Revue des Energies Renouvelables Vol. 14 N°3 (2011) 543 – 560
DOI: https://doi.org/10.54966/jreen.v14i3.280

Diagnostic de pannes d'un système de pompage photovoltaïque

Farida Bandou[1], Amar Hadj Arab[1], Kada Bouchouicha[2] et Noureddine Zerhouni[3]

[1] Division Energie Photovoltaïque, Centre de Développement des Energies Renouvelables
B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger, Algérie
[2] Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien, 'URER/MS'
B.P. 478, Route de Reggane, Adrar, Algérie
[3] FEMTO-ST- Franche Comté Electronique Mécanique
Thermique et Optique, Sciences et Technologie
32, Avenue de l'Observatoire, 25044 Besançon Cedex, France

(reçu le 10 Juillet 2011 - accepté le 30 Septembre 2011)

Résumé - *L'utilisation des énergies renouvelables connaît une croissance significative dans le monde. Devant la demande croissante d'énergie électrique essentiellement pour les besoins des régions éloignées, désertes, les systèmes photovoltaïques, en particulier les systèmes de pompage d'eau, commencent à trouver de grandes applications. Malheureusement, ces systèmes se sont heurtés à un certain nombre de problèmes dont plusieurs persistent de nos jours: problème d'entretien et de maintenance. Dans ce sens, l'étude proposée est de concevoir un outil d'aide au diagnostic et à la réparation qui emploie la méthodologie de raisonnement à partir de cas. Ceci dans le but est d'assurer un bon fonctionnement et de facilité les stratégies de la maintenance.*

Abstract - *The use of renewable energy is growing significantly around the world. In front of the growing demand for electricity essentially for the remote and deserted locations needs. Photovoltaic systems, especially water pumping systems, begin to find great applications. Unfortunately these systems have encountered a number of problems even nowadays: a problem of maintenance. Therefore, we have conducted a study with an aim to design a tool for the diagnosis and repair, which uses the methodology of case-based reasoning, in order to ensure proper operation and ease of maintenance strategies.*

Mots clés: Diagnostic - Méthode de diagnostic - Raisonnement à partir de cas (RàPC) - Système de pompage photovoltaïque.

1. INTRODUCTION

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche d'e-maintenance, qui a pour objectif le développement d'une plate-forme distribuée coopérative fournissant un ensemble d'aide relatif aux différentes activités de maintenance.

La plate-forme intègre un système d'aide à la décision en diagnostic et réparation des équipements industriels, dont nous sommes en charge. Une première étude sur ces systèmes nous a orientés vers les systèmes de Raisonnement à partir de cas 'RàPC'.

Dans un premier niveau de surveillance, il a été proposé une méthode de détection de symptômes basés sur la comparaison entre les différents paramètres d'acquisition de données mesurées et calculées par des modèles mathématiques pour contrôler l'état de bon fonctionnement et de dysfonctionnement de notre système.

Un deuxième niveau élaborant le système de 'RàPC' dédié au diagnostic de pannes et leur réparation qui font objet de ce projet.

2. NOTION DE RAISONNEMENT A PARTIR DE CAS

Le raisonnement à partir de cas 'RàPC', a émergé depuis les années 1980. C'est une approche de l'intelligence et de psychologie orientée vers la résolution de problèmes. Il utilise des expériences antérieures connues par analogie pour résoudre de nouveaux problèmes [1].

Approche que l'on a déployée pour élaborer un système de diagnostic de pannes dédié au système de pompage photovoltaïque. Le but du système est d'établir un diagnostic en déterminant le composant défaillant et de proposer une action de réparation adéquate avec des informations supplémentaires, telles que les pièces de rechanges, etc.

2.1 Représentation d'un cas

Un cas est une expérience représentée par une connaissance. C'est la description d'un épisode de résolution de problèmes [2].

Un cas dans une base de cas représente différents types de connaissances qui peuvent être stockées selon différents formats de représentations. Un cas en 'RàPC' est généralement composé de deux espaces disjoints: l'espace des problèmes et l'espace des solutions.

- L'espace problème concerne la partie dans laquelle on trouve les objectifs à atteindre ' pb '.
- L'espace solution regroupe la description de la solution apportée par le raisonnement, sa justification, son évaluation, ainsi que les étapes qui ont menées à cette solution ' sol (pb) '. Cas = (pb , sol (pb)).

On peut distinguer deux types de cas: **cas source** et **cas cible**

- Un cas source est représenté par un couple (*srce* , Sol *(srce)*).
- Un cas cible est représenté par le couple (*cible* , *Sol (cible)*), où *Sol (cible)* est inconnue et pour laquelle on voudrait lui apporter un résultat.

Comme les cas sont représentés par un ensemble de descripteurs alors [3]:

- dsi, dci (pour i = 1, …, n): représente les descripteurs de la partie problème du cas source ' *srce* '; (respectivement problème ' cible ')
- Dsi, Dci (pour i = 1, …, m): représente les descripteurs de la partie solution du cas source ' *Sol (srce)*'; (respectivement solution ' cible ').

2.2 Cycle de raisonnement à partir de cas 'RàPC'

Le cycle de raisonnement à partir de cas est doté de cinq phases [4]:

1. L'élaboration du cas cible.
2. La remémoration des cas sources similaires au cas cible.
3. L'adaptation de la solution au problème du cas cible inspirée de la solution du cas source le plus similaire.
4. La révision de la solution proposée.
5. La mémorisation du nouveau cas résolu si ce dernier n'est pas recensé dans la base de cas ; c'est l'occasion d'enrichir la base de cas.

