

Article 35. Modélisation et simulation d'un système solaire photovoltaïque, approche pédagogique numérique pour enseignement.

Merthon Andriamberomanga^{1, 2}, H. Bruno Razafindradina¹, J. M. Razafimahenina^{1, 2}

¹Direction de l'Ecole du Génie Industriel, Institut Supérieur de Technologie d'Antsiranana

²EDT « Energies Renouvelables et Environnement » de l'Université d'Antsiranana

Correspondant : merthon.andriamberomanga@ist-antsiranana.mg

Mots clés : Système solaire pv, PSIM, Approche pédagogique, Modélisation, Energies renouvelables.

Résumé

Les sources d'énergies renouvelables à savoir les panneaux solaires photovoltaïques font partie des sujets d'apprentissage dans le niveau lycée et université dans certaines unités d'enseignements.

Cet article a pour objectif de présenter un manuel pédagogique dans le cadre de l'enseignement du système solaire photovoltaïque au niveau supérieur et au lycée, en utilisant le logiciel de modélisation et simulation PSIM. Afin d'atteindre les résultats voulus, des équations mathématiques sont développées pour la modélisation de la performance du système photovoltaïque et sont basées sur la caractéristique courant-tension des modules. Dans cet article, les chercheurs pourront initier leurs démarches de base pour la modélisation et simulation des panneaux solaires photovoltaïques sous multiples approches.

I. INTRODUCTION

La réussite dans la pratique fait partie d'un indicateur de résultat positif d'un étudiant dans son cursus de formation. Toutefois on constate le manque des matériels didactiques qui mène à un frein d'avancement aux transferts de connaissances dans les écoles et voire empêcher le bon déroulement des formations [1]. Dans cet article, le cas des caractéristiques d'un panneau solaire photovoltaïque sera mis en évidence dans le domaine pratique des étudiants de niveau lycée et supérieur dans le but de simulation de petite à grande échelle [2]. Malgré l'existence de plusieurs logiciels de prototypage disponibles sur le marché, ce problème est également rencontré dans le domaine des énergies renouvelables que se soit sur l'énergie éolienne ou le solaire et d'autres types d'énergies renouvelables. Afin de procéder à une approche pédagogique et didactique sur les démarches et procédées de simulation des panneaux solaires photovoltaïques, nous allons utiliser le logiciel de simulation PSIM (Power Simulation) qui est destiné dans le domaine du génie électrique et électronique de puissance.

II. DESCRIPTION SOMMAIRE DE PSIM

II.1. Présentation du PSIM

PSIM (Power Simulation) est un logiciel de simulation bien adapté à l'électrotechnique et l'électronique de puissance. Et dans cet article, on s'oriente son utilisation dans le domaine de l'énergie solaire photovoltaïque. Sa présentation d'une manière standard facile à manipuler nous mène à bien développer les démarches possibles.

