

Fiche explicative détaillée #3

Sécurité du circuit solaire contre les problèmes de surchauffe et le gel

1 Objet et limites du document

Ce document est intimement lié au CCTP type (cahier des clauses techniques particulières), spécifique aux systèmes de climatisation et de chauffage solaire, qui a été réalisé dans le cadre du projet de recherche et développement MeGaPICS (projet ANR). Cette fiche fait partie du livrable MeGaPICS L32 « Fiche détail CCTP ».

Cette fiche technique a pour objectif de présenter les différents moyens disponibles pour protéger le circuit solaire des surchauffes en été et du gel en hiver, de souligner leurs avantages et leurs inconvénients, puis dans un deuxième temps, d'expliquer quelles sont les répercussions du choix de tel ou tel système sur le CCTP type.

Il ne sera décrit ici que les caractéristiques générales communes à chaque système envisagé. Néanmoins, chaque élément le constituant est régi par ses propres caractéristiques et possède son propre comportement, il faudra donc dans tous les cas se référer à la documentation technique du fabricant de chaque élément pour dimensionner le système complet de climatisation et chauffage solaire, et pour rédiger le CCTP du projet.

2 Généralités

Le circuit solaire est la partie de l'installation produisant la chaleur qui sera éventuellement stockée dans un ballon chaud avant d'être utilisée par la machine à sorption. Les composants clés de ce circuit sont les capteurs solaires qui permettent de transformer l'énergie solaire en énergie thermique utilisable. Lors du fonctionnement normal de l'installation, les capteurs solaires produisent de l'eau chaude à un niveau de température de l'ordre de 65°C à 95°C.

Lors des phases pendant lesquelles l'installation ne fonctionne pas (ensoleillement faible, nuit, arrêt prolongé avec périodes d'exposition à un ensoleillement important prolongé, problème technique, etc.), il se pose alors deux problèmes majeurs liés aux conditions extérieures d'ensoleillement et de température : la surchauffe des capteurs en été, et le gel du fluide caloporteur en hiver.

La surchauffe du circuit solaire doit être évitée car le système solaire ne doit pas fonctionner comme un générateur de vapeur (quantité de vapeur inférieure à 25 litres dans le circuit. Si cette quantité est supérieure à cette valeur, le capteur est considéré comme un appareil de production de vapeur et donc tombe sous le coup d'une réglementation en France restrictive vis à vis de la sécurité : timbrage des soupapes, raccord spécifiques, etc.), en effet, une quantité trop importante de vapeur dans le circuit augmente significativement la pression dans ce dernier ce qui entraîne de nombreux problèmes, de fuites notamment.

Le gel dans les capteurs doit également être évité car le volume de fluide augmente en se solidifiant, cela pourrait donc entraîner de forts dommages dans les canalisations et en particulier dans les canalisations de faibles diamètres qui sont présentes dans les capteurs notamment au niveau des serpentins en version "méandre". Plusieurs solutions sont alors envisageables pour éviter ces deux problèmes ou limiter leurs effets.

3 Solutions techniques envisageables

3.1 Système classique : circuit en pression et utilisation de fluide antigel

3.1.1 Principe

Ce système est le plus courant et le plus utilisé aussi bien en climatisation/chauffage solaire que pour les systèmes classiques de production d'eau chaude sanitaire solaire.

Le fluide circulant dans les capteurs est un fluide antigel (exemple : eau glycolée) qui permet de rester liquide aux températures négatives. D'autre part, le niveau de pression élevé dans le circuit élève la température d'ébullition, ce qui permet de résister aux surchauffes.

D'autre part, cette solution requiert un dimensionnement approprié du système d'expansion (vase) pour faire face à des températures jusqu'à une centaine de degrés (ou un peu plus selon le fluide utilisé), ainsi que le réglage de la soupape de sécurité, de manière à ce qu'elle soit activée dès que le système rentre durablement en stagnation. En effet, le système solaire ne doit pas fonctionner comme un générateur de vapeur, donc la soupape de sécurité se déclenche automatiquement pour sécuriser le système en stagnation. Dans ce cas, un remplissage et une remise en pression sont alors nécessaires pour une remise en route du système ; cette étape entraîne une intervention lourde car manuelle avec besoin de purger le circuit solaire (nécessite plusieurs jours et au moins deux interventions : une pour remettre en fluide avec les purgeurs ouverts et une autre ensuite pour refermer les vannes d'arrêt sous les purgeurs automatiques).

