PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

CHAUFFE-EAU SOLAIRE EN HABITAT INDIVIDUEL

INSTALLATION ET MISE EN SERVICE

JUILLET 2013

NEUF

ÉDITO

Le Grenelle Environnement a fixé pour les bâtiments neufs et existants des objectifs ambitieux en matière d'économie et de production d'énergie. Le secteur du bâtiment est engagé dans une mutation de très grande ampleur qui l'oblige à une qualité de réalisation fondée sur de nouvelles règles de construction.

Le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a pour mission, à la demande des Pouvoirs Publics, d'accompagner les quelque 370 000 entreprises et artisans du secteur du bâtiment et l'ensemble des acteurs de la filière dans la réalisation de ces objectifs.

Sous l'impulsion de la CAPEB et de la FFB, de l'AQC, de la COPREC Construction et du CSTB, les acteurs de la construction se sont rassemblés pour définir collectivement ce programme. Financé dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie grâce à des contributions importantes d'EDF (15 millions d'euros) et de GDF SUEZ (5 millions d'euros), ce programme vise, en particulier, à mettre à jour les règles de l'art en vigueur aujourd'hui et à en proposer de nouvelles, notamment pour ce qui concerne les travaux de rénovation. Ces nouveaux textes de référence destinés à alimenter le processus normatif classique seront opérationnels et reconnus par les assureurs dès leur approbation ; ils serviront aussi à l'établissement de manuels de formation.

Le succès du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » repose sur un vaste effort de formation initiale et continue afin de renforcer la compétence des entreprises et artisans sur ces nouvelles techniques et ces nouvelles façons de faire. Dotées des outils nécessaires, les organisations professionnelles auront à cœur d'aider et d'inciter à la formation de tous.

Les professionnels ont besoin rapidement de ces outils et « règles du jeu » pour « réussir » le Grenelle Environnement.

Alain MAUGARD
Président du Comité de pilotage du Programme
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
Président de QUALIBAT

GRENELLE ENVIRONNEMENT
ENTRONS DANS LE MONDE D'APRÈS

PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

AVANT-PROPOS

Afin de répondre au besoin d'accompagnement des professionnels du bâtiment pour atteindre les objectifs ambitieux du Grenelle Environnement, le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a prévu d'élaborer les documents suivants :

Les **Recommandations Professionnelles** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques de référence, préfigurant un avant-projet NF DTU, sur une solution technique clé améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur vocation est d'alimenter soit la révision d'un NF DTU aujourd'hui en vigueur, soit la rédaction d'un nouveau NF DTU. Ces nouveaux textes de référence seront reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Les **Guides** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter.

Les **Calepins de chantier** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des mémentos destinés aux personnels de chantier, qui illustrent les bonnes pratiques d'exécution et les dispositions essentielles des Recommandations Professionnelles et des Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Les **Rapports** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » présentent les résultats soit d'une étude conduite dans le cadre du programme, soit d'essais réalisés pour mener à bien la rédaction de Recommandations Professionnelles ou de Guides.

Les **Recommandations Pédagogiques** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents destinés à alimenter la révision des référentiels de formation continue et initiale. Elles se basent sur les éléments nouveaux et/ou essentiels contenus dans les Recommandations Professionnelles ou Guides produits par le programme.

L'ensemble des productions du programme d'accompagnement des professionnels « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » est mis gratuitement à disposition des acteurs de la filière sur le site Internet du programme : http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

Sommaire

1 - DOMAINE D'APPLICATION 7

2 - RÉFÉRENCES 8

2.1. • Références réglementaires 8
2.2. • Références normatives 9
2.3. • Autres documents 12

3 - DÉFINITIONS 13

4 - LES SOLUTIONS TECHNIQUES 15

4.1. • Les systèmes à thermosiphon 15
4.1.1. • Les systèmes à thermosiphon monoblocs 15
4.1.2. • Les systèmes à thermosiphon à éléments séparés 16
4.2. • Les systèmes à circulation forcée sous pression 17
4.3. • Les systèmes autovidangeables 18

5 - LES SCHÉMAS HYDRAULIQUES TYPES 19

5.1. • Appoint séparé par ballon 19
5.2. • Appoint intégré dans le ballon (à partir de 200 litres) 21
5.3. • Appoint séparé par chaudière instantanée ou micro accumulation 23

6 - MISE EN ŒUVRE DES CAPTEURS SOLAIRES 25

6.1. • Informations sur les capteurs 25
6.2. • La mise en sécurité des intervenants 26
6.2.1. • Les risques de chute 27
6.2.2. • Les risques de brûlure 28
6.3. • Implantation du chantier 28
6.3.1. • Les échelles 28
6.3.2. • Élévation du matériel 29
6.3.3. • Manipulation et disposition du matériel 29
6.3.4. • Dépose et évacuation des éléments de couverture 30
6.3.5. • Prise en compte du poids des capteurs 30
6.4. • Implantation des capteurs 30
6.4.1. • Généralités 30
6.4.2. • Impact de l'inclinaison des capteurs sur les performances énergétiques. 31
6.5. • L'écran de sous-toiture 32
6.6. • Incorporation et semi-incorporation en toiture 33
6.6.1. • Planéité du support recevant les capteurs 35
6.6.2. • Fixations 36
6.6.3. • Raccordement d'étanchéité entre capteurs 38
6.6.4. • Raccordement d'étanchéité aux éléments de couverture 39
6.6.5. • Ventilation en sous-face 43
6.7. • Indépendant sur support 43
6.7.1. • Toiture inclinée 43
6.7.2. • Toiture terrasse 46
6.7.3. • Paroi verticale 49
6.7.4. • Au sol 50

Conception LENOX – Illustrations : COSTIC – Editeur : AQC – ISBN : 978-2-35443-134-1 – Juillet 2013

7 - MISE EN ŒUVRE DU CIRCUIT PRIMAIRE 52

7.1. • Raccordement hydraulique du champ de capteurs 52
7.1.1. • Préconisations pour le raccordement 52
7.1.2. • Méthodologie de raccordement 53
7.1.3. • Les pénétrations 55
7.1.4. • Cas particulier 57
7.2. • Raccordement hydraulique de la boucle primaire 58
7.2.1. • Purges d'air, séparateur d'air 58
7.2.2. • Les canalisations 61
7.2.3. • L'isolation thermique 65
7.2.4. • Protection contre le gel 66
7.2.5. • Expansion 68
7.2.6. • Équipements de sécurité 70
7.2.7. • Système évitant l'inversion du sens d'écoulement 71
7.2.8. • Circulateur 72
7.2.9. • Débitmètre 73
7.2.10. • Dispositif de remplissage, de vidange et de prélèvement 73
7.2.11. • Instruments de mesure et de contrôle 74

8 - MISE EN ŒUVRE DU DISPOSITIF DE STOCKAGE 75

8.1. • Généralités 75
8.2. • Le local 76
8.3. • Les déperditions du ballon 77
8.4. • Ballons hydrauliques 77
8.5. • Raccordements hydrauliques 79

9 - MISE EN ŒUVRE DU SYSTÈME DE RÉGULATION (INSTRUMENTATION) 80

9.1. • Généralités 80
9.2. • Fonctionnement 80
9.3. • Réglages du régulateur 81
9.3.1. • Les valeurs de delta T 81
9.3.2. • La consigne de chargement du ballon 81
9.3.3. • Les fonctions les plus fréquentes 82
9.4. • Les sondes de température 83
9.4.1. • La sonde d'applique 84
9.4.2. • La sonde à plongeur 85

10 - RACCORDEMENTS ÉLECTRIQUES 87

11 - MISE EN SERVICE ET MISE AU POINT 88

11.1. • • Rinçage, essais d'étanchéité 88
11.2. • Remplissage 90
11.3. • Purge et dégazage 90
11.4. • Mise sous pression 91
11.5. • Réglage du débit 91
11.6. • Réglages de la régulation 92
11.7. • Vérification des organes de mesure et de sécurité 92
11.7.1. • Organes hydrauliques 92
11.7.2. • Organes de mesure 93
11.8. • Tableau de procédures de mise en service 93
Protocole de mise en service 94
11.9. • Explication générale de l'installation 95
11.10. • Quelques détails techniques spécifiques au matériel 96

11.11. • Explications d'opérations de contrôles simples 96
11.12. • Explications des opérations occasionnelles ou saisonnières 96
11.13. • Explications de garanties de l'installation 96
11.14. • Obligations d'entretien et de maintenance : le devoir de conseil..... 97

12 - ANNEXES 99

ANNEXE 1 – FICHE D'AUTOCONTROLE DE FIN DE CHANTIER – POINTS A VERIFIER 100
ANNEXE 2 – FICHE DE DEVOIR DE CONSEIL..... 103

1 DOMAINE D'APPLICATION

Ces Recommandations professionnelles ont pour objet de fournir les prescriptions techniques pour la réalisation d'installations solaires individuelles destinées à la production d'eau chaude sanitaire, désignées chauffe-eau solaires individuels (CESI).

Elles traitent de la mise en œuvre :

- des capteurs solaires thermiques plans vitrés et sous-vide, à circulation de liquide, indépendants sur supports, semi-incorporés, incorporés ou intégrés en toiture ;
- des différents composants du circuit hydraulique assurant le transfert de chaleur des capteurs solaires vers le réservoir de stockage par l'intermédiaire d'un échangeur intégré ou non au réservoir. La circulation est forcée ou non (installation à circulation forcée ou à thermosiphon). Le circuit est rempli de liquide caloporteur avec antigel ou non (installation à circuit indirect) ou d'eau sanitaire (installation à circuit direct). Il est autovidangeable ou non ;
- du réservoir de stockage de l'énergie solaire comportant ou non un dispositif d'appoint ;
- du système de régulation solaire ;
- du système d'appoint pour la production d'ECS ;
- de la distribution d'eau chaude sanitaire.

Elles ne visent pas les installations réalisées avec des capteurs solaires non vitrés et des capteurs solaires à air.

Elles s'appliquent à l'habitat neuf, situé en France métropolitaine, dans toutes les zones climatiques, hors climat de montagne conventionnellement caractérisé par une implantation du bâtiment à plus de 900 mètres d'altitude.

Le domaine d'application ne couvre donc pas les départements de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane et de la Réunion.

RÉFÉRENCES 2

2.1. • *Références réglementaires*

- Circulaire du 9 aout 1978 modifiée relative à la révision du Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT).
- Arrêté du 23 juin 1978 modifié relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation et de bureaux ou recevant du public.
- Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Arrêté du 30 novembre 2005 modifiant l'arrêté du 23 juin 1978 relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public.
- Arrêté du 29 mai 1997 relatif aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine.
- Arrêtés du 22 octobre 2010 et du 19 juillet 2011 relatifs à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- Directive 2006/95/CE du 12 décembre 2006 concernant le rapprochement des législations des États membres relatives au matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension.
- Directive 97/23/CE du 29 mai 1997 relative au rapprochement des législations des États membres concernant les équipements sous pression.

