

Logiciel de Simulation P.V.

A.Benatlallah¹ et R.Mostefaoui²

Laboratoire des signaux et systèmes, Faculté des sciences, Université de Mostaganem

¹enseignant-chercheur au CRSTRA,

² Dept de physique, U.S.T.Oran, Oran

Résumé – Actuellement, la consommation énergétique en électricité dans les régions sahariennes et arides ne cesse d'augmenter, l'énergie solaire est parfaitement adaptée pour les besoins de ces régions.

Ce travail consiste à l'étude du fonctionnement d'une installation photovoltaïque par simulation, à partir d'une modélisation mathématique de chaque partie de l'installation. Dans ce cadre nous avons développé un outil informatique sous langage DELPHI III. Ce logiciel permet de déterminer à chaque instant le fonctionnement global du système solaire en résolvant les équations du système par diverses méthodes numériques en fonction des données du site et de la consommation moyenne de l'utilisation envisagée.

Ce modèle permet d'une part de faire la liaison entre l'énergie produit par l'installation et la consommation moyenne de la charge, et d'autre part l'adaptation optimum du système en fonction du temps. Comme également on peut faire le choix technico-économique des éléments électriques utilisés dans l'installation, et ainsi optimiser le fonctionnement global du système.

Abstract – The electricity consumption in the regions of Saharan increase and solar energy is perfectly adapted for the needs for these regions.

The performance of photovoltaic installation is examined by simulation from a mathematical modelisation of each part of the system. Using this simulation we have developed a computer tool under language DELPHI III permitting determine for every instant the global working of the solar system and to solve equations of the system by numeric methods, according to data of the site and mean consumption of the load.

This model permits to give relations between energy produces by the installation and the load, and on the adaptation of system for any time. As can also make the technico-economic choice of the electric elements used in the installation, and to optimize the working of the system.

Mots-clés: Consommation électrique - Energie solaire - Installation photovoltaïque - Simulation - Adaptation optimale - Logiciel - DELPHI III.

1. INTRODUCTION

Le développement de l'industrie photovoltaïque dans l'utilisation terrestre, est lié de façon direct au coût du matériau de base /1/, /2/ et à l'adaptation du système au diverse utilisation domestique /1/. L'énergie solaire constitue un axe de recherche important du faite que la terre reçoit en un an une énergie supérieure à celle correspondante à l'ensemble des ressources fossiles. L'Algérie bénéficie d'une situation géographique très favorable pour le développement et l'épanouissement de ce type d'énergie, elle reçoit chaque année un fort rayonnement solaire de l'ordre de 6 Kwh/m²/j.

Parmi les utilisations possibles, il existe la conversion directe en électricité par effet photovoltaïque, qui reste très chère. Son traitement et utilisation dans des région isolés nécessite une étude assez rigoureuse, dans le but de faire le meilleur choix et le plus performant avec le moindre coût possible.

Le développement actuel du domaine de l'informatique, constitue une aide à la simulation des performance des systèmes Photovoltaïques, simuler le bon choix des éléments et une meilleur adaptation aux diverses utilisations industrielle et domestiques. L'énergie solaire a connu un développement important ces dernier années, en particulier dans les sites rurales isolées /2/ .

2. MODELISATION DU SYSTEME PHOTOVOLTAÏQUE

La conversion photovoltaïque est la transformation directe de l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique, sous forme de courant continu directement utilisable. D'un point de vue purement technique, on estime que les systèmes de conversion à énergie solaire sont potentiellement capables de répondre à une grande partie de la demande énergétique mondiale à l'avenir /1/. Un système photovoltaïque est constitué des éléments suivants (figure 1) :

- générateur P.V.
- régulateur.
- convertisseur (onduleur).

- stockage (batterie).

2.1. Modèle d'un générateur

Un générateur PV est constitué de modules connectés en série pour augmenter la tension et en parallèle pour augmenter le courant à débiter. Les modules sont montés sur des supports métalliques et inclinés orienté suivant l'angle désiré (fonction du lieu). Sa caractéristique est extrapolé de celle d'un module solaire, pour un nombre M_s (nombre de modules montés en série) et M_p (nombre de modules montés en parallèle), la relation du courant lié à la tension est :

$$\frac{I}{M_p} = I_{cc} - I_o \left[e^{\left(\frac{c_2}{n} \left(\frac{V}{M_s} + \frac{R_s I}{M_p} \right) \right)} - 1 \right] \quad (1)$$

Cette relation est valable si toutes les cellules constituant le générateur sont identiques (ayant la même caractéristique $I = F(V)$).

