

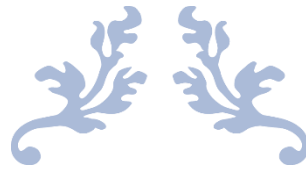


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université Abbes Laghrou Khenchela
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Mathématiques et Informatique



Mémoire pour obtenir le diplôme de
Master en Informatique

Spécialité : Informatique
Option : Génie Logiciel et Systèmes Distribués



La modélisation de la détection des pannes dans un système industriel

Présenter par :

Mourad HAFIANE et kamal TAAYAT

Dirigé par :

Dr. Rafik MAHDAOUI

Devant le jury composé de :

Dr Maarouk toufik
Dr djezzar meriem

mca
mca

Université Abbes Laghrou Khenchela
Université Abbes Laghrou Khenchela

Président
Examineur



Soutenue le :

Remerciements

*Nous tenons à remercier **Mr. Rafik MAHDAOUI**, Maître de Conférences A département des mathématiques et informatique Université de Khenchela qui nous a, joyeusement, accueilli et a accepté d'encadrer notre travail de préparation de ce mémoire de Master, pour son suivi, sa patience, sa disponibilité et ses nombreux conseils.*

Nous tenons également à saluer l'ensemble des professeurs de la classe 2^e année Master, option GLSD.

Hafiane Mourad

Taayat Kamal

Résumé

Dans ce mémoire, nous présentons une étude sur la conduite des systèmes d'énergies renouvelables à savoir un système de chauffe-eau solaire à l'aide de la méthode de franchissement de seuil (une technique statistiques basique), Donc pour mieux surveiller notre système de chauffe-eau solaire nous avons utilisé le langage et le logiciel le plus répandue dans le monde industriel : LabVIEW, Nous avons utilisé des données déjà utilisées dans ce type de problème. Nous avons fait une modélisation et simulation du système chauffe-eau solaire dans deux états divergents, avec est sans anomalies et nous avons vu comment notre système de surveillance va agir et régule le système de chauffe-eau solaire.

Abstract

In this thesis, we present a study on the conduct of renewable energy systems in a solar water heating system using the threshold crossing method (a basic statistical technique), so to better monitor our system. of solar water heater we used the language and the most answered software in the industrial world: LabVIEW, we used data already used in this type of problem. We did a modeling and simulation of the solar water heating system in two divergent states, with no anomalies and we saw how our monitoring system will act and regulate the solar water heating system.

Table des matières

	Introduction générale	01
I	La surveillance industriels	02
	Introduction.....	02
I-1	Objectif de surveillance industrielle.....	02
I-2	Les différents types de surveillance.....	03
I-2.1	Surveillance de la commande.....	03
I-2.2	Surveillance du système opérant.....	03
I-2.2.1	Surveillance prédictive.....	03
I-2.2.2	Surveillance curative.....	03
I-3	Détection.....	04
I-4	Les méthodes de surveillance.....	04
I-5	Les modes de fonctionnement d'un système.....	07
I-6	Quelques définitions.....	07
	Conclusion.....	09
II	Etude de cas	10
	Introduction.....	10
II-1	Présentation et principe de fonctionnement du chauffe-eau solaire.....	10
II-2	Système de chauffage d'appoint.....	12
II-3	Modes de fonctionnement du chauffe-eau solaire.....	12
II-4	Présentation du logiciel LabVIEW.....	17
II-4.1	Principe du LabVIEW.....	17
II-4.2	Acquisition des données par le LABVIEW.....	21
II-4.3	Analyse avec le LabVIEW.....	21

	Conclusion.....	21
III	Implémentation	22
	Introduction.....	22
III-1	L'accès sécurisé a l'application.....	22
III-2	Réalisation de l'interface utilisateur.....	23
III-3	Fonctionnement normal (Simulations)	24
III.3.1	Aperçu générale.....	24
III.3.2	Graphes des Fonctionnement Normal.....	25
III.3.3	Tableau de bord.....	26
III.3.4	Contrôle de la température.....	28
III-4	Mode de fonctionnement anormal.....	29
III-4.1	Mode de défaillance 01 MD 01.....	29
III-4.1.1	Message d'alarme MD 01.....	29
III-4.1.2	Causes probables MD 01.....	30
III-4.2	Mode de défaillance 02 MD 02.....	30
III-4.2.1	Message d'alarme MD 02.....	30
III-4.2.2	Causes probables MD 02.....	31
	Conclusion.....	31
	Conclusion générale	32
	Bibliographies	33

Liste des figures

I-1	La surveillance industrielle.....	02
I.2	Les différents types de surveillance.....	04
I.3	Les différentes méthodes de surveillance.....	06
II-1	Présentation du système étudié.....	10
II-2	Système de chauffage d'appoint.....	12
II-3	La face avant (Front Panel)	18
II-4	Le diagramme (Block Diagram)	18
II-5	L'icône (Icon)	19
II-6	Palette de commandes (Controls Palette)	19
II-7	Palette de fonctions (Functions Palette)	20
II-8	Palette d'outils (Tools Palette)	20
III-1	L'interface de login.....	22
III-2	L'interface utilisateur globale.....	23
III-3	Une partie du diagramme relative à l'interface utilisateur réalisée.....	24
III-4	Aperçu générale	24
III-5	Graphes des températures.....	25
III-6	Graphes du débit.....	25
III-7	États de la pompe de circulation P1 et P2.....	26
III-8	Tableau de bord générale.....	28
III-9	Contrôle de la température (diagnostic avec intervention)	28
III-10	Message d'alarme (blocage du circuit fermé)	29
III-11	Message d'alarme (blocage du circuit ouvert)	30

Liste des tableaux

II-1	AMDEC du chauffe-eau solaire.....	14
III-1	Causes probables MD 01.....	30
III-2	Causes probables MD 02.....	31

Introduction générale

Vue la complexité de systèmes industriels actuels (non linéarité et multivariables), la surveillance, la conduite et le diagnostic de ces derniers est devenue l'une des grandes défis des concepteurs, experts même utilisateurs.

Donc, dans ce mémoire de master nous allons essayer de faire un système d'aide au diagnostic pour un système de chauffe-eau solaire. Ce système est un des systèmes qui a une complexité moyenne, donc pour mieux diagnostiquer notre système quand il tombe en panne nous avons utilisé une méthode très simple pour détecter une défaillance, à savoir le test de franchissement de seuil. Malgré que ce test soit très simple mais il est très efficace car même les méthodes et techniques très récentes utilisent ce principe qui est basé sur l'observation des variables de système étudié.

Afin d'atteindre notre objectif nous avons divisé notre mémoire comme suit :

Le premier chapitre présente une introduction au thème de ce mémoire où on expose les notions de surveillance industrielle et ses deux types en termes de surveillance de la commande et surveillance du système opérant.

Dans le deuxième chapitre nous présentons le système à superviser « chauffe-eau solaire » tout en se familiarisant avec son principe de fonctionnement ainsi que leurs modes. Et nous présentons le logiciel de développement de systèmes pour les applications de test, de mesure et de contrôle/commande LabVIEW.

Dans le troisième chapitre nous présentons notre application la modélisation du système de chauffe-eau solaire les différents scénarios, en fonctionnement normal et la simulation en fonctionnement anormal ou en mode dysfonctionnement par une provocation d'une défaillance arbitraire ensuite nous donnons l'ensemble des routines et réaction de notre système de surveillance, nous avons aussi exploré un tableau de bord qui aide les experts du système à bien comprendre et le surveiller.

Chapitre I :

La surveillance industrielle

Introduction

La surveillance des systèmes industriels est une technique de contrôle industrielle de suivi et de pilotage informatique de méthodes et de procédés de fabrication robotisés. La supervision concerne l'acquisition et le traitement de données (mesures, dysfonctionnement, alarmes, gestion, moyens, alerte et retour à l'état de fonctionnement) et des paramètres de commande des processus généralement confiés à des automates programmables.

La fonction surveillance des systèmes industriels peut être considérée comme une application de reconnaissance des formes. En fait, les formes représentent le vecteur d'entrée composé par les différentes données (mesures) du système et les classes représentent les différents modes de fonctionnement (normale, anormale).

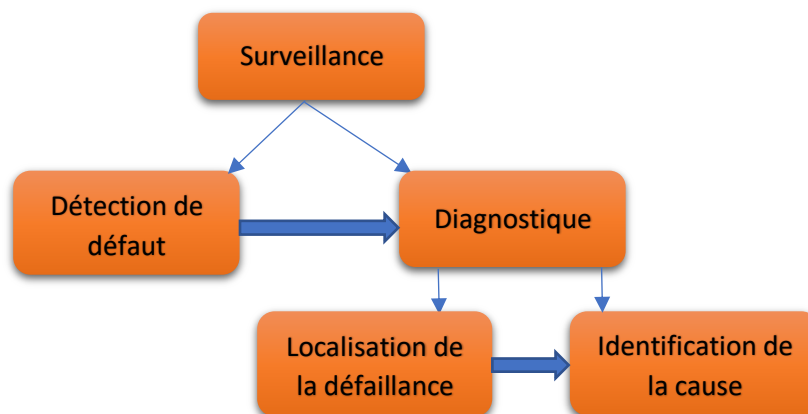


Figure I-1 : La surveillance industrielle

I-1. Objectif de surveillance industrielle

La surveillance industrielle a pour objectifs :

- La détection d'un fonctionnement ne correspondant plus à ce qui est attendu.
- La recherche des causes et conséquences d'un fonctionnement non prévu ou non contrôlé
- L'élaboration de solutions permettant de pallier le fonctionnement non prévu
- La modification des modèles utilisés pendant le fonctionnement prévu pour revenir à ce fonctionnement : changement de la commande, réinitialisations, etc.

- La collaboration avec les opérateurs humains pour les prises de décision critiques, pour le recueil d'informations non accessibles directement et pour l'explication de la solution curative envisagée ou appliquée

I-2. Les différents types de surveillance

On distingue deux types de surveillance : la surveillance de la commande et la surveillance du système opérant.

I-2.1 Surveillance de la commande

Basée sur la notion de filtre de commande, elle permet de vérifier que les ordres émis sont conformes à l'état de la partie opérative. Le concept d'Objet Commandable Élémentaire (OCE) a été développé pour la conception de ces filtres de commande [01].

I-2.2 Surveillance du système opérant

Elle a en charge la surveillance des défaillances du procédé qui, dans le cadre de la sûreté de fonctionnement, sont classées en deux catégories : les défaillances cataleptiques et les défaillances progressives.

- Les défaillances cataleptiques : Ce sont des défaillances soudaines et complètes. Il y a passage, sans transitoire, d'un état de fonctionnement normal à un état de panne.
- Les défaillances progressives : Ce sont des défaillances partielles et graduelles.

I-2.2.1 Surveillance prédictive :

La surveillance prédictive peut être directe ou indirecte, le principe de la surveillance prédictive directe est fondé sur l'analyse des signaux, l'analyse des données et sur l'étude des processus stochastiques pour connaître l'état réel de l'élément et évaluer sa durée de vie restante.

La surveillance prédictive indirecte prend en compte tous les types de matériels ayant des défaillances se manifestant par une baisse de la qualité ou de la quantité des produits fabriqués. Elle utilise des paramètres tels que le flux de production ou la qualité des produits [02].