- Décret 2004-924 du 1er septembre 2004 relatif à l'utilisation des équipements de travail mis à disposition pour des travaux temporaires en hauteur et modifiant le code du travail (deuxième partie : Décrets en Conseil d'Etat) et le décret no 65-48 du 8 janvier 1965.
- Décret n°2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets.
- Décret n°2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique (NOR : DEVP0910497D).
- Décret n°2010-1255 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.

2.2. • *Références normatives*

- NF EN 1991-1-3/NA Juillet 2011, Annexe nationale à l'Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-3 : Actions générales – Charges de neige.
- NF EN 1991-1-4/NA Juillet 2011, Annexe nationale à l'Eurocode 1 : Actions sur les structures – Parties 1-4 : Actions générales – Actions du vent.
- NF EN 1993-1-1/NA Mai 2007, Annexe nationale à l'Eurocode 3 : Calcul des structures en acier – Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments.
- NF EN 1995-1-1/NA, Annexe nationale à l'Eurocode 5 : Conception et calcul des structures en bois – Partie 1-1 : Généralités – règles communes et règles pour les bâtiments.
- NF EN 1998-1 : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 1
- : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments.
- NF EN 1999-1-1 Juillet 2010, Eurocode 9 – Calcul des structures en aluminium – Partie 1 –1 : Règles générales.
- NF EN 1993-1-8 Décembre 2005, Eurocode 3 Partie 1-8 : Calcul des assemblages
- NF EN 12828 Mars 2004, Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Conception des systèmes de chauffage à eau.
- NF EN 12975-1 : 2006, Installations solaires thermiques et leurs composants – Capteurs solaires – Partie 1 : Exigences générales.
- NF EN 12975-2 : 2006, Installations solaires thermiques et leurs composants – Capteurs solaires – Partie 2 : Méthodes d'essai.

- NF EN 12976-1 : 2006, Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations préfabriquées en usine – Partie 1 : Exigences générales.
- NF EN 12976-2 : 2006, Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations préfabriquées en usine – Partie 2 : Méthodes d'essais.
- NF EN 12977-1 : Janvier 2013, Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations assemblées à façon – Partie 1 : exigences générales pour chauffe-eau solaires et installations solaires combinées.
- NF EN 12977-2 : Janvier 2013, Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations assemblées à façon – Partie 2 : méthodes d'essai pour chauffe-eau solaires et installations solaires combinées.
- NF EN 12977-3 : Janvier 2013, Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations assemblées à façon – Partie 3 : méthodes d'essai des performances des dispositifs de stockage des installations de chauffage solaire de l'eau.
- NF EN 12977-4 : Janvier 2013, Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations assemblées à façon – Partie 4 : méthodes d'essai de performances des dispositifs de stockage combinés pour des installations de chauffage solaires.
- NF EN 12977-5 : Janvier 2013, Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations assemblées à façon – Partie 5 : méthodes d'essai de performances des systèmes de régulation.
- NF EN 1487 : Décembre 2000, Robinetterie de bâtiment – groupe de sécurité– Essais et prescriptions.
- NF EN 60335-1 : Mai 2003, Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 1 : prescriptions générales.
- NF EN 60335-1 : Juin 2006, Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 1 : prescriptions générales.
- NF EN 60335-2-21 : Novembre 2004, Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 2-21 : règles particulières pour les chauffe-eau à accumulation.
- NF EN 60335-2-21 : Mai 2005, Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 2-21 : règles particulières pour les chauffe-eau à accumulation.
- EN 62305-1 : Juin 2006, Protection contre la foudre – Partie 1 : Principes généraux (CEI 62305-1:2006).
- ISO/TR 10217 : Septembre 1989, Énergie solaire. Système de production d'eau chaude. Guide pour le choix de matériaux vis-à-vis de la corrosion interne.

- NF P 52-001 : Mai 1975, Soupapes de sûreté pour installations de chauffage – Spécifications techniques générales.
- NF EN ISO 9488 : janvier 2000, Energie solaire – Vocabulaire.
- NF EN 12613 : février 2002, Dispositifs avertisseurs pour ouvrages enterrés – Dispositifs avertisseurs détectables pour ouvrages enterrés.
- NF EN 1717 : Mars 2001, Protection contre la pollution de l'eau potable dans les réseaux intérieurs et exigences générales des dispositifs de protection contre la pollution par retour.
- Norme EN 13959 : Clapet anti-pollution du DN 6 au DN 250. Famille E, type A, B, C et D.
- NF P 84-204-1-1 : 2004, DTU 43.1 Travaux de bâtiment Etanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de plaine Partie 1-1 : cahier des clauses techniques
- NF P 40-201 : 1977, DTU 60.1 Plomberie sanitaire dans les bâtiments à usage d'habitation
- DTU 45.2 P1-1 Isolation thermique des circuits, appareils et accessoires de – 80 °C à + 650 °C.
- DTU 60.5 Canalisations en cuivre – Distribution d´eau froide et chaude sanitaire, évacuation d´eaux usées, d´eaux pluviales, installations de génie climatique.
- NF DTU 60.1, NF P 40-201 : Février 1977, Plomberie sanitaire dans les bâtiments à usage d'habitation.
- NF DTU 65.11 P1-2 : Septembre 2007, Travaux de bâtiment Dispositifs de sécurité des installations de chauffage central concernant le bâtiment.
- NF DTU 65.12 P1-1, Réalisation d'installations solaires thermiques avec des capteurs vitrés – Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types.
- NF DTU 65.12 P1-2, Réalisation d'installations solaires thermiques avec des capteurs vitrés – Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux.
- DTU P 06-006 de novembre 2008 Règle N 84 Action de la neige sur les constructions.
- DTU P 06-002 de février 2009 Règle NV 65 Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes.
- DTU 20.12 – NF P10-203-1 de septembre 1993 et NF P 40-201, Gros œuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité.

- DTU 43.1, travaux d'étanchéité des toitures-terrasses (pentes au plus égale à 5%) et toitures inclinées (pentes supérieures à 5%) avec éléments porteurs en maçonnerie.
- DTU 43.3, toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité.
- DTU 43.4, toitures en éléments porteurs en bois et panneaux dérivés du bois avec revêtement d'étanchéité.
- DTU 43.5, réfection des ouvrages d'étanchéité des toitures-terrasses ou inclinées.

2.3. • *Autres documents*

- QUALIT'ENR – Manuel de formation Qualisol CESI pour les installateurs de chauffe-eau solaires individuels en habitat individuel – 2012.
- FFB – UECF – Fiches pratiques Chauffe-eau solaire individuel – 2010.
- QUALIT'ENR – Fiche qualité autocontrôle CESI – 2010.
- Fiche pratique de sécurité ED 137 éditée par l'INRS, l'OPPBTP et l'Assurance Maladie.
- CSTB – cahier n°3651-2 et 3356 : Cahier de Prescriptions Techniques pour la mise en œuvre des écrans souples de sous toiture.
- Recommandations R467 de la Caisse Nationale d'Assurance Maladie : « Pose, maintenance et dépose des panneaux solaires et photovoltaïques en sécurité ».
- « La nouvelle réglementation parasismique applicable aux bâtiments dont le permis de construire est déposé à partir du 1er mai 2011 », de janvier 2011, élaborée par le Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement.

3 DÉFINITIONS

Générateur d'appoint

Appareil de chauffage supplémentaire utilisé pour produire de la chaleur lorsque l'énergie fournie par le système solaire est insuffisante.

Ballon de stockage

Il est destiné à stocker l'énergie solaire produite par l'installation solaire. Il est dimensionné en regard de la consommation journalière.

Capteur plan

Capteur solaire sans concentration dans lequel la surface de l'absorbeur est sensiblement plane.

Capteur sous vide

Capteur dans lequel le vide est fait entre la couverture et l'absorbeur.

Champ de capteurs

Groupe de capteurs étroitement raccordés en série, en parallèle ou selon une combinaison de ces deux modes, avec une entrée hydraulique et une sortie hydraulique.

Capteur solaire indépendant sur support

Est dit indépendant, un capteur solaire installé sur un support, n'assurant ni la fonction de couverture, ni celle de parement extérieur. Il est également appelé capteur en surimposition.

Capteur solaire semi-incorporé en toiture

Est dit semi-incorporé, un capteur solaire n'assurant ni la fonction de couverture ou ni celle de parement extérieur mais qui, associé à un

accessoire adéquat (bac d'étanchéité), constitue un ensemble assurant la fonction couverture.

Capteur solaire incorporé en toiture

Est dit incorporé, un capteur solaire assurant la fonction de couverture ou de parement extérieur.

Capteur solaire intégré en toiture

Est dit intégré, un capteur solaire placé sous un écran transparent, l'écran étant un élément de couverture (tuile en verre).

Boucle de captage (ou circuit primaire)

Circuit comprenant des capteurs, des tuyauteries ou conduits, une pompe ou circulateur et un échangeur (selon le cas) et servant au transport de la chaleur extraite des capteurs vers le ballon de stockage.

Installation à capteurs remplis en permanence

Installation dans laquelle les capteurs sont toujours remplis de fluide caloporteur selon NF EN ISO 9488.

Installation à capteurs autovidangeables

Installation dans laquelle, au cours du fonctionnement normal, les capteurs se remplissent de liquide caloporteur quand la pompe se met en marche et se vident dans un réservoir lorsqu'elle s'arrête. Installation habituellement appelée installation autovidangeable.

Installation à circulation forcée

Installation dans laquelle un circulateur est utilisé pour faire circuler le fluide caloporteur dans le(s) capteur(s).

Installation à thermosiphon

Installation dans laquelle la circulation du fluide caloporteur entre le capteur et le réservoir de stockage est assurée uniquement par les changements de masse volumique de ce fluide.

Installation à circuit indirect, installation avec échangeur

Installation solaire dans laquelle un fluide caloporteur autre que l'eau sanitaire circule dans les capteurs solaires.

Installation à circuit direct, installation sans échangeur

Installation solaire dans laquelle l'eau sanitaire circule dans les capteurs solaires.

LES SOLUTIONS TECHNIQUES

4

4.1. • *Les systèmes à thermosiphon*

Une installation de type thermosiphon est une installation dans laquelle la circulation du liquide caloporteur entre le capteur et le réservoir de stockage est naturelle (assurée uniquement par les changements de masse volumique de ce liquide). Elle fonctionne sans circulateur ni régulation.

Un système fonctionnant en thermosiphon avec une boucle primaire remplie de liquide antigel et un échangeur assurant le transfert de chaleur est appelé système indirect.

