



Contrôle et Analyse des Performances d'un Système de Pompage Photovoltaïque

M. Yaichi^{*1}, M. K. Fellah², A. Mammeri¹, A. Tayebi¹, A. Boutadara¹

¹Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien URE/Ms Adrar
Centre de Développement des Energies Renouvelables CDER, Algérie.

²ICEPS Laboratory (Intelligent Control and Electrical Power Systems), Djillali Liabes University of Sidi-Bel-Abbes, Algeria.

*Corresponding author E-mail : yaichi_mohammed@yahoo.fr

Résumé— L'un des plus urgents problèmes auquel on a à faire face dans les régions sahariennes destinées à l'agriculture est l'accès à l'eau potable pour l'irrigation, pour le bétail,...etc. La plus grande partie de la région agricole touchée par ce problème est éloignée des réseaux de distribution d'électricité. Pour tenter de résoudre cette crise, une des solutions est l'introduction de systèmes de pompage photovoltaïques (PV) au fil de soleil. Pour ces systèmes, et pour améliorer leurs fonctionnements, diverses commandes ont été développées. Parmi ces commandes que l'on a expérimenté, son principe requis pour maximiser la puissance délivrée par le générateur photovoltaïque (GPV) est basé sur la contre réaction de tension par V_{ref} fixe, utilisant la loi V/f constant. Dans cet article, nous proposons d'analyser des techniques de commande différentes de la technique de commande expérimentée avec un transit de puissance maximale du GPV. La première, en boucle fermée, est la commande à flux orienté (FOC), régulant la vitesse par un régulateur PI. La deuxième technique est en boucle ouverte, par un ajustement adéquat de la fréquence de sortie de l'onduleur, le rendement du moteur peut être maintenu en accord avec le changement de l'éclairement et de la température.

Ces techniques de commande ont été appliquées à un système ayant les mêmes paramètres que le système installé au niveau de notre unité de recherche à Adrar. Les résultats de simulation obtenus montrent que de meilleures performances pourront être atteintes grâce aux algorithmes proposés.

Mots clés— Pompage photovoltaïque, V/f constant, FOC, Commande à rendement constant, MPPT.

I. INTRODUCTION

Le milieu saharien par sa nature aride et la disponibilité d'un immense potentiel solaire peut permettre l'application du pompage de l'eau par l'intermédiaire des pompes solaires photovoltaïques (PV), comme une opération très importante dans les domaines agricoles. En général, la structure de pompage PV est équipée d'un moteur asynchrone entraînant une pompe centrifuge immergée (motopompe). L'ensemble est alimenté par un générateur photovoltaïque (GPV) à travers un convertisseur statique (onduleur). Pour ce type de systèmes, plusieurs critères d'optimisation de l'efficacité du système PV ont été appliqués, parmi eux, la maximisation de

la puissance délivrée au moteur asynchrone relié aux bornes du GPV (Technique de Poursuite du Point de Puissance Maximale ou "Maximum Power Point Tracker, MPPT"), généralement, par l'insertion d'un convertisseur DC/DC entre le GPV et l'onduleur. Ce travail a pour objectif de proposer une approche, où l'optimisation est réalisée sans avoir besoin d'ajouter un convertisseur DC/DC à la chaîne.

Nous avons expérimenté un système de pompage PV, où le principe de sa commande est basé sur une simple comparaison entre la tension de sortie d'un panneau PV avec une tension de référence prédéfinie, pour ajuster continuellement la fréquence de l'onduleur, en utilisant la loi V/f constant. Dans ce travail, on se propose d'étudier des techniques de commande différentes de la technique de commande expérimentée : La première, en boucle fermée, permettra, grâce à la commande vectorielle, de réguler la vitesse par un régulateur PI associé à une loi de régulation pour extraire la puissance maximale du GPV et cela par action sur la vitesse de référence. Nous discuterons les performances obtenues avec cette commande en variant la vitesse de référence (ou bien l'éclairement). La deuxième technique est en boucle ouverte. Par un ajustement adéquat de la fréquence de sortie de l'onduleur, le rendement et le glissement du moteur pourront être maintenus en accord avec le changement de l'éclairement et de la température.

II. MODELE DE LA CARACTERISATION I-V D'UN MODULE PHOTOVOLTAÏQUE

Les caractéristiques à une seule exponentielle (modèle à une seule diode) du courant $I=f(V)$ d'un générateur photovoltaïque peuvent être schématisées comme suit (Fig. 1) [1, 2, 3] :