2.3 Démarche de conception du système de diagnostic par 'RàPC'

L'étude comparative de différents systèmes de diagnostic industriel, nous permet de situer notre travail et de faire des choix, quant à la création d'un système de diagnostic par 'RàPC'.

Nous développons un système orienté connaissance d'aide au diagnostic par 'RàPC', qui sera dédié aux systèmes de pompage photovoltaïque.

La modélisation de connaissances de notre système de pompage photovoltaïque suit la démarche employée par l'expert du domaine de maintenance en appliquant des méthodes d'analyse relative à la sureté de fonctionnement à savoir [5]: l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité) et les arbres de défaillances, qui identifient les défaillances possibles d'un équipement donné.

Ce qui permet d'élaborer un cas de diagnostic et l'analyse fonctionnelle qui a pour but la modélisation hiérarchique d'équipement.

3. PRESENTATION DU BANC D'ESSAIS DE SYSTEMES DE POMPAGE PHOTOVOLTAIQUE

Généralement, le banc d'essais des systèmes de pompage photovoltaïque est constitué d'un générateur photovoltaïque et d'un sous-système de pompage (convertisseur, groupe moteur-pompe, puits, réservoir…).

Ce banc d'essai fonctionne au fil du soleil sans stockage électrochimique. L'eau pompée peut être utilisée directement ou stockée dans un réservoir pour des utilisations ultérieures [6].

Chacun des éléments du banc d'essais représenté par les figures 1, 2 et 3, assure une fonction bien déterminée:

- Champ photovoltaïque: transformation de l'énergie rayonnante en énergie électrique (courant continu).
- Convertisseur: conversion du courant continu en courant alternatif.
- Moteur: transformation de l'énergie électrique (courant alternatif) en énergie mécanique.
- Pompe: conversion de l'énergie mécanique en énergie hydraulique.

Fig. 1: Vue du générateur photovoltaïque

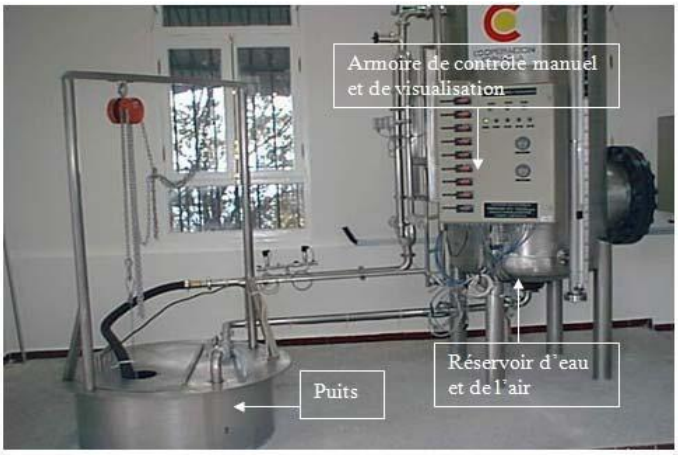


Fig. 2: Vue générale du banc d'essais des systèmes de pompage photovoltaïque

Fig. 3: Moteur – pompe et convertisseur

4. MODELISATION DES DIFFERENTES PARTIES DU SYSTEME DE POMPAGE PHOTOVOLTAIQUE

La modélisation des différents éléments d'un système de pompage photovoltaïque est une étape indispensable pour la simulation des pannes.

4.1 Modélisation du générateur photovoltaïque

L'objectif de la modélisation du générateur photovoltaïque est de calculer les valeurs de courant et de la tension au point de puissance maximale **(** I_{mmp} **,** V_{mmp} **)**, en se basant sur des mesures prises aux conditions réelles en utilisant les équations de translation [7] données ci-dessous:

$$I_{mmp} = I_{mmp_0} \times \frac{G}{G_{ref}} \quad (1)$$

$$V_{mmp} = V_{mmp_0} + \beta \times (T - T_{ref}) \quad (2)$$

$$P_{mmp} = V_{mmp} \times I_{mmp} \quad (3)$$

Où: β est le coefficient de température pour la tension exprimé en V/°C.

I_{mmp}, I_{mmp_0} sont respectivement le courant au point de puissance maximale aux conditions réelles d'éclairement et de température et aux conditions de référence.

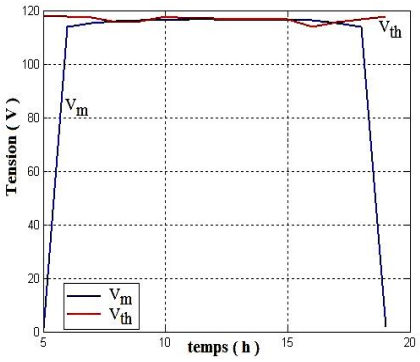
V_{mmp}, V_{mmp_0} sont respectivement la tension au point de puissance maximale aux conditions réelles d'éclairement et de température et aux conditions de référence.

P_{mmp}, P_{mmp_0} sont respectivement la tension au point de puissance maximale aux conditions réelles d'éclairement et de température et aux conditions de référence.

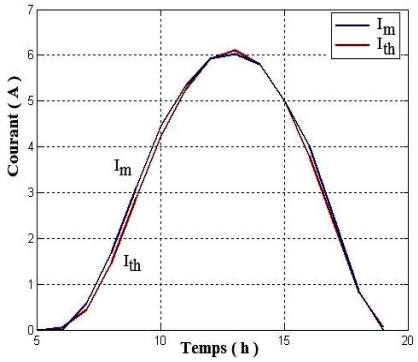
G, G_{ref} sont respectivement l'éclairement mesuré et l'éclairement de référence exprimé en W/m^2.

T, T_{ref} sont les températures respectivement mesurée et de référence, °C.