En termes de produits, deux familles de systèmes fonctionnant en thermosiphon se distinguent :

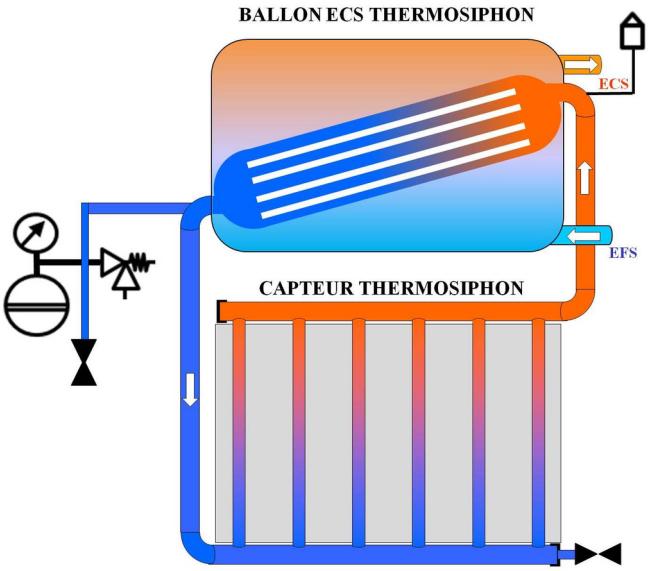
- les systèmes monoblocs (Figure 1) ;
- les systèmes à éléments séparés (Figure 2).

4.1.1. • Les systèmes à thermosiphon monoblocs

Les capteurs et le ballon sont intégrés sur un même châssis rigide servant de support. Ils sont utilisés dans des zones climatiques où il n'y a pas de risque de gel.

L'ensemble peut-être fixé sur le toit sous réserve qu'il puisse supporter la surcharge.

L'absence de régulation sur le circuit primaire fait que le capteur peut charger le ballon sans limite. L'utilisation d'une vanne thermostatique en entrée du ballon peut être une solution pour limiter la température dans le celui-ci mais il faut veiller à ne pas introduire des pertes de charge supplémentaires pouvant mettre en péril le bon fonctionnement du thermosiphon.



▲ Figure 1 : *Schéma de principe d'un thermosiphon monobloc*

4.1.2. • Les systèmes à thermosiphon à éléments séparés

Les capteurs et le ballon sont séparés. Le fond du ballon doit être plus haut que le bord supérieur du capteur. L'installation doit opposer le moins de résistance possible à la circulation du liquide. Pour cela les canalisations doivent être les plus rectilignes possibles, les plus courtes possibles, lisses et d'un diamètre supérieur aux systèmes fonctionnant à circulation forcée. Leur cheminement doit respecter une pente régulière et ne doit pas présenter de contre-pente.

Il est possible de raccorder plusieurs capteurs sur un système thermosiphon. Dans ce cas les circuits hydrauliques de chaque capteur doivent être équilibrés. Plus le nombre de capteurs augmente, plus les pertes de charge augmentent. Les systèmes thermosiphons sont donc plutôt adaptés pour des petits systèmes.

L'usage de ballons verticaux permet une bonne stratification des températures et facilite la mise en place d'un appoint intégré.

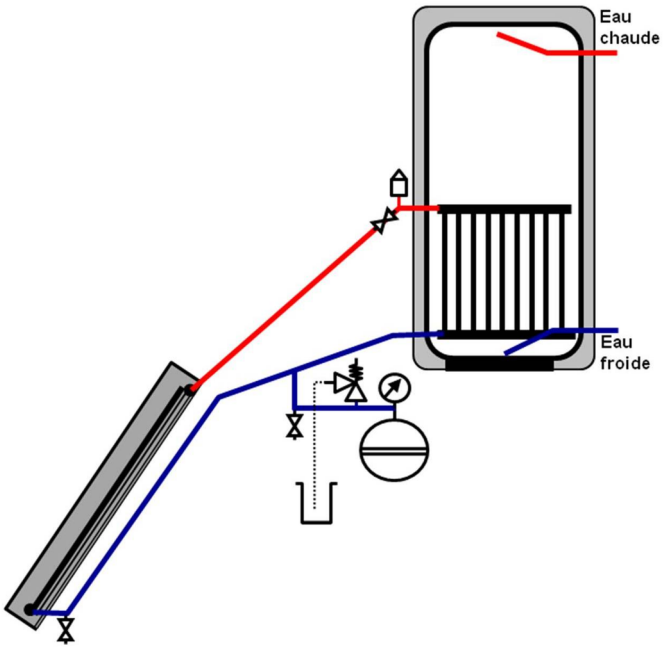
Commentaire

Dans le cas d'un système à thermosiphon, avec mise en œuvre des capteurs solaires en toiture inclinée, le ballon de stockage est généralement positionné sous les combles. Du fait de contraintes d'installation et notamment d'une hauteur sous toiture disponible limitée, le ballon est généralement horizontal.

L'absence de régulation implique l'utilisation d'une vanne thermostatique pour limiter la température dans le ballon.

L'absence de régulation sur le circuit primaire fait que le capteur peut charger le ballon sans limite. L'utilisation d'une vanne thermostatique en entrée du ballon peut être une solution pour limiter la température dans le celui-ci mais il faut veiller à ne pas introduire des pertes

de charge supplémentaires pouvant mettre en péril le bon fonctionnement du thermosiphon.



▲ Figure 2 : *Schéma de principe d'un thermosiphon à éléments séparés*

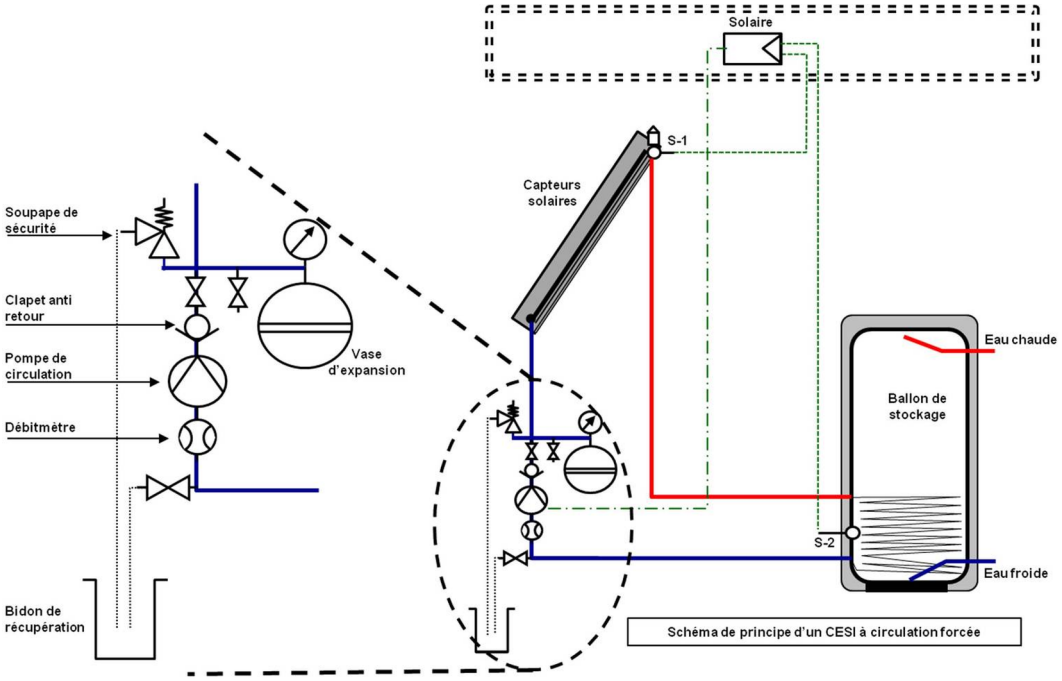
4.2. • *Les systèmes à circulation forcée sous pression*

Une installation à circulation forcée est une installation dans laquelle une pompe ou un ventilateur est utilisé pour faire circuler le liquide caloporteur dans le(s) capteur(s). La (Figure 3) propose un schéma de principe. La pompe de circulation fait circuler le liquide caloporteur des capteurs vers l'échangeur tant que la température en sortie des capteurs est suffisante pour réchauffer le ballon de stockage.

L'appoint peut être intégré ou externe au ballon de stockage.

Dans ces systèmes, la situation des capteurs n'est pas imposée par celle du ballon tant que les caractéristiques de la tuyauterie (longueur, diamètre, hauteur) permettent au circulateur la mise en mouvement du liquide caloporteur.

La boucle primaire est remplie de liquide antigel qui protège l'installation quelle que soit la zone climatique dans laquelle le CESI est installé.



▲ Figure 3 : *Schéma de principe d'un CESI à circulation forcée*

4.3. • *Les systèmes autovidangeables*

Une installation autovidangeable est une installation dans laquelle, au cours du fonctionnement normal, les capteurs se remplissent de liquide caloporteur quand la pompe se met en marche, et se vident dans un réservoir (ou dans l'échangeur surdimensionné) lorsqu'elle s'arrête.

L'installateur doit respecter les conditions particulières suivantes :

- les capteurs et leur raccordement doivent leur permettre de se vidanger gravitairement ;
- le collecteur extérieur d'alimentation des capteurs doit être en tous points plus bas que le collecteur interne bas des capteurs ;
- la pompe doit permettre de remonter le liquide au niveau le plus haut de l'installation ;

Dans le cas où les capteurs sont vidangés dans un réservoir :

- le réservoir doit être disposé au dessus de la pompe et en dessous du bas des capteurs ;
- la hauteur entre le piquage bas du réservoir et la pompe doit être au minimum égale à la pression d'aspiration minimale de la pompe ;
- la hauteur entre le collecteur haut des capteurs et le piquage bas du réservoir doit être inférieur à la hauteur manométrique de la pompe à débit nul ;

L'utilisation d'un liquide caloporteur antigel n'est plus indispensable puisque les capteurs vides de liquide ne craindront pas l'effet des trop faibles températures. En toute rigueur, le choix d'utiliser un liquide antigel ou non doit être conforme aux préconisations du constructeur.

LES SCHÉMAS HYDRAULIQUES TYPES

5

5.1. • *Appoint séparé par ballon*

Le ballon d'appoint est monté en série avec le ballon de stockage solaire. L'appoint peut être électrique ou hydraulique. Des schémas de principe sont proposés (Figure 4) et (Figure 5).

Les deux volumes, solaire et appoint, sont séparés. Aucun mélange entre eux n'est possible. L'appoint ne perturbe pas la stratification du ballon solaire.

Commentaire

Comparativement à une installation avec appoint intégré dans le ballon, la surface au sol occupée ainsi que les pertes thermiques sont plus importantes.

Le volume consacré à l'appoint est plus important que pour une installation avec appoint intégré dans le ballon solaire. Pour un appoint hydraulique, les séquences marche-arrêt de la chaudière peuvent fortement influencer les performances annuelles du générateur.

