

Le suivi des installations de chaleur solaire collective



Cahier des charges des trois fonctions disponibles

Introduction

Un projet en solaire thermique collectif ne s'arrête pas à la mise en service de l'installation.

Comme le rappelle l'ensemble des outils SOCOL et notamment le guide du commissionnement, une installation doit avant tout être bien conçue et dimensionnée, puis mise en œuvre par un professionnel qualifié et aboutir à une mise en service dynamique documentée. Ensuite commence la vie de l'ouvrage, qui pourra garantir une production d'eau chaude sanitaire solaire pendant des décennies en étant entretenue par un professionnel compétent.

Cependant, au cours de la vie de l'installation solaire comme de tout ouvrage, les aléas sont inévitables : une pièce qui s'use, un changement inattendu des consommations en eau chaude sanitaire... Une panne peut se produire et ce, sans que les consommateurs ne s'en doutent puisque l'appoint (gaz, fioul, électrique...) viendra prendre le relais pour compenser l'arrêt de l'apport solaire. Une panne pourtant mineure, mais non détectée, peut avoir des conséquences graves sur l'installation et même mettre en danger sa pérennité. Il est donc essentiel de prévoir, dès le pré-projet, un dispositif de suivi de l'installation.

Par ailleurs, il faut noter qu'une installation bénéficiant d'un suivi adapté permettra de s'orienter vers un contrat de maintenance curative et non préventive, **ce qui permet de réduire les coûts d'exploitation.**

Enfin, une bonne connaissance des conditions de fonctionnement d'une installation en solaire thermique collectif est indispensable pour qu'elle puisse atteindre et maintenir un niveau performance optimal.

Le suivi est le seul moyen de garantir le bon fonctionnement de l'installation sur la durée et de mener une exploitation cohérente avec la technologie et les économies générées.

On peut distinguer 3 types de fonctions de suivi des installations solaires thermiques qui répondent à 3 objectifs complémentaires. Certains outils répondent à un seul des objectifs, d'autres à plusieurs.

1. **Alerte** : être alerté si l'installation n'est pas en état de fonctionnement normal (détection de non fonctionnement) – cette alerte peut consister en un simple dispositif peu onéreux (voyant général de défaut, envoi automatique d'un sms, vérification en interne par le maître d'ouvrage...).
2. **Suivi simplifié** : faire des bilans énergétiques
 - pour connaître la performance – valeur absolue de productivité capteur par exemple, directement liée à la performance économique
 - pour connaître la qualité de fonctionnement – comparaison avec une valeur théorique calculée dans les conditions d'usage, c'est-à-dire soutirage réel et ensoleillement réel (mesuré ou calculé à partir de données mesurées à proximité par un organisme, Météo-France ou autre).
3. **Suivi détaillé** : disposer de données de mesures permettant d'établir un diagnostic (causes du dysfonctionnement).

Le suivi de type Alerte peut consister simplement en l'installation d'un matériel pour cet usage, et venir en complément d'une prestation de suivi simplifié ou détaillé.

NB : Certains dispositifs de suivi permettent aussi d'intervenir à distance sur la régulation : dans certains cas, cela peut permettre d'ajuster un paramètre de configuration (mauvais delta T par exemple) mais également de résoudre temporairement un problème (modification de la stratégie en cas de surchauffe : travailler en températures hautes par exemple).

Cela peut également permettre d'identifier un problème et de remettre en route temporairement, le temps de l'intervention, l'installation (exemple : pour une sonde défectueuse, on pourra forcer la pompe).

Ce document propose un cahier des charges détaillé pour la mise en œuvre de chacune de ces fonctions.

1. Mesures en continu – Alerte état de fonctionnement

a) Objectif

Le principe de ce suivi est d'indiquer au plus tôt si l'installation n'est plus dans son état normal de fonctionnement ; avec une instrumentation la plus simple et la moins onéreuse possible.

