4 (12v)	70	771*664*35	Poly	260\$	
5	6.41	16.7 (12v)	100	1473*664*35	Poly	375\$	
6	6.73	17.2 (12v)	110	1473*664*35	Poly	415\$	
7	6.99	17.7 (12v)	120	1473*664*35	Poly	450\$	
8	7.39	18.1 (12v)	130	1473*664*35	Poly	485\$	
9	7.77	18.4 (12v)	140	1473*664*35	Poly	525\$	
10	6.99	23.7 (12v)	160	1477*990*40	Poly	600\$	
11	8.34	25.7 (12v)	170	1477*990*40	Poly	635\$	
12	8.29	25.8 (12v)	180	1477*990*40	Poly	675\$	
13	7.85	29.2 (24v)	200	1650*990*40	Poly	750\$	
14	8.11	29.3 (24v)	210	1650*990*40	Poly	785\$	
15	8.39	29.4 (24v)	220	1650*990*40	Poly	825\$	
16	8.89	29.7 (24v)	230	1650*990*40	Poly	860\$	
17	8.27	34.4 (24v)	240	1957*990*40	Poly	900\$	
18	8.57	34.6 (24v)	250	1957*990*40	Poly	935\$	
19	8.51	34.7 (24v)	260	1957*990*40	Poly	975\$	
20	8.59	35.2 (24v)	270	1957*990*40	Poly	1010\$	
21	8.76	35.3 (24v)	280	1957*990*40	Poly	1050\$	
Specifications (Mono and Poly Crystalline)							
Tolerance				+/- 3%			
Operating temperature				-40 ~ +85 °C			
Maximum system voltage				1000v DC Max.			
Hail impact : 28mm with impact speed of 86 km/h							
Temperature And Coefficients							
Monocrystalline			Polycrystalline				
Voltage coefficient (%/K)		temperature	-0.34	Voltage coefficient (%/K)		temperature	-0.35
Current coefficient (%/K)		temperature	0.09	Current coefficient (%/K)		temperature	0.05

Tableau annexe2-2 : Tableau de prix des kits solaires à Madagascar en ARIARY [Ar].

DONNEES PROVENANT DE L'ENERGIE TECHNOLOGIE (Tananarive)		
Désignations	Caractéristiques	Prix TTC [Ar]
Panneaux solaires	50W 12V	960 000,00
	80W 12V	1 500 000,00
Régulateurs	10 A 12/24	216 960,00
	20 A 12/24	295 200,00
	30 A 12/24	348 000,00
Batterie solaire	100Ah 12V	703 222,00
Convertisseurs DC/AC	200W 12V-220V	768 000,00
	400W 12V-220V	1 448 400,00
	500W 24V-220V	1 620 000,00
	1500W 24V-220V	4 603 200,00
Câbles souples isolées	2,5mm ²	(le mètre) 3 600,00
	4mm ²	(le mètre) 4 800,00
	6mm ²	(le mètre) 6 000,00
DONNEES DISPONIBLES CHEZ DANIEL SOLAIRE (Diégo)		
Panneaux solaires	4W 12V	285 000,00
	12W 12V	507 500,00
	50W 12V	822 900,00
	80W 12V	1 316 640,00
	120W 24V	1 974 960,00
	160W 24V	5 212 500,00
Régulateurs	10 A 12/24 V	287 500,00
	20 A 12/24 V	365 000,00
	40 A 12/24 V	490 000,00
	45 A 12/24 /48 V	1 275 000,00
Batteries solaires	50Ah 12V	488 290,00
	75Ah 12V	614 790
	100Ah 12V	809 025,00
	150Ah 12V	1 042 247

Tableau annexe2-3 : Tableau des prix des kits solaires en EURO [€]

Désignations	Caractéristiques	Prix TTC [€]
Panneaux solaires photovoltaïques	12V 5W	64,00
	12V 10W	96,00
	12V 20W	153,00
	12V 50W	333,00
	12V 80W	491,00
	12V 90W	549,00
	12V 130W	742,00
	24V 150W	920,00
	24V 180W	1022,00
	24V 280W	1544,00