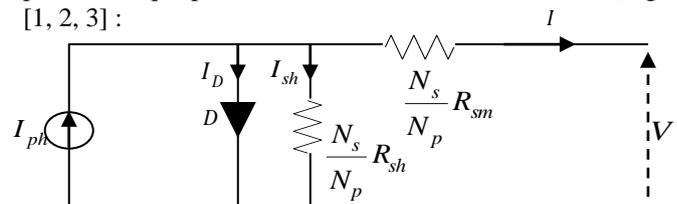


Fig. 1 Schéma équivalent d'un générateur photovoltaïque



Nous avons :

$$I = I_{ph} - I_D - I_{sh}$$

$$I_{ph} = N_p p_1 E(1 + p_2 \Delta T)$$

$$I_D = N_p I_0 \left[\exp \left(\frac{e_0 \left(V + \left(\frac{N_s R_{sm}}{N_p} \right) I \right)}{A n_{cs} N_s K T_c} \right) - 1 \right]$$

$$I_{sh} = N_p \frac{V + \frac{N_s R_{sm}}{N_p} I}{N_s R_{sh}}$$

I_0 [A]: le courant de saturation inverse de diode, dépend fortement à la température. Il est donné par :

$$I_0 = p_3 T_c^3 \exp \left(- \frac{E_g}{A K T_c} \right) \quad (5)$$

$$\Delta T = T_c - T_{cref}$$

Avec : I_{ph} [A]: Photo courant; I_D [A]: Courant de diode;
 I_{sh} [A]: Courant shunt; I [A]: Courant délivré par le GPV;
 V [Volt]: Tension à la borne du GPV;
 N_s : Nombre de modules connectés en série dans une branche;
 N_p : Nombre de branches;
 E [W/m²]: Eclairement global sur le plan des modules;
 E_{ref} [1000W/m²]: Eclairement de référence;
 T_c [Kelvin]: Température de la cellule; T_{cref} =298Kelvin:
Température de référence de la cellule; T_a [Kelvin]:
Température ambiante; T_{aref} [Kelvin]: Température de
référence ambiante; NOCT[Kelvin]: Température d'utilisation
de cellule;
 R_{sm} [Ω]: Résistance série du module; R_{sh} [Ω]: Résistance shunt
du module; n_{cs} : Nombre de cellule en série dans un module;
 A : Facteur d'idéalité de la jonction; α [A/°C]: Coefficient de
courant en température; e_0 : Charge d'électron $1.6 \cdot 10^{-19}C$;
 K : Constante de Boltzmann $1.38 \cdot 10^{-23}J/K$;
 E_g : Energie de gap (silicium cristalline) 1.12 eV.

La tension de sortie du GPV est donnée par :

$$V_{pv} = - \frac{N_s R_{sm}}{N_p} I_{pv} + \frac{A n_{cs} N_s K T_c}{e_0} \log \left[\frac{I_{pv} - N_p p_1 E(1 + p_2 T_c) + N_p \frac{V_{pv} + \left(\frac{N_s R_{sm}}{N_p} \right) I_{pv}}{N_s R_{sh}}}{- N_p p_3 T_c^3 \exp \left(- \frac{E_g}{A K T_c} \right)} + 1 \right] \quad (7)$$

Le courant optimal du GPV peut être exprimé par [2, 8] :

$$(1) \quad I_{pvop} \cong 0.9 I_{ph} \quad (8)$$

(2) Ainsi, la puissance maximale délivrée par le GPV, en tenant compte des deux expressions (7) et (8), est exprimée en fonction de l'éclairement par :

$$(3) \quad P_{pvm\max} = V_{pvop} I_{pvop} = N_s N_p R_{sm} \left(0.94 p_1 E(1 + p_2 \Delta T_c) \right)^2 + \frac{0.94 N_p p_1 E(1 + p_2 \Delta T_c) A n_{cs} N_s K T_c}{e_0} \log \left[\frac{\left(\frac{0.94 R_{sm}}{R_{sh}} - 0.06 \right) N_p p_1 E(1 + p_2 \Delta T)}{- N_p p_3 T_c^3 \exp \left(- \frac{E_g}{A K T_c} \right)} + 1 \right] \quad (9)$$

III. MODELE DE LA MOTO-POMPE [4]

Le moteur à induction est modélisé selon le schéma équivalent conventionnel de la Fig. 2.

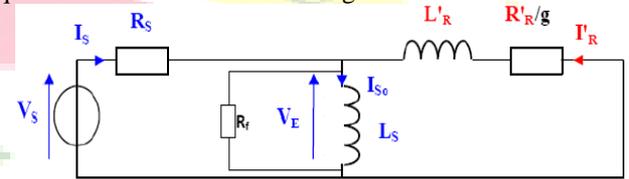


Fig. 2 Modèle d'un schéma équivalent moteur à induction en régime permanent : modèle à fuites totalisées au rotor

Avec :

V_s : Tension d'alimentation; I_s : Courant statorique;

I_r : Courant rotorique; g : glissement ;

R_s : Résistance statorique; r_r : Résistance ramenée d'un bobinage du rotor;

L_s : Inductance cyclique statorique; L_r : Inductance de fuite ramenée du rotor.

Selon le schéma équivalent conventionnel, la puissance électrique consommée est :

$$P_{em} = 3 R_{eq} \frac{V_s^2}{Z_{eq}^2} \quad (10)$$

Avec Z_{eq} l'impédance équivalente par phase $Z_{eq} = R_{eq} + jX_{eq}$.

Les données suivantes seront nécessaires pour dimensionner la pompe solaire et ses composants.

Q [m³/jour]: Quantité d'eau que la pompe peut fournir durant un intervalle de temps donné.

HMT[m]: Hauteur manométrique totale d'une pompe.

$$HMT = H_g + \Delta p_c \quad (11)$$

H_g : Hauteur géométrique; Δp_c : Pertes de charge dans le conduit.