Un échangeur (soit extérieur à plaques, soit interne au ballon chaud) devra être installé pour que le fluide antigel reste confiné dans le circuit solaire.

3.1.2 Avantages et inconvénients

Avantages

- Maturité technique
- Fiabilité
- Protection contre le gel et contre les surchauffes

Inconvénients

- Nécessite l'installation d'un matériel de sécurité (vase d'expansion, soupape)
- Utilisation d'un fluide antigel (Monopropylène Glycol par exemple)
- Perte de fluide antigel (avec récupération dans un bac prévu à cet effet) si la soupape est activée, et nécessité d'intervention lourde pour remplir à nouveau le circuit solaire
- Nécessité d'avoir un circuit parfaitement étanche dans le temps

3.1.3 Modifications à apporter dans le CCTP

Cette solution étant la solution la plus commune rencontrée dans les installations de solaire thermique, le CCTP type a été rédigé en considérant que cette solution a été choisie en base.

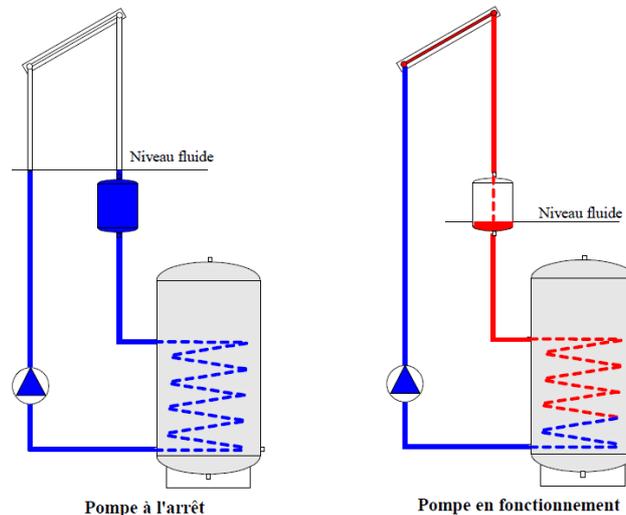
Ainsi, aucune modification fondamentale ne doit être apportée au CCTP type si l'on choisit cette solution de protection contre la surchauffe et le gel.

Une modification peut être envisagée s'il est décidé d'utiliser un échangeur de chaleur interne au ballon de stockage à la place de l'échangeur à plaques externe. Dans ce cas les circuits primaire et secondaire et tous les composants les constituants sont communs, et il y a également une conséquence au niveau de la régulation du système.

3.2 Capteurs auto-vidangeables par gravité (système "Drainback")

3.2.1 Principe

Ce système permet d'évacuer complètement par gravité le fluide des capteurs à chaque arrêt de la pompe. Le circuit solaire doit inclure certains éléments particuliers. Cette technologie permet d'éviter les risques de stagnation et de gel. Les composants de sécurité tels que le vase d'expansion, et les purgeurs ne sont plus nécessaires (une soupape de sécurité est toutefois prévue, en effet si malencontreusement, l'installation en drainback est remise en pression, il faut un organe de sécurité. Une soupape tarée à 5 bars suffit). En contrepartie, un petit stockage intermédiaire et un agencement de la tuyauterie sont nécessaires. Une installation récente de chauffage et climatisation solaire de 7.5 kWfroid (machine à adsorption) avec 25 m² de capteurs plans double vitrage à Perpignan a démontré en 2008 que la technologie « drain-back » ne modifie pas l'efficacité des capteurs ni la consommation électrique de la pompe primaire que se soit en mode chauffage ou climatisation.