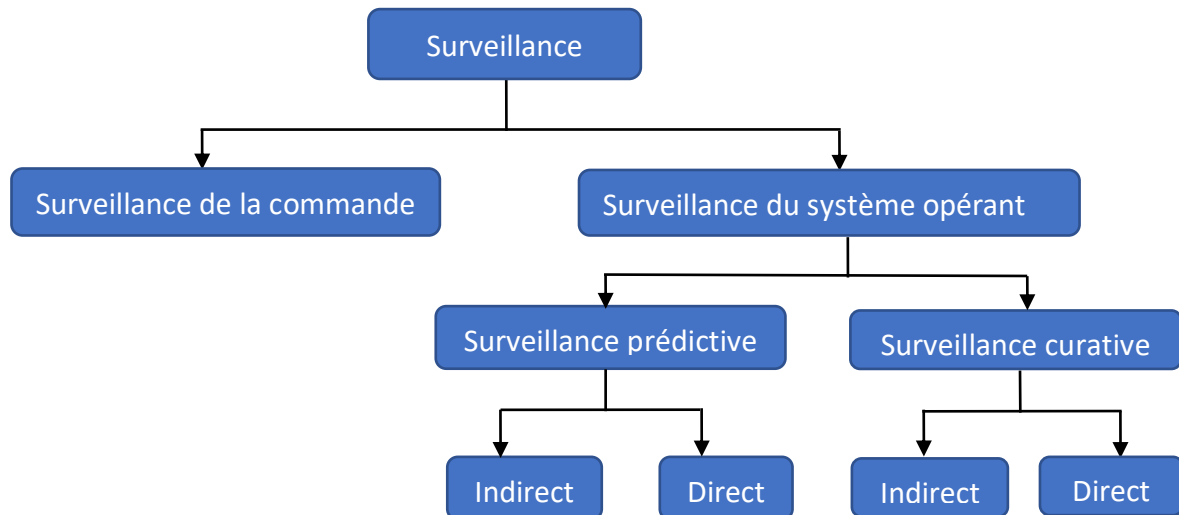
I-2.2.2 Surveillance curative :

Elle comporte deux fonctions : la détection et le diagnostic. La détection est fortement dépendante de la contrainte temps réel. Son rôle est d'analyser le comportement de la partie opérative pour générer des symptômes en cas de dysfonctionnement.

Le diagnostic est basé sur un mécanisme constitué de deux étapes : la première étape consiste en une localisation du sous-système fonctionnel défaillant, à partir de symptômes signalés par la détection. Elle est réalisée par une interprétation des symptômes au fur et à

mesure de leurs occurrences. Cette étape utilise un modèle de connaissance obtenu à partir d'une analyse fonctionnelle du système à surveiller. Ce modèle est traduit sous forme de Signatures Temporelles Causales (STC) [03].

La deuxième étape permet l'identification des causes premières des défaillances ainsi que l'analyse de leurs conséquences. Elle est basée sur le graphe fonctionnel qui modélise les relations causales liant les fonctions internes du système à ses fonctions principales [04].



La figure I.2. Les différents types de surveillance.

I-3. Détection

Cette étape est très importante car elle doit permettre de décider si le système se trouve ou non dans un état de fonctionnement normal en comparant les valeurs des résidus à des seuils qui sont fixés auparavant. En pratique, le signal mesuré est souvent entaché de bruit, et le modèle du système est souvent imparfait car le système réel est soumis à des perturbations non nécessairement mesurables, ce qui rend le résidu non nul même en l'absence de défauts, Par conséquent, cette étape fait le plus souvent appel aux tests statistiques ou, de manière plus simple, est réalisée à l'aide d'un seuillage, Le schéma suivant représente la comparaison d'un résidu à un seuil [05].

I-4. Les méthodes de surveillance

Beaucoup de méthodes sont utilisées pour assurer une meilleure surveillance, et par conséquent une meilleure sûreté de fonctionnement. Le domaine d'étude de ces méthodes est la détection et le diagnostic, qui est un domaine qui ne cesse de développer depuis des décennies.

Les méthodes de surveillance sont divisées en deux catégories :

Les méthodes de surveillance avec modèle : se base sur le modèle analytique du système à surveiller et utilise généralement des techniques de l'Automatique [06].

Les méthodes de surveillance sans modèle : à son tour se divise en deux sous catégories

- la première correspond aux statistiques de Traitement du Signal qui sont généralement qualifiés, d'outils de traitement de bas niveau, parce qu'ils sont en contact direct avec le signal capteur, et ne servent généralement que pour la génération d'alarmes brutes, sans aucune information concernant leur signification,
- la deuxième sous-catégorie est orientée vers la communication avec l'opérateur, cette sous-catégorie utilise l'Intelligence Artificielle, et serve comme outil de base pour l'aide à la décision, les méthodes de cette catégorie sont plus efficaces, car elles sont capables de détecter, d'interpréter et de diagnostiquer les défauts [04].

La figure I.3. regroupe les différentes méthodes de surveillance.

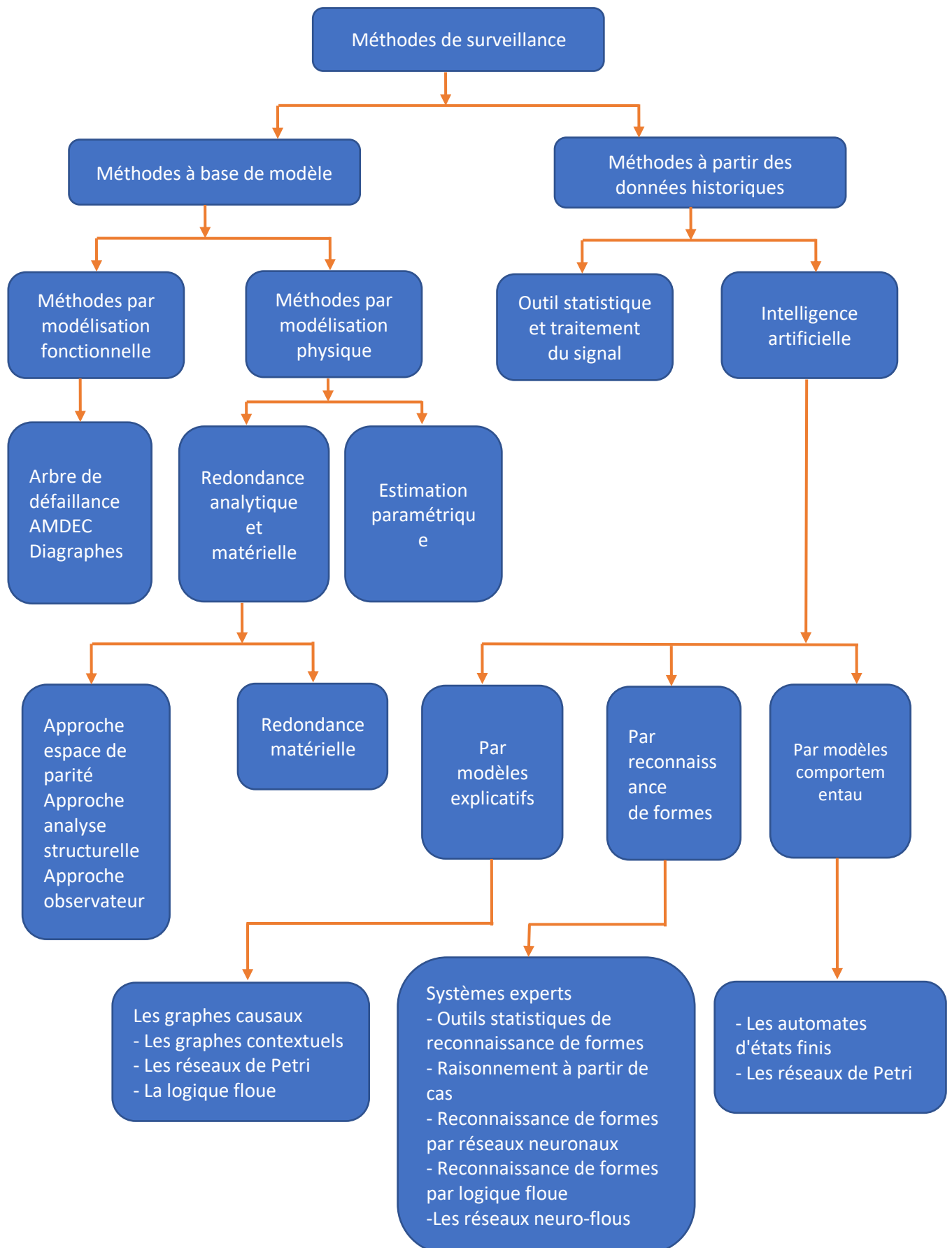


Figure I.3 : les différentes méthodes de surveillance.

I-5. Les modes de fonctionnement d'un système

Les modes de fonctionnement normaux :

Ils regroupent le mode de fonctionnement nominale qui doit être en parfaite adéquation avec la qualité de la mission

Les modes de fonctionnement anormaux

Lorsque le système est dans ce mode la mission peut être partiellement remplie ou non, ces modes peuvent être décomposés en :

Modes interdits : le système ne doit absolument pas fonctionner pour des raisons de sécurité

Modes défaillants : Ils correspondent à de mauvais fonctionnement du système tels que les pannes d'un sous-ensemble ou le système complet.

Modes dégradés : Ils correspondent à l'accomplissement de la mission soit d'une façon partielle soit avec des performances moindres

Modes critiques : Ce sont des modes pour lesquels le système présente des caractéristiques de fonctionnement très particulières et souvent non préférées.

I-6. Quelques définitions

- **Défaillance**

C'est la cessation de l'aptitude d'un ensemble à accomplir sa ou ses fonctions requise(s) avec les performances définies dans les spécifications techniques (cahier des charges). L'ensemble est indisponible suite à la défaillance.

Types de défaillances :

- ✓ Défaillance naissante
- ✓ Ayant un caractère passager
- ✓ Constante
- ✓ Evoluant des temps
- ✓ Catastrophique

- **Faute ou défaut**

Déviation d'une variable observée ou d'un paramètre calculé par rapport à sa valeur de référence (nominale) dans les caractéristiques attendues du processus lui-même, des capteurs, des actionneurs, ou de tout autre équipement. Une défaillance conduit à un défaut mais un défaut n'induit pas nécessairement une défaillance.

Les différents types

✓ Défaut capteur

Se caractérise par un écart entre la valeur réelle de la grandeur et sa mesure

- a- Bias= erreur constante.
- b- Perte de sensibilité (blocage).
- c- Dérive.
- d- Perte de précision
- e- Calibrage

✓ Défauts actionneurs

Ils se traduisent par une incohérence entre les commandes et la sortie. La sortie obtenue n'est pas celle que l'on désire

Exemple : la pompe délivre un débit incohérent avec sa caractéristique hydraulique.

- a- Blocage sur place.
- b- Perte de contrôle.
- c- Saturation (maximum de sortie).
- d- Perte d'efficacité.

✓ Défauts du processus physique

Défaillance dues à des modifications de la structure (fuite rupture d'un organe...) ou des paramètres du modèle (encrassement d'un tube d'un four, bouchage d'un tuyau...)