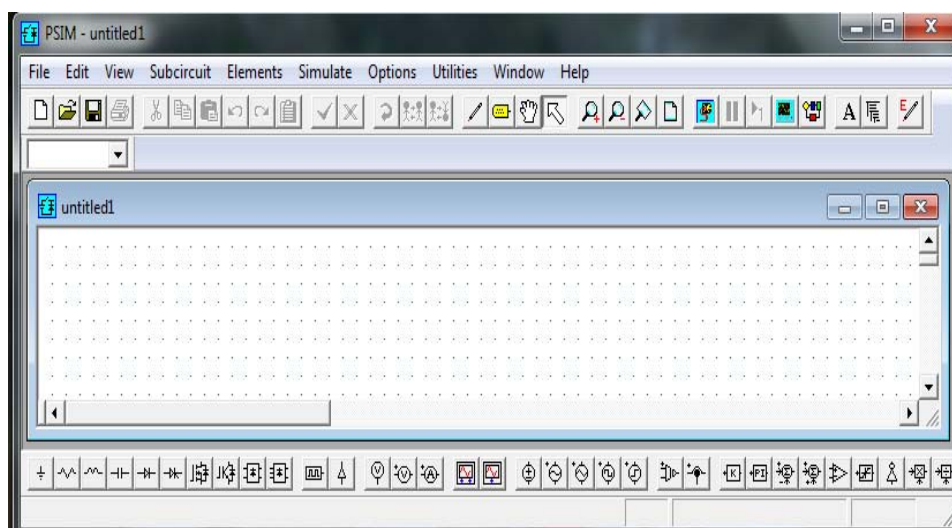


Figure1. Présentation du logiciel PSIM

II.2. Utilité de simulation dans l'enseignement

Afin de simplifier l'approche pour résoudre un problème d'un système, c'est primordiale de trouver un modèle mathématique et faire suivre la résolution par simulation [3]. Il existe plusieurs modèles dans ce domaine mais on se limite à une approche simple pour pouvoir avancer les méthodes d'apprentissage.

Il est à préciser que le résultat obtenu à l'issue d'une simulation n'est pas la réalité, et un logiciel ne sera jamais lancé ou mis en place tant que les résultats ne sont pas comparés pour un rapprochement du comportement réel d'un système étudié [4].

III. LES PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES

L'énergie solaire photovoltaïque c'est l'énergie captée à partir de la transformation des rayons solaires reçus par l'ensemble des cellules photovoltaïques pour générer de l'énergie électrique ou thermique [5].

Un panneau solaire c'est un regroupement série et parallèle de plusieurs cellules et le modèle électrique équivalent est représenté par la figure 2.

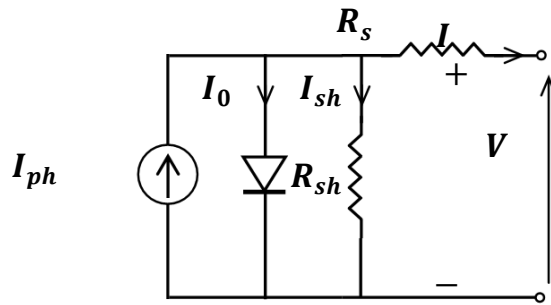


Figure 2. Modèle électrique d'un panneau solaire pv

D'après ce modèle de circuit, les équations associées sont les suivantes [6] :

Le courant généré par le panneau avec :

$$I = I_{ph} - I_0 \left(\exp \frac{q(V + R_s I)}{aKT N_s} - 1 \right) - \frac{(V + R_s I)}{R_{sh}} \quad (1)$$

où :

$$I_{ph} = (I_{sc} + K_i(T - 298,15)) \frac{G}{1000} \quad (2)$$

$$I_0 = \frac{I_{sc} + K_i(T - 298,15)}{\exp \left(\frac{q(V_{oc} + K_v(T - 298,15))}{aKT N_s} \right) - 1} \quad (3)$$

I , Courant du module

I_{ph} , Courant photonique

I_0 , Courant de saturation inverse de diode

N_s , Nombre de cellules en série

V , Tension du module

T , Température

a , facteur d'idéalité

K , Constante de Boltzmann

q , Charges d'électron

G , Irradiation solaire en w/m²

R_s , Résistances séries du module

R_{sh} , Résistances shunt du module

IV. DEMARCHES PEDAGOGIQUES DE MODELISATION SUR PSIM

IV.1. APPROCHE PEDAGOGIQUE POUR LE NIVEAU SUPERIEUR A BAC+2

Pour les études scientifiques du niveau supérieur à BAC+2, les étudiants devront avoir des pré-requis de mathématiques et physiques suffisants pour modéliser des systèmes non linéaires. Et en considérant les modèles ci-dessus, l'utilisation du logiciel PSIM nous permettrons de mieux travailler sur les différents paramètres.

Prenons le modèle de la Figure 2, et les équations (1), (2) et (3) seront modélisées dans PSIM en reliant les éléments les uns aux autres :