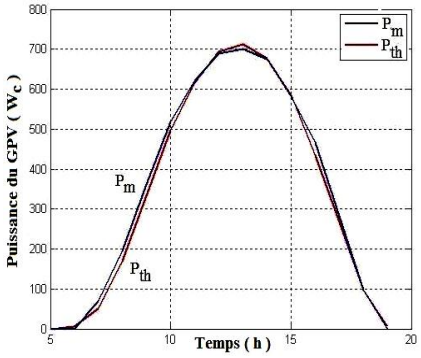
Les figures ci-dessous illustrent les résultats de comparaison entre les caractéristiques du générateur photovoltaïque calculées par des modèles mathématiques et mesurées, prises pendant une journée de bon fonctionnement du notre système.



Evolution de la tension



Evolution du courant



Evolution de la puissance

Fig. 4: Evolution de la tension, du courant
et de la puissance du GPV calculés et mesurés

4.2 Modélisation de l'onduleur

L'équation reliée directement la puissance d'entrée P_{in} délivrée par le générateur PV avec la puissance alternative de sortie P_{out} à l'entrée du sous système de pompage est défini par [7]:

$$\eta = P_{out} / P_{in} \quad (4)$$

P_{in} est la puissance continue fournie par le générateur PV, et P_{out} est la puissance convertie par l'onduleur en puissance alternative.

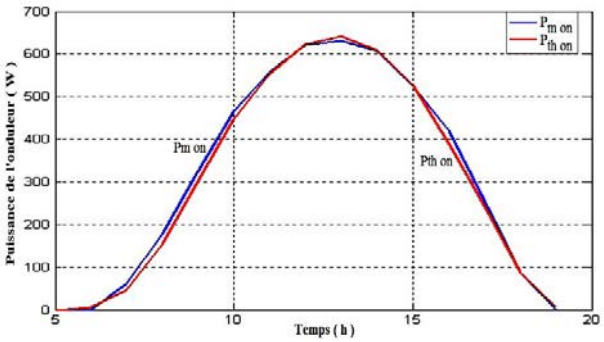


Fig. 5: Evolution de la puissance de l'onduleur calculée et mesurée durant une journée

4.3 Modélisation du débit de la pompe

Le débit délivré par la pompe en fonction de la puissance fournie par le générateur photovoltaïque peut être exprimée par l'équation suivante:

$$Q = f(P_{pgv}) \quad (5)$$

qui est représenté par l'expression suivante:

$$Q = c_0 + c_1 \times P_{gpv} + c_2 \times P_{gpv}^2 \quad (6)$$

Les valeurs des constantes c_0, c_1, c_2 sont déterminées pour chaque type de système.

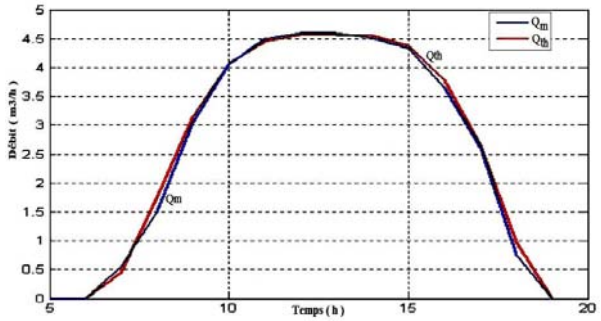


Fig. 6: Evaluation du débit d'eau calculé et mesuré durant une journée

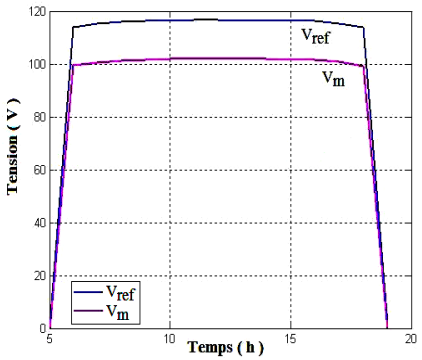
5. SIMULATION DE PANNES AU NIVEAU DE BANC D'ESSAIS DE SYSTEMES DE POMPAGE PHOTOVOLTAIQUES

Les données expérimentales de la simulation de pannes sont prises pour différentes conditions d'éclairement et de température. Dans ce qui suit, nous donnons sous forme de courbes et figures les résultats de la simulation de quelques pannes.

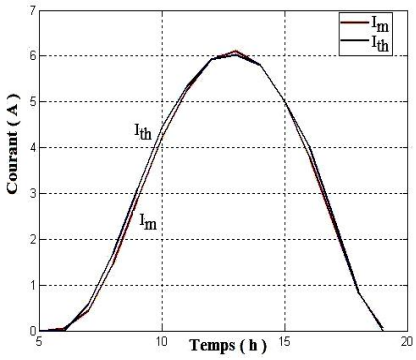
5.1 Au niveau du générateur photovoltaïque

Cas 1: Module photovoltaïque défectueux en série

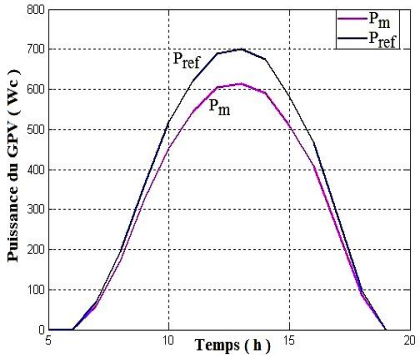
Cas 2: Court circuit d'une diode by pass



Evaluation de la tension



Evaluation du courant



Evaluation de la puissance

Fig. 7: Evolution de la tension, du courant
et de la puissance du GPV calculés et mesurés