✓ Défauts du système de commande (algorithme de commande)

Ils se caractérisent par un écart entre la valeur réelle de la sortie du contrôleur, selon l'algorithme implémenté et sa mesure.

• La panne

L'inaptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise. dès l'apparition d'une défaillance d'un dispositif celui sera déclaré en panne.

Types de pannes :

- ✓ Panne intermittente
- ✓ Panne fugitive

Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté brièvement la surveillance industrielle ainsi que tous les outils nécessaires pour sa mise en œuvre, tout en présentant son importance au sein des installations à hauts risques telles que les installations nucléaires, chimiques, etc.

La supervision joue un rôle important afin de prévenir la sécurité du personnel, de l'environnement, et des installations, et ce, en détectant la moindre dégradation qui pourrait affecter le bon fonctionnement du système, voir même des explosions et des dommages matériels et humains.

L'arrêt d'un système industriel provoque des dommages énormes sur l'économie de l'entreprise, alors on peut conclure que le rôle de la supervision ne se limite pas à la sécurité mais aussi à la continuité de la rentabilité de l'entreprise, autrement dit à la survie de l'entreprise.

Chapitre II :

Etude de cas

Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter notre cas d'étude à savoir le chauffe-eau solaire, dans le premier lieu nous allons faire une description détaillée du principe de fonctionnement de ce système, ensuite nous allons décrire la méthode AMDEC le tableau vas nous détaille chaque composante de chauffe-eau solaire ainsi que l'ensemble de défaillance engendré par une dysfonctionnement ainsi que les effets de ces défaillances.

II-1. Présentation et principe de fonctionnement du chauffe-eau solaire

Le chauffe-eau solaire, représenté par la figure II-1, est l'un des systèmes solaires thermiques qui peuvent être mis en application avec peu de moyens permettant d'obtenir des performances importantes pour la production de l'eau chaude sanitaire.

Dans notre mémoire nous avons basé sur l'étude déjà réalisé par MR bouchnef Mourad dans le cadre de travail de son Magister.

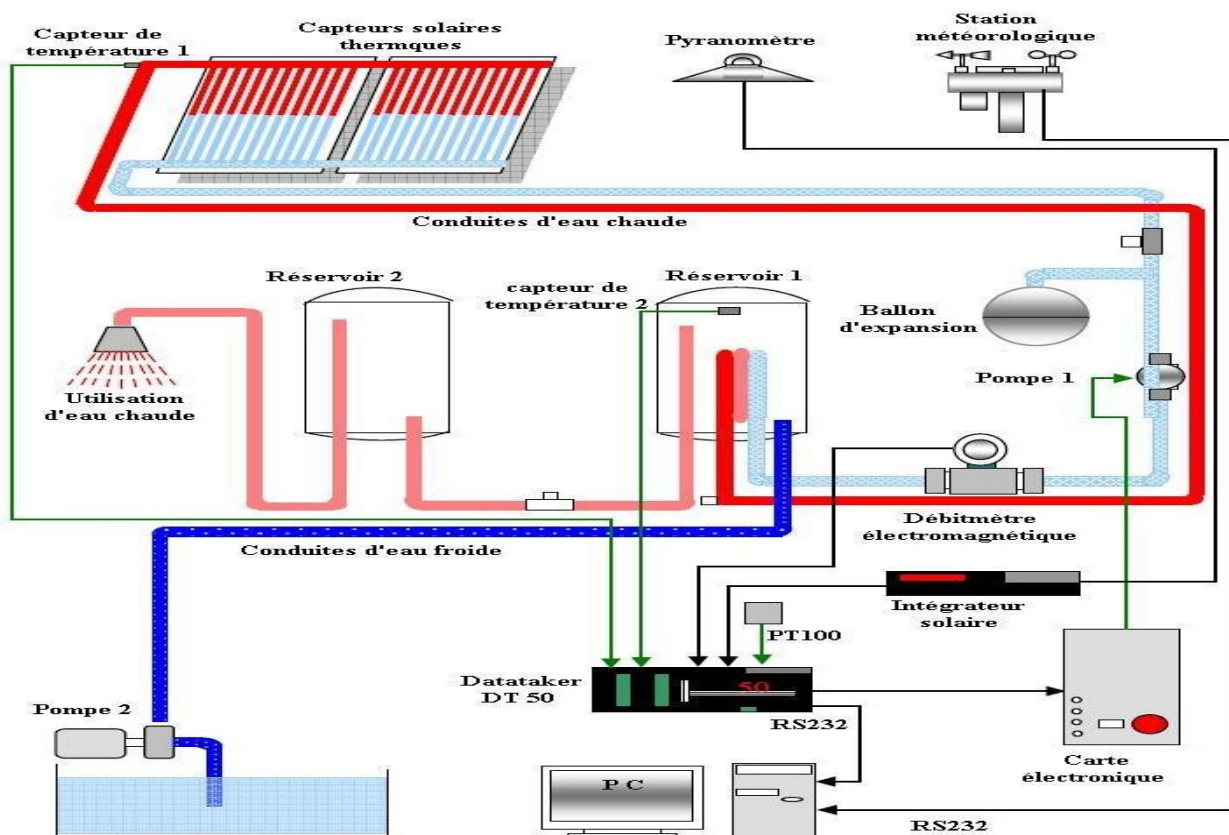


Figure II-1. Présentation du système étudié [9]

Les rayonnements solaires échauffent le fluide caloporteur circulant dans l'absorbeur du capteur solaire. Un fluide caloporteur circule dans la conduite du circuit fermé et conduit la chaleur captée vers l'unité de stockage (réservoir 2) à l'aide d'une pompe de circulation, cette dernière est alimentée par un circuit électrique commandée par un ordinateur. à l'aide de capteurs, les températures au niveau du capteur plan et au niveau du premier réservoir sont mesurées. La pompe est activée dès que la différence entre ces deux températures aura atteint un ΔT donnée et s'arrête dès que cette valeur diminue. Tant que la différence entre les deux températures reste supérieure à la valeur ΔT pré fixée, l'évacuation de l'eau continuera et l'échange de chaleur se fera jusqu'à ce que l'eau dans le réservoir ne soit plus froide, l'eau froide est toujours disponible au niveau du premier réservoir, l'eau chaude récupérée dans le second réservoir est prête pour l'utilisation, lorsque la température atteint celle demandée par l'utilisateur, une vanne s'ouvre automatiquement.

Le système de chauffage solaire est divisé en deux sous-systèmes. La fonction du premier, désigné par *circuit ouvert*, consiste à mettre en place les quantités d'eau à chauffer tandis que, la fonction du deuxième sous-système, désigné par *circuit fermé*, consiste à chauffer ces quantités. La mission associée au système entier est de chauffer au maximum une quantité d'eau bien déterminée, satisfaisant une demande quelconque [7].

Les capteurs plans, l'élément essentiel dans cette installation, sont des plaques qui transforment l'énergie du rayonnement solaire en énergie thermique. Chaque ensemble de capteur est constitué principalement d'un absorbeur. Le principe de fonctionnement d'un capteur est basé sur l'absorption de la chaleur d'une part et sur l'effet de serre d'autre part. L'énergie captée au niveau des capteurs plans est transportée par le fluide caloporteur vers l'échangeur de chaleur. Ce dernier transmet l'énergie captée par les capteurs plans à l'eau à chauffer. L'échangeur utilisé dans ce type de chauffe-eau solaire est un échangeur à serpentin immergé dans le deuxième réservoir.

Par ailleurs, la régulation mis en place dans cette installation a pour but d'optimiser le fonctionnement du système. Son action est basée sur la comparaison de la température sortante des capteurs plans avec celle correspondante au niveau du premier réservoir. La pompe démarre le moment où l'écart entre ces deux températures est supérieur à 10°C et s'arrête lorsque ΔT est inférieur à cette valeur. L'évacuation de l'eau chaude s'exécute en ouvrant une électrovanne dès que la température réalisée atteint celle demandée par l'utilisateur. Elle est de 40°C dans le cas de ce chauffe-eau solaire.

II-2. Système de chauffage d'appoint

Le système de chauffage d'appoint est nécessaire pour pouvoir disposer d'eau chaude même pendant les périodes de faible ensoleillement. Il est possible de s'en passer, mais cela conduit à une installation plus importante, principalement d'un réservoir beaucoup plus gros, puisqu'il doit être capable de fournir de l'eau chaude durant des périodes grises. Un système de chauffage d'appoint, de type chaudière à gaz ou électrique, est une solution intéressante d'un point de vue économique.

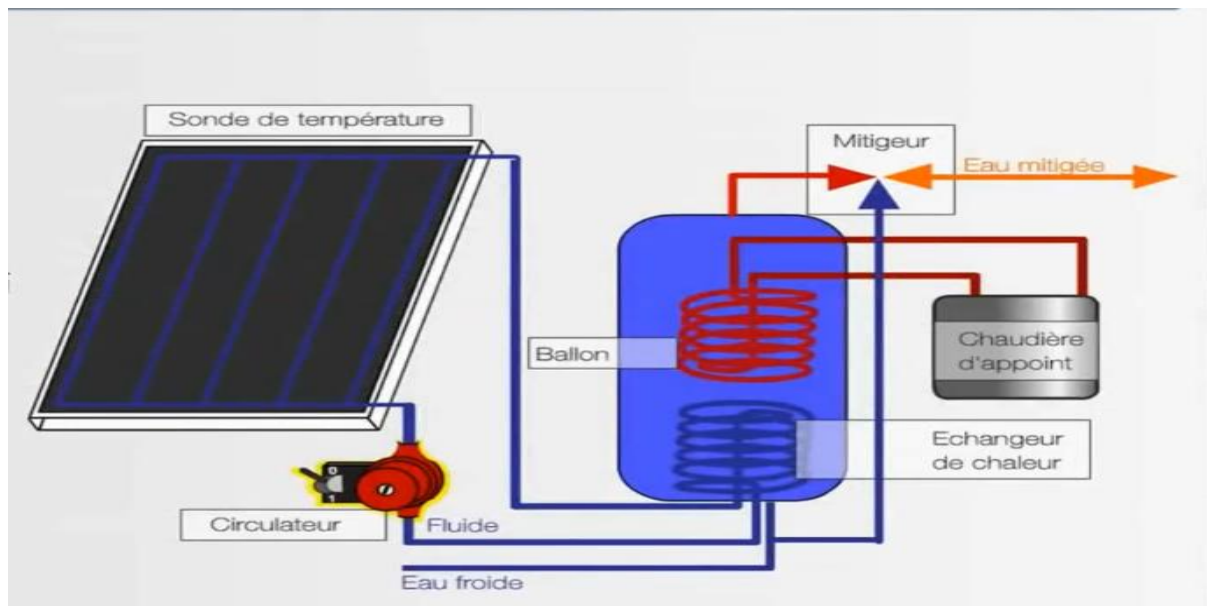


Figure II-2. Système de chauffage d'appoint

II-3. Modes de fonctionnement du chauffe-eau solaire

Plusieurs outils et méthodes de diagnostic sont utilisés pour lister les modes de défaillance d'un système industriel donné, la méthode d'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité AMDEC est un exemple. Par contre rares ou inexistantes sont les méthodes qui évoquent les modes de bon fonctionnement car en général un seul mode de bon fonctionnement est toléré, les autres modes restants sont considérés comme anormaux. Le tableau II-1 représente l'AMDEC du chauffe-eau solaire où les modes de défaillance ont été recensés ainsi que leurs causes de défaillance et leur criticité. La criticité (C) est le produit des trois facteurs : Fréquence d'apparition de la panne (F), la gravité sur le système et la probabilité de non-détection (N) [8].

