

**Rapport intermédiaire** décembre 2002

# **Détection et identification de dysfonctionnements affectant les installations solaires pour la production d'eau chaude sanitaire**

Phase 1 - Cahier des charges

Rédigé par  
Jacques Bony et Claude Jobin  
AGENA énergies  
Z.I. Le Grand Pré, 1510, MOUDON

# Table des matières

<b>RÉSUMÉ .....</b>	<b>2</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>3</b>
<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
<b>2 CAHIER DES CHARGES DE LA RÉGULATION.....</b>	<b>3</b>
<b>3 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION.....</b>	<b>4</b>
<b>4 FRÉQUENCE ET TYPES DE DYSFONCTIONNEMENT.....</b>	<b>5</b>
<b>5 PRINCIPE DE DÉTECTION DES DYSFONCTIONNEMENTS .....</b>	<b>6</b>
5.1 Les comparaisons entre les sondes.....	6
5.2 Les illogismes .....	6
5.3 Les valeurs limites.....	6
<b>6 MATÉRIEL UTILISÉ POUR LA DÉTECTION DES DYSFONCTIONNEMENTS.....</b>	<b>6</b>
<b>7 LOGIQUE DE DÉTECTION.....</b>	<b>7</b>
<b>7.1 Première partie (utilisation simple des sondes de température) .....</b>	<b>7</b>
7.1.1 Comparaisons entre sondes .....	7
7.1.2 Illogismes.....	8
7.1.3 Valeurs limites .....	9
<b>7.2 Deuxième partie (utilisation de matériel supplémentaire).....</b>	<b>10</b>
7.2.1 Compteur volumétrique.....	10
7.2.2 Cellule solaire .....	10
<b>7.3 Détections erronées.....</b>	<b>11</b>
<b>8 TRANSFERT DE LA LOGIQUE À D'AUTRES INSTALLATIONS .....</b>	<b>11</b>
<b>9 RÉCAPITULATION.....</b>	<b>12</b>
<b>10 PERSPECTIVES.....</b>	<b>13</b>

Cette étude a été accomplie sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie. L'auteur est seul responsable du contenu et des conclusions.

## Résumé

La détection de dysfonctionnements d'une installation solaire permet de prévenir de la détérioration prématurée du matériel et d'augmenter l'économie d'énergie fossile. Sur le marché actuel, les régulations détectent des pannes totales comme celles de sondes de température débranchées ou en court-circuit.

Le but de cette étude est de définir une logique aussi simple que possible détectant le début de dysfonctionnement comme une fuite de liquide dans le circuit solaire ou une dérive des moyens de mesures (sondes de température...). Si le défaut est détecté à temps, cela évitera un arrêt de l'installation. Les principes de détection sont :

- les comparaisons entre différentes mesures en temps réel
- les illogismes
- les valeurs limites

Les moyens matériels mis en œuvre sont une régulation solaire avec des sondes de température (nécessaires pour le fonctionnement normal de l'installation), un compteur d'eau volumétrique et une cellule solaire.

Dans un premier temps, la logique de détection sera réalisée pour une installation standard de type kit solaire. Par la suite, d'autres installations bénéficieront de ce développement moyennant une logique adaptée à la spécificité de chaque système.

## Zusammenfassung

Das Wahrnehmen von Funktionsstörungen in einer Solar-Anlage bewahrt vor einer vorzeitigen Verschlechterung des Gerätes und erhöht die fossile Energieeinsparung. Die sich zur Zeit auf dem Markt befindlichen Regulierungen zeigen Pannen an, wie abgeschalteten Temperaturfühler oder Kurzschluss.

Das Ziel dieser Studie ist es, eine so einfache Logik zu finden, damit der Anfang einer Störung wie auslaufen von Flüssigkeit im Solar-Kreislauf, oder einer Abweichung der verschiedenen Messwerten angezeigt wird (Temperaturfühler...). Wenn der Fehler rechtzeitig erkannt wird, wird ein Stopp der Anlage vermieden. Erkennungsprinzipien sind :

- Vergleichen von verschiedenen Messungen
- Logikmängel
- Begrenzte Werte

Die dazu nötigen Materialien sind eine Solar-Regulierung mit Temperaturfühler (für die normale Funktion der Anlage nötig), ein Volumen-Wasserzähler und eine Solarzelle. In einer ersten Phase wird die Finde-Logik für eine Standard-Anlage vom Typ Solar-Kit hergestellt. Später werden auch andere Anlagen von der Entwicklung profitieren, dass die Logik an die Besonderheiten von jedem System angepasst werden kann.