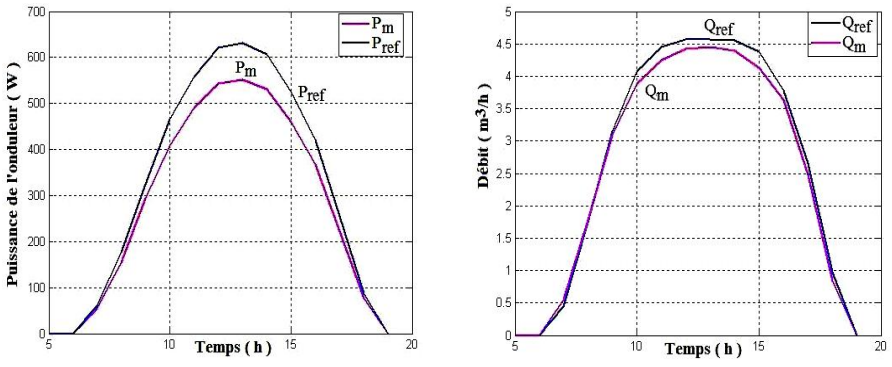


Fig. 8: Evaluation de la puissance d'onduleur et
du débit de la pompe calculés et mesurés

5.2 Au niveau de l'onduleur

Cas 3: Onduleur défectueux

Cas 2: Câble d'alimentation coupé

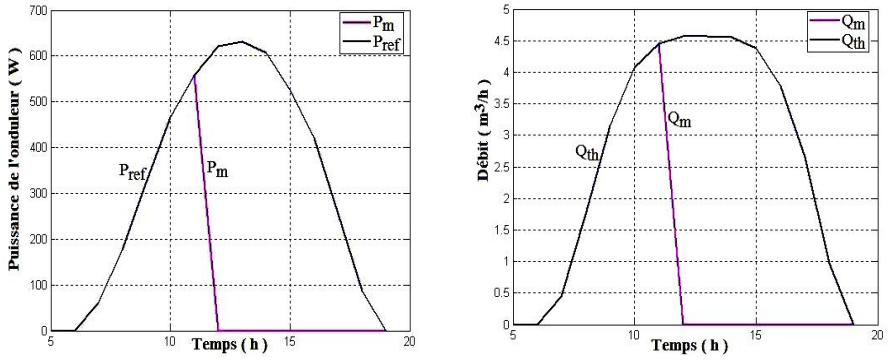


Fig. 9: Evaluation de la puissance d'onduleur et
du débit de la pompe calculés et mesurés

5.3 Discussion des résultats

L'analyse des différents résultats obtenus de la simulation de pannes au niveau des composants du système de pompage photovoltaïque, nous a permis la mise en place des règles de décision qui déterminent le mode de fonctionnement des composants sélectionnés dans la zone de défaillance. Ces règles sont implémentées en langage C++ builder.

6. MISE EN PLACE DU SYSTEME DE DIAGNOSTIC DE PANNES SUR BANC D'ESSAIS

Après avoir présenté le banc d'essais, nous allons maintenant étudier la faisabilité de notre méthode de mise en place d'un système de diagnostic par le 'RàPC' sur notre équipement.

En effet, nous allons débuter par la mise en place de la base de cas et deux modèles de connaissance sous-jacents. Ensuite, nous verrons comment nous allons exploiter les différentes phases du cycle de 'RàPC' en commençant par l'élaboration du cas cible, la phase de remémoration guidée par l'adaptation et l'algorithme d'adaptation. Nous exploiterons un cas types de diagnostic.

6.1 Réalisation de la base de cas

La réalisation de la base de cas s'appuie sur une analyse de l'historique de pannes, basées sur l'étude de l'AMDEC et sur les arbres de défaillances permettant d'identifier les pannes possibles de l'équipement et ses composants.

En effet, nous avons construit une base contenant 14 cas (**Tableau 1**).

La partie problème de cette base est divisée en deux: la partie localisation et la partie fonctionnelle.

La partie localisation reflète l'endroit géographique de la défaillance, elle comporte deux descripteurs: 'ds_1 = zone' et 'ds_2 = sous- zone'. Cette partie implique un certain nombre de composants potentiellement défaillants. Ces composants sont représentés par la partie fonctionnelle qui comporte cinq descripteurs restants: [ds_3,…, ds_7].

Les descripteurs de cette partie sont caractérisés par trois attributs relatifs à la valeur du composant, son état et son mode de fonctionnement, 'MF': $ds_i = (ds_i^{valeur}, ds_i^{Etat}, ds_i^{MF})$.

Concernant la partie solution de la base de cas, nous trouvons la classe de défaillance du composant concerné par les symptômes détectés, bien évidemment le composant défaillant, les actions à mener pour remédier à cette panne (ou défaillance) et l'endroit dans lequel il faut intervenir.

Par conséquent, cette partie solution est composée de quatre descripteurs, à savoir**:**

ds_1 : classe de défaillance, ce descripteur correspond aux classes de fonctionnement correspondant à la taxonomie des composants.

ds_2 : identification du composant défaillant, ce descripteur détermine l'origine de la panne en précisant de quel composant, il s'agit.

ds_3 : action de réparation associée, ce descripteur comprend les actions et les stratégies de maintenance à appliquer au composant défaillant.

ds_4 : zone de défaillance, ce descripteur détermine le lieu dans lequel la défaillance s'est produite.