A partir de l'analyse du tableau des modes de défaillance présentés en ce tableau, l'occurrence de certaines défaillances mène vers deux modes de fonctionnement anormaux majeurs, à savoir :

- Le blocage du circuit fermé, noté (MF1) : La fonction de ce circuit consiste à chauffer l'eau mise en place par le circuit ouvert. Le blocage de ce dernier entraîne l'arrêt du transfert thermique de l'énergie captée au niveau des capteurs plans vers le premier réservoir contenant l'eau à chauffer. Le blocage de ce circuit provoque l'arrêt total de la production d'eau chaude ainsi la perte totale de la fonction principale du chauffe-eau solaire.
- Le blocage du circuit ouvert, noté (MF2) : La fonction de ce circuit consiste à mettre en place les quantités d'eau à chauffer et évacuer ces quantités une fois chauffées. Le blocage de ce circuit a un impact majeur sur l'efficacité du chauffe-eau solaire, la fonction principale de ce dernier sera également perdue.

Tableau II-1. AMDEC du chauffe-eau solaire [9]

ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE ET DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ -AMDEC-											
Système : Chauffe-eau solaire											
N°	Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance	Détection	Criticité				Action corrective
							F	G	N	C	
01	Capteurs plans	Absorber les rayonnements solaires	<ul style="list-style-type: none"> - Fuite externe du fluide caloporteur - Pas d'absorption des rayons solaires - Bouchage - Mauvais emprisonnement de l'énergie solaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de rayonnements solaires (nuit, nuages) - Défaillance première - Période d'exploitation 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de chauffage - Perte de l'efficacité du système 	Visuelle	3	3	2	18	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance préventive conditionnelle - Réaliser le nettoyage des plaques - Vérifier l'état des plaques - Vérifier l'angle d'inclinaison
02	Échangeur de chaleur	Circulation du fluide caloporteur et chauffage de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Fuite externe - Colmatage 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'un corps étranger 	<ul style="list-style-type: none"> - Diminution du débit de fluide caloporteur - Mélange des fluides des deux circuits - Perte d'efficacité de l'échangeur de chaleur 	Visuelle	2	3	2	12	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance préventive systématique - Nettoyage des plaques - Vérifier l'état des plaques

Chapitre II : Etude de cas

03	Réservoir 01	Maintenir le niveau constant de l'eau chaude	- Fuite externe dans le réservoir	- Perforation - Soudure	- sollicitation de la régulation de l'eau chaude - Perte de l'eau chaude	Visuelle	1	1	1	1	- Maintenance corrective
04	Réservoir 02	Stockage de l'eau chaude	- Fuite externe	- Perforation - Soudure	- sollicitation de la régulation de l'eau chaude - Perte de l'eau chaude	Visuelle	1	1	1	1	- Maintenance corrective
05	Pompe centrifuge	Pompage du fluide caloporteur	- défaillance première de la pompe	- Défaut mécanique - Défaut électrique - Défaut de commande	- Arrêt non souhaité de débit du fluide caloporteur - Perte de fluide caloporteur	Visuelle	1	2	1	2	- Maintenance corrective
06	Vannes du circuit ouvert	Commander le passage de l'eau	- Bloquée fermée - Bloquée ouverte - Fuite de l'eau dans la soupape	- Défaut mécanique - Défaut de commande - Joins mal serrés	- Arrêt non souhaité de débit de l'eau froide - Perte de l'eau froide	Visuelle	1	2	1	2	- Maintenance corrective
07	Vannes du circuit fermée	Commander le passage du fluide caloporteur	- Bloquée fermée - Bloquée ouverte - Fuite de l'eau dans la soupape	- Défaut mécanique - Défaut de commande - Joins mal serrés	- Arrêt non souhaité de débit du fluide caloporteur - Perte de fluide caloporteur	Visuelle	1	2	1	2	- Maintenance corrective
08	Canalisations	Support de passage de l'eau et de fluide caloporteur	- Fuite externe - Colmatage	- Présence d'un corps étranger - Défaillance première	- Sollicitation de la régulation de débit du fluide caloporteur ou de l'eau - perte de fluide caloporteur ou de l'eau	Visuelle	1	1	1	1	- Maintenance corrective

Chapitre II : Etude de cas

09	Ballon de pression	Régulation de la pression du circuit fermé	<ul style="list-style-type: none"> - Fuite externe - Bouchage 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'un corps étranger - Défaillance première 	<ul style="list-style-type: none"> - Sollicitation de la régulation de débit du fluide caloporteur - perte de fluide caloporteur 	Visuelle	1	2	1	2	- Maintenance corrective
10	Système de régulation	Rentabiliser le chauffage de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Perturbation du système en terme de température 	<ul style="list-style-type: none"> - Défaillance première - Capteurs de température défectueux 	<ul style="list-style-type: none"> - Perte de la fonction principale du système 	Visuelle	1	3	1	3	- Maintenance corrective

II.4. Présentation du logiciel LabVIEW

L'idée du LabVIEW est de remplacer les instruments de mesures et d'analyse d'un laboratoire par un ordinateur muni de cartes spécifiques et d'un logiciel approprié, au même titre qu'un ordinateur muni d'une carte son et d'un logiciel de musique qui peut remplacer n'importe quel instrument de musique ou bien encore une table de mixage.

Dans le cadre de la mesure, les cartes permettent de convertir des signaux électriques (provenant de capteurs mesurant des grandeurs physiques) en données numériques. Ainsi, un seul ordinateur muni d'une carte d'acquisition analogique et de LabVIEW est capable de remplacer un voltmètre, un fréquencemètre ou un oscilloscope. De plus, il pourra traiter, analyser et archiver sur disque automatiquement les mesures effectuées.

II.4.1. Principe du LabVIEW

Le LabVIEW permet de réaliser, entre autres, des instruments virtuels. Par extension toute application réalisée avec LabVIEW est appelée VI (Virtual Instrument) et il est composé de trois parties liées :

a) La Face Avant

La face-avant correspond à l'interface utilisateur du VI. On construit la face-avant avec des commandes et des indicateurs qui sont respectivement les terminaux d'entrée et les terminaux de sortie interactifs du VI. Les commandes sont des boutons rotatifs, des boutons-poussoirs, des cadrans et autres périphériques d'entrée. Les indicateurs sont des graphes, des LED et autres afficheurs. Les commandes simulent les périphériques d'entrée d'instruments et fournissent des données au diagramme du VI. Les indicateurs simulent les périphériques de sortie d'instruments et affichent les données que le diagramme acquiert ou génère. Chaque commande ou indicateur possède un menu local qui peut être utilisé pour modifier de nombreux attributs ou sélectionner différents éléments de menu. Pour accéder au menu local, cliquez avec le bouton droit sur l'objet. Lorsque vous placez une commande ou un indicateur sur la face-avant, un terminal correspondant apparaît sur le diagramme.

- Contrôles = Entrées
- Indicateurs = Sorties

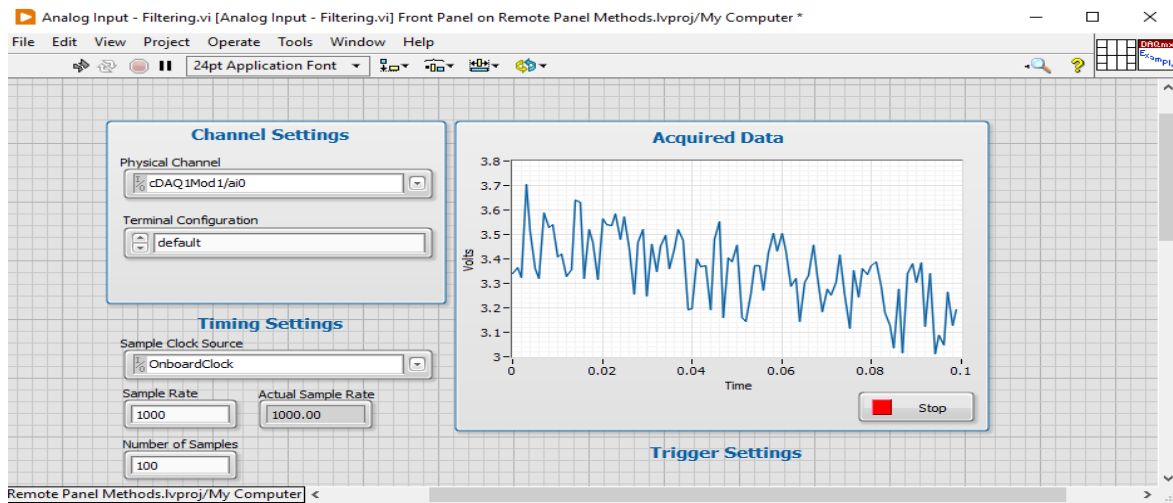


Figure II-3. La face avant (Front Panel)

b) Le diagramme

A chaque face-avant correspond un diagramme, qui correspond au programme du VI. Le diagramme est construit en utilisant le langage de programmation graphique, considéré comme le code source. Les éléments du diagramme représentent les nœuds du programme comme les boucles For, les structures Condition et les fonctions de multiplication. Tous ces éléments sont câblés entre eux de façon à suivre le flux des données dans le diagramme.

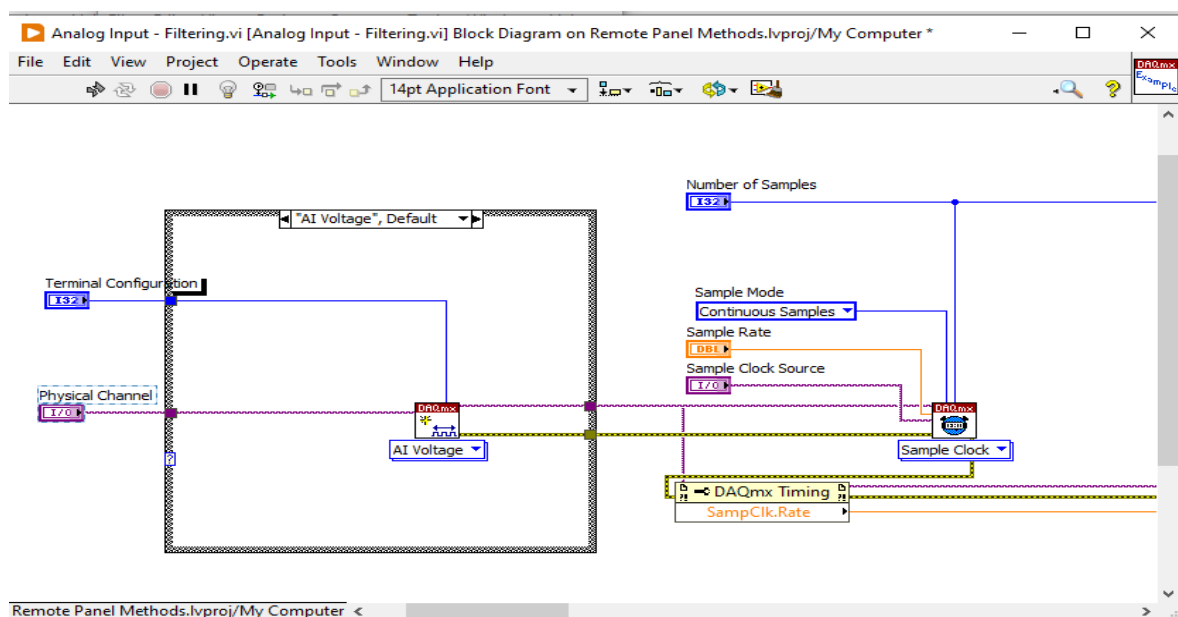


Figure II-4. Le diagramme (Block Diagram)

c) Une icône

C'est la symbolisation de l'instrument virtuel qui permettra de faire appel à un instrument virtuel déjà créé à l'intérieur d'un autre instrument virtuel, c'est un principe de structure hiérarchique et de modularité.