Il s'agit d'une information qualitative, qui doit entraîner une intervention humaine pour vérification et remise en état.

Attention : qui dit quitter l'état normal de fonctionnement dit que celui-ci a été initialement contrôlé et validé lors de l'étape commissionnement, cruciale pour la vie de l'installation.

b) Matériel

Un point majeur de ce type de suivi est de viser le prix le plus bas possible.

Cela a un impact fort dans le choix de l'instrumentation mise en œuvre, en mettant l'accent plutôt sur de l'intelligence déportée et moins sur du matériel de mesure :

- 1^{ère} option – utiliser la régulation de l'installation et ses éléments de base
 - pour signaler un mesureur ou un actionneur défectueux
 - pour signaler un niveau de température suspect
- 2^{ème} option – connecter à la régulation des mesureurs spécifiques pouvant indiquer un dysfonctionnement :
 - Débitmètre
 - Sondes de température
 - Pressostat
- 3^{ème} option – utiliser l'automate de télé relève du bilan énergétique (chapitre 2) pour effectuer le même type de contrôle
- 4^{ème} option – utiliser un dispositif intelligent capable de combiner des informations pour en déduire un dysfonctionnement – voir l'offre de service disponible

c) En local ou à distance ?

Bien entendu, un voyant lumineux de défaut dans le local technique peut être très utile, mais dans la mesure où l'idée est de connaître dès que possible l'arrivée d'un dysfonctionnement, une alerte à distance, par SMS, mail ou autre, avec un libellé de défaut, semble le plus adapté.

Attention tout de même à prévoir de manière régulière (une fois par an est une bonne récurrence) une visite de l'installation pour un contrôle visuel permettant de détecter les détériorations qui ne se verront pas facilement sur le fonctionnement (exemple : la corrosion...)

2. Bilans énergétiques – Alerte niveau de performance ou de fonctionnement

a) Objectif

Deux constats plaident pour l'intérêt de réaliser des bilans énergétiques réguliers sur les installations solaires thermiques :

- Un état apparent normal de fonctionnement n'est pas garant à 100% du niveau de performance de l'installation qui, d'une part, peut être dégradé par un ensemble de petits dysfonctionnements non facilement contrôlables automatiquement et d'autre part est fortement dépendant des conditions d'usage (ensoleillement et puisage) ;
- Estimer l'énergie économisée par une installation solaire est nécessaire pour évaluer précisément sa rentabilité.

Attention, il n'est pas possible de mesurer directement l'énergie économisée.

Ce que l'on mesure en général, ou estime dans certains cas (voir § matériel), est l'Energie Solaire Utile, c'est-à-dire toute l'énergie transmise par l'ensemble de l'installation solaire (stockage compris – bouclage compris pour un CESCO ou un CESCOI) à la production conventionnelle d'ECS ; que ce transfert d'énergie se fasse via le soutirage ou le bouclage sanitaire, ou une pompe entre 2 ballons, etc...

On peut en déduire l'énergie économisée, qui est l'énergie solaire utile divisée par les rendements de stockage et de génération de l'appoint.

Il y a deux usages habituels de cette mesure d'énergie solaire utile :

- soit de manière absolue et généralement annuelle et ramenée au m² de capteur. Cela quantifie la performance de l'installation. Le Fonds Chaleur, par exemple, demande ce traitement, avec des seuils minimum d'énergie solaire utile par m² de capteur à atteindre selon la zone géographique de l'installation.
- soit de manière relative, et généralement mensuelle, en la comparant à une valeur calculée théorique. Cela quantifie alors le fonctionnement de l'installation : sa performance est-elle celle qu'on devrait avoir dans les conditions d'usage (ensoleillement et puisage) qui ne sont pas forcément celles prévues lors de l'étude ?

b) Matériel

En annexe 1 est présenté le matériel minimal pour mesurer ou estimer l'énergie solaire utile, ainsi que le volume et l'énergie soutirée, grandeurs nécessaires à un calcul théorique pour comparaison.