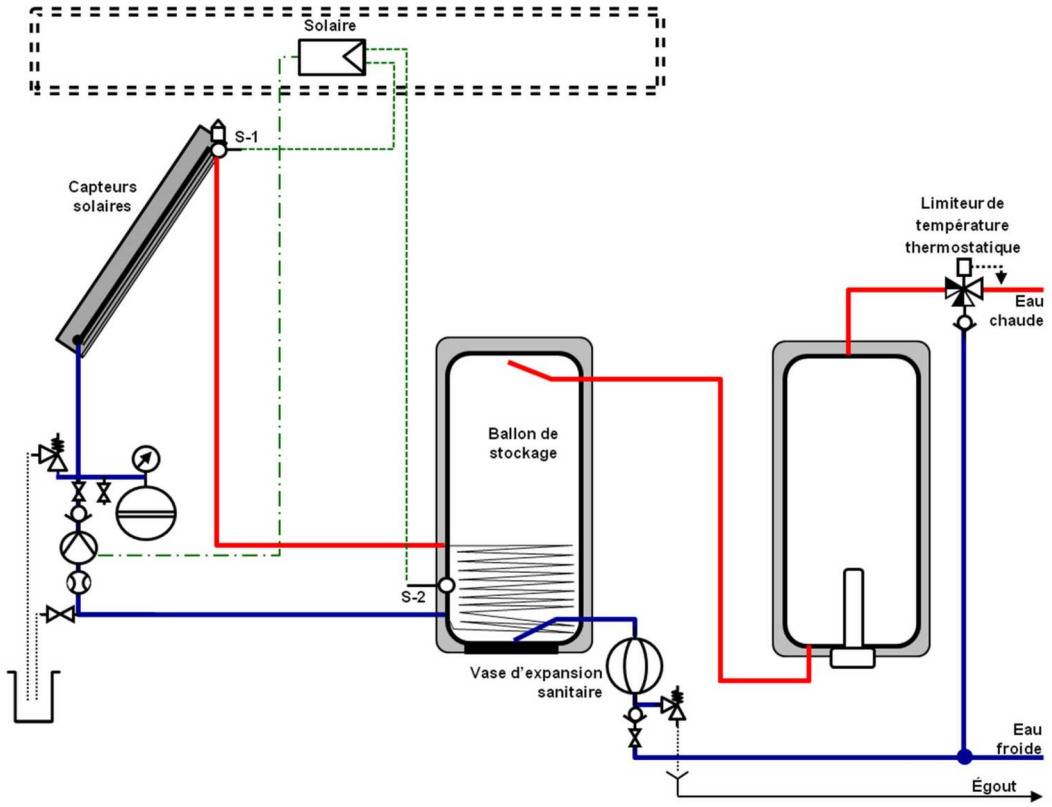
La température de l'eau fournie par un chauffe-eau solaire individuel peut atteindre des niveaux très élevés. Cela rend la pose d'un limiteur de température, au départ de la distribution, indispensable.

Le limiteur de température doit interdire la circulation du fluide chaud vers l'eau froide pour éviter une éventuelle déstratification du ballon. Un clapet anti retour doit être installé sur l'arrivée d'eau froide du limiteur de température, si ce dernier n'en est pas équipé.

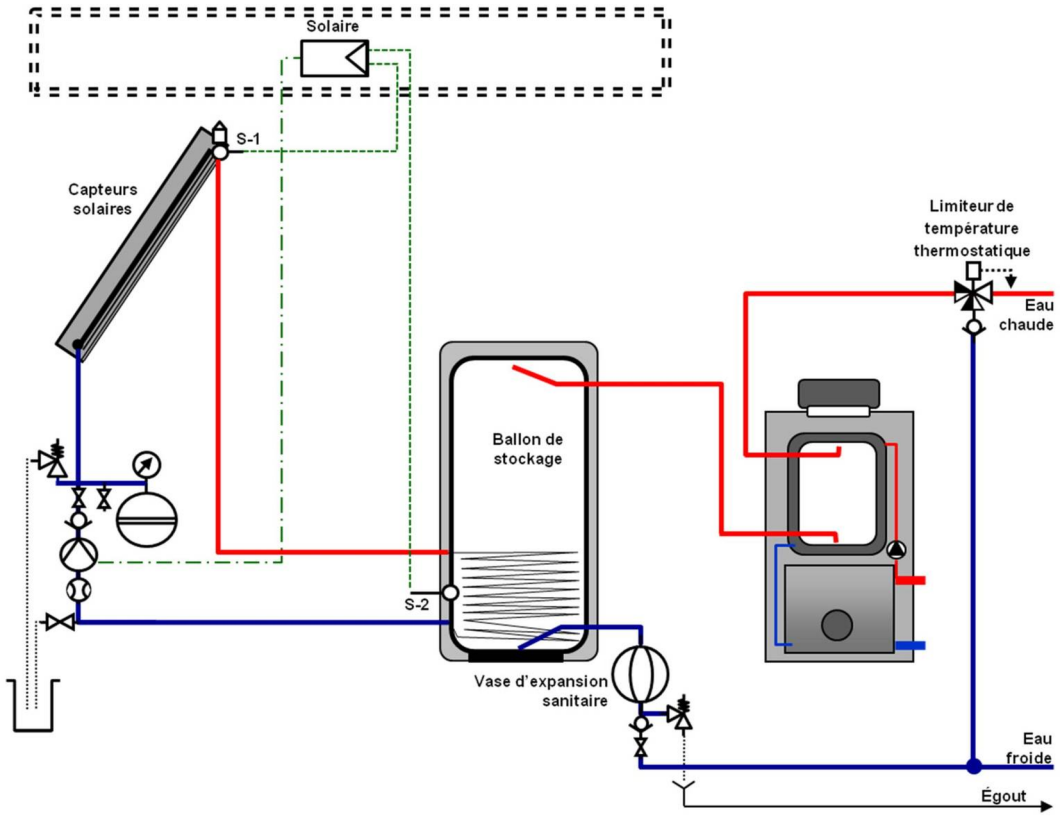
La pose d'un groupe de sécurité sanitaire à l'entrée du ballon d'appoint est proscrite si ce dernier n'accepte pas des températures d'eau chaude.

Outre le dispositif de sécurité de surpression (par exemple, groupe de sécurité, soupape) obligatoire, un vase d'expansion sanitaire est fortement conseillé pour éviter un écoulement au groupe de sécurité, principalement l'été avec les montées en température du ballon solaire.

Le court-circuitage possible du ballon d'appoint (avec une vanne à trois voies manuelle ou automatique) permettant d'arrêter l'appoint en été doit être évité pour des raisons sanitaires. L'inconvénient dans ce cas est le maintien des pertes thermiques du ballon d'appoint durant l'été.



▲ Figure 4 : *Schéma de principe de la solution avec appoint séparé par ballon électrique*



▲ Figure 5 : *Schéma de principe de la solution avec appoint séparé par ballon échangeur*

5.2. • *Appoint intégré dans le ballon (à partir de 200 litres)*

L'appoint peut être électrique ou hydraulique. Des schémas de principe sont proposés respectivement (Figure 6) et (Figure 7).

Dans le cas d'un appoint électrique, le réchauffeur est fournit par le fabricant. Il doit être placé entre la moitié et le tiers supérieur du ballon. Pour plus de renseignements sur la gestion spécifique du stock d'appoint chauffé par électricité, se reporter au manuel « Conception et dimensionnement ».

Dans le cas d'un appoint hydraulique, l'échangeur supérieur est raccordé à la chaudière. Le ballon solaire vient en remplacement de l'ancien réservoir d'eau chaude sanitaire. La température du ballon de stockage est contrôlée par la régulation de la chaudière.

Commentaire

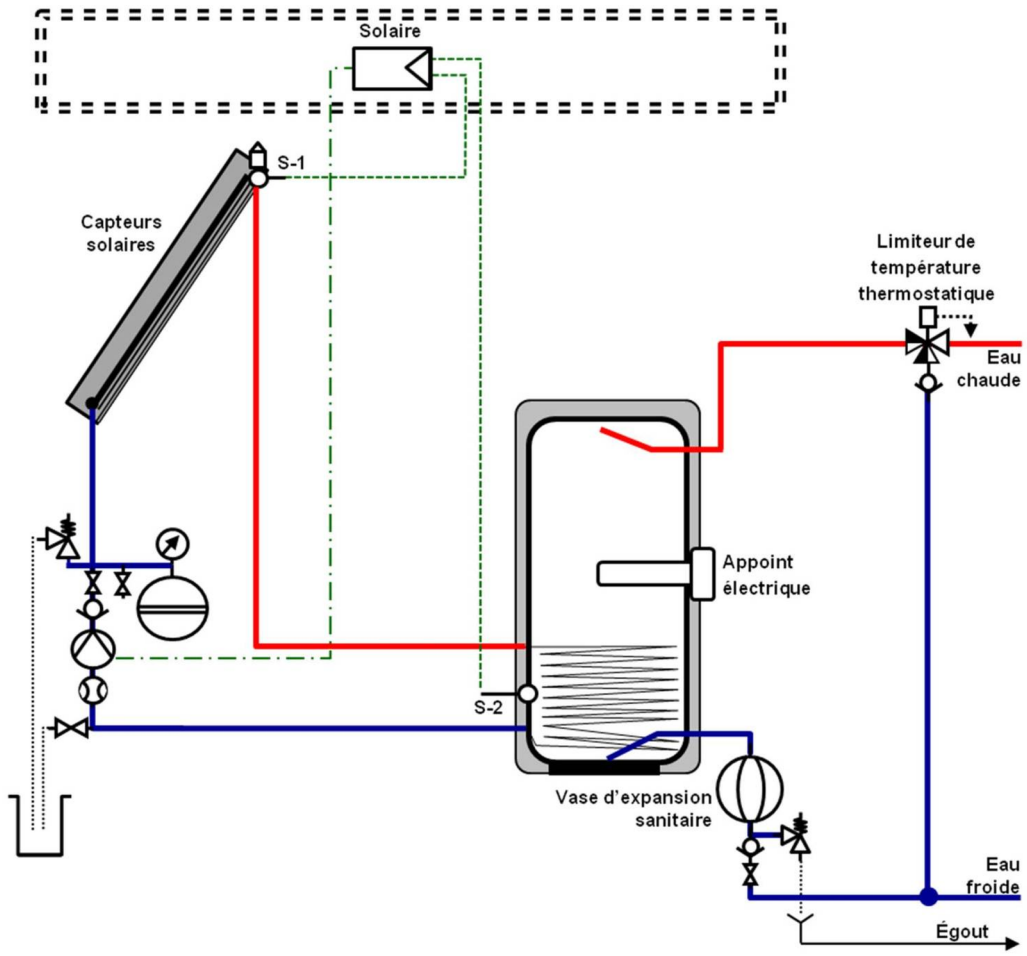
Dans le cas d'un chauffe-eau avec un ballon horizontal et fonctionnant en thermosiphon, l'appoint électrique est placé dans le ballon par la constructeur. Son activation doit se faire manuellement et elle doit être temporisée.

Comparativement à une installation avec appoint séparé, cette solution requiert une surface au sol plus faible.