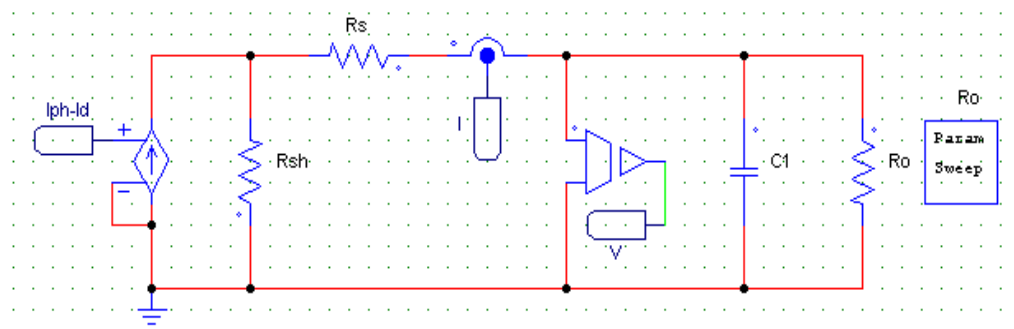


Figure 3. Modèle du panneau solaire sous PSIM

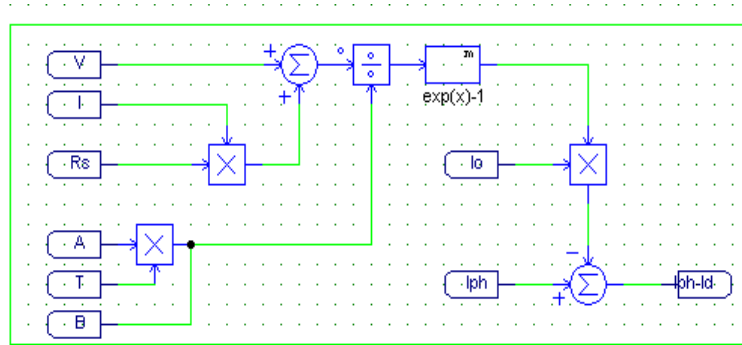


Figure 4. Modèle équation (1) sous PSIM

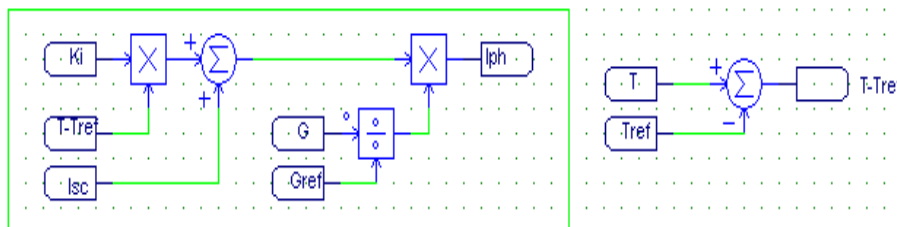


Figure 5. Modèle équation (2) sous PSIM

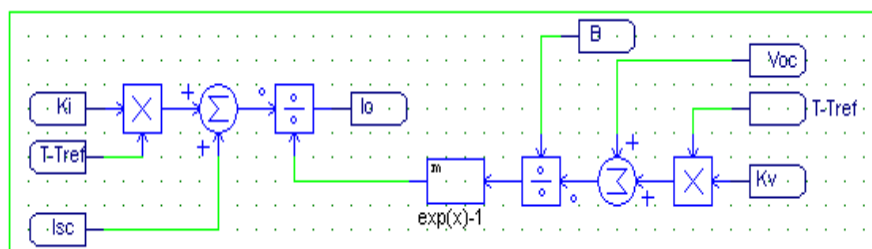


Figure 6. Modèle équation (3) sous PSIM

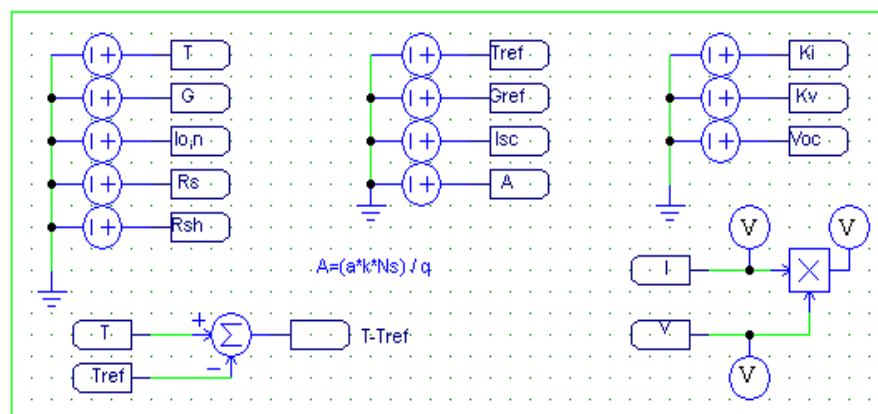


Figure 7. Modèle des paramètres du panneau solaire sous PSIM

Après avoir mis en évidence ces cinq figures dans PSIM, les résultats de simulation nous montrent les courbes caractéristiques d'un panneau solaire photovoltaïque selon le modèle considéré dans le bloc du logiciel comme présenté ci-dessous :