A ce matériel peut s'ajouter, pour améliorer la précision des bilans :

- Un comptage énergétique direct du besoin en appoint séparé. Dans le cas de l'utilisation de compteurs d'énergie, cela suppose un compteur complet, assez coûteux, Dans le cas d'une intégration de l'énergie par un automate, seule une sonde de température supplémentaire est nécessaire ; mais c'est l'automate qui représente un coût...

- Une sonde d'irradiation dans le plan des capteurs

Au moins 3 solutions pour l'intégration des énergies : la régulation du système ; un automate dédié ou des compteurs complets avec intégrateur (solution représentée dans l'annexe 1).

c) En local ou à distance ?

Plusieurs considérations peuvent peser du côté du relevé de mesures locales :

- Le pas de temps mensuel d'analyse et d'alerte n'exige pas une connexion à distance ; d'autant plus que les compteurs d'énergie disposent d'une fonction qui n'oblige pas à une visite le 1er du mois ; la mémorisation des index fin de mois.
- Un passage de temps en temps dans le local technique à titre préventif ne fait pas de mal et est souvent déjà réalisé pour l'appoint.
- On est sûr qu'au moins une personne regarde les valeurs régulièrement.
- Par ailleurs ce relevé manuel n'empêche pas un système d'alerte automatique et à distance : il existe des services web de saisie des valeurs relevées qui les traitent, réalisent le calcul théorique pour comparaison et alerte par mail.

Cependant, le relevé manuel demande une régularité et une astreinte humaine pour sa réalisation d'une part et d'autre part, un relevé de ces comptages à distance peut être une bonne solution si son coût n'est pas trop élevé au regard des économies engendrées par l'installation :

- Cumul possible de la liaison avec les autres types de suivi.
- Limitation des déplacements sur site.

3. Enregistrement de données – Aide au diagnostic

a) Objectif

Le but de ce type de suivi est de disposer de données détaillées, à pas de temps assez fin (de l'ordre de la minute ou de la dizaine de minutes) pour limiter le temps de non performance des installations : la lecture de ces données, notamment sous forme de courbes, par un spécialiste du solaire permet de localiser le défaut avec précision.

b) Matériel

Les données à stocker ne sont pas figées ; elles peuvent être celles de la régulation de base, mais aussi de l'instrumentation mise en place pour une alerte de dysfonctionnement ou encore celles utilisées pour le comptage énergétique.

Une mesure de l'irradiation facilitera toujours l'analyse : les phénomènes observés dépendent bien entendu de l'ensoleillement en premier lieu.

Que la sauvegarde des données soit locale ou à distance, il est nécessaire de veiller à la plus grande universalité : des fichiers au format texte ou csv seront pour cela le plus adapté.

Une présentation automatique des données sous forme de courbe est clairement un plus pour l'analyse.

Pour des questions de coût on privilégiera un matériel unique qui assure la régulation et cette fonction (et pourquoi pas les autres fonctions de suivis).

c) En local ou à distance ?

L'intérêt d'un accès à distance aux données détaillées est particulièrement intéressant si le système permet également une intervention à distance : modification de la régulation, forçage d'un actionneur...

Annexe

Métrologie minimale pour les bilans énergétiques

a) Schémathèque et emplacement de la métrologie

Le matériel de suivi à mettre en place (nombre et emplacement des compteurs) dépend principalement de deux paramètres :

- Positionnement de l'appoint : intégré au ballon solaire ou séparé
- Présence d'un bouclage sur le ballon solaire

On peut ainsi définir quelques « schémas-type » d'installation solaire, correspondant aux différentes configurations d'instrumentation et d'exploitations des mesures.