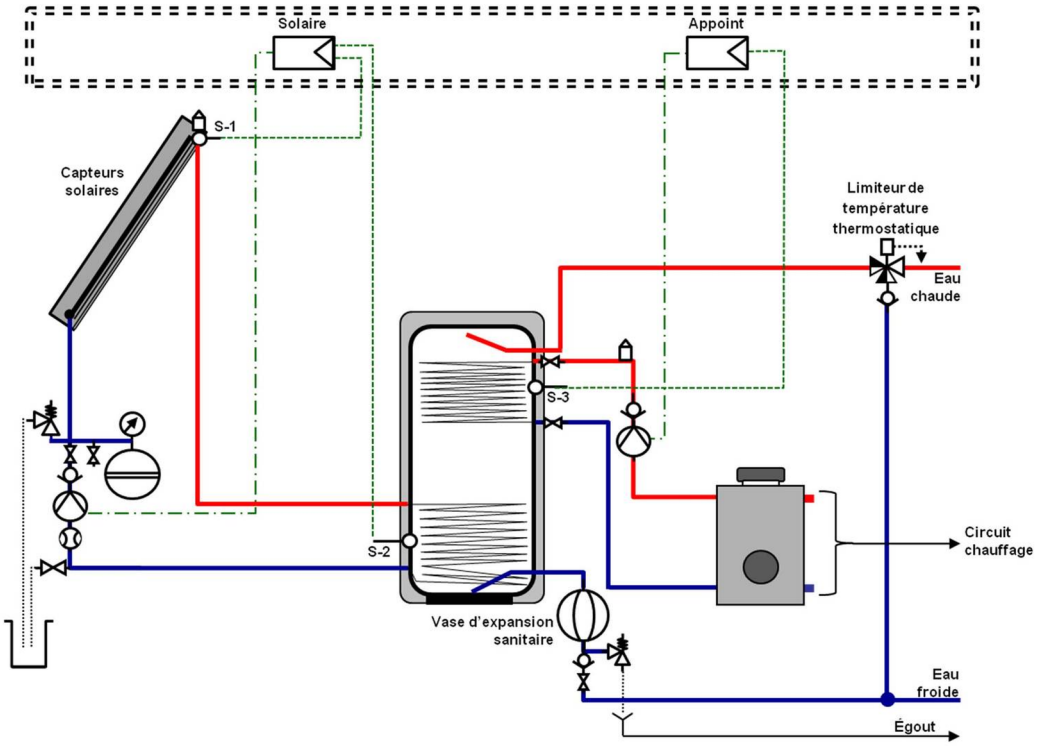
Dans tous les cas, une horloge de programmation, pour commander l'appoint électrique, est indispensable pour une bonne gestion de l'énergie.

Si le volume total du ballon avec appoint intégré est supérieur ou égal à 400 litres, la température à sa sortie doit être en permanence supérieure ou égale à 55°C. Ce maintien en température peut être difficile notamment dans le cas d'un appoint par résistance électrique asservie à une horloge de type heures creuses.

Il existe des ballons mixtes qui possèdent un échangeur hydraulique et une résistance électrique. Ils sont utilisés quand il n'est pas souhaité de laisser la chaudière en fonctionnement hors de la saison de chauffe.



▲ Figure 6 : *Schéma de principe de la solution avec appoint électrique intégré*



▲ Figure 7 : *Schéma de principe de la solution avec appoint hydraulique intégré*

5.3. • *Appoint séparé par chaudière instantanée ou micro accumulation*

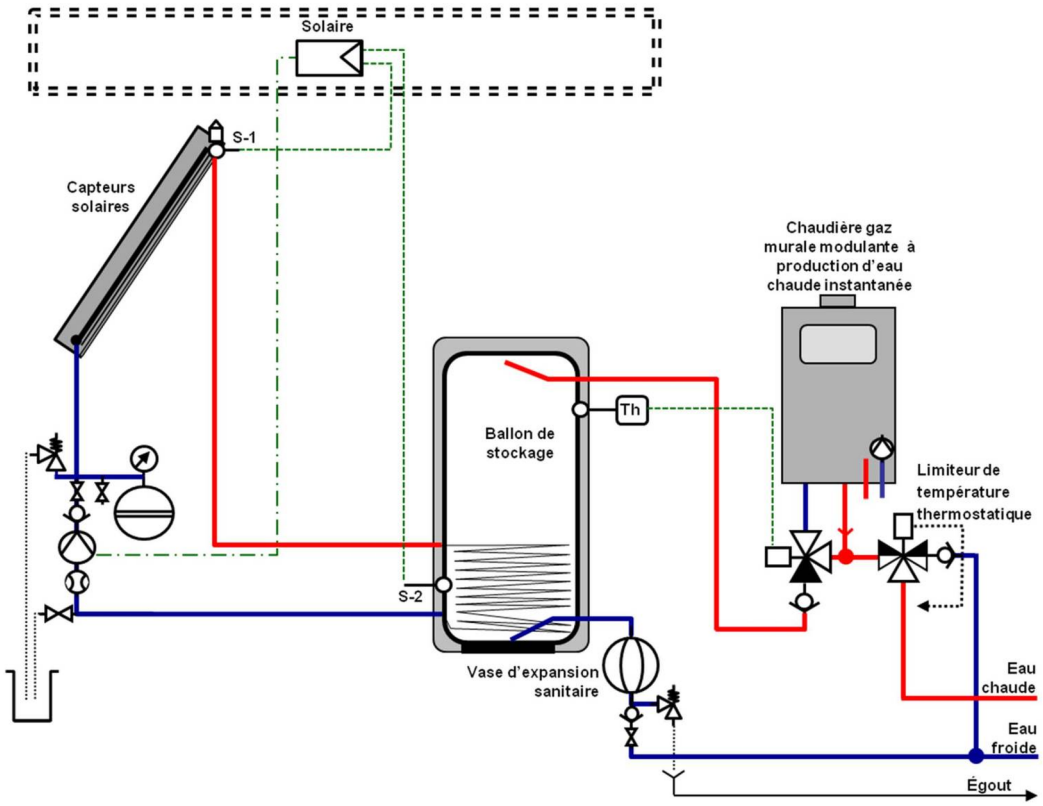
Le principe de ce système est de préchauffer l'eau avec le solaire et de mener la température de l'eau à sa valeur de consigne par la chaudière modulante. Avec celle-ci, la puissance de la chaudière varie progressivement en fonction du débit et de la température demandée.

Toutes les chaudières n'acceptent pas une température trop élevée à leur entrée, d'où la vanne trois voies qui, si la température en sortie du ballon solaire est suffisante, va by-passer la chaudière.

Il convient de se renseigner impérativement auprès du fabricant de chaudière sur la faisabilité du raccordement d'un chauffe-eau solaire individuel.

Compte tenu des niveaux élevés de température que l'eau peut atteindre, le limiteur de température au départ de la distribution reste obligatoire.

La (Figure 8) donne un exemple de raccordement à une chaudière instantanée.



▲ Figure 8 : *Schéma de la solution avec appoint séparé par chaudière gaz instantanée*

MISE EN ŒUVRE DES CAPTEURS SOLAIRES

6

6.1. • *Informations sur les capteurs*

Conformément à la NF EN 12975-1 de décembre 2010, les capteurs solaires doivent être accompagnés d'une notice d'instructions à destination du professionnel, en français s'ils sont commercialisés sous forme de composants indépendants. Lorsqu'ils font partie d'une installation complète, la notice de montage de l'installation peut traiter de la totalité de l'installation. Dans ce cas, aucune notice séparée n'est requise pour le capteur.

La notice d'instructions doit au moins comprendre les informations suivantes :

- les dimensions et le poids du capteur, les instructions relatives au transport et à la manutention du capteur ;
- la description du mode opératoire de montage ;
- les recommandations en matière de protection contre la foudre ; les instructions relatives au raccordement des capteurs les uns aux autres et au raccordement du champ de capteurs au circuit de transfert, y compris les dimensions des conduites de raccordement pour des champs de capteurs pouvant atteindre 20 m² ;
- les recommandations relatives aux fluides caloporteurs pouvant être utilisés (en matière de corrosion également) et les précautions à prendre pendant le remplissage, le fonctionnement et l'entretien ;
- la pression maximale de service, la perte de charge et les angles maximal et minimal d'inclinaison ;
- les charges admissibles de vent et de neige ;
- les exigences concernant la maintenance ;

- les fiches de sécurité(FDS) des substances employées telles que pâte thermique, fluide caloporteur ou graisse de raccords.

Toute la documentation afférente à la sécurité des personnes, à la maintenance et à la manipulation du produit doit être mise à la disposition du client, dans la langue nationale du pays dans lequel il est commercialisé.

Si le poids du capteur à vide est supérieur à 60kg, il est nécessaire de prévoir un point d'ancrage pour un dispositif de levage, excepté pour les capteurs qui sont assemblés sur le toit (Norme NF EN 12975-1+A1 de décembre 2010, chapitre 6 – Sécurité).

6.2. • La mise en sécurité des intervenants

Assurer la sécurité des intervenants consiste à :

- éviter les risques ;
- évaluer et identifier les risques qui ne peuvent pas être évités ;
- combattre les risques à la source ;
- adapter le travail à l'homme ;
- tenir compte de l'état d'évolution de la technique ;
- remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux ;
- prendre des mesures de protection collective et leur donner priorité.

Les principaux risques et dommages encourus par le professionnel lors de la pose de capteurs solaires en toiture sont :

- une chute de hauteur ;
- des risques liés à la manutention ;
- des chutes d'objet ;
- des risques de brûlures dues aux montées en température des capteurs ;
- une électrisation due aux lignes électriques aériennes.

La fiche pratique de sécurité ED 137 éditée par l'INRS, l'OPPBTP et l'Assurance Maladie ainsi que les recommandations R467 de la Caisse d'Assurance Maladie : « Pose, maintenance et dépose des panneaux solaires thermiques et photovoltaïques en sécurité décrivent les dispositions principales correspondantes.

Ces fiches pratiques sont destinées à illustrer les dispositions en matière de prévention des accidents mais ne saurait se substituer aux dispositions réglementaires.

6.2.1. • Les risques de chute

Les salariés doivent être formés au montage, à l'utilisation et à la réception des échafaudages, conformément aux recommandations de la R. 408.

Les salariés doivent être formés au port du harnais.

L'utilisation d'une nacelle élévatrice de personnes (PEMP) nécessite une formation, une évaluation (sanctionnée par un CACES®) et une autorisation de conduite de l'employeur

Tout travail réalisé avec risque de chute dans le vide doit être sécurisé avec la mise en place d'un système de protection contre les chutes (Art. L. 233-13-20 du Code du Travail).

L'emplacement des capteurs solaires, l'accès au poste de travail, la circulation et les équipements à utiliser sont à étudier en tenant compte des caractéristiques de l'ouvrage et des opérations de pose, d'entretien et de maintenance.

On rappelle qu'un système de protection collective (prioritairement définitive) doit être mis en œuvre. La mise en œuvre de garde-corps (de préférence fixes) suivant la norme NF E 85-015 est à privilégier. Le recours à la protection individuelle, par l'utilisation de dispositifs de protection individuels (EPI), est possible si et seulement si :

- la protection collective (définitive ou encore temporaire) se révèle techniquement impossible ;
- l'intervention est ponctuelle et de très courte durée. Dans ce cas, l'intervenant ne doit jamais rester seul.

Commentaire

Une protection individuelle peut être envisagée pour palier des risques résiduels, notamment au cours des opérations de montage, indépendamment de la protection collective qui reste prioritaire.

Si une entreprise utilise du matériel mis en œuvre par une autre entreprise, les modalités d'utilisation doivent être définies. Une réception in situ avant le démarrage du chantier est réalisée :

- pour les échafaudages, il convient de se référer à la recommandation R. 408 « Prévention des risques liés au montage, à l'utilisation et au démontage des échafaudages de pied » ;
- les opérations de levage et de manutention sont à organiser en privilégiant les moyens mécanisés et mis en commun, comme présentés par la recommandation R. 445 « Mécanisation du transport vertical des personnes et des charges sur les chantiers – (construction, réhabilitation, entretien) ».