Les pompes centrifuges sont les plus utilisées en pompage solaire. Leurs caractéristiques sont analogues à celles de la figure suivante [2, 4] :

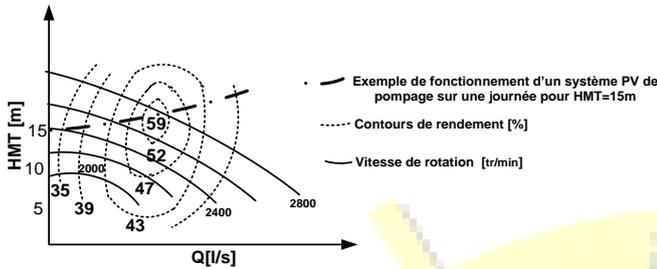


Fig. 3 Principe de fonctionnement d'une pompe

La pompe centrifuge applique un couple de charge proportionnel au carré de la vitesse de rotation du moteur.

$$C_r = k_{ch} \Omega^2 \quad (12)$$

Avec k_{ch} : désignant la constante de proportionnalité.

Le rendement de la motopompe est donnée par :

$$\eta_p = \frac{P_{hyd}}{k_{ch} \Omega^3} \quad (13)$$

Le puit où la pompe est installée possède les caractéristiques suivantes :

Le niveau statique: $H_s=8.3m$; la lame d'eau: $L_e=7m$; la profondeur totale: $P_f=15.3m$; le rabattement: $R=5.2m$ et le diamètre: $D=1.5m$.

$$H_g = H_s + R = 13.5m \text{ et } \Delta p_c = 1.45m \quad (14)$$

La HMT sera alors :

$$HMT = 14.95 \approx 15m \quad (15)$$

Le débit journalier requis est de $45m^3$ par jour.

IV. TECHNIQUE DE COMMANDE DE LA MOTOPOMPE

A. Commande utilisant la loi V/f constant

Les Fig. 4 et 5 montrent le principe de cette structure de commande. Le programme requis est basé sur la contre-réaction de tension par V_{ref} fixe. Cette méthode est basée essentiellement sur une simple comparaison entre la tension de sortie d'un panneau PV avec une tension de référence prédéfinie, pour ajuster continuellement la fréquence de l'onduleur. Cette tension correspond à la tension moyenne de l'intervalle des points des puissances maximales relevées par des tests sous différentes conditions d'ensoleillement et de température, en agissant simplement sur les différents facteurs de pondération lors de la mise au point, afin de générer le maximum de puissance. A tous les points d'opération, la tension du GPV est fixe. Le système ne fournit pas la puissance maximale, mais il fournit une puissance proche de la puissance maximale.

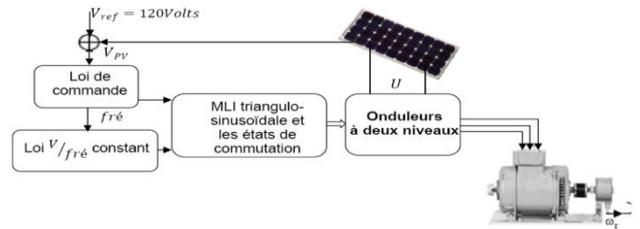


Fig. 4 Architecture du contrôleur numérique pour le système de pompage expérimenté

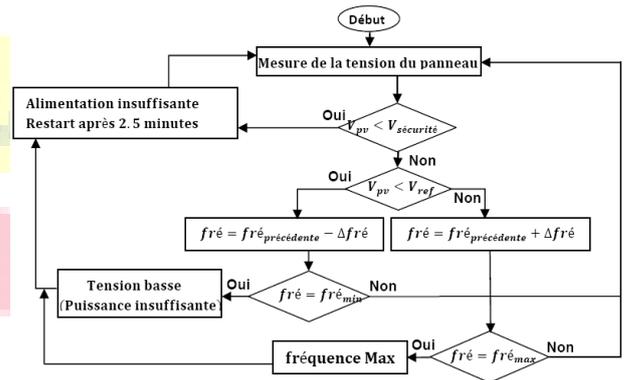


Fig. 5 Organigramme de fonctionnement du système de pompage expérimenté

Faute d'équipement disponible pour mesurer la vitesse du moteur, nous avons opté pour l'estimation de cette vitesse à partir de la puissance consommée.

En évaluant la puissance électrique consommée P_{em} en fonction de la fréquence délivrée au stator et la vitesse de l'arbre de la machine asynchrone, nous trouvons [2, 6] :

$$P_{em} = p_0 + p_1 fré + p_2 fré^2 \quad [W] \quad (16)$$

Avec : $p_0=-1196$; $m_1=-59.91$; $m_2=-0.5$.

$$P_{em} = p_{01} + p_{11} \omega + p_{21} \omega^2 \quad [W] \quad \omega \text{ en rad/s} \quad (17)$$

Avec : $m_{01}=-1468.99$; $m_{11}=12.23$; $m_{21}=-0.02$.