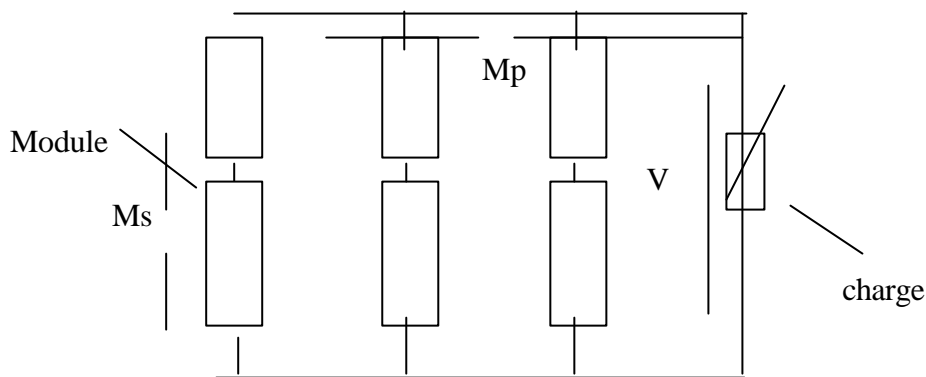


Fig . 1: Un générateur photovoltaïque

2.2. Modèle de la température

La température de jonction varie en fonction de l'éclairement et de la température ambiante :

$$T_j = T_a + \left(\frac{Noct - 20}{800} \right) \cdot G_b$$

Noct : Température de fonctionnement normale de la cellule donnée par le constructeur

T_a : Température ambiante

G_b : Flux global incliné

2.3. Modèle de batterie

Les résultats expérimentaux des testes sur les batteries solaires ont permis de proposer un modèle pour la charge/décharge de la forme [3] :

$$V = V \pm I.R$$

$$V = \left\{ V_o + k \cdot \frac{Q}{\frac{C_T}{1+a \cdot I} (1 + a \cdot \Delta T + b \cdot \Delta T^2)} \right\} \mp \left\{ \left(\frac{R}{1+I} + \frac{P_3}{\left[1 - \frac{Q}{C_T} \right] P_4} + P_3 \right) (1 - a \cdot c \cdot \Delta T) \right\} \quad (2)$$

le plus + est pour la charge et - pour la décharge.

Avec V_o la tension initiale .

K paramètre empirique .

P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 et sont des constantes.

$$\eta_{\text{bat}} = \frac{P_{\text{fourni}}}{P_{\text{incid}}} = \frac{P_b}{P_G}$$

Avec

$$\begin{cases} P_b = V_b \cdot I_b \\ P_G = V_g \cdot I_g \end{cases}$$

En pratique, le rendement des batteries est considéré constant égale à 85 %, la tension nominale est de 2V et la Capacité est de l'ordre de 1000 Ah. La puissance fournie par une batterie est donnée par :

$$P_{\text{ba}} = \eta_{\text{ba}} \cdot P_g \quad (P_g : \text{Puissance du générateur})$$

2.4 . Modèle du convertisseur (Onduleur)

L'onduleur monophasé est caractérisé par son rendement, qui est fonction de la puissance fournie à l'utilisation de sortie, donné par la relation :

$$\begin{aligned} P_c &= P_s / P_b \\ P_c &= A_1 \cdot \exp(-P_s / P_n) \end{aligned} \quad (3)$$

avec A_1 et A_2 constantes qui sont données par le constructeur

P_s : Puissance absorbée par l'utilisation & P_n : puissance nominale.

La consommation à vide est 2,1 %, la puissance fournie à la sortie de l'onduleur est :

$$\begin{aligned} P_c &= \eta_c \cdot P_b \\ P_c &= \eta_c \cdot P_g \cdot \eta_g \end{aligned} \quad (4)$$

2.5. Modélisation de la charge

Il existe deux types de consommation de charge, suivant l'utilisation alimentée par le système solaire :

- **Charge Constante** : Ce type d'utilisation de consommation fixe (système de télécommunication), sa courbe demande de puissance en fonction du temps est une droite.
- **Charge Variable** : Ce le type d'utilisation de consommation électrique fluctue, représenter par la demande variable durant la journée et pendant l'année, la demande de puissance est importante le matin (7-9 heure), mi journée (12-14 heure) et le soir (à partir de 19 heure).