Les travaux ne doivent pas être réalisés lorsque l'environnement présente un risque pour l'opérateur : vent fort, orage, gel, neige, forte pluie.

6.2.2. • Les risques de brûlure

Le professionnel doit être attentif et se protéger des éventuelles montées en température des capteurs solaires (supérieures à 200°C sous certaines conditions d'ensoleillement).

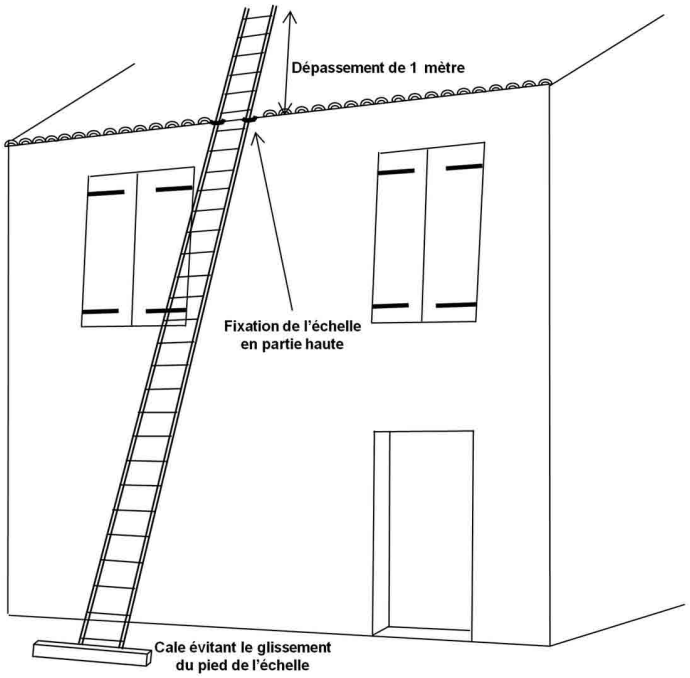
6.3. • *Implantation du chantier*

L'installation d'un CESI requiert une préparation du chantier prenant en compte la quantité des éléments de couverture à manipuler et la nécessité de l'utilisation de nombreux outils, ainsi que la manutention des capteurs et de leurs accessoires.

6.3.1. • Les échelles

Les échelles, escabeaux et marchepieds ne doivent pas être utilisés comme poste de travail.

L'échelle est un moyen d'accès. Comme le montre la (Figure 9), elle doit être appuyée avec stabilité, être maintenue immobile et fixée tant en partie haute que basse, et doit dépasser de 1 mètre le plancher à atteindre. Lors des déplacements sur l'échelle, pour assurer leur sécurité, les utilisateurs doivent respecter le principe des trois points d'appui (2 pieds-1 main ; 1 pied-2 mains).

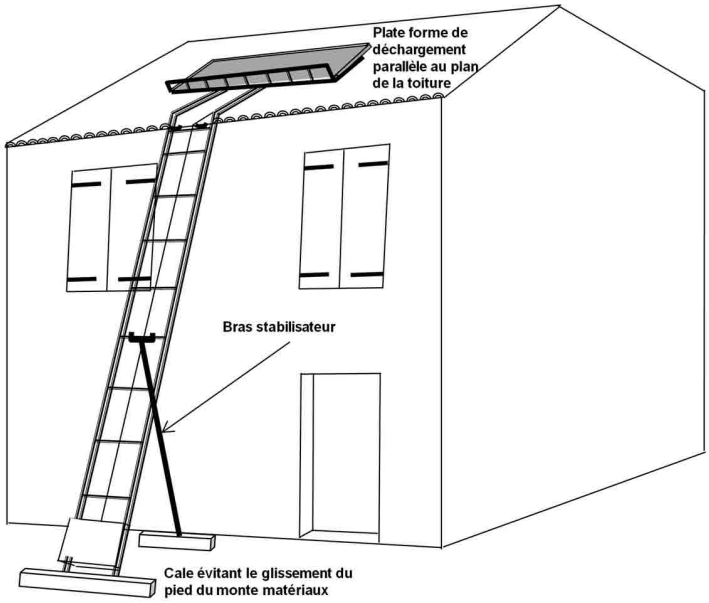


▲ Figure 9 : *Mise en sécurité d'une échelle*

6.3.2. • Élévation du matériel

La mise en place d'un dispositif de levage est nécessaire afin d'assurer un maximum de sécurité durant toutes les phases du chantier.

Comme vu (Figure 10), en partie haute, la plateforme de déchargement se termine parallèlement au plan de la toiture, dans le but de sécuriser les opérations de manutention durant la phase de pose.



▲ Figure 10 : *Positionnement du monte-matériaux*

Commentaire

La sécurisation de la zone doit interdire l'utilisation des portes d'accès lorsqu'elles sont situées sous l'échelle ou le monte-matériaux.

6.3.3. • Manipulation et disposition du matériel

Durant toute la durée de la pose des capteurs, la zone d'intervention en dessous de la toiture sera balisée pour en interdire l'accès afin de prévenir les risques liés aux chutes d'éléments sur le sol.

Dans le cadre d'une mise en œuvre en toiture, une attention particulière sera portée sur les emplacements à prévoir pour l'entreposage des matériels avant leur pose définitive : capteurs et accessoires, outillage. Il est nécessaire d'empêcher la chute et le glissement des outils et des éléments stockés.

La circulation des personnes sera prévue et organisée afin de limiter au maximum les déplacements et les chevauchements.

Comment faire

La mise en place d'une retenue (filet, plinthe, ...) en bas de versant est conseillée.

6.3.4. • Dépose et évacuation des éléments de couverture

Les capteurs, s'ils ne couvrent pas toute la surface du rampant, sont posés avant les éléments de couverture.

6.3.5. • Prise en compte du poids des capteurs

L'implantation des capteurs en toiture engendre une modification des efforts et de la charge sur les structures. Un calcul des surcharges sur les structures ainsi que des efforts dus aux charges climatiques sur un capteur doit être réalisé.

Commentaire

Le calcul de structures sera fait suivant les règles définies avec les effets de la neige et du vent sur les constructions (NV65/99 et Eurocode 1– NF EN 1991-1-3 et NF EN 1991-1-4) et du type de matériaux utilisé, construction métallique (Eurocode 3 et DTU série 32) ou charpente bois (Eurocode 5 et DTU série 31).

Concernant les capteurs à tube sous vide, lors des épisodes neigeux avec des périodes de gel nocturne et de dégel le jour, la formation de blocs de glace sur les capteurs est possible. Ces surcharges occasionnelles peuvent être importantes et créer des dégâts : bris des tubes, augmentation anormale ou dépassement du poids admissible par la structure, déplacement et déformation des éléments de couverture.

6.4. • *Implantation des capteurs*

6.4.1. • Généralités

Les éléments architecturaux et visuels jouent un rôle important dans le positionnement du ou des capteurs, indépendamment de l'orientation et de l'inclinaison.

L'implantation en toiture est une mise en œuvre souvent pratiquée, mais plusieurs facteurs peuvent amener à proposer d'autres types de pose : montage en façade, toit de véranda, châssis au sol ou en terrasse, dépendance (abri de jardin, abri à bois, cabanon, auvent à voiture). Quelques soit le type d'implantation, le professionnel doit porter une attention particulière aux matériaux utilisés. Les produits utilisés sont exposés aux intempéries durant des périodes de 20 à 30 ans, ils doivent résister :

- aux variations de température (dilatation) ;
- à la pluie, la grêle, le vent, la neige ;
- au rayonnement ultraviolet ;
- à la salinité de l'air et aux polluants atmosphériques (suivant les régions) ;

- au grignotage des petits animaux et au picorement des oiseaux.

Dans le cas où les métaux utilisés pour la fabrication des supports et des coffres des capteurs sont de natures différentes, le contact direct de ces métaux doit être évité par la mise en place de bandes de feutre bitumé par exemple..

Les petites pièces servant à la fixation des capteurs doivent être en matériau peu sensible à la corrosion, tels que l'acier inoxydable, l'aluminium ou l'acier galvanisé par trempage à chaud.

Les types de pose peuvent être :

- incorporation au plan de la couverture (appelé aussi intégration) : le capteur joue un rôle d'étanchéité ;
- semi-incorporation : le capteur est posé sur un bac support ou un châssis assurant l'étanchéité ;
- pose sur support indépendant au dessus du plan de la couverture, en façade, sur toiture terrasse ou au sol.

La mise en œuvre des capteurs solaires en partie courante doit respecter les préconisations des notices de montage des fabricants et/ou des évaluations techniques par tierces parties (Avis Technique) relatives aux capteurs solaires.

Si les conditions d'inclinaison établies lors de la conception sont remplies par la toiture prévue, l'implantation des capteurs doit se faire parallèlement au plan de la couverture et en partie courante de celle-ci.

Le repérage de la présence d'obstacles limitant l'ensoleillement sur le champ de capteur oblige à réaliser un relevé de masque afin d'en mesurer la portée sur les capteurs. Une identification des points clefs représentant la globalité des obstacles est définie sur la ligne d'horizon. Les points caractéristiques sont relevés à l'aide d'une boussole (azimut) et d'un clinomètre (hauteur angulaire) et ensuite reportés sur un diagramme de course solaire.

Commentaire

L'étude de masque est décrite dans le fascicule « Conception et dimensionnement ».

6.4.2. • Impact de l'inclinaison des capteurs sur les performances énergétiques.

Pour une installation où le besoin d'eau chaude sanitaire est relativement constant toute l'année, l'impact de l'inclinaison des capteurs sur les performances énergétiques de l'installation est négligeable.

Comment faire

Pour l'orientation des capteurs solaires, la plage admise est de ± 45° par rapport au Sud. Pour l'inclinaison, une fourchette de 20° à 60° est admissible (l'inclinaison optimale est la latitude du lieu considéré, en moyenne 45° en Métropole).

6.5. • *L'écran de sous-toiture*

Pour la pose incorporée en couverture, le système constituant une paroi froide, l'évacuation des condensations doit être assurée par un écran souple de sous-toiture.

On entend par écran de sous toiture, un élément continu souple ou rigide, disposé sous les éléments de couverture et leurs bois support. Ses fonctions essentielles sont :

- réduire l'aspiration entre les tuiles. L'effet de siphonage qui s'exerce de part et d'autre des éléments de couverture est absorbé par l'équilibre des pressions et dépressions. Cela permet l'abaissement des pentes de couverture dans une proportion de 1/7^{e} de la valeur de pente sans écran ;
- récupérer et évacuer d'éventuels condensats en sous-face du coffre et des abergements ;
- éviter d'éventuelles entrées de neige poudreuse.

L'écran de sous-toiture ne doit pas être considéré comme un revêtement étanche et ne peut se substituer ni aux matériaux de couverture, ni à une membrane d'étanchéité complémentaire pour la couverture en climat de montagne.