## **Abstract**

The detection of dysfunctions of a solar installation allows to warn the deterioration of the material and to increase the fossil energy saving. On the present market, the controllers detect some total breakdowns as disconnected temperature sensor or short circuit.

The goal of this survey is to define a logic as simple as possible detecting the beginning of dysfunctions like a leak of liquid in the solar loop or a shift of measurement (temperature sensor...). If the defect is detected on time, it will avoid a stop of the installation. The principles of detection are:

- the comparisons between different measures in real time
- illogicalities
- the limits values

The components needed are a solar controller with temperature sensor (necessary for the normal working of the installation), a volumetric flow meter and a solar cell.

In a first time the logic of detection will be achieved for a standard installation of type "solar kit". Thereafter, other facilities will benefit from this development with a logic adapted to the specificity of every system.

## **1 Introduction**

Les installations solaires jouissent d'une importante expérience depuis de nombreuses années. Actuellement, les progrès techniques deviennent marginaux. La tendance est à réduire les coûts de fabrication et d'installation, à simplifier le montage et la mise en service et à faciliter le suivi de l'installation. Toutefois, des aspects n'ont pas encore été développés sur le marché. Entre autres, la détection des dysfonctionnements éventuels n'en est qu'à ses débuts. Elle consiste actuellement à déceler les sondes de température en court-circuit ou débranchées.

Afin de renforcer la fiabilité des installations solaires et ainsi leur crédibilité auprès du grand public, une détection des dysfonctionnements est un plus indéniable. Par exemple, lors d'une dérive de sonde de température, une installation peut paraître fonctionner normalement pendant plusieurs mois, voire plusieurs années alors qu'elle n'est pas à son potentiel maximum d'utilisation. Dans de tels cas, les pertes énergétiques peuvent être importantes.

Une détection d'un dysfonctionnement et l'établissement de son diagnostic permettront également de faciliter la planification d'une intervention. De plus, lors d'une détection précoce, l'intervention permettra de minimiser les risques de détérioration du matériel (par ex. : une température trop élevée dans le circuit solaire).

## **2 Cahier des charges de la régulation**

Le marché actuel des régulateurs pour des installations solaires offre diverses fonctionnalités, dont la détection de sondes de température en court-circuit ou débranchées. Mais aucun de ces

régulateurs n'offre la détection de dérive de fonctionnement de l'installation. Le nouveau régulateur du KITSOL intègre ce qui se fait de mieux du point de vue de la gestion des énergies d'appoint et solaire sur le marché avec en prime de nouvelles fonctions permettant de détecter des dérives. La complexité interne du régulateur ne doit pas entraver la facilité d'utilisation par le client. Pour cela, la lisibilité, la compréhension et un contrôle aisé ont été étudiés.

De plus, la gestion automatique des modes de secours fait partie intégrante de la détection d'erreurs. Cette gestion permet de garantir le confort de l'utilisateur (fonctionnement de l'appoint) et de sauvegarder le matériel d'une éventuelle surchauffe.

Cinq grands axes de développement ont été pris en considération :