Tableau 1: Aperçu de la partie problème de la base de cas d'un système de pompage photovoltaïque

	Problème																	
	Localisation		**Fonctionnelle**															
	ds_1	ds_3	ds_3			ds_4			ds_5			ds_6			ds_7			
N° Cas	**Zone**	**Sous-Zone**	**Cellules**	**Etat**	**MF**	**Diode**	**Etat**	**MF**	**Encapsulation**	**Etat**	**MF**	**Borne Connexion**	**Etat**	**MF**	**Fusible**	**Etat**	**MF**
1	*GPV*	*Module*	*Cellules*	*Déf*	*A*	*Diode*	*Bon*	*N*	*Encapsulation*	*Bon*	*N*						
2	*GPV*	*Module*	*Cellules*	*Bon*	*N*	*By-pass*	*Déf.*	*A*	*Encapsulation*	*Bon*	*N*	*Borne connexion*	*Bon*	*N*	*Fusible*	*Bon*	*N*
3	*GPV*	*Module*	*Cellules*	*Bon*	*N*				*Encapsulation*	*Saleté*	*A*	*Borne connexion*	*Bon*	*N*	*Fusible*	*Bon*	*N*
4	*GPV*	*Module*	*Cellules*	*Bon*	*N*				*Encapsulation*	*Ombrage*	*A*						
5	*GPV*	*Borne-Connexion*							*Encapsulation*	*Bon*	*N*	*Borne connexion*	*Desserré*	*A*			
6	*GPV*	*Boîte-Jonction*	*Cellules*	*Bon*	*N*				*Encapsulation*	*Bon*	*N*	*Borne connexion*	*Bon*	*N*	*Fusible*	*Déf*	*A*
7	*GPV*	*Boîte-Connexion*	*Cellules*	*Bon*	*N*	*Diode*	*Bon*	*N*							*Fusible*	*Bon*	*N*

Tableau 2: Aperçu de la partie solution de la base de cas d'un système de pompage photovoltaïque

	Solution			
	ds_1	ds_2	ds_3	ds_4
	Classe de défaillance	Identification de composant défaillant	Action de réparation	Zone de défaillance
1	*GPV*	Cellules	Changer le module	Module de GPV
2	*GPV*	Diode by pass	Changer la diode	Au niveau d'un module du GPV
3	*GPV*	Encapsulation	Nettoyer le GPV	Au-dessus du GPV
4	*GPV*	Encapsulation	Dégager l'ombrage	Au-dessus du GPV
5	*GPV*	Borne de connexion	Resserre les bornes	Boîte de connexion du GPV
6	*GPV*	Fusible	Changer le fusible	Boîte de jonction du GPV
7	*GPV*	Fils de connexion	Changer les fils de connexions	Boîte de connexion du GPV

6.2 Modèle hiérarchique des composants

L'analyse fonctionnelle des composants du système de pompage photovoltaïque (SPPV) nous a permis de regrouper ces composants en famille fonctionnelle, donnant naissance à un modèle taxonomique des composants (Fig. 10).

Cette modélisation des composants servira également aux autre phases de raisonnement à partir de cas telles que la remémoration et la l'adaptation.

6.3 Modèle de contexte général de l'équipement

Graphe d'équipement

Le modèle de l'équipement reflète le découpage spatial de notre système de pompage photovoltaïque, qui est partitionné en zone et sous-zone, auxquelles sont associés les composants présents dans l'endroit précis.

Les ensembles des composants à chaque zone ou sous zone constituent un contexte dans lequel le composant défaillant est identifié (Fig. 11).

6.4 Cycle du 'RàPC'

6.4.1 Elaboration du cas cible

Soit une panne produite au niveau la pompe, notre système est alors sollicité et le processus du diagnostic s'enclenche.

Etape 1- On détecte le symptôme et la zone de composant défaillant grâce à l'utilisation du module de contrôle des données d'acquisition. En effet, ce module

permet de calculer les données de référence de différents paramètres utilisés afin de les comparer avec les données d'acquisition mesurés en temps réel.