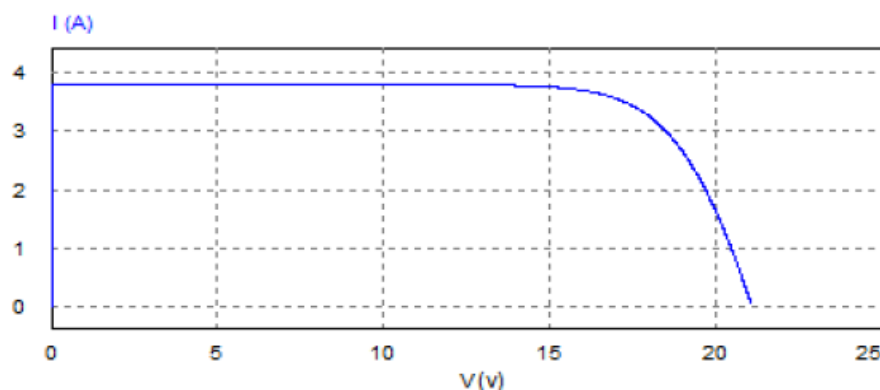


Figure 8. Caractéristique I-V du module

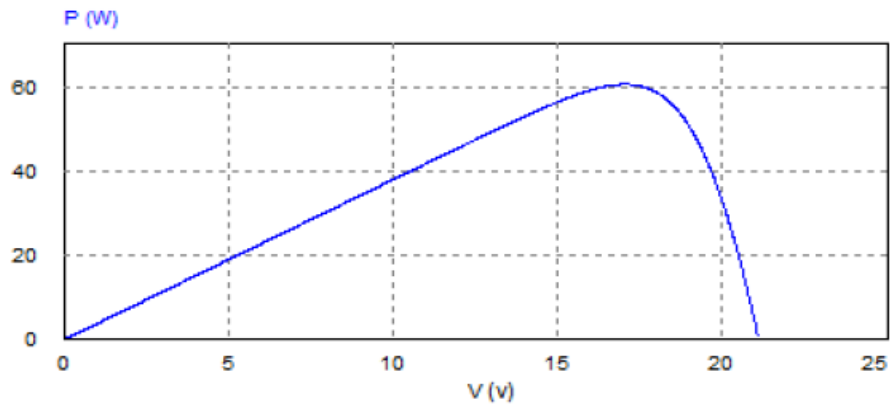


Figure 9. Caractéristique P-V du module

IV.2. APPROCHE PEDAGOGIQUE POUR LE NIVEAU LYCEE ET TECHNICIEN SUPERIEUR

Le logiciel PSIM favorise aussi la modélisation/simulation à partir d'un bloc intégré d'un panneau solaire que l'on trouve suivant la figure 10.