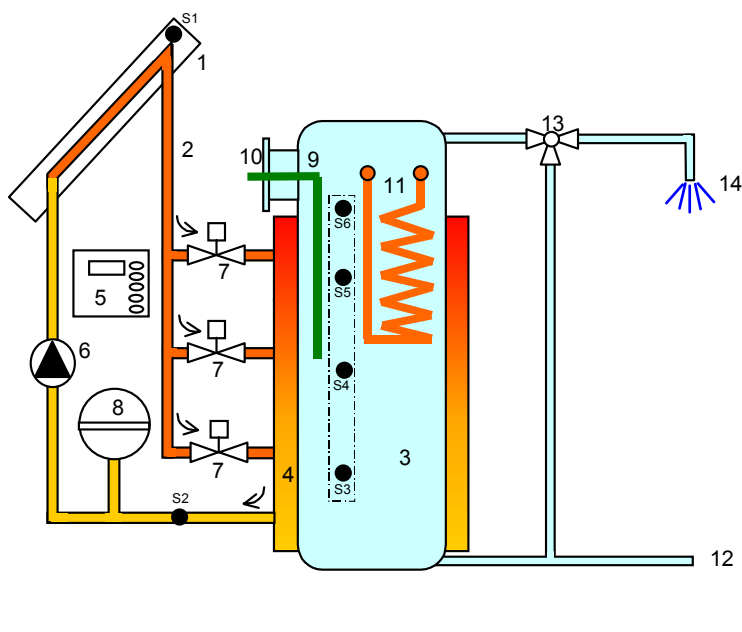
- La gestion optimale des gains solaires ainsi que celle de l'appoint vont de pair. Reprenant le concept de charge solaire étagée, une gestion nouvelle de la surchauffe et de l'appoint permettant un gain supplémentaire a été rajoutée.
- La communication à distance est une fonction qui est de plus en plus demandée par les clients. Elle permet en effet au client lui-même ou à un mandataire de contrôler le bon fonctionnement de l'installation et d'établir un historique.
- Le comptage d'énergie est également un gage de bon fonctionnement de l'installation et il offre ainsi une qualité supplémentaire aux installations solaires.
- Détection de panne et de dérive de l'installation avec avertissement au client.
- Toutes les fonctionnalités intégrées dans le régulateur ne doivent pas pour autant rendre son utilisation compliquée pour le client. Pour ce faire, une attention particulière a été apportée à l'accessibilité des informations et à leur compréhension.

Ce type de régulateur pourra par la suite être transposé à d'autres types d'installations solaires de plus grande dimension qui profiteront de ce nouveau développement.

Le but final de ce régulateur est d'offrir une garantie de bon fonctionnement de l'installation.

### **3 Description de l'installation**

Dans ce rapport, le régulateur étudié est utilisé sur des installations solaires standard type Kit solaire. Ces kits solaires sont généralement équipés de 3 à 12 m<sup>2</sup> de capteurs thermiques plans. Ces installations sont dimensionnées afin de fournir de l'eau chaude sanitaire pour 3 à 15 personnes. Il existe plusieurs types de kits solaires. Dans notre cas, nous étudierons plus particulièrement un kit solaire à charge stratifiée (figure 1). Il se compose d'une cuve de stockage d'eau chaude munie d'un appoint en partie haute et d'un échangeur de chaleur à double manteau pour l'apport solaire. Afin de permettre une gestion optimale des énergies solaire et d'appoint, six sondes de température ainsi qu'un régulateur équipent le kit solaire. Quatre sondes sont situées dans la cuve dans le sens de la hauteur, une sonde est placée sur les capteurs solaires et une dernière sur la conduite allant aux capteurs.



1. Capteurs solaires Azur
  2. Conduites hydrauliques
  3. Chauffe-eau sanitaire
  4. Echangeur de chaleur solaire
  5. Régulation automatique pré-câblée
  6. Circulateur solaire
  7. Vannes de réglage charge solaire
  8. Vase d'expansion
  9. Appoint électrique
  10. Flasque d'accès
  11. Echangeur de chaleur pour appoint
  12. Entrée eau froide
  13. Mitigeur thermostatique
  14. Eau chaude mélangée
- S1 Sonde capteurs  
S2 Sonde retour capteurs  
S3 à S6 Sondes chauffe-eau

Figure 1 : Schéma de principe du kit solaire AGENA

## 4 Fréquence et types de dysfonctionnement

AGENA énergies jouit d'une expérience de plus de 20 ans dans le domaine de l'énergie solaire. Ainsi, nous pouvons classer les dysfonctionnements par fréquence d'apparition :

- Un entartrage de l'échangeur solaire côté eau chaude sanitaire ou le manque de débit survient dans **80 %** des cas. Ce manque de débit peut avoir plusieurs causes :
  - manque de pression par mauvais remplissage ou par défectuosité du vase d'expansion.
  - purge imparfaite de l'installation. L'air restant dans les conduites empêche la circulation de l'eau.
  - fuites dans le circuit solaire par défectuosité du matériel (joints...).
- Un mauvais fonctionnement du régulateur, des vannes, de la pompe, du mitigeur ou un défaut de sonde est responsable de **15 %** des pannes.
- Les **5 %** restant sont imputables aux erreurs humaines comme le montage, la manutention ou la conception.