Le principe de ce système est le suivant : A l'arrêt de la pompe le niveau du fluide se situe en partie supérieure ou au-dessus du réservoir. Les capteurs et la partie des canalisations dont la capacité correspond au volume d'expansion maximale du fluide sont remplis en air. Lors de sa mise en service la hauteur manométrique à débit nul de la pompe permet de remonter le niveau du fluide jusqu'au niveau supérieur des capteurs en chassant l'air vers le réservoir. Le volume d'air (non renouvelé) permet, d'une part le vidage des capteurs lorsque la pompe s'arrête, d'autre part l'expansion du fluide lors de son échauffement.

Etant donné que ni l'air, ni le fluide ne sont renouvelés en fonctionnement standard, il n'y a pas besoin de traiter l'eau, et il n'y a pas de risque de corrosion.

3.2.2 Avantages et inconvénients

Avantages

- Possibilité d'utiliser simplement de l'eau dans le circuit solaire lorsque les capteurs sont parfaitement vidangeables et que le risque de gel important (-10°C) est inexistant (Sud de la France)
- Matériel de maintien en pression n'est pas nécessaire
- Mise en sécurité automatiquement sans consommation d'énergie, dès que la pompe solaire s'arrête. Et fin du mode de sécurité dès que la pompe solaire se remet en marche.

- Protection contre les surchauffes et contre le gel

Inconvénients

- Non compatible avec certains capteurs solaires (se référer à la documentation technique du fabricant de capteur)
- Après surchauffe et mise en sécurité, il est fortement déconseillé de redémarrer le circuit solaire au dessus d'un certain seuil de température dans les capteurs (120°C par exemple)
- Technique encore relativement peu connue des installateurs

3.2.3 Modifications à apporter dans le CCTP

Si cette solution technique est adoptée, il faut alors effectuer quelques modifications dans la description du circuit solaire dans le CCTP :

- Tous les matériels de sécurité sur la boucle solaire (vase d'expansion, soupape) sont inutiles et ne devront donc pas être présents dans le CCTP. En effet, on est en présence d'un mélange eau/air à la pression voisine de la pression atmosphérique dans le circuit solaire, l'air absorbe donc suffisamment les variations de volumes de l'eau.
- Les purgeurs en partie haute du champ solaire devront également être supprimés.
- Cependant, sur le retour du circuit "capteurs", il faudra ajouter un ballon drainback en acier inox dimensionnée correctement (suffisamment petit pour ne pas rajouter d'inertie au système, mais suffisamment volumineux pour permettre le remplissage total des capteurs et la circulation du fluide lorsque l'installation fonctionne). La hauteur h1 entre le bas du ballon drainback et la pompe devra être supérieure au NPSH de la pompe, la hauteur h2 entre le haut du ballon drainback et le haut des capteurs devra être inférieure à la hauteur manométrique de la pompe.
- Il faudra absolument utiliser une pompe à moteur ventilé et non à moteur noyé pour ce circuit.

3.3 Recirculation nocturne d'eau dans les capteurs

3.3.1 Principe

Ce système de protection est principalement conçu pour limiter les risques de gel dans les capteurs. Le principe est de faire circuler de l'eau chaude dans les capteurs lorsqu'un risque de gel est détecté. Cette chaleur nécessaire pour que ce système fonctionne provient du ballon de stockage chaud (qui a été "rechargé" au préalable soit grâce à l'énergie solaire durant la journée, soit grâce à une source chaude d'appoint).

Il peut également être envisageable d'utiliser cette technique contre les surchauffes en été : l'énergie en surplus dans le ballon est alors évacuée la nuit par radiation à travers les capteurs. Néanmoins cette solution n'est envisageable que si le volume de stockage est élevé et suffisant pour absorber toutes l'énergie en surplus durant la journée (solution plutôt réservée pour les systèmes de production d'ECS incluant un stockage significatif).

3.3.2 Avantages et inconvénients

Avantages

- Facile à mettre en œuvre et sans investissement supplémentaire (simple modification de la régulation)

Inconvénients

- Consommation d'électricité la nuit pour faire fonctionner les pompes
- Perte d'énergie thermique stockée dans le ballon
- Protection contre les surchauffes limitée, et possible seulement dans certaines conditions

3.3.3 Modifications à apporter dans le CCTP

Si cette solution technique est adoptée, les modifications à apporter au CCTP type proposé seront minimales. En effet, le principe général de l'installation ne change pas. Il faudra simplement programmer correctement la régulation du système.