B. Commande vectorielle

Pour la machine asynchrone, le principe d'orientation consiste à aligner le flux rotorique sur l'axe direct du repère de Park [7]. Donc :

$$\varphi_{qr} = 0 \text{ et } \varphi_{dr} = \varphi_r \quad (18)$$

Le flux rotorique s'écrit :

$$\varphi_r = \frac{M}{(1 + sT_r)} I_{ds} \quad (19)$$

Le couple est donné par :

$$C_{em} = \frac{3}{2} p \frac{M}{L_r} \varphi_{dr} I_{qs} \quad (20)$$



Pour calculer la vitesse de consigne correspondant au fonctionnement optimal du GPV, on considère qu'en régime optimal, le bilan de puissance de la machine asynchrone est donné par :

$$P_{pv_max} - 3R_s I_s^2 - P_{fer} = P_{pv_max} - \frac{3}{2} R_s I_s^2 = P_t \quad (21)$$

P_{fer} les pertes fer.

P_{pv_max} représente la puissance éventuellement fournie par le générateur photovoltaïque et P_t est la puissance transmise au rotor. Cette dernière s'exprime en fonction du couple électromagnétique et de la vitesse de synchronisme par la relation suivante :

$$P_t = C_{em} \Omega_s = \frac{C_{em} \omega_s}{p} \quad (22)$$

D'autre part, nous avons :

$$C_{em} \cong C_r = k_{ch} \Omega^2 = \frac{k_{ch}}{p^2} \cdot \omega^2 \quad (23)$$

Donc la relation (22) devient :

$$P_t = \frac{k_{ch}}{p^3} \cdot (\omega_{gl} + \omega)^2 \quad (24)$$

De plus, le module du courant statorique est exprimé en fonction des courants statoriques direct et quadrature par :

$$I_s = \sqrt{I_{ds}^2 + I_{qs}^2} \quad (25)$$

En se référant aux équations (20), et (23), le courant statorique quadrature est exprimé par :

$$I_{qs} = \frac{2L_r k_{ch}}{3p^3 M \varphi_r} \omega^2 \quad (26)$$

La composante directe du courant statorique est donnée par la relation suivante :

$$I_{ds} = \frac{\varphi_r}{M} \quad (27)$$

En remplaçant I_{qs} par son expression (26), la relation de la pulsation de glissement est donnée par :

$$\omega_{gl} = \frac{2R_r k_{ch}}{3p^3 M \varphi_r^2} \omega^2 \quad (28)$$

En utilisant les relations (9), (24), (26), (27) et (28), la relation (22) devient :

$$P_{pv_max} - \frac{3}{2} R_s \left(\left(\frac{\varphi_r}{M} \right)^2 + \frac{4}{9} \left(\frac{L_r k_{ch}}{p M \varphi_r} \right)^2 \right) \omega^4 = \frac{2R_r}{3} \left(\frac{k_{ch}}{p \varphi_r} \right)^2 \omega^4 + \frac{k_{ch}}{p^3} \omega^3 \quad (29)$$

Après arrangement, la relation (29) se traduit par un polynôme d'ordre 4 défini comme suit :

$$a\omega^4 + b\omega^3 + c = 0 \quad (30)$$

Les coefficients a, b et c sont donnés par les relations suivantes :

$$a = \frac{2}{3} \left(\frac{k_{ch}}{p \varphi_r} \right)^2 \left[R_r + R_s \left(\frac{L_r}{M} \right)^2 \right]; \quad b = \frac{k_{ch}}{p^3}$$

$$c = \frac{3}{2} R_s \left(\frac{\varphi_r}{M} \right)^2 + N_s N_p R_{sm} (0.94 P_1 E (1 + p_2 \Delta T_c))^2 -$$

$$\frac{0.94 P_1 E (1 + p_2 \Delta T_c) A n_{cs} N_s K T_c}{e_0} \log \left[\frac{\left(\frac{0.94 R_{sm}}{R_{sh}} - 0.06 \right) N_p P_1 E (1 + p_2 \Delta T_c)}{N_p P_3 T_c^3 \exp \left(- \frac{E_g}{A K T_c} \right)} + 1 \right]$$

Pour chaque valeur de l'éclairement et de la température, c'est-à-dire la valeur de I_{ph} , en résolvant l'éq (30). Ses racines, donnent la vitesse de consigne correspondante au fonctionnement optimal du GPV.

C. Commande à rendement du moteur constant [2]

Par un ajustement adéquat de la fréquence de sortie de l'onduleur *fré*, la valeur η_n du rendement peut être maintenue en accord avec le changement de l'éclairement.

Pour les conditions nominales, on a l'égalité suivante :

$$P_{em} \eta_n = k_{ch} (1 - g_n)^3 fré_n^3 \quad (31)$$

Si l'éclairement change, l'équation (31) devient :

$$P_{em} \eta = k_{ch} (1 - g)^3 fré^3 \quad (32)$$

Pour le maintien du rendement η_n avec une valeur de glissement g_n , des équations (31) et (32), la nouvelle fréquence de l'onduleur devient :

$$fré = \sqrt[3]{\frac{P_{em}}{P_{em_n}}} fré_n \quad (33)$$

Donc, la tension d'alimentation de la motopompe est :

$$V_s = \sqrt{\frac{P_{em} \cdot Z_{eq}^2}{3 R_{eq}}} \quad (34)$$

La tension générée par le GPV est :

$$U_{pv} = \frac{V_s \sqrt{2}}{r} \quad (35)$$

IV. RESULTATS DE SIMULATION

Les techniques de commande ci-dessus ont été employées pour prévoir le fonctionnement d'un système de pompage PV, installé dans notre unité de recherche. Sa caractéristique est donnée en annexe [2, 3]. En utilisant un champ PV de $N_s \times N_p = 9 \times 1$ puis $N_s \times N_p = 8 \times 2$, nous avons simulé le



Le 4^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 4th International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 24 - 25 Octobre 2016



comportement de système PV vis-à-vis de la variation de l'éclairement. Les Figs. 6 et 7 présentent le scénario de l'ensoleillement appliqué au générateur PV.