Une liste plus détaillée des pannes est donnée en annexe.

Actuellement, la plupart des régulateurs du marché ne détectent qu'une faible partie des défectuosités, à savoir les sondes de température débranchées ou en court-circuit. Il apparaît clairement qu'un effort particulier doit être fourni pour repérer le 90 % des autres dysfonctionnements.

## **5 Principe de détection des dysfonctionnements**

Dans ce rapport, nous ne présenterons pas les détections classiques de défaut de sonde de température débranchées ou en court-circuit. Celles-ci sont déjà prises en compte dans n'importe quelle régulation.

Les dysfonctionnements apparaissent souvent les jours qui suivent la mise en service du système. Une phase d'apprentissage du fonctionnement de l'installation nous paraît donc inadéquate. Nous sommes partis du principe que nous connaissions parfaitement le fonctionnement et les possibilités de nos installations. Afin de faciliter la mise en œuvre et de réduire les coûts de développement, nous avons opté pour des détections selon des principes simples comme la comparaison entre les sondes, les illogismes et les valeurs limites.

### ***5.1 Les comparaisons entre les sondes***

Il est possible d'utiliser les sondes situées dans la cuve pour les comparer les unes aux autres. Une sonde placée au milieu de la cuve ne doit pas indiquer une température inférieure à celles se situant en dessous d'elle et ne doit pas indiquer une température supérieure à celles se situant en dessus d'elle. Cette comparaison est possible s'il y a une seule sonde défectueuse, ce qui est généralement le cas.

### ***5.2 Les illogismes***

La sonde capteur, par exemple, ne doit pas indiquer une température élevée durant la nuit lorsque l'installation est en fonctionnement normal. Dans ce cas, la sonde capteur dériverait.

### ***5.3 Les valeurs limites***

En cours de fonctionnement du circuit solaire, le calcul de l'énergie entrant dans la cuve permet entre autres d'avertir si la valeur est trop basse ou trop élevée.

NOTE : il faut faire particulièrement attention aux détections de dérive qui n'en sont pas. Les phénomènes transitoires sont parmi les plus difficiles à appréhender.

## **6 Matériel utilisé pour la détection des dysfonctionnements**

Pour le fonctionnement classique d'une installation solaire, il est nécessaire d'avoir un boîtier électronique et des sondes de température. Dans le cas du kit solaire AGENA, il y a six sondes de température et un régulateur centralisé pour la gestion de l'apport solaire et de l'appoint. Pour augmenter la qualité du contrôle de cette installation, nous avons choisi d'ajouter un compteur volumétrique sur le circuit solaire et une cellule pour la mesure de l'irradiance solaire sur le plan des capteurs. Bien sûr, il serait possible d'ajouter des instruments de mesures tel qu'un compteur de chaleur pour l'eau chaude sanitaire. Pour des raisons commerciales et financières nous avons décidé de limiter nos points de mesures.

## 7 Logique de détection

Nous avons séparé en deux la logique de détection. La première partie utilise le matériel indispensable au bon fonctionnement de l'installation solaire à savoir les sondes de température. La deuxième partie emploie du matériel comme le compteur volumétrique ou la cellule solaire.

**Toutes les valeurs numériques sont données à titre indicatif. Elles dépendent du type de matériel utilisé.**

### ***7.1 Première partie (utilisation simple des sondes de température)***

#### **7.1.1 Comparaisons entre sondes**

##### ***7.1.1.1 Dans la cuve***

- Chaque valeur de température doit être inférieure à celle indiquée par la sonde se situant au dessus.
- Chaque valeur de température doit être supérieure à celle indiquée par la sonde se situant en dessous.

Afin d'éviter la détection de défauts dus à la précision des sondes ou à des phénomènes convectifs temporaires, une marge d'erreur de 1 ou 2 K ( $\Delta T_1$ ) doit être ajoutée. Ainsi nous obtenons pour la sonde S5 l'équation suivante :

$$(S6 + \Delta T_1) > S5 > (S4 - \Delta T_1) \quad (1)$$

$$(S5 + \Delta T_1) > S4 > (S3 - \Delta T_1) \quad (1')$$

En cas de détection de défaut, la cause peut être une dérive de sonde.