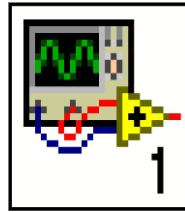


Figure II-5. L'icône (Icon)

Pour écrire un programme en LabVIEW, il faut avoir des « Palettes » qui offrent la possibilité de modifier la face avant et le digramme du LabVIEW. Ils existent trois différentes palettes.

1) Palette de commandes

La palette de Commandes est disponible uniquement sur la face-avant. Elle contient les commandes et les indicateurs utilisés pour construire la face-avant. Les commandes et les indicateurs sont situés dans des sous-palettes suivant leur type, Numérique, Booléen, Chaîne et chemin, Tableau et cluster, Liste et table, Graphe, Menu déroulant, Conteneurs, Express, Décorations, etc.

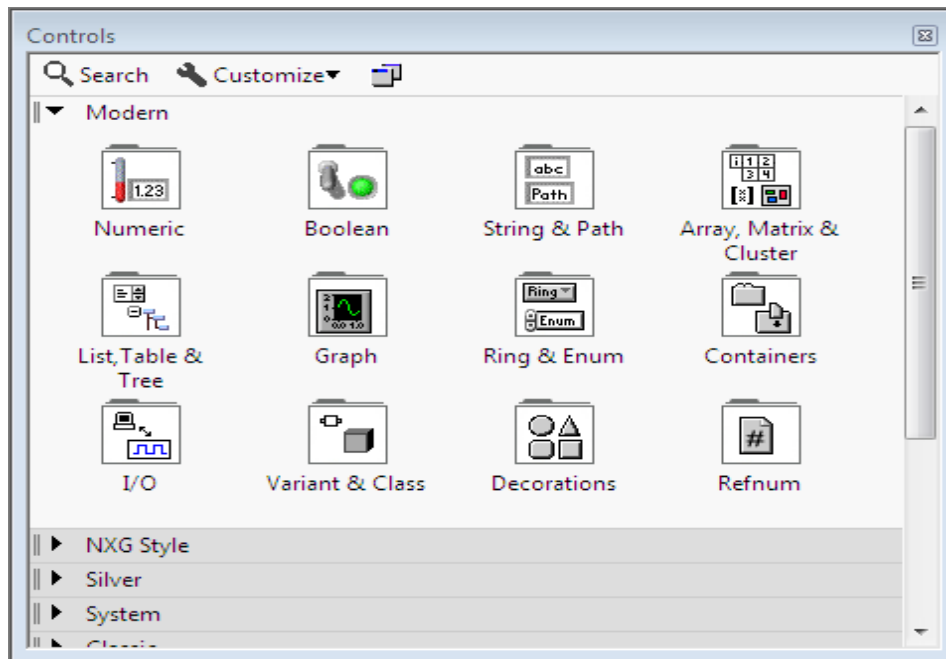


Figure II-6. Palette de commandes (Controls Palette)

2) Palette de fonctions

La palette de Fonctions est disponible uniquement sur le diagramme. La palette de Fonctions contient les VIs et les fonctions utilisées pour construire le diagramme. Les VIs et les fonctions sont situées dans des sous-palettes suivant leur type ; Structures, Numérique, Booléen, Chaîne, Tableau, Cluster, Comparaison, Temps et dialogue, E/S sur fichiers, Waveformes, Analyse, Contrôle d'applications, Graphismes, Communications, Express, ...

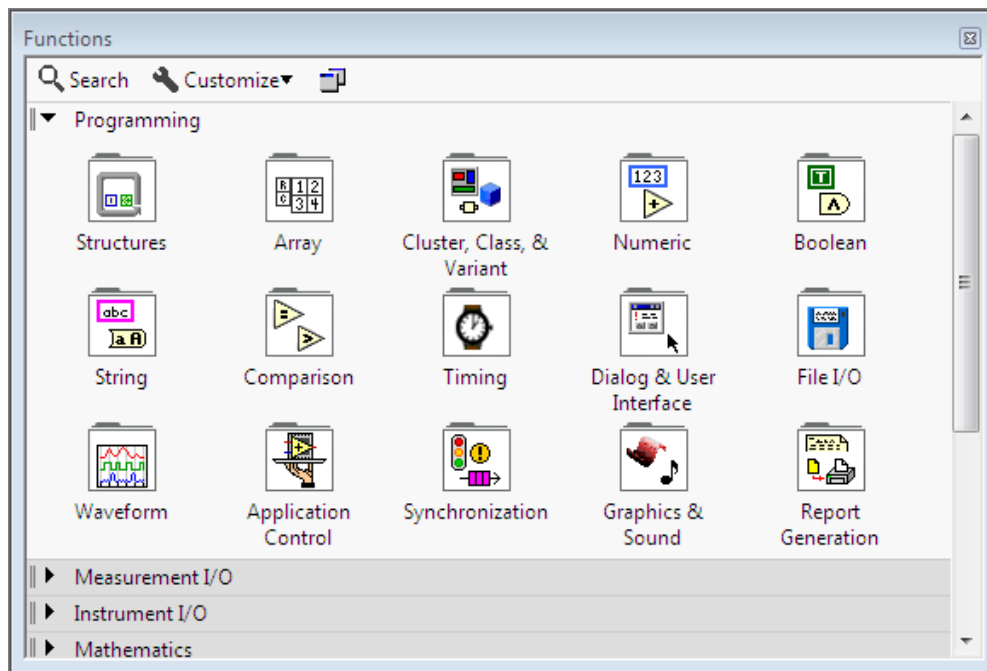


Figure II-7. Palette de fonctions (Functions Palette)

3) Palette d'outils

La palette d'outils est disponible sur la face-avant et sur le diagramme. Un outil est un mode d'exploitation spécial du curseur de la souris. Le curseur prend l'apparence de l'icône de l'outil sélectionné sur la palette. Les outils sont utilisés pour faire fonctionner et modifier la face- avant et les objets du diagramme.



Figure II-8. Palette d'outils (Tools Palette)

II.3.2. Acquisition des données par le LABVIEW

Le LabVIEW permet l'acquisition des données par l'intermédiaire de diverses connectiques :

- Série (RS 232, RS 449, RS422, RS 423, RS 485)
- USB (Universal Serial Bus)
- GPIB (IEEE 488) (General Purpose Interface Bus)
- Bluetooth
- PCI (Peripheral Component Interconnect)
- Ethernet.....etc.

III.3.3. Analyse avec le LabVIEW

Le LabVIEW inclut des outils (toolkits) pour l'analyse des données, à savoir :

- Traitement du signal : Convolution, analyse spectrale, transformées de Fourier
- Traitement d'images : Masque, détection de contours, profils, manipulations de pixels, ...

Conclusion

Nous avons présenté dans cette partie, les éléments nécessaires du système à superviser. Comprendre son principe de fonctionnement et connaître ses modes de fonctionnement est impératif pour pouvoir identifier les liens entre son modèle comportemental et sa structure. Le modèle comportemental du système est l'ensemble des modes de fonctionnement normaux et anormaux.

le système de charge comprend les capteurs solaires, la boucle primaire ou solaire et un échangeur de chaleur.

Chapitre III :

Implémentation

Introduction

Ce chapitre est le vif de notre travail, donc pour que nous pouvons faire une surveillance du système de chauff eau solaire nous avons, bien et dédié le logiciel de développment des installations industrielles à savoir LabVIEW.

Donc, en premier lieu nous allons expliquer l'interface de notre application par : l'accès sécurise à l'application ensuite par la gestion des accès ensuite Réalisation de l'interface utilisateur, le troisième point qui est très importante c'est de faire l'ensemble des scénarios possible (fonctionnement normale, et ensuite le fonctionnement avec la présence d'une défaillance ou faut même une panne), nous terminons notre chapitre par l'explication de notre tableau de bord qui 'est très important dans le monde industriel,

III-1 L'accès sécurisé a l'application :

La sécurité des applications est très nécessaire, c'est pour cela nous avons créé un système qui permet d'accéder à l'application à travers le nom d'utilisateur et le mot de passe.

En cas ou le nom d'utilisateur ou le mot de passe est incorrecte, l'utilisateur reçoit un message d'erreur.

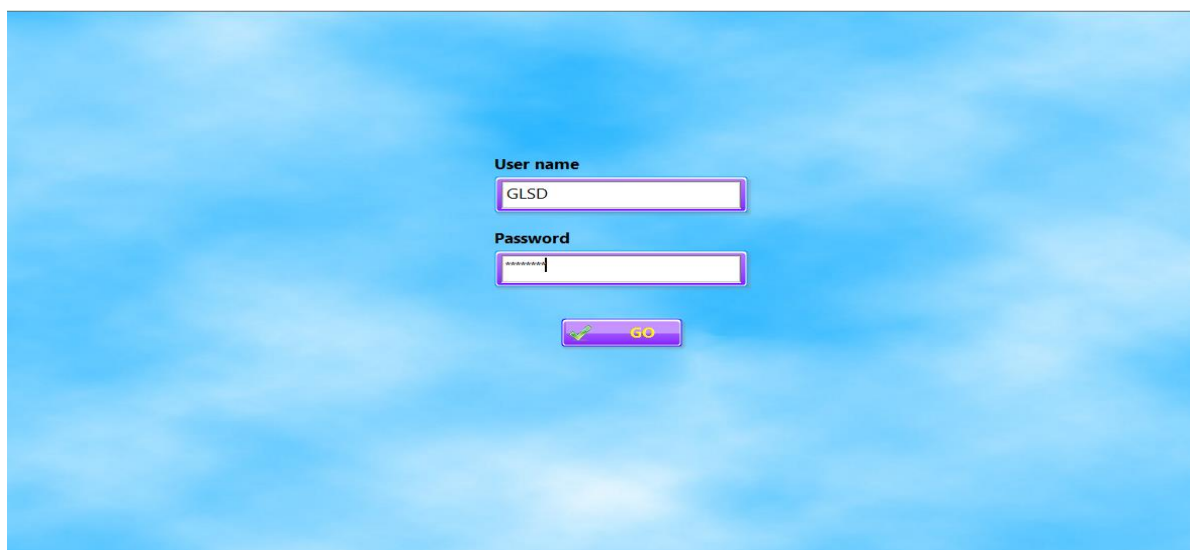


Figure III-1. L'interface de login

III.2. Réalisation de l'interface utilisateur

Dans l'interface utilisateur réalisée, nous avons, en premier lieu, identifié les différents composants du chauffe-eau solaire. En deuxième lieu, nous avons mis en place les indications visuelles afin d'informer directement l'utilisateur en temps réel, sur les différents paramètres mesurés tels que les températures T0, T1, T2 et T3, le débit D et l'état de la pompe P1 et P2 et celui de l'électrovanne. la figure Fig. III.2 montre la représentation du système physique, son instrumentation, son diagnostic et les actes à entreprendre sur la base d'aide à la décision disponible sur l'interface ainsi conçue.