D'autre part, il faut noter qu'en protection contre le gel, cette solution est plus fiable lorsqu'un appoint chaud est utilisé pour alimenter le ballon de stockage.

3.4 Bâchage/couverture des capteurs

3.4.1 Principe

Ce système permet de protéger l'installation contre les surchauffes en été, ou durant les périodes pendant lesquelles l'installation n'est pas en fonctionnement.

Le principe de fonctionnement est simple : lorsque l'installation est sur le point de surchauffer, les capteurs sont protégés du soleil au moyen d'un écran opaque (exemple : bâche). Ce recouvrement des capteurs empêche les rayons du soleil d'être transmis à l'installation, et cette dernière ne surchauffe donc pas.

Deux possibilités techniques sont alors possibles : la première est de mettre en place et d'enlever manuellement cet écran opaque. La seconde est d'installer un système automatique sur rails permettant la couverture ou la découverte des capteurs selon certains critères liés à la régulation.



[Exemple de système : couverture capteur par capteur (source : Kubertor)]

3.4.2 Avantages et inconvénients

Avantages

- Système très efficace pour lutter contre les surchauffes

Inconvénients

- Dans le cas de la mise en place manuelle de l'écran opaque : la manutention est très importante (envisageable seulement pour les longues périodes d'arrêt de l'installation)
- Dans le cas du système automatique sur rail : important surcoût à l'investissement de l'ordre de 100 à 200 euros/m². De plus la durabilité dans le temps du système automatique est difficile à garantir
- Utilisation d'un fluide antigel (Glycol par exemple) pour assurer la protection contre le gel

3.4.3 Modifications à apporter dans le CCTP

Le système "manuel" de bâchage est à considérer comme une solution ponctuelle de protection contre la surchauffe, et ne peut donc pas être considéré comme une solution pérenne lorsque l'installation est en fonctionnement. Aucune modification particulière n'est donc à apporter au CCTP pour cette solution.

Le système "automatique" de bâchage par contre peut être considéré comme une réelle solution pérenne pour lutter contre les surchauffes, il faut alors faire apparaître dans le CCTP tout les matériels liés à son installation (écran opaque, rail, motorisation, etc.) ; mais il faut également que ce système puisse être fonctionnel même en cas de rupture d'alimentation du réseau, une solution

technique pouvant assurer cela (batterie, groupe électrogène) devra donc être mise en place et indiquée dans le CCTP.

3.5 Système de dissipation de chaleur d'urgence

3.5.1 Principe

Il peut être envisagé un système de dissipation de chaleur d'urgence (décharge via un radiateur par exemple). La chaleur en surplus de la boucle solaire est alors évacuée par ce système.

Dans ce cas, ce système doit être opérationnel même en cas de rupture d'alimentation du réseau électrique public. Cela peut être réalisé par une batterie donnant au système une certaine autonomie électrique.

3.5.2 Avantages et inconvénients

Avantages

- Possibilité de régler et stabiliser la température de l'eau produite par la boucle solaire (variation du débit passant par le système de dissipation grâce à une vanne trois voies par exemple)

Inconvénients

- Utilisation d'un fluide antigel (Glycol par exemple) pour assurer la protection contre le gel
- Le dispositif de dissipation doit être dimensionné pour une puissance élevée
- Ce dispositif doit être entretenu pour fonctionner en cas d'urgence
- Nécessite un système d'apport électrique de secours (batterie, groupe électrogène, etc.) d'où un coût prohibitif de l'apport électrique de secours.

3.5.3 Modifications à apporter dans le CCTP

Si cette solution technique est choisie, il faudra alors réaliser toutes les modifications nécessaires à son bon fonctionnement.

Par exemple, si un système utilisant un radiateur est choisi, il faudra installer une déviation au circuit, la proportion de débit passant soit directement soit par le radiateur sera réglée au moyen d'une vanne trois voies. D'autre part, il faudra que ce système fonctionne même en cas de rupture d'alimentation du réseau, une solution technique pouvant assurer cela (batterie, groupe électrogène) devra donc être mise en place et indiquée dans le CCTP.