##### ***7.1.1.2 Bas de cuve et aller vers les capteurs***

Il va de soi que les sondes se situant aux extrémités haute et basse de la cuve ne bénéficient pas de l'encadrement d'équations (1) et (1'). Toutefois, pour la sonde en bas de cuve, une comparaison avec la sonde S2 se situant sur la conduite allant vers les capteurs permet de pallier à ce manque. Ceci est possible uniquement lors du fonctionnement du circulateur solaire. Il faut attendre également 10 à 15 minutes avant de valider le défaut afin de s'affranchir des phénomènes transitoires. L'équation devient :

$$(S4 + \Delta T_1) > S3 > (S2 - \Delta T_1) \quad \text{si } P1 = \text{ON} \quad (2)$$

La sonde S2 (conduite allant vers les capteurs) doit être proche de S3 lorsque le circulateur solaire est en fonction et qu'il tourne depuis un certain temps. L'équation devient :

$$(S3 + \Delta T_1) > S2 > (S3 - \Delta T_2) \quad \text{si } P1 = \text{ON} \quad (3)$$

Avec par exemple :  $\Delta T_2 = 10 \text{ K}$

En cas de détection de défaut sonde, les causes peuvent être :



- une dérive de sonde,
- un entartrage de l'échangeur solaire.

### **7.1.1.3 Capteurs et aller vers les capteurs**

Dans tous les cas, il faut attendre 10 à 15 minutes après l'enclenchement du circulateur avant de valider un défaut afin de s'affranchir des phénomènes transitoires.

La différence de température entre la sonde S2 et la sonde capteurs S1 ne doit pas dépasser une certaine valeur en cours de fonctionnement normal. S'il y a dépassement de cette valeur pendant plus de 15 minutes, alors il y a une dérive.

$$S1-S2 < 40 \text{ K} \quad \text{si } P1 = \text{ON} \quad (4)$$

En mode de refroidissement nocturne, la valeur de la sonde S2 doit être supérieure à celle de la sonde capteurs S1.

$$S1 < S2 \quad \text{mais} \quad S2 - S1 < 15 \text{ K} \quad (5) \text{ et } (6)$$

En cas de détection de défaut sonde, les causes peuvent être :

- une dérive de sonde,
- un débit faible dans le circuit solaire,
- l'heure de la régulation dérégulée.

## **7.1.2 Illogismes**

### **7.1.2.1 Capteurs – Sonde S1**

Durant la nuit et lorsque l'installation est à l'arrêt, la sonde capteur ne doit pas indiquer une température trop élevée.

$$S1 < 35 \text{ °C} \quad (7)$$

En cas de détection de défaut sonde, les causes peuvent être :

- une dérive de sonde,
- l'heure de la régulation dérégulée.

### **7.1.2.2 Aller vers les capteurs - Sonde S2**

La température ne doit pas être plus élevée qu'une certaine valeur 4 heures après l'arrêt du circulateur solaire.

$$S2 < 40 \text{ °C} \quad \text{après } \Delta t = 4 \text{ h} \quad (8)$$

En cas de détection de défaut sonde, la cause peut être une dérive de sonde.

### **7.1.2.3 Appoint**

La température d'appoint doit être atteinte au moins une fois durant les 24 dernières heures, lorsque l'installation est en mode de fonctionnement normal.

En cas de détection de défaut appoint, les causes peuvent être :

- une dérive locale (S6) ou globale des sondes dans la cuve,
- l'heure de la régulation dérégulée,
- un fort entartrage de l'échangeur,
- une consigne sanitaire trop basse de la chaudière par rapport à la consigne sanitaire du kit solaire,
- une panne de chaudière ou panne de l'appoint électrique,
- un relais défectueux de la régulation du kit solaire.

### **7.1.3 Valeurs limites**

#### **7.1.3.1 Capteurs – Sonde S1**

Durant la journée, la sonde capteur ne doit pas indiquer une température supérieure à une certaine limite.

$$S1 < 120 \text{ °C} \quad (9)$$

En cas de détection de défaut sonde, les causes peuvent être :

- une dérive de sonde,
- un débit insuffisant dans le circuit solaire,
- le circulateur solaire défectueux,
- la vanne (V1) supérieure défectueuse,
- un relais défectueux de la régulation du kit solaire.