3. MODELISATION DE L'INSTALLATION

La modélisation de chaque partie, nous conduit à déterminer le fonctionnement du système à chaque heure de la journée, ainsi que la puissance débitée à l'utilisation en fonction des caractéristiques des éléments du système, des données d'éclairement solaire et de la température.

La puissance électrique délivrée par le système à l'utilisation, est celle qui est débitée par l'onduleur à la charge P_s .

$$P_{\text{sys}} = P_c$$

On considère le rendement de la batterie constant. Le rendement total du système est déterminé par la relation suivante :

$$\eta_{\text{sys}} = \eta_g \cdot \eta_{\text{bat}} \cdot \eta_c \quad (5)$$

4. ALGORITHME DE SIMULATION

C'est un algorithme qui permet la simulation des performances d'un système photovoltaïque sur une longue période [3], [4].

L'algorithme calcul les différents caractéristiques du générateur photovoltaïque :

- détermination du point de fonctionnement optimal du système,
- détermination de la puissance et du rendement des éléments,

- détermination de la puissance et du rendement du système,
- comparaison entre plusieurs configurations.

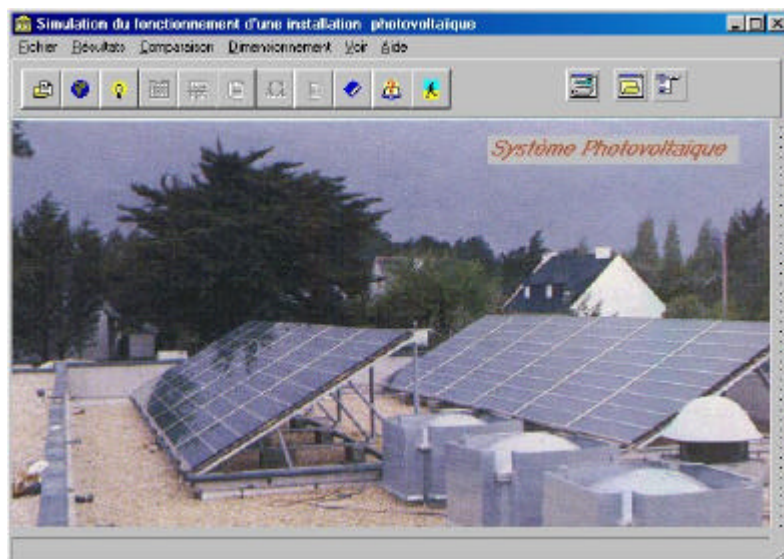
La comparaison consiste à choisir le rendement et la puissance les plus optimaux, des différents mois, pour plusieurs consommations et divers branchements des modules. Les résultats sont présentés sous forme de tableaux et graphes (deux ou trois dimensions).

Le logiciel possède une fenêtre aide : résumé de cours pour chaque partie du système solaire photovoltaïque avec les paramètres des modèles de simulation utilisés.

5. PRESENTATION DE L'INTERFACE

Delphi 5 sous Windows98, offre un menu principal de qualité, grâce à son environnement technique positionné dans l'environnement de programmation visuel. De se fait le menu est les plus explicite possible, avec une présentation textuel, une barre d'outils garnie d'icônes accompagnées d'une barre d'explication définissant le rôle de chacune d'elles.

La fenêtre principale est dotée d'une image (installation photovoltaïque type) [5] (figure 4).



6. RESULTATS DU SYSTEME ET DISCUSSION

Les données du site et consommation sont stockés sur fichiers data, ensuite du menu principale en fait le calcul pour chaque élément du système

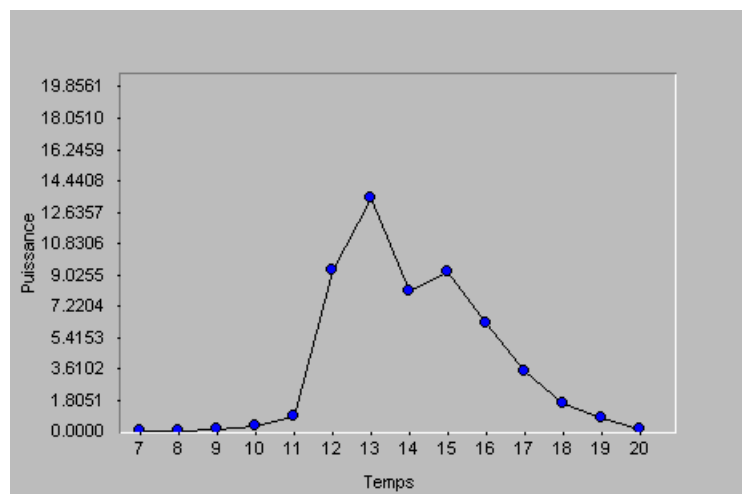


Fig. 2: Puissance en fonction du temps

Les résultats sont présentés sur tableau ou graphe. Un bilan est fait pour chaque mois et pour diverse charge alimentée. (Ex : une utilisation de consommation moyenne).