Deux types de compteurs sont utilisés :

- Compteur d'énergie thermique : constitué par deux sondes de température (une « chaude » T_c et une « froide » T_f), un compteur volumétrique (V) et un module de calcul et d'affichage $(c1)$, il fournit deux informations : l'énergie (E1) et le volume (V1) qui a traversé le compteur.
- Compteur électrique : il fournit uniquement une énergie (E1).

L'énergie est systématiquement relevée.

Le volume d'eau ne l'est que sur le compteur placé sur le réseau d'eau sanitaire, en entrée du stock solaire.

Sont présentés dans les paragraphes suivants :

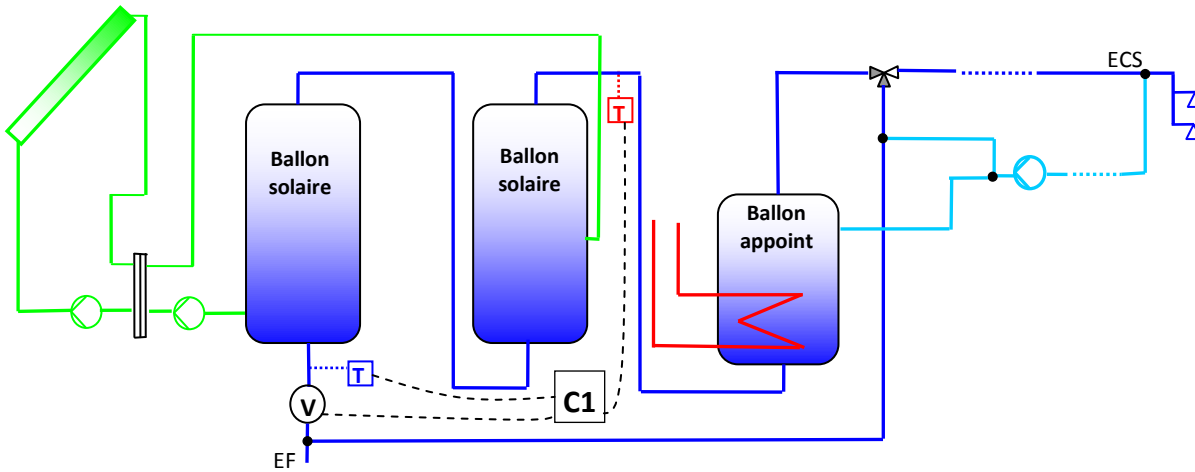
- La métrologie minimale à installer
- Les mesures et calculs à effectuer pour obtenir le besoin énergétique pour le soutirage d'eau chaude (BECS) et l'énergie solaire utile produite (Eu)

Voici les grandeurs utilisées :

Symbole	Définition	Unité
B_{ECS}	Besoin énergétique pour le soutirage d'eau chaude sanitaire	kWh
C_v	Capacité calorifique volumique $\approx 1,16$ pour l'eau	kWh/(m ³ .K)
E_{app}	Energie apportée par l'appoint	kWh
E_u	Energie solaire utile produite	kWh
P_{app}	Pertes du ballon de production ECS dues à l'appoint intégré	kWh
P_{bou}	Pertes de bouclage	kWh
T_{cons}	Température de consigne de l'appoint pour l'ECS	°C
T_{EC}	Température d'eau chaude corrigée	°C
T_{EF}	Température d'eau froide (moyenne mensuelle)	°C

b) Appoint séparé

→ Un compteur d'énergie sur l'eau sanitaire aux bornes du ou des ballon(s) solaire(s).