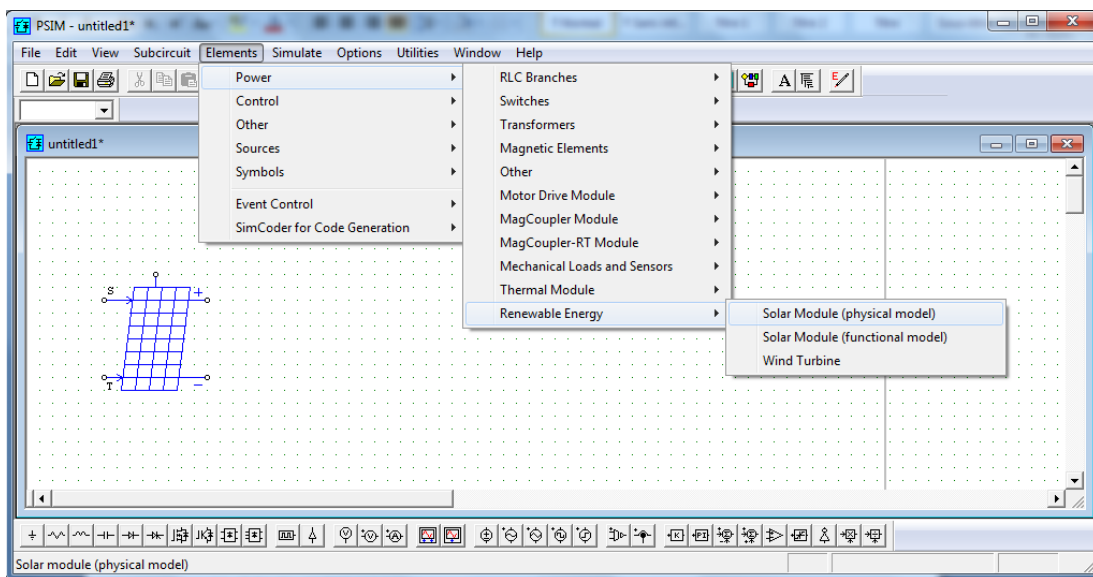


Figure 10. Solar Module (Physical model) sous PSIM

Dans le bloc Solar Module (Physical model), les équations (1), (2) et (3) y sont déjà modélisées [7].

Avec une simple manipulation, ce modèle est paramétrable et il suffit de changer les valeurs des caractéristiques fournies sur le panneau et le simuler directement comme nous montre la figure 11 :

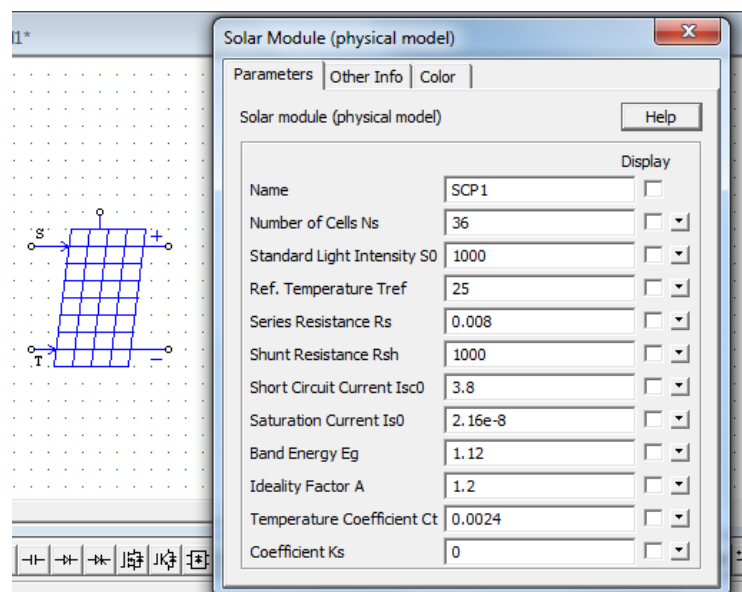


Figure 11. Fenêtre des paramètres du Solar Module sous PSIM

Ainsi, les caractéristiques obtenues sont présentées dans la figure 12 et 13 ci-dessous :