La sonde capteur doit également indiquer une température supérieure à une certaine limite.

$$S1 > -40 \text{ °C} \quad (10)$$

En cas de détection de défaut sonde, les causes peuvent être :

- une dérive de sonde,
- un froid exceptionnel.

#### **7.1.3.2 Autres sondes (S2 à S6)**

Dans tous les cas, les sondes ne doivent pas indiquer des valeurs extrêmes.

$$S2...6 < 100 \text{ °C} \quad (11)$$

$$S2...6 > 0 \text{ °C} \quad (12)$$

En cas de détection de défaut sonde, les causes peuvent être :

- une dérive de sonde,
- un local technique trop froid.

## 7.2 Deuxième partie (utilisation de matériel supplémentaire)

### 7.2.1 Compteur volumétrique

En plus du comptage d'énergie, le compteur volumétrique permet de contrôler le débit circulant dans les conduites solaires. Il est donc possible de détecter immédiatement un débit trop faible.

$$\text{Débit} > \text{débit mini} \quad (13)$$

En cas de détection de débit trop faible, les causes peuvent être :

- un manque de liquide,
- un défaut du circulateur solaire,
- un défaut d'une ou des vannes (V1 à V3),
- un défaut du vase d'expansion,
- un défaut d'un ou des relais de la régulation du kit solaire,
- un défaut du compteur volumétrique.

Le compteur d'énergie nous donne également une indication sur la puissance instantanée des capteurs solaires. Il est ainsi possible de détecter une puissance trop élevée par rapport à la normale. Afin que le défaut soit validé, la valeur doit être dépassée pendant un certain temps afin de tenir compte de phénomènes transitoires.

$$\text{Puissance mesurée} < \text{Puissance théorique maximum} \quad (14)$$

En cas de détection d'une puissance trop élevée, les causes peuvent être :

- un défaut du compteur volumétrique,
- une dérive des sondes capteurs (S1) ou aller vers les capteurs (S2).

### 7.2.2 Cellule solaire

La cellule solaire permet d'affiner le contrôle du comptage d'énergie. Connaissant le rendement des capteurs à une certaine température et l'ensoleillement, il est possible de calculer la puissance théorique fournie par les capteurs. Cette puissance peut être comparée à celle calculée à l'aide du compteur volumétrique. Il faut attendre 10 à 20 minutes avant de valider ce type de défaut afin de s'affranchir des phénomènes transitoires.

$$\dot{V} \cdot \rho_{\text{Eauglycolée}} \cdot C_{p \text{ Eauglycolée}} \cdot (S1 - S2) \approx \text{Irradiance} \cdot \eta_{\text{Capteur}} \cdot \text{Surface}_{\text{Capteur}} \quad (15)$$

En cas de détection d'un défaut, les causes peuvent être :

- un débit insuffisant dans le circuit solaire,
- une dérive des sondes capteurs (S1) ou aller vers les capteurs (S2),
- le circulateur solaire ou une vanne défectueux,
- l'enneigement,
- un défaut du compteur volumétrique,
- un défaut de la cellule solaire.

Un autre contrôle peut être réalisé avec la cellule solaire. L'irradiance doit être nulle durant la nuit. En cas de détection d'un défaut, les causes peuvent être :

- l'heure dérégulée,
- un défaut de la cellule solaire.

### 7.3 Détections erronées

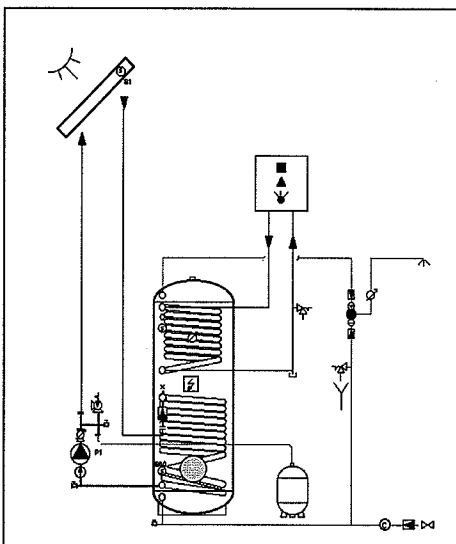
Certains défauts erronés peuvent être détectés comme par exemple la sonde S2 en dérive car indiquant une température de 90 à 110 °C. Ceci peut arriver lors d'une mise en vapeur du liquide se trouvant dans les capteurs solaires. Il apparaîtra alors d'autres défauts comme la température capteurs trop élevée ou le débit insuffisant.