Sur la Fig. 6(a) est illustrée l'allure de la fréquence de l'onduleur comme fonction de l'éclairement du système $N_s \times N_p = 9 \times 1$. Par exemple, pour $E = 200 \text{ W/m}^2$, et dans le système à V/f constant, l'onduleur délivre une fréquence de 10Hz, alors que pour le système fonctionnant à FOC ou à rendement constant du moteur, la fréquence délivrée atteint les valeurs de 24Hz et 27Hz respectivement. Même comportement pour les vitesses (Fig. 6(b)).

De même, la Fig. 6(c) caractérise les allures du débit de la pompe. Ce dernier est obtenu en utilisant la méthode linéaire d'interpolation/extrapolation [2]. Deux remarques méritent d'être indiquées : Pour le système à V/f constant, la pompe arrive à vaincre la hauteur géométrique et commence à délivrer l'eau à un éclairement $E = 300 \text{ W/m}^2$, alors que pour le système fonctionnant à FOC ou à rendement constant du moteur l'éclairement atteint seulement la valeur $E = 200 \text{ W/m}^2$. La courbe du débit pour le système à rendement constant, se situe au-dessus de celle des systèmes FOC et à V/f constant et ceci pour toute la gamme d'éclairement. Par conséquent, ceci permet d'augmenter le gain journalier en eau.

Concernant le rendement de la pompe, pour la commande à rendement constant du moteur, on remarque que la pompe possède une valeur du rendement se situe au-dessus de celle des systèmes FOC et à V/f constant et ceci pour toute la gamme d'éclairements jusqu' à l'éclairement $E = 800 \text{ W/m}^2$, parce que le rendement hydraulique décroît beaucoup hors du point correspondant de la vitesse de 240 rad/s pour $HMT = 15 \text{ m}$ et est particulièrement évident pour une pompe centrifuge. Pour les deux autres commandes, une fois que la vitesse dévie de la valeur de 240 rad/s , le rendement se dégrade impliquant l'augmentation des pertes de charge. Nous notons que, pour la commande à rendement constant, le moteur asynchrone possède une valeur du rendement constant qui se situe au-dessus de celle des systèmes FOC et à V/f constant et ceci pour toute la gamme d'éclairements.

Pour le cas $N_s \times N_p = 9 \times 1$ et pour les commandes FOC et à rendement constant du moteur, les puissances correspondantes du GPV convergent vers leurs valeurs optimales montrant ainsi l'efficacité de l'adaptateur MPPT. La fréquence converge vers 50Hz à un niveau d'éclairement de 1100 W/m^2 . Donc, le système fonctionne à l'état nominal à midi solaire indiquant que le système est bien dimensionné selon la valeur de puissance nominale du moteur. Pour le système à V/f constant, la fréquence converge vers 44Hz à un niveau d'éclairement de 1100 W/m^2 . En plus, le système ne fournit pas la puissance maximale. Il est, en générale proche de la puissance maximale, sauf pour le cas de l'éclairement égal à 700 W/m^2 (la tension, qui est fixe aux bornes du GPV, est

identique à la tension optimale du GPV sous les conditions de cet éclairement) où les deux puissances sont identiques.

Pour le cas $N_s \times N_p = 8 \times 2$ et pour les commandes FOC et à rendement constant du moteur, la puissance maximale du GPV disponible dépasse la puissance maximale de la motopompe. A l'intervalle entre 0 et 700 W/m^2 , le système fonctionne à l'état optimal et, pour la suite du cheminement du point de puissance maximum, le système devient inactif (la fréquence nominale limite la puissance consommée par le moteur). On note qu'un moteur peut fonctionner à une puissance dépassant la puissance nominale ($700 \text{ W} > 550 \text{ W}$) à une fréquence dépassant la fréquence nominale (55Hz). La fréquence maximum d'opération sera atteinte et le système fonctionnera loin en-dessous du point de puissance maximal. Mais, pour le système à V/f constant, la fréquence converge vers la valeur de 55Hz à un niveau d'éclairement de 1100 W/m^2 .

La variation de la vitesse (augmentation ou diminution) fait changer le point de fonctionnement. Mais, la pompe ne fonctionne pas toujours à un fonctionnement optimal. Le calcul de vitesse nous donne la quantité d'eau pompée exacte durant une journée et le moment où le système de pompage fonctionne en régime optimal. Ceci nous a permis de dimensionner et imposer de faire fonctionner la station de pompage pour une période très longue dans le point de fonctionnement optimal et ceci à une vitesse qui dépend de l'éclairement. Par conséquent, la Fig. 8 montre le volume pompé rassemblé pour les 27 jours typiques pour le système fonctionnant avec l'approche proposée (Un prélèvement des mesures a été réalisé sur 27 jours qu'on peut considérer comme des jours typiques).