• **Calcul des besoins en ECS**

Pour pallier le fait que la température de l'eau dans le ballon solaire peut être plus élevée que la température de consigne de l'appoint, on calcule une différence de température (moyenne mensuelle) entre l'entrée et la sortie du ballon solaire :

$$\Delta T = E1 / (Cv \times V1)$$

La température d'eau chaude « corrigée » prise en compte pour calculer les besoins est donc :

$$T_{EC} = \max (T_{cons} ; T_{EF} + \Delta T)$$

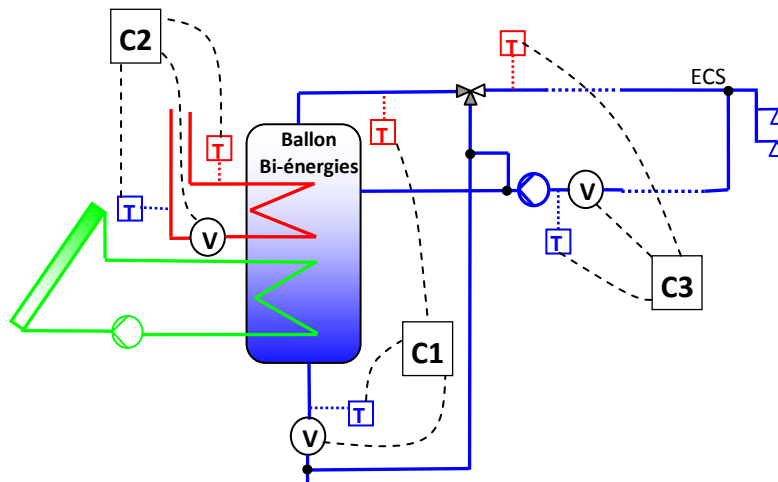
Et : $B_{ECS} = V1 \times Cv \times (T_{EC} - T_{EF})$

• **Mesure de l'Energie solaire utile**

$$Eu = E1$$

c) Appoint intégré

- 1 Compteur d'énergie sur l'eau sanitaire,
- + 1 compteur d'énergie électrique ou hydraulique (exemple ci-dessous)
- + 1 compteur d'énergie sur le bouclage



- **Mesure des besoins en ECS**
 $B_{ECS} = E1$
- **Mesure de l'énergie d'appoint totale**
 $E_{app} = E2$
- **Mesure des pertes de bouclage**
 $P_{bou} = E3$
- **Estimation de l'Énergie solaire utile**
 $E_u = B_{ECS} + P_{bou} - (E_{app} - P_{app}) = E1 + E3 - (E2 - P_{app})$

Avec

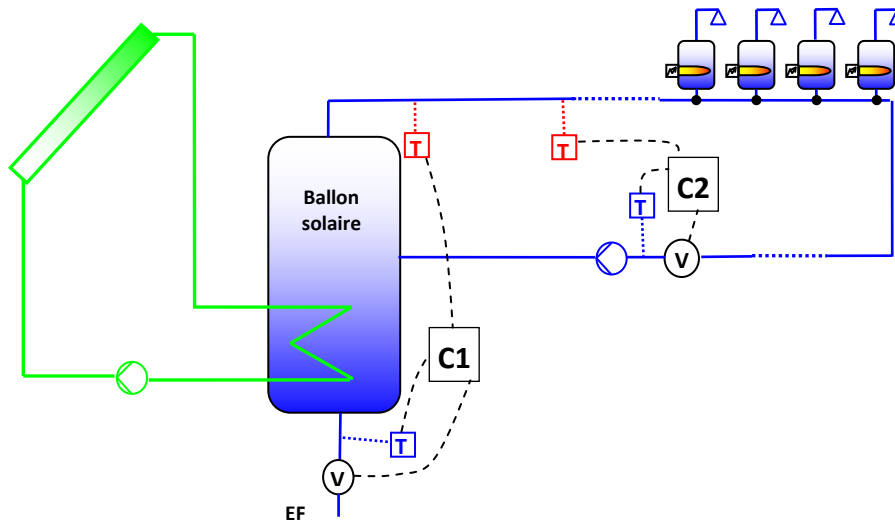
$$P_{app} = 24.N.(T_{ecs} - T_{local}).D.V_{app} / V_n / 1000 \quad (\text{kWh/mois})$$

Avec :