L'écran de sous-toiture doit être mis en œuvre sur toute la toiture et être conforme aux préconisations du cahier du CSTB n°3651-V2-P2 ou aux dispositions définies dans l'Avis Technique relatif à l'écran de sous-toiture utilisé.

Le professionnel doit vérifier qu'il est mis en œuvre :

- entre les chevrons et les contrelattes supportant elles-mêmes les liteaux. Le recouvrement minimal des lés doit être de 20 cm (pour des pentes de toit inférieures à 30%) et de 10 cm (pour des pentes de toit supérieures à 30%). Les contrelattes sont d'épaisseur minimale de 2cm et de largeur minimale de 3,6cm ;
- sur un voligeage complet. L'écran de sous-toiture doit être Hautement Perméable à la Vapeur (HPV) ou S_{d1} – E_1 selon « Homologation couverture » du CSTB.

L'écran de sous-toiture ne doit pas mis en œuvre sur des liteaux (pose en augets). La formation de poche de rétention d'eau nuit au rôle de l'écran de sous-toiture.

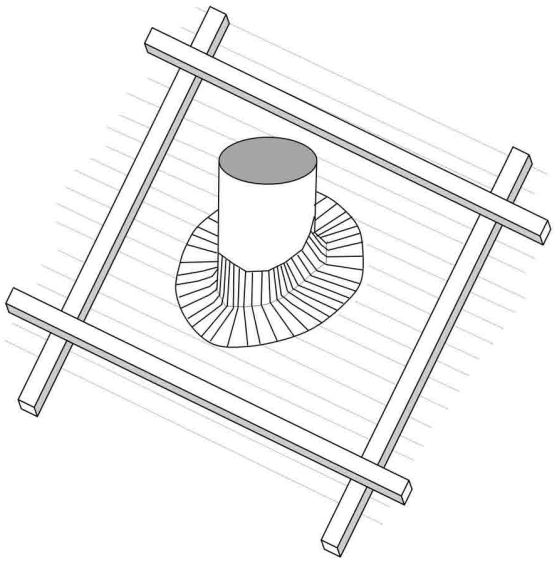
Dès lors qu'il existe un écran de sous toiture souple, toutes précautions doivent être mises en œuvre pour éviter des déformations, des détériorations, des déchirures.

Il est important de ne prendre aucun appui sur l'écran souple de sous-toiture lors des opérations de pose des capteurs solaires.

De par leur constitution robuste et leur densité, les écrans de sous toiture rigides permettent de prendre des appuis sans remettre en cause l'intégrité du produit. Lors des opérations de pose et de manutention, les déplacements des opérateurs sont facilités.

Dans les cas particuliers du Sarking et panneaux sandwich ou composites, il convient de se référer aux Avis Techniques ou DTA de ces procédés d'isolation continue par l'extérieur.

Les traversées de l'écran de sous toiture doivent être traitées en tant que points singuliers, de manière étanche et assurer la continuité des ruissellements jusqu'à l'égout. L'étanchéité des passages sera réalisée grâce à l'utilisation d'accessoires fournis ou de techniques explicitées par le fabricant. La (Figure 11) donne un exemple de réservation pour les conduites de liaison avec un raccord de type bande adhésive.



▲ Figure 11 : *Réservation (fourreau) pour les conduites de liaison (raccord avec bande adhésive)*

Comment faire

Les remontées d'étanchéité doivent être réalisées à l'aide de bandes ou de pattes de 50 mm de hauteur minimum, fixées par collage ou agrafage sur la périphérie du fourreau.

6.6. • *Incorporation et semi-incorporation en toiture*

Les préconisations de la notice de montage du fabricant et/ou l'avis technique du procédé doivent être respectées. L'avis technique précise notamment :

- la pente minimale de limite d'emploi du capteur pour l'incorporation en toiture ;
- le mode de raccordement entre capteurs ;
- le mode de raccordement entre le châssis du capteur et les éléments de couverture.

Commentaire

Certains procédés mis à disposition par les fabricants ne comprennent pas nécessairement tous les constituants nécessaires à la mise en œuvre du système aux points singuliers (abergements latéraux et hauts par exemple). Si aucune préconisation n'est spécifiée dans l'avis technique, le choix des composants complémentaires au kit fourni par le fabricant doit être réalisé par le professionnel en regard notamment du type de jonction à réaliser.

Du fait des diverses spécificités de chaque type de couverture et de chaque région, il est recommandé d'utiliser des procédés livrés avec les abergements adaptés à la toiture existante (pente, éléments de couverture,…).

L'implantation des capteurs se fait en partie courante de la couverture selon la pente du versant. Quand la toiture le permet, il se doit de conserver une distance de 1,50 mètre entre le ou les capteurs et tous les bords du toit :

- pour permettre d'assurer un accès facile à toute intervention ultérieure (entretien) ;
- pour des raisons de sécurité en cas de bris de verre (projection de morceaux de verre) ;
- pour faciliter le démontage ou le remplacement d'un capteur ;
- pour limiter la charge du vent sur le capteur, importante en rive.

Par ailleurs, afin d'assurer un écoulement correct des eaux de ruissellement, il faut tenir compte de la surface de toiture collectée, en projection horizontale, présente en amont du champ de capteurs. A ces fins, les sections des pièces d'écoulement sont, à minimum, dimensionnées pour admettre un débit maximal de précipitations de 3l/min. m^2. (DTU 20.12 – NF P10-203-1 de septembre 1993 et NF P 40-201 ; DTU 60.1).

La pente minimale de la couverture doit être respectée. Elle est définie dans les DTU de la série 40. Les éventuels éléments d'étanchéité pour le raccordement aux éléments de couverture ne doivent pas créer de pente inférieure à la pente admissible.

Commentaire

Les eaux de ruissellement du plan supérieur de la toiture se déversent sur les bavettes hautes du champ de capteurs ; afin de faciliter l'écoulement de ces volumes d'eau, il est recommandé d'installer les capteurs en partie supérieure de la couverture, en complément des dispositions constructives permettant d'assurer l'étanchéité à l'eau entre les éléments de couverture et les capteurs solaires.

La pose des capteurs incorporés (intégrés) ou semi-incorporés ou la pose indépendante relève de la procédure d'Avis Technique ou son équivalent.

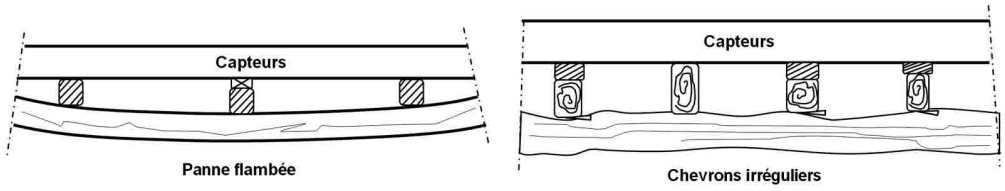
L'Avis Technique précise notamment :

- la pente minimale de limite d'emploi du capteur pour l'incorporation en toiture ;
- le mode de raccordement entre capteurs ;
- le mode de raccordement entre le châssis du capteur et les éléments de couverture par référence au présent document.

6.6.1. • Planéité du support recevant les capteurs

Les pièces de charpente sont dimensionnées pour recevoir les éléments en couverture sans subir de déformation. Généralement, aucun calage n'est nécessaire mais la bonne planéité du support sur lequel sont posés les capteurs doit être vérifiée.

La présence de chevrons irréguliers ou du flambage (Figure 12) d'un élément porteur, nécessite un calage à l'aide de matériaux compatibles avec ceux de la charpente. Même lorsque des éléments de charpente représentent des points hauts, leur section ne doit jamais être diminuée.

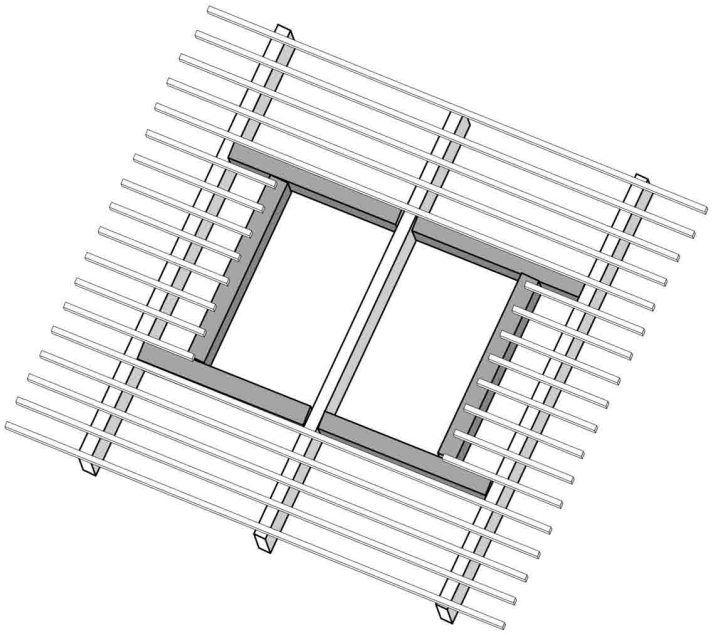


▲ Figure 12 : *Calage pour retrouver la planéité de la couverture*

La fixation des capteurs doit être effectuée dans les éléments porteurs de la charpente. Dans le neuf, la bonne conception de la charpente permet d'éviter la création d'un chevêtre.

Néanmoins, lorsque l'emplacement des chevrons ne correspond pas à l'entraxe de ces fixations, il est nécessaire, comme vu (Figure 13), de réaliser un chevêtre pour assurer une bonne assise aux capteurs et aux éléments d'étanchéité.

La réalisation d'un chevêtre et le renforcement de la structure porteuse nécessitent les compétences d'un charpentier et le respect de règles professionnelles.



▲ Figure 13 : *Réalisation d'un chevêtre pour la pose des capteurs*

6.6.2. • Fixations

Les fixations du capteur doivent résister aux effets des charges extrêmes du vent et de la neige définies dans les règles NV 65 (DTU P 06-002) et les règles N 84 (DTU P 06-006) ainsi qu'à l'Eurocode 3 partie 1-8.

Le principe de pose utilisé pour le champ de capteurs doit disposer des tolérances nécessaires afin de supporter les déformations mécaniques normales de la charpente. Le dispositif de fixation ou de maintien prévu pour absorber les contraintes doit respecter les règles des espacements et du jeu entre les composants sans créer de dommage à l'ouvrage.

Commentaire

« Fixation » : les éléments sont solidaires de la charpente, l'ensemble (capteurs et pattes) supporte les déformations.

« Maintien » : les éléments sont libres, une dilatation est permise.