La détection de défauts sur le long terme est délicate. La comparaison des performances d'une installation solaire est fortement tributaire de son taux d'utilisation. L'apport solaire brut des capteurs solaires est d'environ 600 à 700 kWh/m<sup>2</sup>an pour un kit solaire normalement dimensionné. La diminution du nombre de personnes composant la famille peut faire passer cet apport solaire aux environs de 400 kWh/m<sup>2</sup>an.

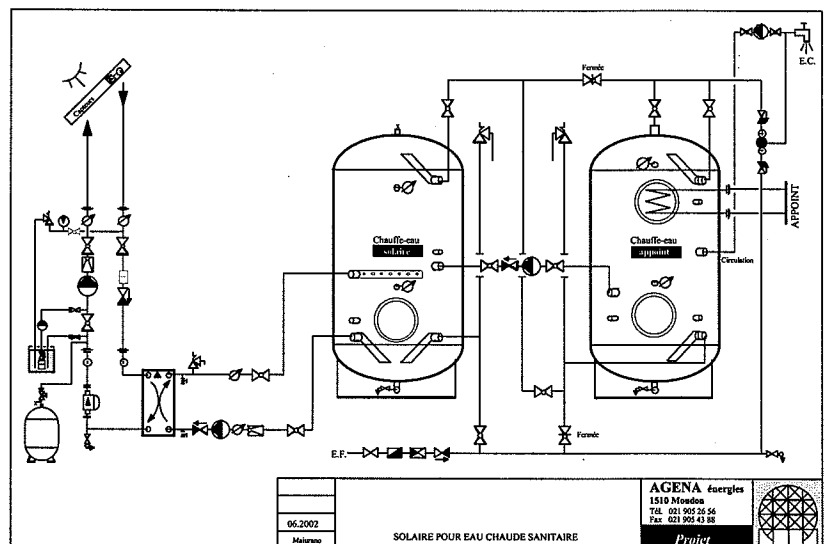
## 8 Transfert de la logique à d'autres installations

Chaque installation est différente. Il faut donc adapter la détection des dysfonctionnements ainsi que la gestion des modes secours. De plus, le nombre et l'emplacement des points de mesures sont différents. Considérons deux autres cas :

- L'installation simple de petite dimension avec deux sondes de température. Une sonde capteurs et une sonde en bas de cuve. La régulation gérant simplement l'apport solaire.
- L'installation simple de plus grande dimension avec deux cuves et un échangeur de chaleur externe. Le système comprend une sonde capteurs, une sonde en bas de cuve et une sonde en haut de la cuve solaire.



(A)



(B)

Figure 2 : Installation simple de petite (A) et de grande dimension (B)

Le transfert des détections de défauts à d'autres installations peut paraître problématique, mais nous nous apercevons que la logique est transposable sans difficulté majeure. Quelques adaptations sont à prévoir principalement pour les valeurs limites ou les DeltaT.

Transfert de la logique à d'autres installations															
N° d'équation	1	2	3	4*	5*	6*	7	8	9	10	11	12	13	14*	15*
Installation type	B	-	-	A B	A B	A B	A B	-	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B

Figure 3 : Transposition de la logique de détection à d'autres types d'installation

\*: la sonde S2 est remplacée par la sonde en bas de cuve.

Il faut augmenter les marges d'erreurs.

## 9 Récapitulation

Equation N°	Principe	Matériel utilisé	Conditions	Causes	Transposable
1	Comparaison	Sondes	-	Défaut sondes	Oui
2	Comparaison	Sondes	Solaire enclenché	Défaut sondes	Non
3	Comparaison	Sondes		Entartrage échangeur solaire	Non
4	Comparaison	Sondes		Défaut sondes	Oui
5	Comparaison	Sondes	Refroidissement nocturne	Défaut débit	Oui
6	Comparaison	Sondes		Heure dérégulée	Oui
7	Illogisme	Sonde	Arrêt solaire	Défaut sondes Heure dérégulée	Oui
8	Illogisme	Sonde	Arrêt solaire	Défaut sondes	Non
9	Valeur limite	Sonde	-	Défaut sondes Défaut débit Défaut matériel	Oui
10	Valeur limite	Sonde	Arrêt solaire	Défaut sondes Froid exceptionnel	Oui
11	Valeur limite	Sonde	- / Arrêt solaire (S2)	Défaut sondes	Oui
12	Valeur limite	Sonde		Local technique froid	Oui
13	Valeur limite	Sondes + compteur	Solaire enclenché	Défaut débit Défaut matériel	Oui
14	Comparaison	Sondes + compteur	Solaire enclenché	Défaut sondes Défaut matériel	Oui
15	Comparaison	Sondes + compteur + Cellule sol.	Solaire enclenché	Défaut sondes Défaut débit Défaut matériel	Oui
Appoint (cf. 7.1.2.3)	Illogisme	Sonde	-		Oui