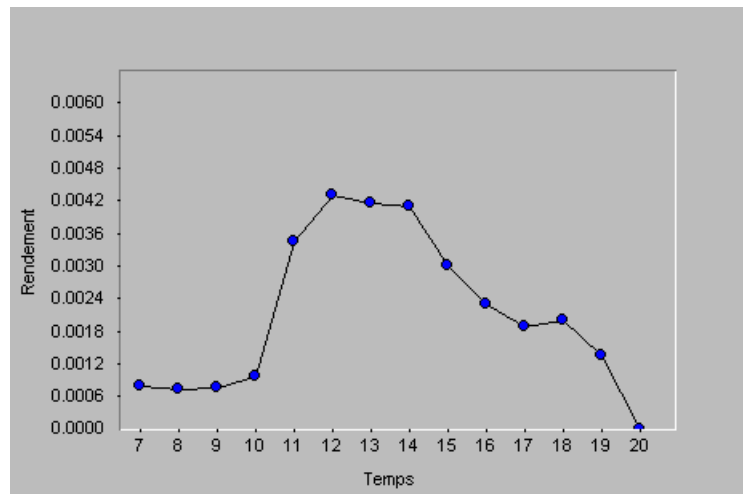


Fig. 3: Rendement en fonction du temps

- Bilan journalier du système (ORAN mai 2000) :

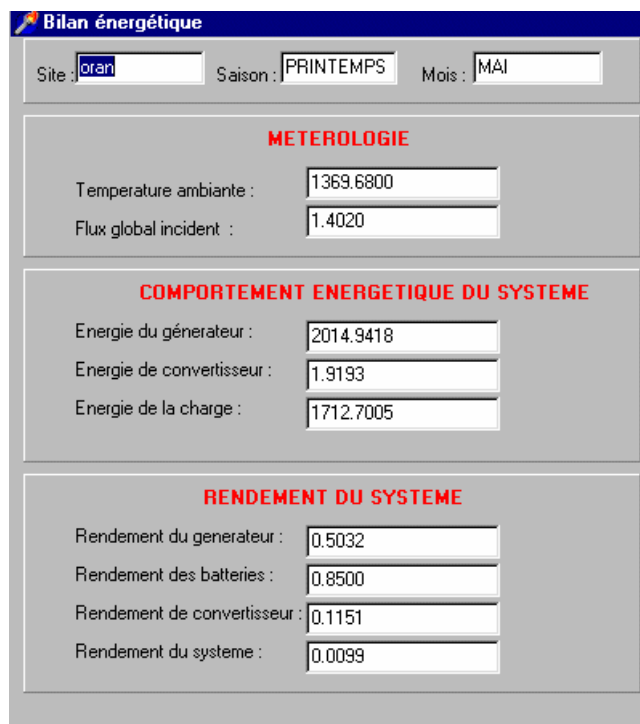


Fig. 4: Bilan énergétique

* Une comparaison est possible entre plusieurs branchements et aussi pour divers type d'utilisation ; sur le site d'Oran et pour la saison Printemps, comme exe mple.

- 1^{er} branchement : 14 modules en parallèles, 2 en séries.
- 2^{ème} branchement : 36 modules en parallèles, 4 en séries.
- Comparaison entre trois consommations de la charge.