en résumé, cette interface homme-machine offre à l'utilisateur les possibilités suivantes :

- se renseigner des températures T0, T1, T2 et T3 et de la valeur de débit D en temps réel
- s'informer de l'état de la pompe P1, P2 et de l'électrovanne
- savoir dans quelle phase est le système (en arrêt ou en marche, phase d'absorption de la phase de transfert thermique).
- ajuster la régulation du système ($\Delta T = T1 - T2$) sur une plage de températures entre 0 et 10°C.
- Arrêter ou démarrer la résistance électrique
- Activer ou désactiver le son d'alarme
- S'informer de l'état des vannes V1, V2, V3 et V4
- Provoqué les défaillances manuellement

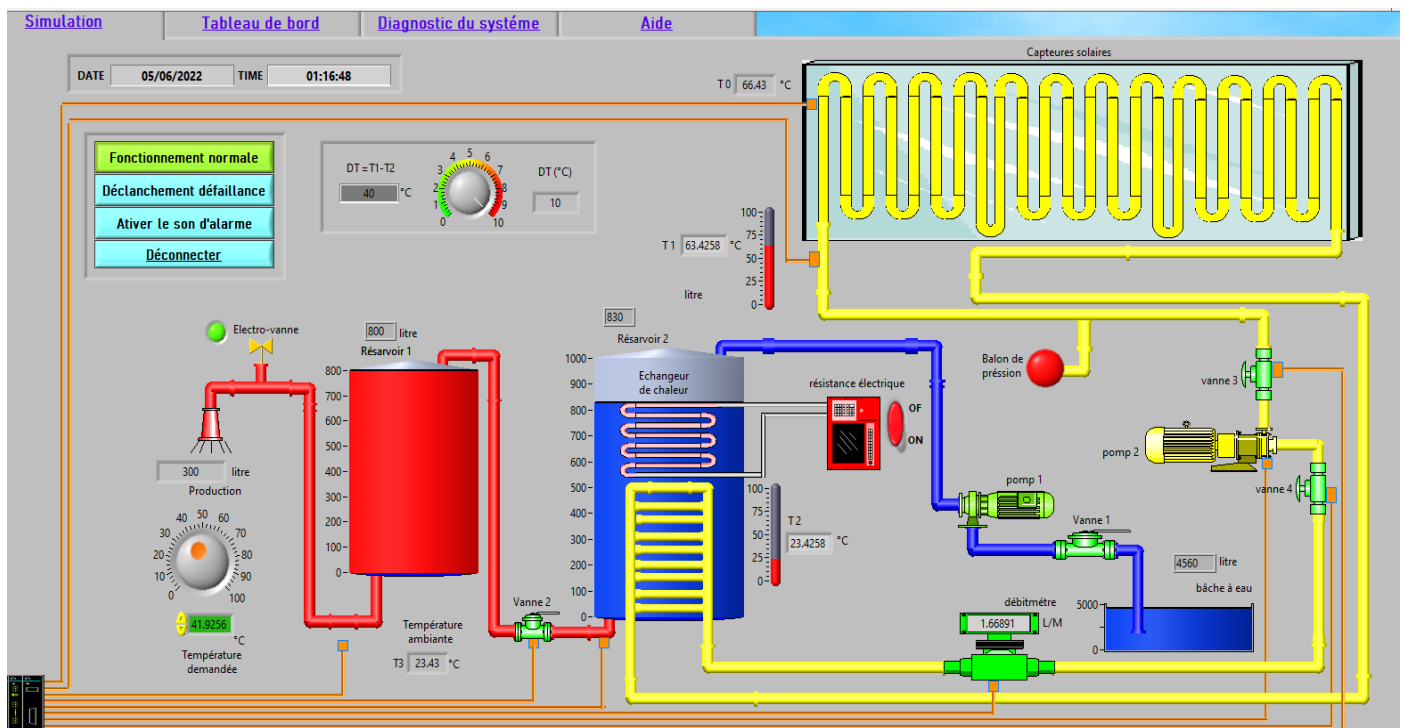


Figure III-2. L'interface utilisateur globale

Sous le LabVIEW chaque face avant correspond à un diagramme interne programmable.

Une partie du diagramme correspondant à notre interface réalisée peut être représentée par la figure III-3.

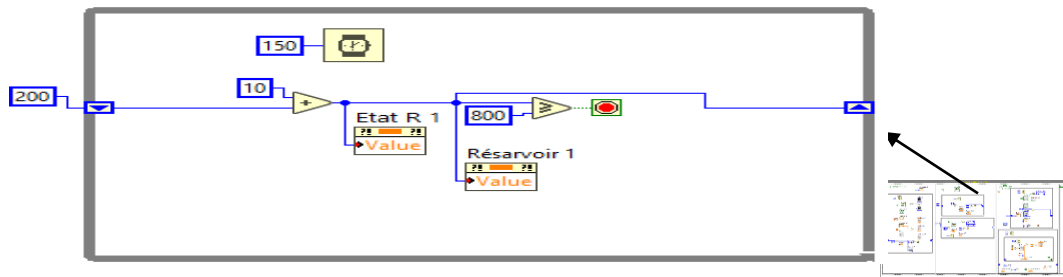


Figure III-3 Une partie du diagramme relative à l'interface utilisateur réalisée

III.3 fonctionnement normal (Simulations) :

III.3.1. Aperçu générale

Nous avons réalisé cette interface pour mieux comprendre et visualiser le fonctionnement de notre système (chauffe-eau solaire).

Les conditions de fonctionnement normal ont été fixées comme suit :

- ✓ le mode de fonctionnement de la pompe de circulation P1 est automatique
- ✓ le mode de fonctionnement de la pompe de circulation P2 est automatique
- ✓ la régulation est basée sur une différence de températures $\Delta T = 10^\circ\text{C}$
- ✓ le mode de fonctionnement de l'électrovanne est automatique ;

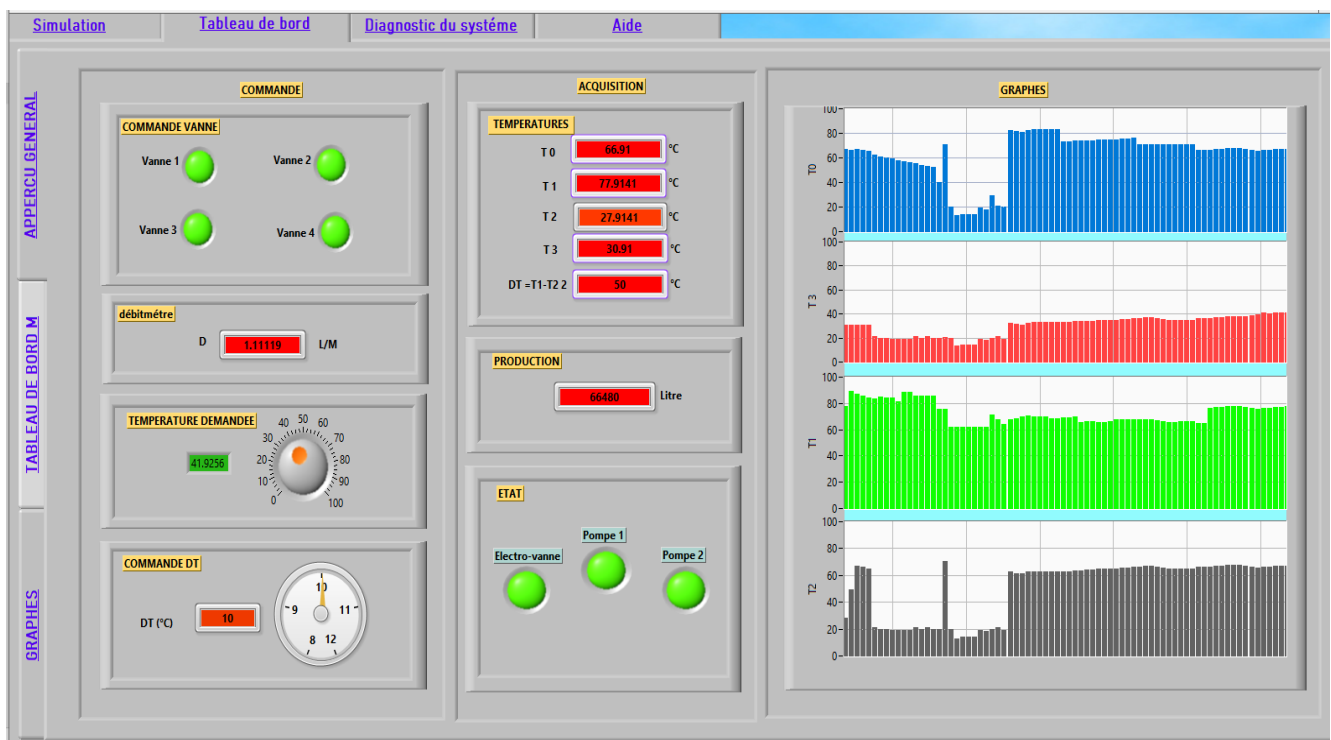


Figure III-4 Aperçu générale

III.3.2 Graphes des Fonctionnement Normal :

La simulation en mode normal donne les graphes suivants :

a) Graphes des températures T0, T1, T2, et T3

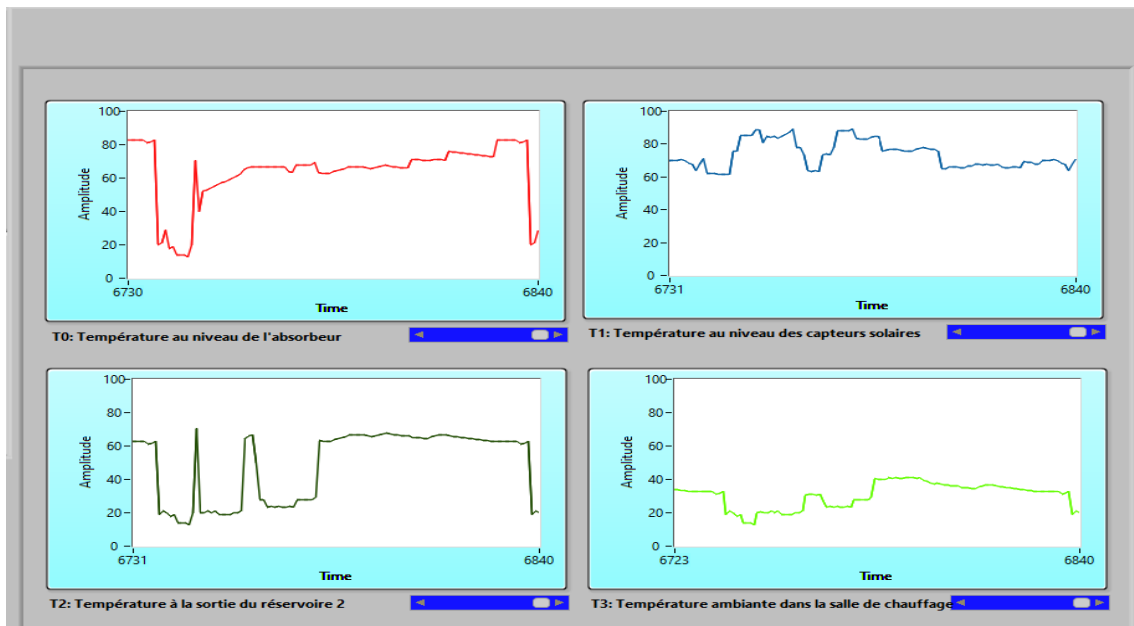


Figure III-5. Graphes des températures

Nous remarquons que T3 est stable, et T0, T1 et T2 sont flottantes suivant l'état de la pompe de circulation et de l'électrovanne.