Pour le cas $N_s \times N_p = 9 \times 1$, le système fonctionne au point de puissance nominale à un niveau d'éclairement élevé, mais la quantité d'eau journalière est inférieure au besoin en eau, comme déjà cité à la section III (45 m^3). Bien que les commandes FOC et à rendement constant du moteur sont meilleures par rapport à la commande à V/f constant, mais avec $N_s \times N_p = 8 \times 2$, l'application de ces commandes donnent approximativement la même quantité d'eau, parce que la vitesse de rotation est saturée à un certain niveau d'éclairement. Le surdimensionnement du générateur photovoltaïque fait augmenter la quantité d'eau journalière (Fig. 8(b)), mais le coût devient trop cher et non correspondant à la quantité d'eau ajoutée, sauf si on utilise une motopompe de gamme de puissance plus élevée que 0.55 kW si le besoin en eau désiré est plus important que 50 m^3 .

Si on installe un GPV de $N_s \times N_p = 7 \times 2$ (Fig. 8(c)), le système nous donne la quantité d'eau désirée, ce qui peut être utilisé pour diminuer le coût.



Le 4^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 4th International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 24 - 25 Octobre 2016

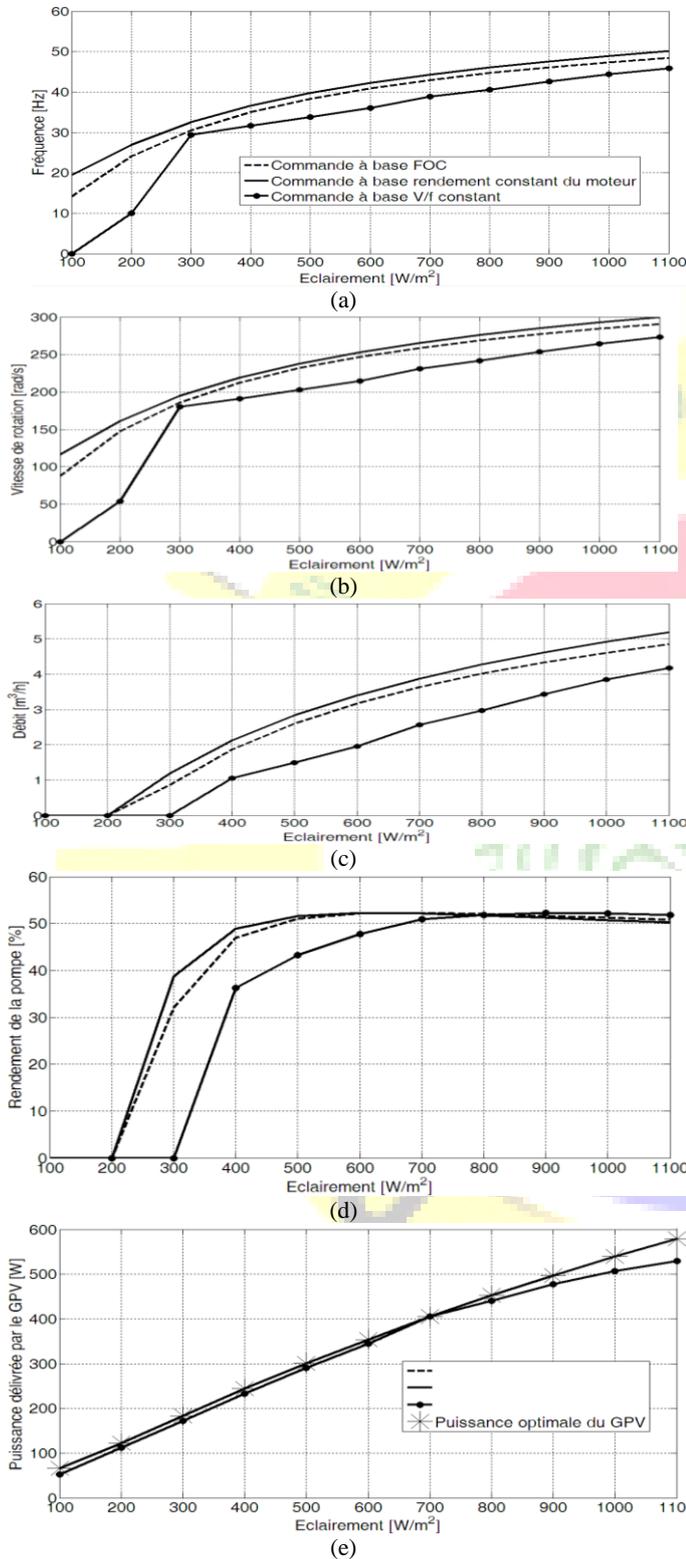


Fig. 6 Fonctionnement du système de pompage photovoltaïque au fil du soleil pour le cas $N_s \times N_p = 9 \times 1$