Figure 4 : Tableau récapitulatif

Au vu du tableau, le compteur volumétrique et la cellule solaire ne semblent pas indispensables à la détection des dérives. Toutefois, ce matériel permet une détection précoce et plus fiable des défauts. Par exemple, la détection d'un débit faible peut être réalisée avec seulement la sonde capteurs mais seulement en cas de fort ensoleillement. De plus, le compteur volumétrique n'a pas qu'une fonction de surveillance, mais permet également un comptage d'énergie.

Une bonne connaissance de l'installation est requise pour l'établissement de logiques de détection. Il est évident que toute modification d'une logique ou d'une valeur doit être suivie d'une réflexion sur les éventuelles détections erronées.

## 10 Perspectives

Une régulation détectant précocement les dysfonctionnements permet :

- de préserver le matériel d'usure prématurée,
- de faciliter l'intervention et sa planification,
- de réaliser des économies sur l'énergie d'appoint.

Toutefois, le développement d'un régulateur entièrement nouveau engendre des délais importants de mise au point.

Un banc de simulation permet de tester toutes les situations que peut rencontrer une installation solaire ainsi que les pannes possibles. Il n'y a pas de campagne de mesures réalisées dans le cadre de ce contrôle.

Un KITSOL, installé dans les locaux d'AGENA, permettra de tester le comportement sur une installation réelle. L'avantage d'une telle installation est une utilisation pouvant reproduire plusieurs cas de figure, soutirage faible ou élevé d'eau chaude sanitaire, voire pas de soutirage (risque de surchauffe)... Des mesures toutes les minutes permettront de détecter tous les éventuels dysfonctionnements et les phénomènes transitoires indésirables.

Une fois testée avec succès, l'évolution suivante est de généraliser la logique à d'autres types d'installations solaires. Certaines logiques peuvent être reprises pour des installations de chauffage et eau chaude non solaires comme la fonction de l'appoint (cf. 7.1.2.3). De plus, le stockage de données dans l'électronique des régulations progresse de jour en jour. Des valeurs journalières pourraient ainsi être enregistrées puis transférées sur un ordinateur afin d'être traitées. De ce fait, le diagnostic de panne ainsi que le suivi d'installation seraient grandement améliorés.

## Annexe

### Liste et fréquence des pannes

%	Défaut	Régulation moderne conventionnelle	Régulation KIT4 2002	Régulation évolution
	Sonde débranchée ou abîmée	○/●	●	●
	Sonde en court-circuit ou abîmée	○/●	●	●
	Sonde en dérive	—	—	●
	Compteur volumétrique défectueux	—	—	●
	Electronique de la régulation défectueuse	—	—	—
	Relais de la régulation défectueux	—	●	●
	Paramétrage erroné de la régulation	—	—	—
	Coupure de courant	—	—	●
	Fuite circuit solaire	—	●	●
	Thermosiphon dans les capteurs	—	—	●
	Conduites croisées	—	—	●
	Remplissage ou purge mal réalisé	—	●	●
	Echangeur solaire entartré ou trop petit	—	○	●
	Circulateur défectueux	—	○	○
	Vanne ou moteur de vanne défectueux	—	●	●
	Vase d'expansion pas assez gonflé ou défectueux	—	●	●
<b>Hors circuit solaire</b>				
	Echangeur appoint entartré ou trop petit	—	—	○
	Mitigeur	—	—	—

- Pas de défaut signalé
- Défaut signalé sans mode secours
- Défaut signalé et mode secours enclenché

Concernant la période 2002, la fréquence des défauts sera analysée et sera communiquée ultérieurement.