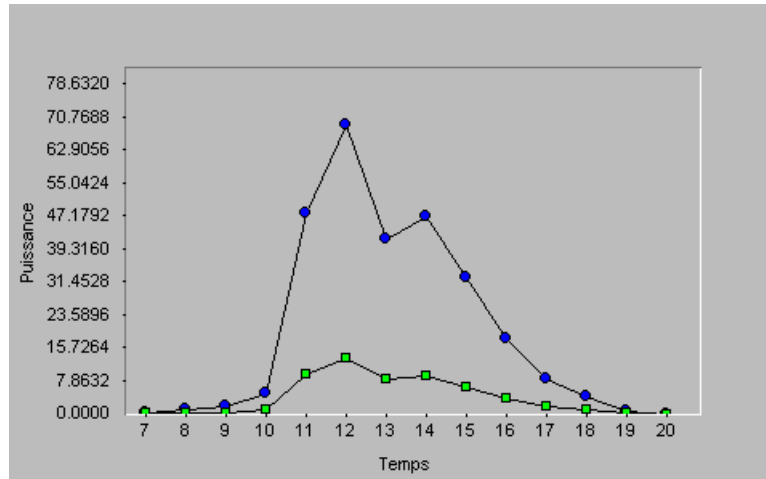


Fig. 5: Puissance en fonction du temps pour différents branchements

●----- 1^{er} branchement ■----- 2^{ème} branchement

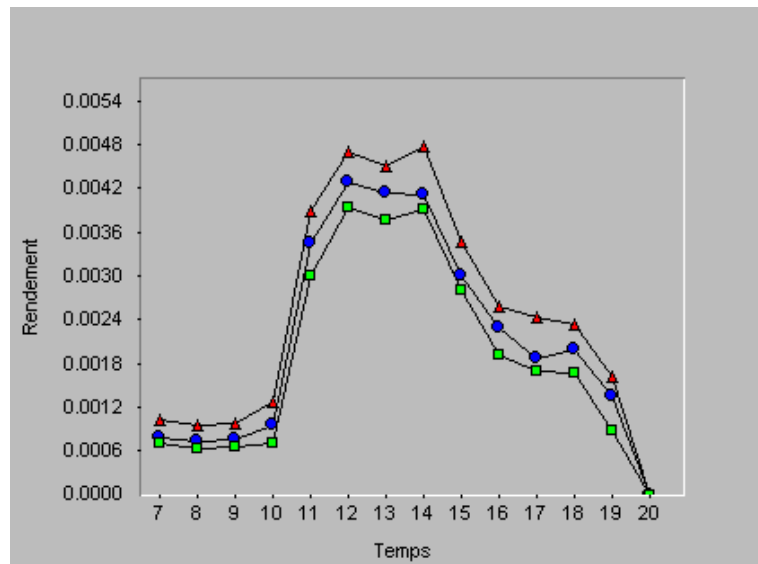


Fig. 6: Rendement en fonction du temps pour différentes consommations à la charge

●----- Faible charge ■----- Grande charge ▲----- charge moyenne

7. CONCLUSION

Cette recherche tente de contribuer à la réalisation d'un logiciel qui permet à la fois la simulation et le dimensionnement simple d'une installation photovoltaïque.

Les rôles du logiciel peuvent être résumés comme suit :

- permet au spécialiste du domaine, de faire des simulations par ordinateur dans le but d'estimer les caractéristiques de l'installation réelle. Ce qui permet de réduire le coût et augmenter la fiabilité du système.
- Faire l'étude du fonctionnement du système pour diverse consommation et sur plusieurs sites .
- Comparée plusieurs configurations de l'installation pour un même site et aussi pour plusieurs charge alimentée par ce système.
- Faire un choix des éléments qui s'adapte le mieux pour le site donné et une charge fixe.

- Modélise un éléments nouveau pour l'utilisation dans le système.
- permet aussi aux intéressés d'avoir une idée sur les installation Photo voltaïque, apprendre sur le fonctionnement du système (rôle didactique) .

REFERENCES

- [1] D. F. Menicucci et al., 1988, "*PV from has New Approach to Photovoltaic System Performance Modeling*", sandia national laboratories USED .
- [2] M. Egido et al. "*The Sizing of Stand Alone PV Systems: Reviews and Proposed New Method*" Solar Cells, 1992.
- [3] V.A.Graham et al. Solar energy 40 (1988) 83.
- [4] L. Barra et al., solar energy 33 (1984) 509.
- [5] A. Benatlallah, "*Etude des Performance d'une Installation Photovoltaïque*", Magister, Univ. Tlemcen, 1994.
- [6] E. Negro, "*PVDIM: PC Program for PV Simulation and Sizing* ", 12 EPSEC, 11-15 April 1994, pp 1707-1710 .
- [7] A. Mermoud, "*PVSYST : A User Friendly Software for PV Systems Simulation* ", 12 EPSEC, 11-15 April 1994, pp 1703-1706.