Régulateurs de charge APB-ENERGY	12V 6A (panneau<72W)	39,90
	12V/24V 12A (panneau<200W)	54,00
	12V/24V 24A (panneau<400W 12V et <800W 24V)	106,00
	12V/24V 45A (panneau <765W 12V et <1530W 24V)	149,00
	48V 45A (panneau<2000W 48V)	249,00
Batteries solaires AGM	12V 12Ah (durée de vie>5ans)	59,00
	12V 26Ah (durée de vie>8ans)	95,00
	12V 40Ah (durée de vie>8 ans)	133,00
	12V 55Ah (durée de vie>8 ans)	169,00
	12V 75Ah (durée de vie>8 ans)	204,00
	12V 100Ah (durée de vie>8 ans)	243,00
	12V 200Ah (durée de vie> 8 ans)	435,00
Convertisseurs de tension PUR SINUS DC/AC	12V/220V 150W	139,00
	12V/220V 300W	171,00
	12V/220V 600W	266,00
	12V/220V 1000W	449,00
	12V/220V 1500W	552,00
	12V/220V 2000W	659,00
	24V/220V 1000W	756,00
	24V/220V 1500W	998,00
	24V/220V 2000W	1384,00
	24V/220V 2500W	1873,00
Support panneau multiple	Pour 4 panneaux solaires 130W	925,00
	Pour 4 panneaux solaires 180W	985,00
	Pour 8 panneaux solaires 130W	1239,00
	Pour 8 panneaux solaires 180W	1319,00
Câble solaire	4mm ² noir	2,39
	4mm ² rouge	
	6mm ² noir	2,79
	6mm ² rouge	
	10mm ² noir	3,59
	10mm ² rouge	

Tableau annexe3-2 : Constitution des âmes conductrice

Section nominale (mm ²)	Ames des conducteurs Nombre de brins × diamètre d'un brin en mm ²		Section nominale (mm ²)	Ames des conducteurs Nombre de brins × diamètre d'un brin en mm ²	
	Classe 1	Classe 2		Classe 5	Classe 6
1,5	1×1,38	7×0,50	0,5	16×0,20	28
2,5	1×1,78	7×0,67	0,75	24×0,20	42
4	1×2,25	7×0,85	1	32×0,20	56
6	1×2,76	7×1,04	1,5	30×0,25	85
10	1×3,57	7×1,35	2,5	50×0,25	140
16	1×4,50	7×1,70	4	56×0,30	228
25	1×5,65	7×2,14	6	84×0,30	189
35	1×6,60	7×2,52	10	80×0,40	324
50	7×2,93	19×1,78	16	126×0,40	513
70		19×2,14	25	196×0,40	783
95		19×2,52	35	276×0,40	1107
120	19×2,85	37×2,03	50	396×0,40	702
150	19×3,20	37×2,25	70	360×0,50	909
185		37×2,52	95	475×0,50	1332
240	37×2,85	61×2,25	120	608×0,50	1702
300	37×3,20	61×2,52	150	756×0,50	2109
400		61×2,85	185	925×0,50	2590
500		61×3,20	240	1221×0,50	3360
630		127×2,52	300	1525×0,50	4270
800		127×2,85	400	2013×0,50	
1000		127×3,20	500	1769×0,60	

Se en mm². En noir : âme en cuivre. En rouge : âme en aluminium.

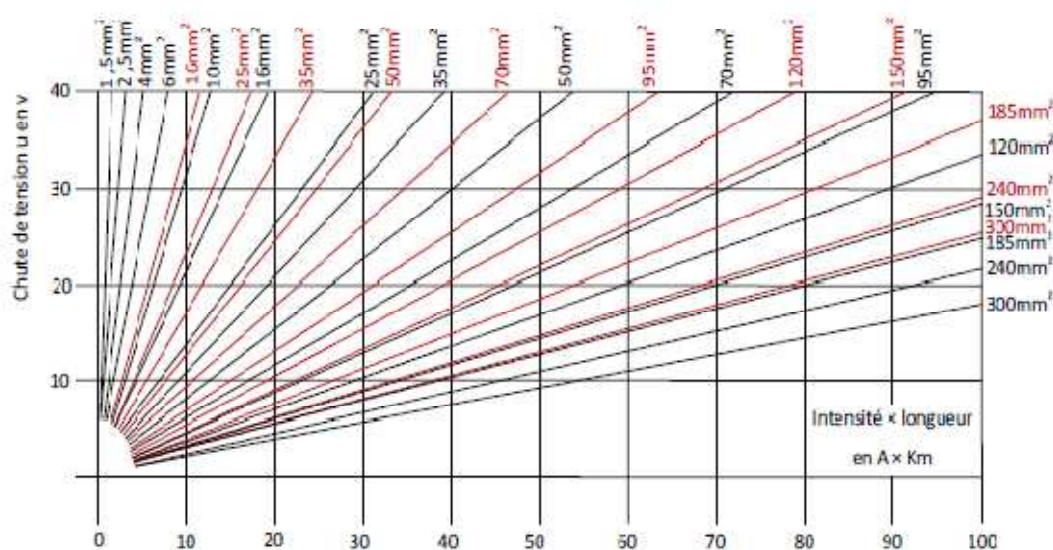


Fig. annexe 3-1 : courbe de section en mm² pour les chutes de tension.