- N = nombre de jours dans le mois
- T_{ecs} = Température de consigne de l'appoint (°C)
- T_{local} = Température du local dans lequel est situé le ballon de stockage (°C)
- D = Coefficient de déperditions thermiques du ballon (W/K)
- V_{app} = Capacité du ballon pouvant être chauffée par l'appoint (l)
- V_n = Capacité nominale du ballon (l)

d) CESCAI

- 1 compteur d'énergie sur l'eau sanitaire (mitigeur compris)
- +
- 1 compteur d'énergie sur la part du retour bouclage passant par le ballon solaire



- **Calcul des besoins en ECS**

Pour pallier le fait que la température de l'eau dans le ballon solaire peut être plus élevée que la température de consigne de l'appoint, on calcule une différence de température (moyenne mensuelle) entre l'entrée et la sortie du ballon solaire :

$$\Delta T = E1 / (Cv \times V1)$$

La température d'eau chaude « corrigée » prise en compte pour calculer les besoins est donc :

$$T_{EC} = \max (T_{cons} ; T_{EF} + \Delta T)$$

E : $B_{ECS} = V1 \times Cv \times (T_{EC} - T_{EF})$

- **Mesure de l'Energie solaire utile**

$$Eu = E1$$

Si on veut faire une comparaison avec un calcul SOLO, on doit déduire les pertes de bouclage E2 à l'énergie solaire utile théorique calculée par la méthode SOLO (Eu_{thSOLO}).

L'énergie solaire utile théorique s'écrit alors : $Eu_{th} = Eu_{thSOLO} - E2$

Attention toutefois, cela permet de vérifier un bon fonctionnement global, même avec des pertes E2 importantes...

e) Appoint séparé et retour contrôlé du bouclage dans le stock solaire ou appoint

→ 1 compteur d'énergie sur l'eau sanitaire

+

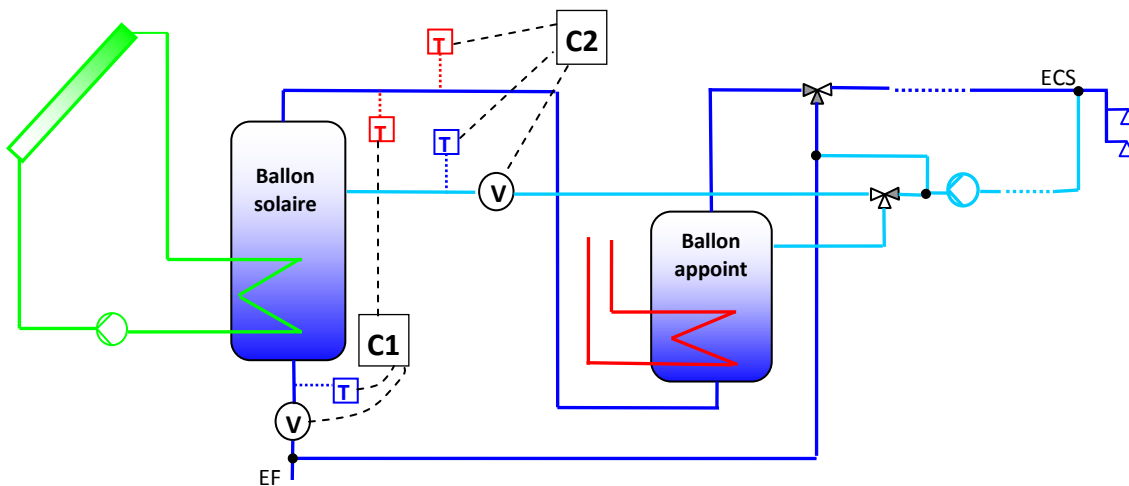
→ 1 compteur d'énergie sur la partie du bouclage passant par le ballon solaire



C2 doit être réversible, c'est-à-dire compter 2 énergies :