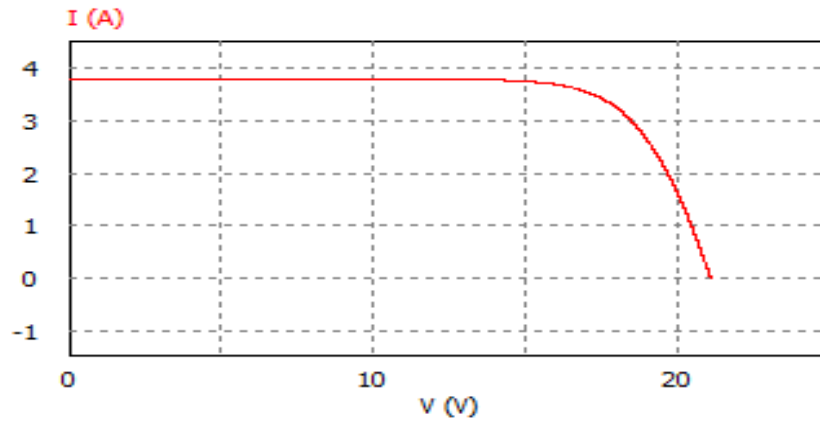


Figure 12. Caractéristique I-V Solar Module sous PSIM

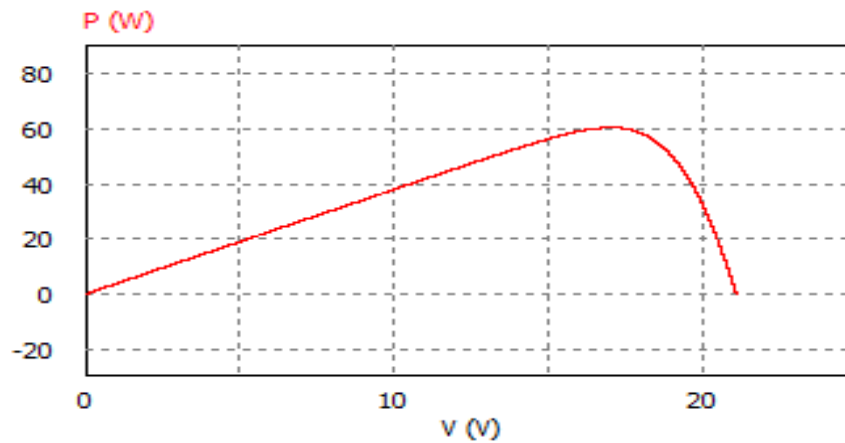


Figure 13. Caractéristique P-V Solar Module sous PSIM

V. CONCLUSION

Cet article nous a montré et présenté des démarches d'enseignement de travaux pratiques sur les énergies renouvelables dans le cas des panneaux solaires photovoltaïques. A l'issu d'utilisation et manipulation du logiciel PSIM, les enseignants du domaine arrivent à faire avancer leurs formations et les étudiants procéderont de manière claire aux approches sur le développement des caractéristiques des panneaux solaires photovoltaïques et aborder la modélisation/simulation selon les cas qui se présentent. Les chercheurs débutants dans le domaine de l'énergie solaire pourront également mettre en évidence et avancer leur recherches sur les différentes caractéristiques afin les modéliser dans tous les niveaux par exemple champs, panneaux, cellules. D'autres modèles peuvent aussi être optimisés en considérant d'autres éléments connectés afin d'avoir un meilleur rendement sur les énergies électriques soutirées tout en passant par des multiples commandes à faire dans le logiciel.

VI. BIBLIOGRAPHIES

- [1] Mohamed Ali Zerri, Arduino et Simulink/Matlab un outil innovant à coût réduit pour le prototypage, J3eA, Journal sur l'enseignement des sciences et technologies de l'information et des systèmes, Vol. 12, 2013.
- [2] Philippe Herwegh, Comprendre l'énergie solaire : les caractéristiques des panneaux solaires, Ohm Easy La maison éco-responsable, le 3 septembre 2015 dans la catégorie : Sources d'alimentation.
- [3] V. Guéraud, J-P. Pernin, J-M. Cagnat, G. Cortés, Environnements d'apprentissage basés sur la simulation, Sciences et techniques éducatives. Vol. 6, No. 1, 1999
- [4] Mathworks, <http://www.mathworks.com>
- [5] Pâris Mouratoglou, Pierre-Guy Therond, L'énergie solaire photovoltaïque, un peu d'Histoire. Annales des Mines - Réalités industrielles 2009/4, pages 61 - 70 (Novembre 2009)
- [6] M. G. Villalva, J. R. Gazoli, and E. R. Filho, Comprehensive approach to modelling and simulation of photovoltaic arrays, IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 24, no. 5, 2009, pp. 1198-1208
- [7] Saad Motahhir, Abdelaziz El Ghzizal, Souad Sebti, Aziz Derouich, Une ressource pédagogique pour l'enseignement par simulation : cas des panneaux photovoltaïques.