b) Débit du circuit fermé

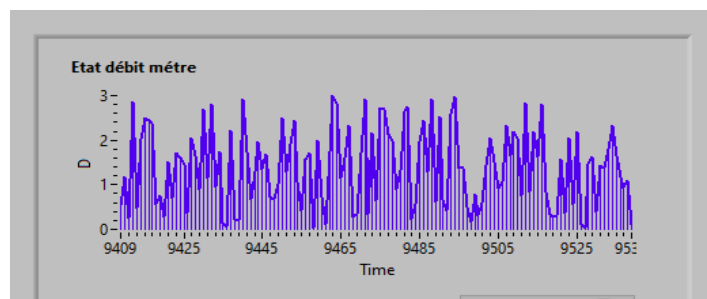


Figure III-6. Graphes du débit

Le débit du circuit fermé varie selon l'état de la pompe de circulation : Le débit est égal à zéro, lorsque la pompe est en arrêt et il est égal à une moyenne de 2,5 l/min lorsque la pompe est mise en marche.

c) États des pompes P1 et P2

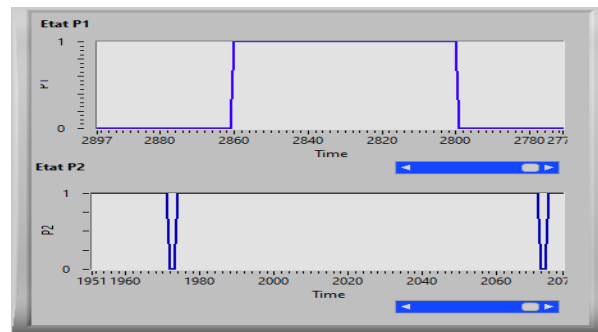


Figure III-7. États de la pompe de circulation P1 et P2

Le système de contrôle du micro-ordinateur peut détecter le débit d'eau et contrôler automatiquement les deux pompes P1 et P2 marche/arrêt.

Pompe 1

la pompe s'arrête automatiquement si elle fonctionne sans eau, et elle redémarre automatiquement après pour vérifier l'état de l'alimentation en eau jusqu'à ce que l'eau revienne.

Pompe 2 (circulateur)

Un circulateur chauffe-eau solaire est tout simplement une pompe adaptée au pompage et à la circulation de liquides dans un système de chauffe-eau solaire. Ces liquides ont une certaine viscosité et peuvent être légèrement agressifs. Pour cette raison, un circulateur chauffe-eau solaire se caractérise par les matériaux utilisés, qui peuvent résister à des liquides visqueux et agressifs. Un circulateur chauffe-eau solaire assure le transfert de chaleur entre le capteur solaire et le réseau de chauffage.

III-3.3 Tableau de bord

L'objectif de ce tableau de bord est :

- ✓ Donner une image en temps réel de la marche en cours de système.
- ✓ Donne plusieurs informations sur le système ainsi aide l'opérateur à prendre la bonne décision, et ne pas se tromper dans son intervention.
- ✓ Diminue les taches du personnel en les regroupant dans une salle de commande.
- ✓ Elimination ou réduction du nombre de visite aux sites éloignés.
- ✓ Avec une interface graphique, on peut suivre l'état de système à chaque instant, ainsi on n'aura pas besoin de faire des visites de contrôle.

- ✓ Réagir efficacement dans un court délai aux évolutions environnementales et aux écarts traduisant des dysfonctionnements.

Il affiche notamment les -événements qui ont un impact sur le rendement des éléments du notre système en particulier :

- Les mesures en temps réel, les températures T0, T1, T2 et T3 représentant respectivement la température au niveau de l'absorbeur, la température au niveau des capteurs plans, la température au niveau du réservoir de stockage et la température ambiante dans la salle de chauffage.
- Les paramètres du capteur plan tel que la température d'entrée du fluide caloporteur, le débit massique du fluide caloporteur, les températures des différents éléments du capteur, affiche quand le circuit fermé est en marche ou à l'arrêt.
- Les paramètres et le mode de fonctionnement de la pompe du circuit fermé P2 également appelé "pompe accélérateur" Ce composant sert à assurer la circulation du liquide caloporteur et à réguler la pression à l'intérieur du circuit de chauffage il est important de prendre en compte divers paramètres tel que (le débit, pression et la puissance de la pompe) on peut aussi savoir l'état de la pompe en marche ou à l'arrêt.
- Les paramètres et le mode de fonctionnement de la pompe du circuit ouvert P1 lorsque le réservoir est plein, la pompe s'arrête automatiquement, en cas de baisse du niveau d'eau, la pompe démarre automatiquement pour combler le manque d'eau dans le réservoir 2, cette dernière caractérise par : le débit et la pression. - le débit de fonctionnement en m³/h ou l/s ; il est imposé par le besoin en débit de son matériel à la parcelle. - le besoin en pression pour amener l'eau d'un point A (bâche à eau) à un point B (réservoir 2).
- Les paramètres et états des vannes d'isolement, sont en général placées de part et d'autre de l'élément que l'on souhaite désolidariser, (isoler) du système hydraulique dont il fait partie. L'intérêt réside dans le fait que l'on peut facilement intervenir sur cet élément (pour un contrôle, un entretien, une réparation, ...) sans devoir vider l'ensemble du système hydraulique du liquide qu'il contient. On limite ainsi les opérations de vidange et de remplissage ainsi que le temps qu'elles requièrent.
- La quantité d'eau reste dans notre bâche à eau.
- Etat et fonctionnement des réservoirs R1 et R2 (volume, quantité actuelle).

- Tout système d'alarme assure des fonctions de base pour couvrir, informer, avertir. Alors que notre tableau de bord affiche une alerte si la température dépasse les limites définies par l'utilisateur

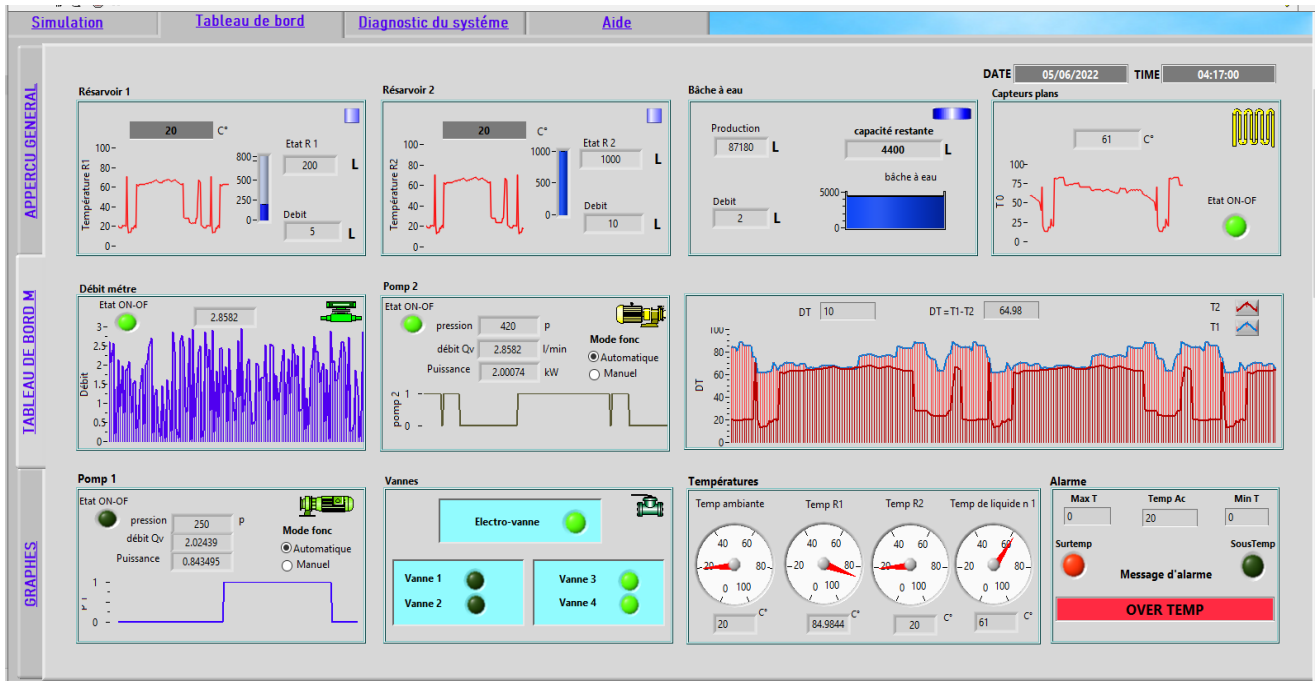


Figure III-8 tableau de bord générale

III-3.4 Contrôle de la température

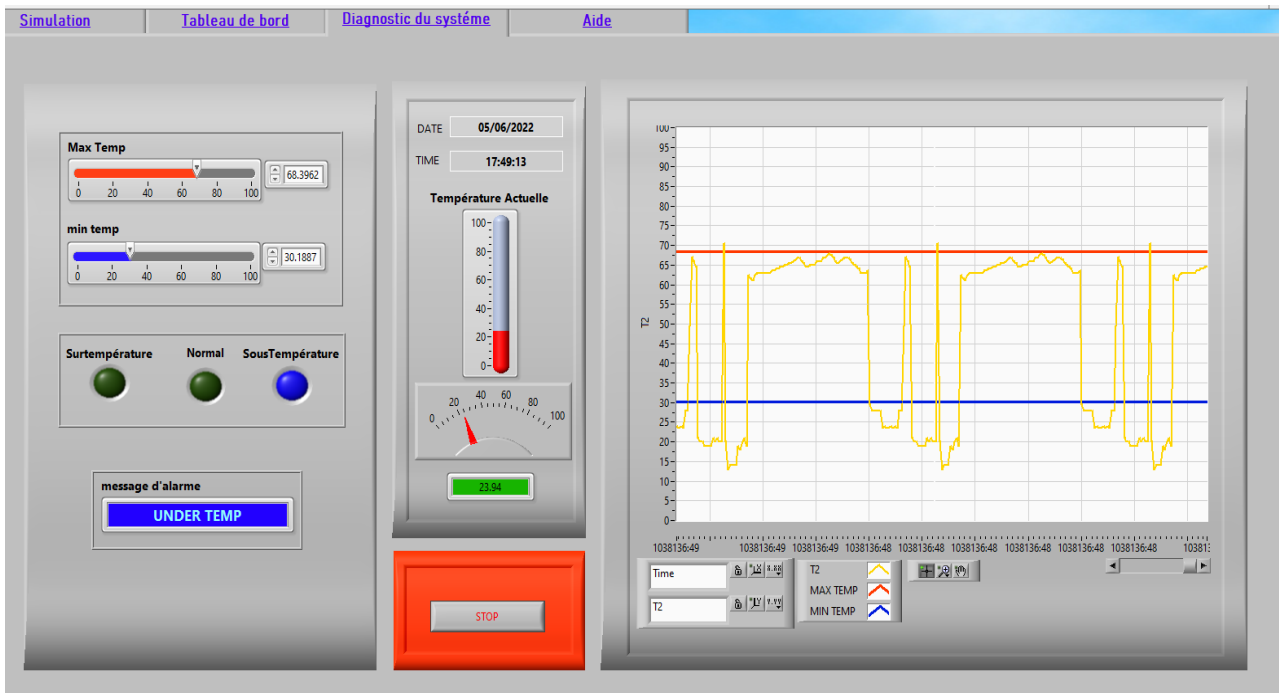


Figure III-9 : Contrôle de la température (diagnostic avec intervention)