E2 quand tout se passe comme prévu

et E'2 lorsque $T < T$ (dysfonctionnement de la fonction récupération d'énergie solaire par le bouclage, néfaste au solaire et qui perturbe la mesure de E1)



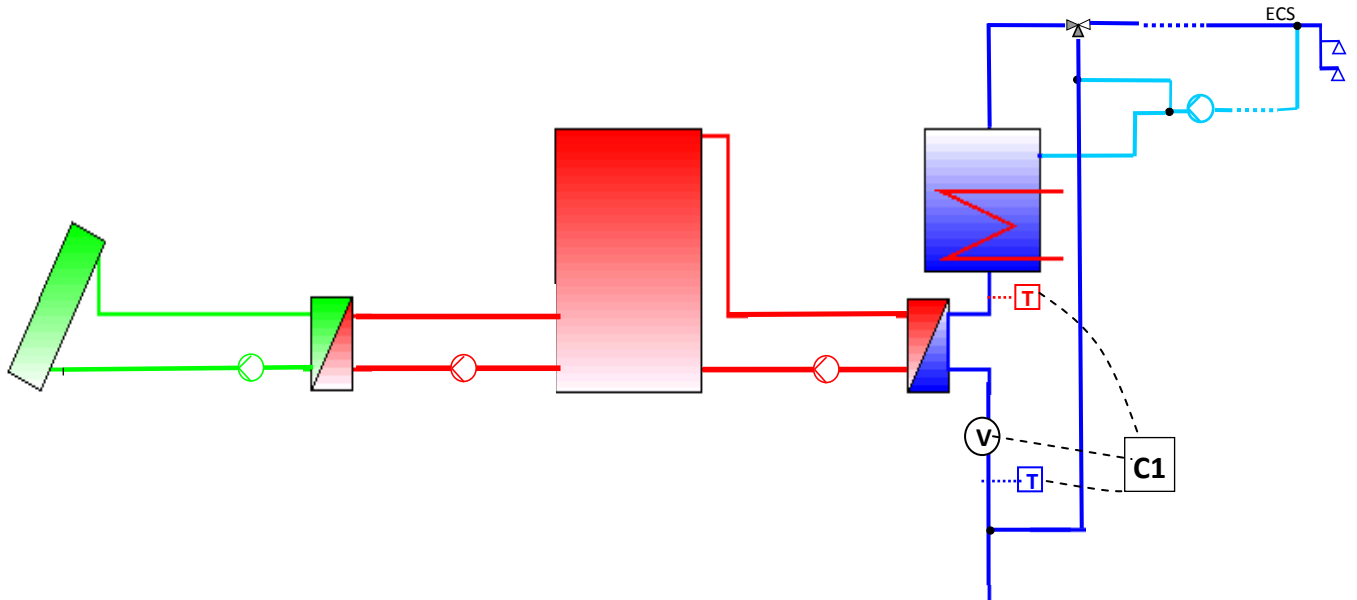
• **Energie solaire utile et besoins**

Idem 1^{er} cas, appoint séparé, mais l'énergie solaire qui compense les pertes de bouclage (lorsque la température dans le stock solaire est suffisante) doit être considérée comme partie intégrante de l'énergie solaire utile. On a alors :

$$E_u = E_1 + E_2 - E'2$$

f) Stockage en eau technique

→ 1 compteur d'énergie sur l'eau sanitaire



• **Calcul des besoins en ECS**

Pour pallier le fait que la température de l'eau dans le ballon solaire peut être plus élevée que la température de consigne de l'appoint, on calcule une différence de température (moyenne mensuelle) entre l'entrée et la sortie du ballon solaire :

$$\Delta T = E1 / (Cv \times V1)$$

La température d'eau chaude « corrigée » prise en compte pour calculer les besoins est donc :

$$T_{EC} = \max (T_{cons} ; T_{EF} + \Delta T)$$

Et : $B_{ECS} = V1 \times Cv \times (T_{EC} - T_{EF})$

• **Mesure de l'Energie solaire utile**

$$Eu = E1$$

g) Caractéristiques de la métrologie

1. Compteurs d'énergie thermique

Concernant la certification des compteurs d'énergie thermique, et des éléments individuels qui le composent, la réglementation en vigueur est dans une période de transition.