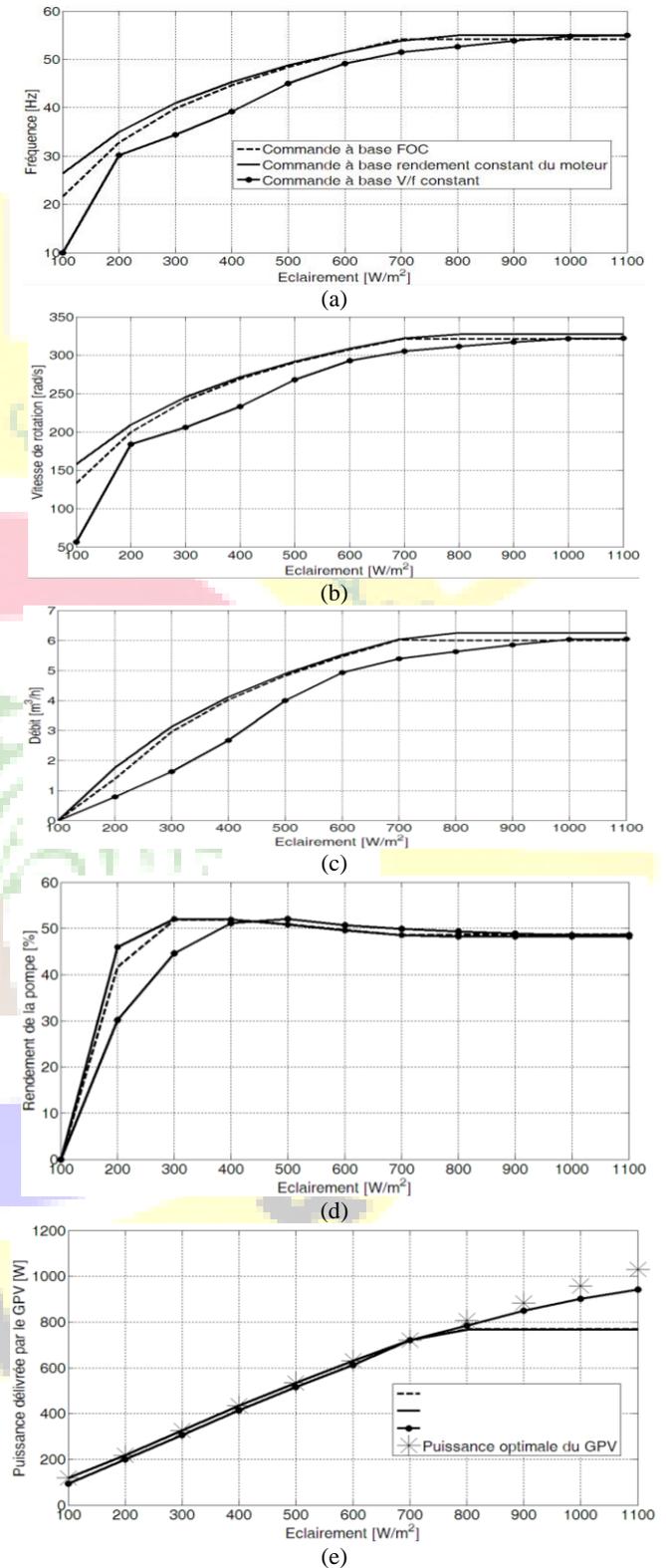


Fig. 7 Fonctionnement du système de pompage photovoltaïque au fil du soleil pour le cas $N_s \times N_p = 8 \times 2$



Le 4^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 4th International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 24 - 25 Octobre 2016

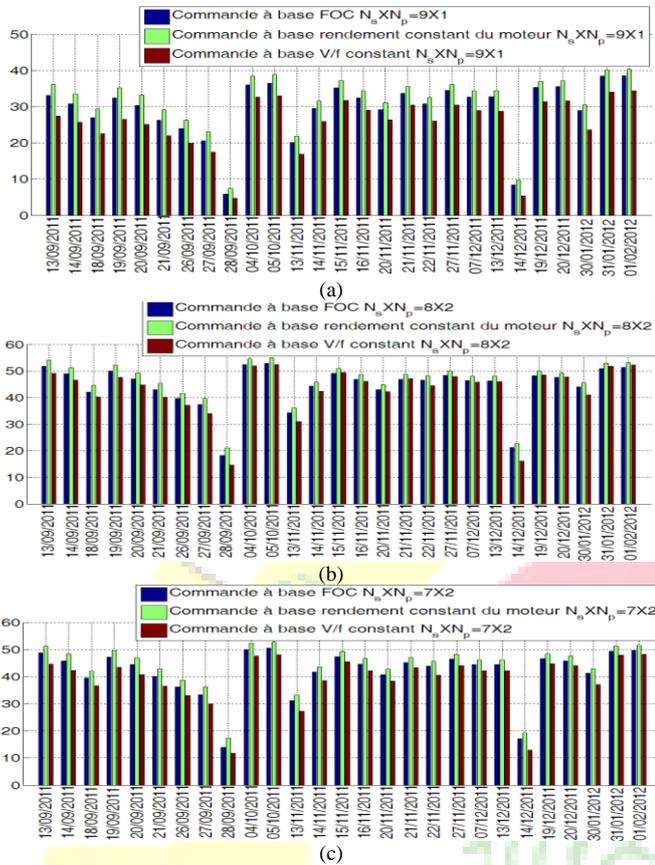


Fig. 8 Quantité d'eau journalière obtenue

Le tableau 1 résume les avantages et les inconvénients des trois commandes étudiées.