Il s'agit d'un contrôle de température très simple à l'aide de LabVIEW, où l'utilisateur peut définir le minimum et le maximum de la température.

- Si la température dépasse les limites définies par l'utilisateur, Un système d'alarme a été mis en place permettant d'avertir, en temps opportun, l'opérateur sur l'apparition de modes de fonctionnement non souhaités.

III-4 Mode de fonctionnement anormal (Noté MF2)

Dans notre application, un système d'alarmes relatif aux deux modes de fonctionnement anormaux étudiés blocage de circuit fermé et blocage de circuit ouvert, lorsque le mode non souhaité apparaît, l'alarme visuelle programmée se déclenche signalant la défaillance reconnue.

III-4.1 mode de défaillance 01 MD 01

III-4.1.1 message d'alarme MD 01

Nous avons provoqué volontairement le blocage du circuit fermé

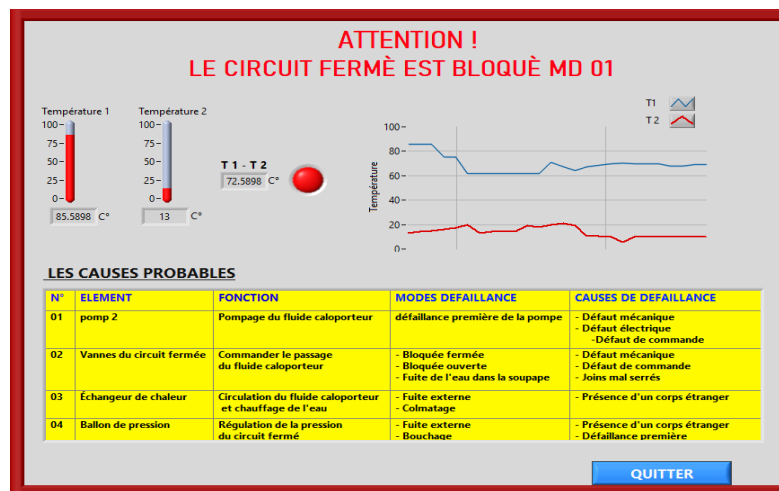


Figure III-10 : Message d'alarme (blocage du circuit fermé)

Le dysfonctionnement provoqué induisant le blocage du circuit fermé, a permis de relever le paramètre T1. Cette température a commencé à augmenter jusqu'à ce qu'il arrive, à 85°C, dès lors le paramètre T2 a diminué progressivement jusqu'à 13°C. Le débit de circulation durant la période de blocage est nul et ΔT a demeuré supérieure à 10°C. nous avons aussi illustrée les différents causes probables pour aider l'opérateur à prendre la bonne décision, et ne pas se tromper dans son intervention

III-4.1.2 Causes probables MD 01

N°	ELEMENT	FONCTION	MODES DEFAILLANCE	CAUSES DE DEFAILLANCE
01	pomp 2	Pompage du fluide caloporteur	défaillance première de la pompe	- Défaut mécanique - Défaut électrique - Défaut de commande
02	Vannes du circuit fermée	Commander le passage du fluide caloporteur	- Bloquée fermée - Bloquée ouverte - Fuite de l'eau dans la soupape	- Défaut mécanique - Défaut de commande - Joins mal serrés
03	Échangeur de chaleur	Circulation du fluide caloporteur et chauffage de l'eau	- Fuite externe - Colmatage	- Présence d'un corps étranger
04	Ballon de pression	Régulation de la pression du circuit fermé	- Fuite externe - Bouchage	- Présence d'un corps étranger - Défaillance première

Tableau III-1 Causes probables MD 01

III-4.2 mode de défaillance 02 MD 02

III-4.2.1 message d'alarme MD 02

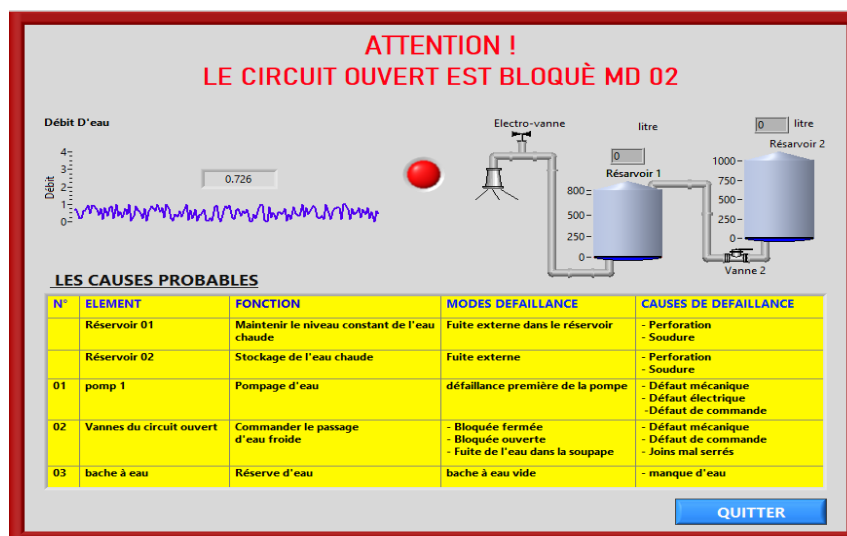


Figure III-11 : Message d'alarme (blocage du circuit ouvert)

La fonction de ce circuit consiste à mettre en place les quantités d'eau à chauffer et évacuer ces quantités une fois chauffées. Le blocage de ce circuit à un impact majeur sur l'efficacité du chauffe-eau solaire, la fonction principale de ce dernier sera également perdue. Le débit de circulation d'eau durant la période de blocage est nul.

III-4.2.2 Causes probables MD 02

N°	ELEMENT	FONCTION	MODES DEFAILLANCE	CAUSES DE DEFAILLANCE
01	Réservoir 01	Maintenir le niveau constant de l'eau chaude	Fuite externe dans le réservoir	- Perforation - Soudure
02	Réservoir 02	Stockage de l'eau chaude	Fuite externe	- Perforation - Soudure
03	pomp 1	Pompage d'eau	défaillance première de la pompe	- Défaut mécanique - Défaut électrique - Défaut de commande
04	Vannes du circuit ouvert	Commander le passage d'eau froide	- Bloquée fermée - Bloquée ouverte - Fuite de l'eau dans la soupape	- Défaut mécanique - Défaut de commande - Joins mal serrés
05	bacher à eau	Réserve d'eau	bacher à eau vide	- manque d'eau

Tableau III-2 Causes probables MD 02

Conclusion

Dans ce chapitre, après avoir déterminé les algorithmes de surveillance par l'approche structurelle sur un système à deux circuits, on les a implémentés sur le logiciel LabVIEW environnement de programmation graphique, on a constaté, après plusieurs simulations réalisées, que l'approche structurelle est très efficace, très simple à implémenter, très adaptée pour la supervision en temps réel et applicable sur tous les types de système avec modèle.

Conclusion générale

Le système de chauffe-eau solaire est un système industriel complexe, donc pour bien que notre système soit disponible nous devons maximiser la disponibilité de ce dernier, et pour bien que notre système soit disponible le plus maximum du temps nous devons le rendre très fiable, cette fiabilité de système est assurée par la minimisation des pannes d'équipement et des installations.

Pour cela l'objectif de notre étude est la détection des pannes dans une installation des systèmes de chauffe-eau solaire, et pour bien surveiller notre système nous avons choisi le logiciel très performant dans le monde industriel à savoir le LabVIEW.

Nous avons dans le premier lieu donner une aperçue sur le système chauffe-eau solaire ensuite nous avons fait une simulation de ce système dans des conditions différentes pour cela nous avons conçue des scenarios différents, sans la présence des anomalies ou notre système fonctionne correctement et nous avons vue l'ensemble des paramètres liés à cet état. ensuite, nous devons provoquer une défaillance pour que nous puissions voir un fonctionnement sans anomalies avec la présence d'une défaillance et le système de surveillance va agir selon le défaut ou la panne provoquée

Bibliographie

- [01] : Hector Ricardo Hernández De León, « Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable », thèse doctorat, Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes du CNRS, 2006, 164 p.
- [02] : NABIL JERBI, « Apports et Intégration de la Robustesse pour la Supervision de Systèmes Manufacturiers », thèse doctorat, Ecole Nationale D'ingénieurs De Tunis, 2006.
- [03] : David Andreu, « commande et supervision des procédés discontinus : une approche hybride », thèse doctorat, université Paul Sabastier de Toulouse, 96.
- [04] : Claudia VICTORIA ISAZA NARVAEZ, « Diagnostic par techniques d'apprentissage floues : conception D'une méthode de validation et d'optimisation des partitions », thèse doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, 2007.
- [05] : Gilles Zwingenstein, « Diagnostic des défaillances, théorie et pratique pour les systèmes industriels » édition Hermès, pages 55-13, 1995.
- [06] : Wassim EL OSTA « surveillabilité structurelle et platitude pour le diagnostic des modèles bond graphe couplés » thèse doctorat, Ecole Centrale de Lille, 2005.
- [07] : Fouad DHIBI et Mourad BOUCHENAF, « Génération et simulation d'un chauffe-eau solaire par approche à base de connaissance (Application par G2) », Mémoire d'ingénieur, Département de Génie Industriel, Université de Batna, 2004.
- [08] : Belkacem KARKOURI, « Implantation d'un module de diagnostic par approche à base de connaissance "DIAPASE" », Mémoire d'ingénieur, Département de Génie Industriel, Université de Batna, 2005.
- [09] Bouchenaf, M. (2012). La supervision des systèmes évolutifs par la reconnaissance floue des formes (Doctoral dissertation, Batna, Université El Hadj Lakhder. Faculté de Technologie).