En effet, la directive européenne nouvelle approche MID 2004/22/EC est en application depuis le 30 octobre 2006, mais l'ancienne approche (selon directive CEE 75/33) est valable 10 ans à partir de cette date, pour les matériels mis sur le marché avant cette date.

Dans ce document seront donc précisées les caractéristiques requises dans l'un et l'autre des modèles de certification.

2. Compteurs d'énergie complets

Réglementairement, les compteurs d'énergie thermique utilisés pour la facturation doivent être certifiés :

- En classe 1 dans l'ancienne approche
- ou MID (quelle que soit la classe) dans la nouvelle approche

Le cas d'octroi de subventions lié à la mesure pose question sur son statut de « facturation » ou non.

En l'état actuel, il paraît cependant difficile d'imposer une certification globale car :

- Impossibilité d'intégrer l'énergie dans un automate
- Mise en service obligatoire, avec plombage des éléments (environ 250 € par compteur avec le l'arrêté du 3 septembre 2010)

=> En dehors de la problématique liée à l'ACS, cela impliquerait de toute manière un coût plus important.

3. Sondes de température

Les sondes utilisées seront de type Pt100, Pt500 ou Pt1000.

L'appairage doit prendre en compte les longueurs de raccordement, qui seront choisies en conséquence afin de ne pas devoir rallonger les câbles.

Idéalement les sondes seront installées dans des doigts de gant adaptés au diamètre de la sonde, avec utilisation obligatoire d'huile ou pâte thermoconductrice.

Les doigts de gant devront être placés de manière à ce que la zone de sensibilité des sondes de température (généralement 1 cm en bout de sonde) soit centrée dans la tuyauterie.

Certains fabricants de compteurs d'énergie proposent même des vannes spéciales pour immerger les sondes de température.

Cependant la pose de sondes en applique est possible sur les circuits avec ΔT suffisamment élevé (pas le bouclage donc) A CONDITION de respecter un strict mode opératoire : pâte thermoconductrice + scotch alu tout autour du tuyau pour fixer la sonde + bon calorifugeage.

Dans tous les cas, les conditions d'installation des 2 sondes composant un compteur d'énergie doivent être strictement identiques.

4. *Mesureur hydraulique*

La fréquence de la sortie impulsion des mesureurs hydrauliques sera de 1 litre / impulsion.
Les sens de pose et les longueurs droites préconisées par le fabricant devront être respectés.

Pour le circuit eau froide sanitaire,

Classe C (ancienne approche) ou R160 (nouvelle approche)

Préférer une grande étendue de mesure pour compter aussi bien les petits débits que les plus importants : plutôt compteur volumétrique ou ultrason – éviter les compteurs à turbine ou vortex.

Pour les circuits bouclage et appoint hydraulique,

Classe B (ancienne approche) ou R80 (nouvelle approche)

Attention les compteurs bouclage sanitaire doivent être agréés ACS comme ceux destinés à l'eau froide ; et ce n'est pas si fréquent.

5. *Intégrateurs*

Pour les installations sur lesquelles le relevé sera manuel, les intégrateurs-afficheurs doivent posséder une mémorisation des index mensuels pour l'énergie et le volume, au moins sur les 12 derniers mois glissants.

6. *Compteurs d'énergie électrique*

Les compteurs électriques placés en série sur le circuit d'alimentation de la résistance électrique devront être certifiés MID.

En cas de relevé manuel ils devront également s'associer à un appareil permettant une mémorisation des index mensuels sur les 12 derniers mois glissants.