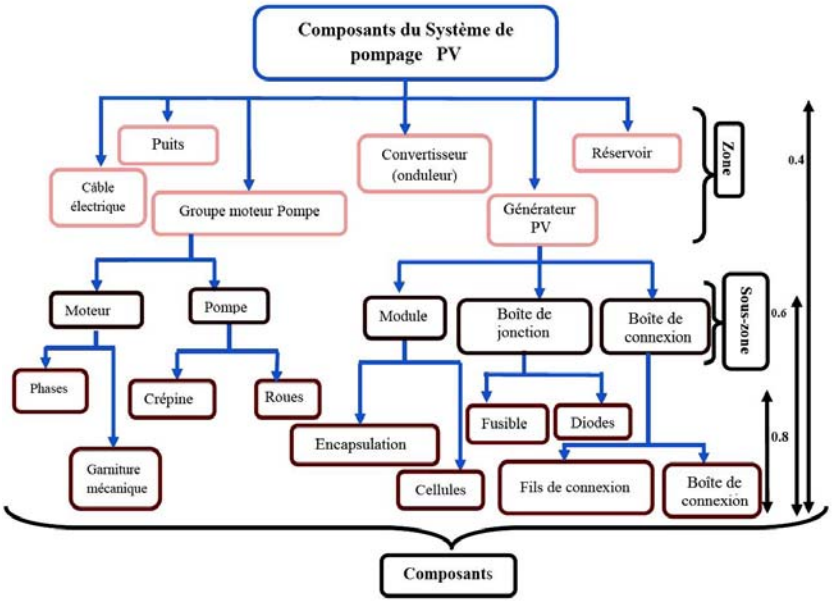


Fig. 10: Aperçu du modèle hiérarchique des composants de système de pompage

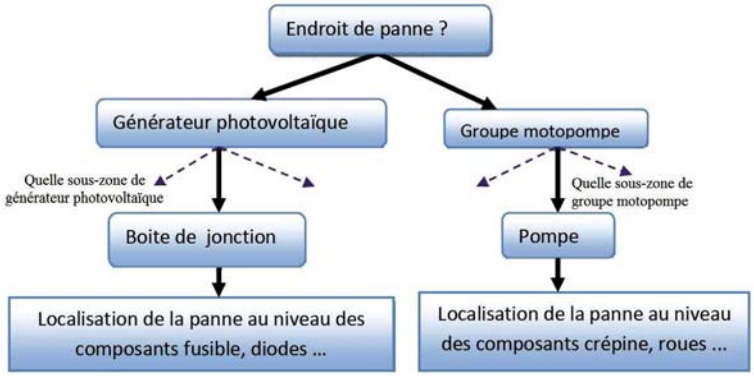


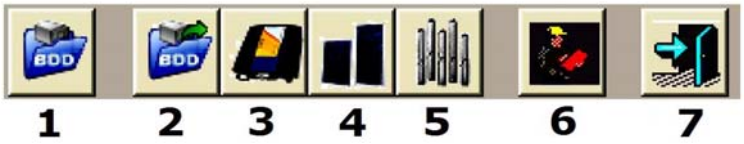
Fig. 11: Aperçu d'une partie de graphe contextuel du modèle de l'équipement.

Dans cet exemple, nous montrons les étapes d'exécution de ce programme de contrôle par les fenêtres ci après. Pour le premier test, il indique le symptôme détecté et la zone «motopompe» par un signal d'alerte.

La fenêtre de menu principal du programme du diagnostic est illustrée sur la figure 12.

Après l'exécution du programme, nous trouvons l'affichage de sept rubriques dans le menu principal du programme. Il nous suffit de cliquer sur l'un des boutons pour accéder à:

Fig. 12: Menu principal du programme du diagnostic



1. Contrôler la base de données d'acquisition;
2. Créer une nouvelle base;
3. Créer ou modifier les caractéristiques des convertisseurs;
4. Créer ou modifier les caractéristiques des modules photovoltaïques;
5. Créer ou modifier les caractéristiques des pompes;
6. Lancer un test de diagnostique pour un jeu de données;
7. Quitter l'application.

La base de données d'acquisition constitue le cœur du programme. Car nous manipulons les différentes taches du programme de diagnostique grâce à cette base.

Pour l'affichage des données d'acquisition, nous cliquons sur l'icône représentée par un document ouvert. En effet, cette icône nous permet de sélectionner un fichier des données dans la liste, (Fig. 13).

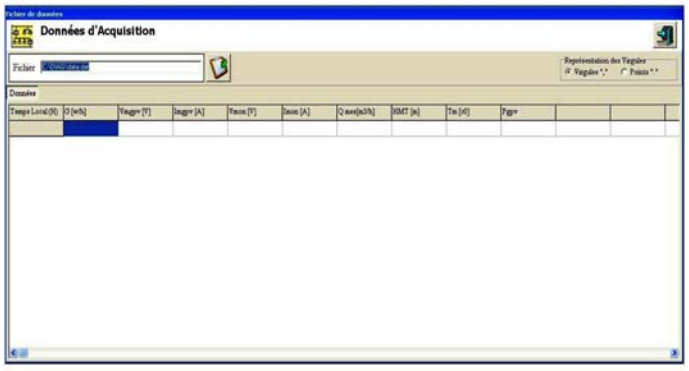


Fig. 13: Fenêtre de données d'acquisition

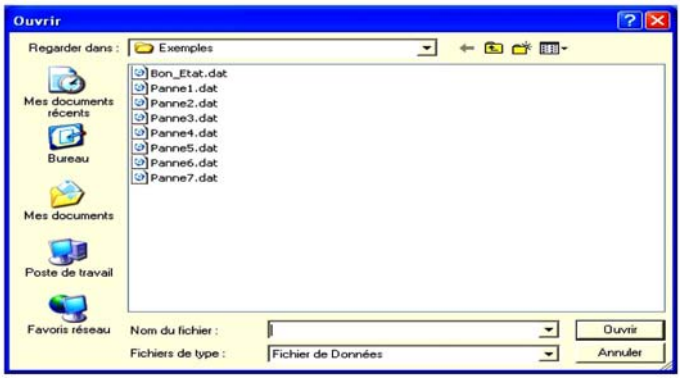
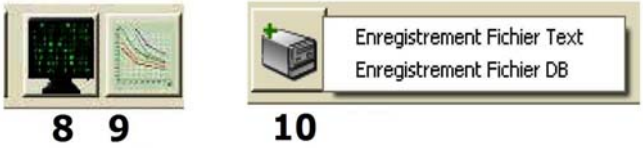


Fig. 14: Menu pour l'ouverture de la liste des fichiers

Une fois, un des fichiers est ouvert, les données seront affichés sur la grille (Fig. 15), suivant par l'apparition de trois boutons (8, 9, 10) sur la barre.

Le bouton (8) nous permet de lancer le premier test de détection de symptômes, dans l'état de bon fonctionnement du système.

Le résultat de test va être affiché par un message (Fig. 16) qui apparaît sur l'écran. Pour visualiser l'évolution des données de débit mesurés et calculés (Fig. 17), nous cliquons sur le bouton (9).