TABLE 1.
AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES COMMANDES ETUDIEES

Avantages	Inconvénients
Commande à V/f constant	
La construction est simple et le calcul de la tension exige un calcul très simple. L'algorithme de commande est valable pour les pompes de même tension.	Le système ne fournit pas la puissance maximale.
Commande FOC	
Précision de vitesse et système fournissant la puissance maximale.	La pompe centrifuge est immergée, et la commande exige d'utiliser un capteur ou observateur de vitesse.
Commande à rendement du moteur constant	
Construction simple et système fournissant la puissance maximale.	Le calcul de la tension exige l'utilisation des paramètres du moteur MAS et GPV.

III. CONCLUSIONS

Afin d'obtenir un fonctionnement optimal des systèmes de pompage photovoltaïque d'une part, et de prévoir le comportement d'autre part, nous avons étudié trois techniques de commande basées sur le calcul de la fréquence (ou bien la vitesse), du débit et du rendement de la pompe.

Nous avons décrit une opération optimale d'un système de pompage photovoltaïque au fil du soleil. Le critère d'optimisation choisi permet l'amélioration du rendement du moteur à induction et de la pompe d'une part, et la diminution du coût par la diminution du nombre des panneaux PV, d'autre part. Les résultats de simulation obtenus montrent qu'une augmentation de la quantité d'eau pompée pourra être atteinte par l'algorithme à rendement constant du moteur.

A partir des données d'estimation, et pour une journée typique, on peut quantifier le débit moyen journalier pour un système déterminé selon les besoins énergétiques. En conséquence, on a dimensionné la pompe afin de maximiser la durée de fonctionnement optimale journalière de l'électropompe qui convient à notre installation (sélectionner la pompe appropriée pour l'application c'est-à-dire celle donnant un bon rendement toute la journée).

ANNEXE

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES FOURNIES PAR LE CONSTRUCTEUR AUX STC D'UN MODULE PHOTOVOLTAÏQUE

Type : isofotón, $\eta=11\%$, $FF=74.4\%$, Poids=9kg,
Dimension $(1.224 \times 0.545) m^2$, $n_c=36$, $\alpha=0.02\%/^{\circ}C$, $A=1.2$, $I_{ph}=4.67A$,
 $R_{sm}=0.24 \Omega$, $R_{sh}=199.48 \Omega$, $P_1=0.0047$, $P_2=1.9976 \cdot 10^{-4}$, $P_3=3.7042$,
 $I_{0ref}=1.6628 \cdot 10^{-8}A$.

PARAMETRES DE LA MACHINE ASYNCHRONE

Type : Moteur asynchrone GRUNDFOS MS 402, $\eta_n=0.78$, $\cos(\varphi)=0.8$,
 $V=65V$ en Δ , $I=8.5A$, $\Omega=2870tr/min$, $P_{emv}=0.55kW$, $fr_n=50Hz$,
 $R_s=0.6667\Omega$, $R_r=1.1965\Omega$, $L_s=0.0895H$, $L_r=0.0895H$, $M=0.087H$.

REFERENCES

- [1] M. G. Villalva, J. R. Gazoli, et E. R. Filho, "Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays", *IEEE transactions on power electronics*, vol. 24, no. 5, may 2009.
- [2] M. Yaichi, *Etude, Contrôle et Optimisation des performances d'une chaîne de conversion photovoltaïque utilisant des Onduleurs Multiniveaux Asymétriques*, Thèse de doctorat en science, Université Djillali Liabes, Sidi-Bel-Abbès, Mai 2016.
- [3] M. Yaichi, A. Neçaibia et M. Sadok, "Etude, Caractérisation et Estimation des Paramètres du Module Photovoltaïque Isototón-75W", *2nd International Conference on Energy and Sustainable Development*, 19-20 février, Université Africaine et Unité de Recherche en Energies Renouvelables en milieu saharien, Adrar, 2013.
- [4] A. Bekta, *Perspectives for the sake of photovoltaic pumping development in the south*, Thèse de Doctorat d'Etat, Batna 2006.
- [5] M. Bakri, M. Elibrami, A. Acharai, *Maintenance des Systèmes Solaires Photovoltaïques pour le Pompage d'Eau*, Publié par UNESCO et CDER, Maroc. 1995.
- [6] M. Yaichi, *Travaux de recherche 2013*, Unité de Recherche en Energies Renouvelables en milieu saharien, Adrar.
- [7] A. Meroufel, *Commande découplée d'une machine asynchrone sans capteur mécanique*, Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Sidi Bel Abbès, 2004.
- [8] M.N. Mansouri, N. Ghanmi et M.F. Mimouni, "Commande et analyse des performances d'une station de pompage photovoltaïque fonctionnant en régime optimal", *Revue des énergies renouvelables*, Volume 11, Numéro 1, Mars 2008.
- [9] B. Ben Ghanem, "Performance of submersible PV water pumping systems in Tunisia", *Energy for Sustainable Development* (2012).