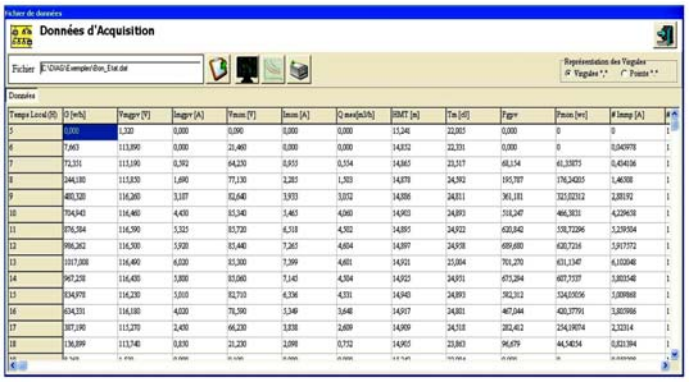


Fig. 15: Fenêtre de données d'acquisition

Fig. 16: Fenêtre de bon état de fonctionnement du système

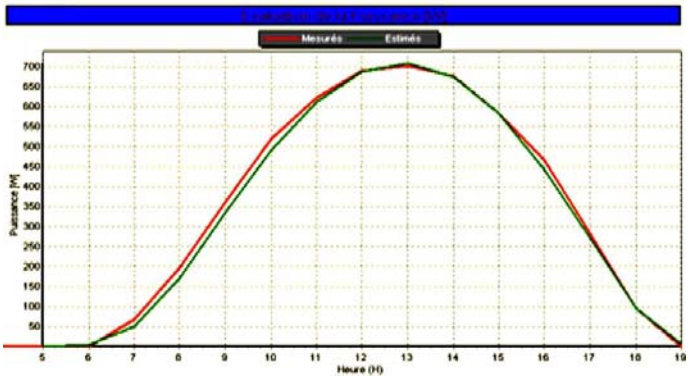


Fig. 17: Fenêtre de visualisation de l'évolution
des données de débit mesurés et calculés

Dans l'état de dysfonctionnement, le résultat de test va être affiché par un message (Fig. 18) qui apparait dans l'écran. Pour visualiser l'évolution de données de débit mesurés et calculés (Fig. 19), nous cliquons sur le bouton (9). Le bouton (10) nous permet d'enregistrer le fichier de données avec tous les paramètres théoriques calculés.

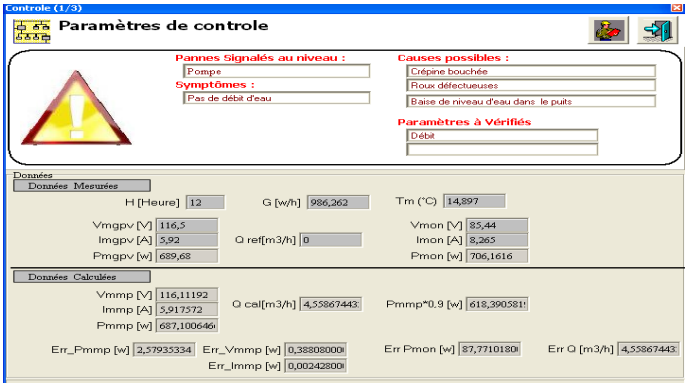


Fig. 18: Fenêtre des paramètres de contrôle

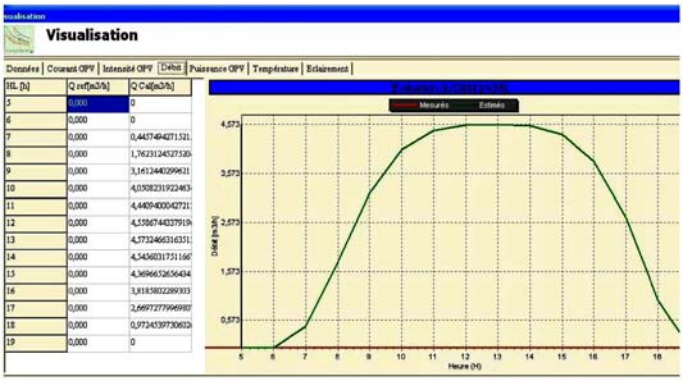


Fig. 19: Fenêtre de visualisation de l'évolution de données de débit mesurés et calculés

Le bouton (11) suivant s'enclenche suite à la détection d'un symptôme, qui va nous permettre de poursuivre le diagnostic par RàPC (Fig. 21).

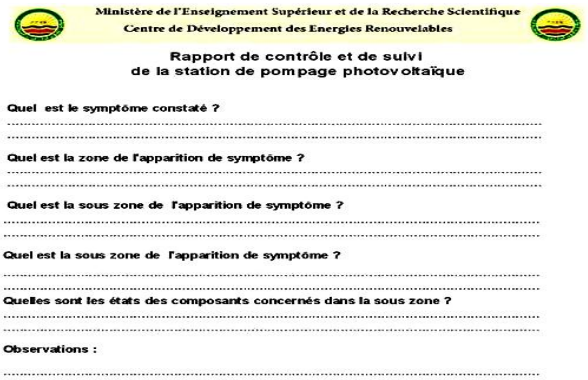
Etape 2- La panne est localisée au niveau de la sous-zone « pompe » impliquant les composants potentiellement défaillants suivant : « Crépine, roues... ». Dans ce cas, la phase d'élaboration s'initialisera par le remplissage des descripteurs associés à la partie localisation.

Fig. 20: Résultat du premier diagnostic et initialisation du cycle RàPC

Le bouton (12) nous permet d'élaborer le cas cible (Fig. 21). Le bouton (13) sert à modifier le cas en cas d'erreur signalé. Les deux boutons (14, 15) suivants nous permettent respectivement d'imprimer et d'avoir un aperçu avant l'impression sur le rapport primaire (Fig. 22) que le technicien doit utiliser et le rapport final qui donne le résultat final du diagnostic (Fig. 23).

Etape 3- On propose un formulaire composé de questions au technicien, qui va effectuer quelques tests de contrôle sur l'état actuel des composants associés à la zone de la panne.

Etape 4- On récupère le rapport du technicien. Ensuite, on remplie les descripteurs de la partie fonctionnelle de problème du cas par l'état réel et mode de fonctionnement des composants concernés dans la zone impliqué.


Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Centre de Développement des Energies Renouvelables

Rapport de contrôle et de suivi
de la station de pompage photovoltaïque

Quel est le symptôme constaté ?

Quel est la zone de l'apparition de symptôme ?

Quel est la sous zone de l'apparition de symptôme ?

Quel est la sous zone de l'apparition de symptôme ?

Quelles sont les états des composants concernés dans la sous zone ?

Observations :

Fig. 21: Rapport primaire du programme de diagnostic

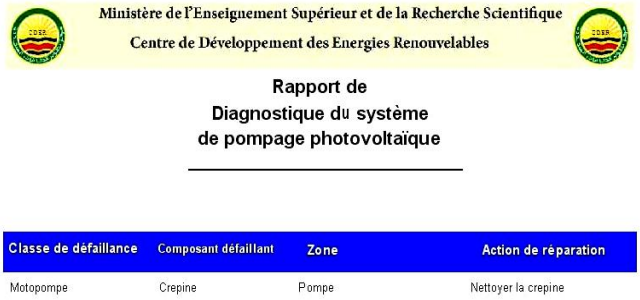
6.4.2 Phase de remémoration et d'adaptation

Une fois que le cas cible est rempli, une recherche par l'algorithme des K+ proches voisins, des cas sources les plus similaires au cas cible dans la base de cas est lancée.

Ces derniers définissent la classe de défaillance du composant concerné. Ceci permet de définir l'action de réparation associée à cette classe. Suivi par la phase d'adaptation qui a pour objectif de choisir parmi les cas remémorés, le cas le plus facilement adaptable.

6.4.3 Phase de validation et de mémorisation

La solution obtenue sous format d'un rapport finale (Fig. 23) à l'issue de la phase d'adaptation doit être testée et révisée afin de vérifier si elle convient pour résoudre le problème. Cette dernière ouvre la voie un processus d'apprentissage permettant de compléter ou de corriger les connaissances du système.


Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Centre de Développement des Energies Renouvelables

Rapport de
Diagnostique du système
de pompage photovoltaïque

Classe de défaillance	Composant défaillant	Zone	Action de réparation
Motopompe	Crepine	Pompe	Nettoyer la crepine

Fig. 22: Rapport final du programme de diagnostic

7. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons présenté un système d'aide au diagnostic et à la réparation dédié au système de pompage photovoltaïque. Ce système orienté, modèle de connaissance est manipulé par différentes étapes de raisonnement à partir de cas.

Pour cela, nous nous sommes intéressés dans un premier temps, à répertorier les principales pannes se produisant sur les différents éléments du système, ainsi que les causes et leurs solutions. En effet, nous avons envisagé de modéliser les différentes

parties du système de pompage, pour mettre en œuvre une méthode de contrôle des donnés d'acquisition.

Le but est de confirmer le bon fonctionnement et dysfonctionnement de notre système de pompage photovoltaïque.

Pour la mise en place complète de notre système de diagnostic par 'RàPC' et la vérification de la faisabilité des résultats obtenus, nous avons fait construire la base de cas et le modèle hiérarchique, ainsi que le contexte général des composants.

Ensuite, nous avons appliqué la méthode de remémoration guidée par l'adaptation, ainsi que l'algorithme d'adaptation. Comme suite à ce travail, nous voudrons suivre l'évolution des modèles de connaissances qui est également un point important à développer car les équipements peuvent évoluer à n'importe quel moment en rajoutant d'autres composants.

De même, la maintenance de la base de cas et enfin la recherche de nouvelles solutions pour les nouvelles pannes.

REFERENCES

[1] N. Armaghan, '*Contribution à un Système de Retour d'Expérience Basé sur le Raisonnement à Partir de Cas Conversationnel*', Thèse de Doctorat, Application à la Gestion des Pannes de Machines Industrielles, Nancy Université, Institut National Polytechnique de Lorraine, 2009.

[2] I. Rasovska, '*Contribution à une Méthodologie de Capitalisation des Connaissances Basée sur le Raisonnement à Partir de Cas: Application au Diagnostic dans une Plateforme D'e-Maintenance*', Thèse de Doctorat, UFR des Sciences et Techniques de l'Université de Franche-Comté, 2006.

[3] M.K. Haouchine, '*Remémoration Guidée par l'Adaptation et Maintenance des Systèmes de Diagnostic Industriel par l'Approche du Raisonnement à Partir de Cas*', Département Automatique et Systèmes Micro-Mécatronique (UMR CNRS6596), Université de France – Comté, 2009.

[4] B. Chebel-Morello, M.K. Haouchine et N. Zerhouni, '*Auto-Incrémentation d'une Base dysfonctionnelle de Cas pour un système d'Aide au Diagnostic et à la Réparation*', Laboratoire d'Automatique de Besançon, UMR CNRS, France, 2007.

[5] I. Rasovska, B. Chebel-Morello et N. Zerhouni, '*Un Système de Raisonnement à Partir de Cas dans une Plateforme de e-Maintenance*', S. Després, (Editeur), Plate Forme AFIA/Nice, 13ème Atelier de Raisonnement à Partir de Cas, Nice, France, Juin 2005.

[6] A. Hadj Arab, '*Modélisation et Simulation d'un Système Photovoltaïque de Faible Puissance*', Thèse de Magister, HCR, 1989.

[7] W. de Soto, '*Improvement and Validation of a Model for Photovoltaic Array Performance*', Master of Science, Solar Energy laboratory, University of Wisconsin, Madison, 2004.

[8] F. Bandou, '*Diagnostic des Pannes d'un Système de Pompage Photovoltaïque*', Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri, 2010.