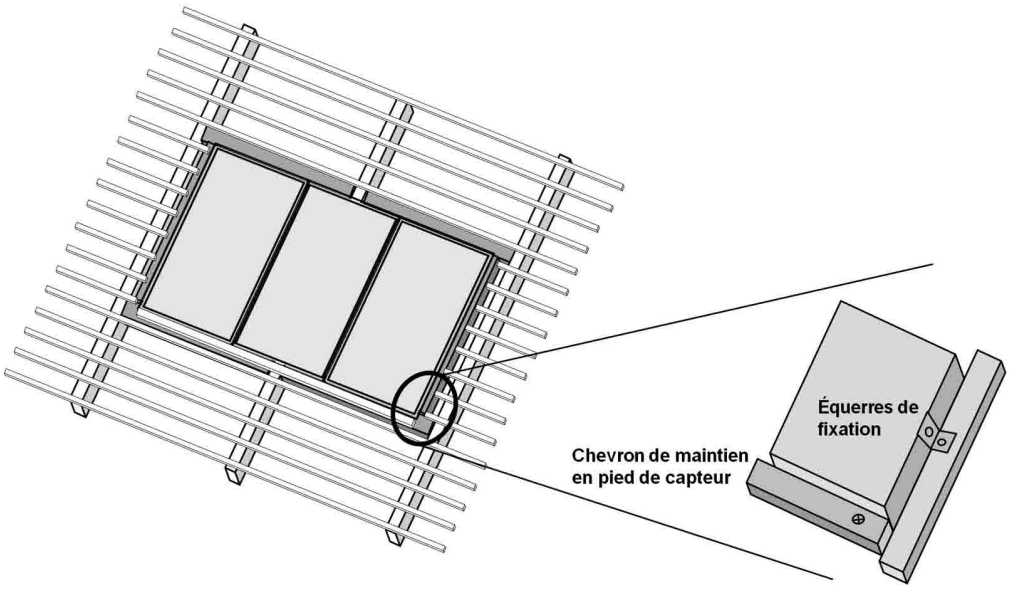
Les prescriptions de mise en œuvre du fabricant doivent être conformes à ces règles et le matériel fourni doit permettre de respecter les procédures de montage reprises dans l'Avis technique ou son équivalent.

Capteurs incorporés :

Selon le type de toiture, il faut prendre en compte l'épaisseur des éléments de couverture afin de rendre le capteur incorporé esthétiquement cohérent.

Pour les toitures recouvertes d'éléments à pureau plat, les liteaux sont coupés à l'emplacement des capteurs, alors que sur les toitures à tuiles galbées les liteaux sont conservés.

Comme vu en (Figure 14), le capteur est fixé sur les chevrons, pannes ou chevêtre à l'aide de pattes, d'équerres ou de vis adaptées transversalement et maintenu en pied et/ou en tête de capteur. Les liteaux ne sont pas des éléments porteurs.

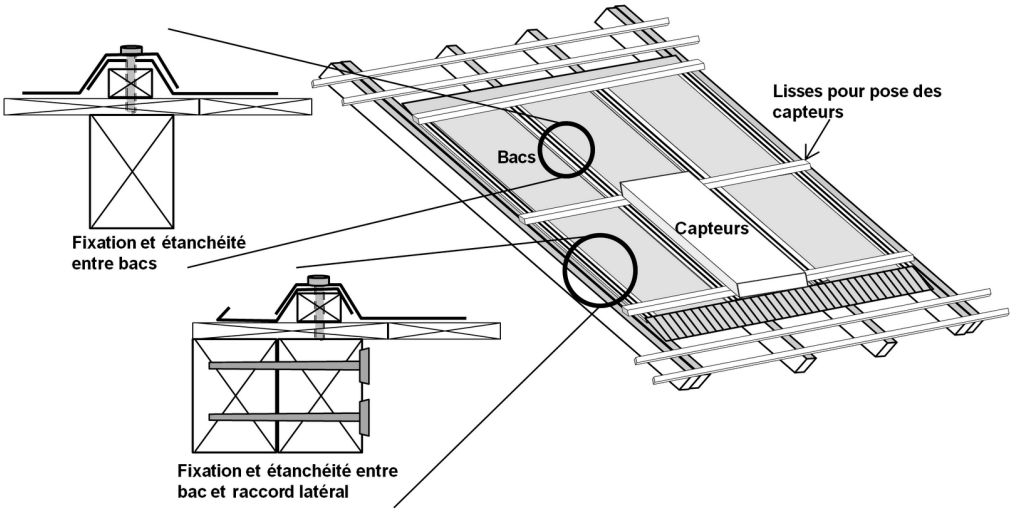


▲ Figure 14 : *Capteur incorporé posé sur chevêtre*

Capteurs semi-incorporés :

Les capteurs semi-incorporés ne remplacent pas directement les éléments de couverture, un bac intermédiaire en sous face des capteurs assure l'étanchéité.

Comme vu en (Figure 15), le bac est fixé ou maintenu en tête et en pied ou latéralement sur une planche d'épaisseur égale à celle des liteaux.



▲ Figure 15 : *Capteur semi-incorporé avec bac d'étanchéité*

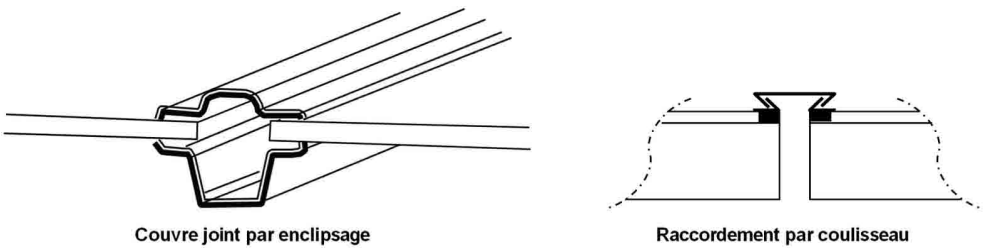
Commentaire

L'étanchéité entre le capteur et son cadre doit être justifiée par le fabricant. L'Avis Technique ou son équivalent permet d'apporter les justifications.

Sur la (Figure 14) et la (Figure 15) l'écran de sous-toiture et son contre lattage ne sont pas représentés.

6.6.3. • Raccordement d'étanchéité entre capteurs

L'étanchéité entre capteurs, pour les raccordements longitudinaux et transversaux, est assurée avec les accessoires fournis par le fabricant du procédé. Lorsque ce dernier préconise l'utilisation de produits complémentaires d'étanchéité (mousse, joint en matière synthétique), il convient d'utiliser ceux-ci conformément à la notice technique afin de garantir l'herméticité des raccordements. On donne (Figure 16) différentes solutions pour le raccordement entre capteurs.



▲ Figure 16 : *Différents type de raccordements entre capteurs*

6.6.4. • Raccordement d'étanchéité aux éléments de couverture

Les raccordements aux éléments de la toiture font appel aux savoir faire des métiers de la couverture et de la zinguerie. Les accessoires de raccordement (bavette, joint, cornière...) sont propres à chaque procédé de capteur solaire et leur utilisation relève de la procédure d'Avis Technique ou son équivalent. Néanmoins, ils doivent respecter les prescriptions des DTU des couvertures concernées, ce qui signifie qu'une maitrise de ces règles est indispensable.

Ces raccordements sont réalisés entre les éléments de couverture et les capteurs (capteurs incorporés), ou les bacs en sous face (capteurs semi-incorporés).

Comment faire

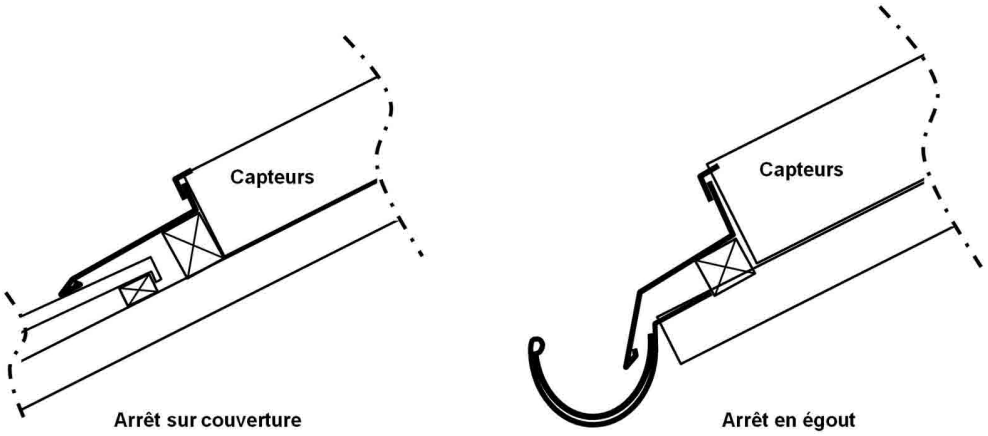
Conformément aux règles de l'art en matière de raccordements d'étanchéité, la pratique impose de débuter par la mise en place des abergements inférieurs et de terminer par le capotage supérieur.

Raccordement en pied de capteur :

Le raccordement en pied de capteur se fait de la façon suivante :

- si l'étanchéité est assurée par un cadre ou un bac en sous face du capteur, une bavette assure la reconduite des eaux d'écoulement sur les éléments de couverture inférieurs en respectant les recouvrements définis dans les DTU de la série 40 ;
- si l'étanchéité est assurée par le capteur, le raccordement est traité comme une rive de tête conformément aux DTU de la série 40.

La (Figure 17) illustre deux exemples de raccordement en pied de capteur, avec arrêt sur la couverture et arrêt en égout.



▲ Figure 17 : *Exemples de raccordement en pied de capteurs*

Dans le cas d'un raccordement en pied de capteur avec arrêt sur la couverture, l'écran de sous-toiture doit impérativement descendre jusqu'à l'égout.

La largeur de la bavette d'étanchéité doit permettre :

- de recouvrir les éléments de couverture situés sous les capteurs sur 100 mm minimum (à augmenter en fonction des éléments de couverture, de la pente de la toiture, ...) ;
- d'être recouverte par les capteurs solaires sur un minimum de 200 mm ;
- l'absence de toute contre-pente : un écart d'au moins 2° entre la pente de la toiture et celle de l'abergement doit être respecté afin de prendre en compte les aléas du chantier.

La longueur de la bavette d'étanchéité doit être égale à la largeur hors tout des capteurs à laquelle il convient d'ajouter :

- la largeur des abergements latéraux ;
- une largeur fonction des éléments de couverture environnants.

L'entrepreneur engage sa responsabilité civile et sa garantie décennale. Au titre du dernier intervenant et en amenant une modification fondamentale au complexe toiture en place, il lui appartient donc de vérifier la bonne conformité de la collecte des eaux en pied de capteurs. A titre indicatif, il est rappelé ici que la section utile « Su » nécessaire pour évacuer l'eau collectée, est le produit de la largeur utile « Lu » par la profondeur utile « Pu » : Su = Lu × Pu.

La (Figure 18) donne les valeurs des sections utiles minimales. Elles sont établies d'après les dispositions de la norme NF P 40-201 (Référence DTU 60.1) adaptées aux chéneaux ou caniveaux rectangulaires ou trapézoïdaux, en admettant un débit maximal de précipitations de 3 l/min.m².

Surface de toiture collectée, en projection horizontale (m²)	Section utile S_u minimale (cm²)		
	Pente du fond de chéneau ou caniveau		
	0 % (et <0.5%)	≥ 0.5 %	≥ 1 %
0 à 150	292	165	132
160	308	176	138
170	319	182	143
180	336	187	149
200	363	204	160

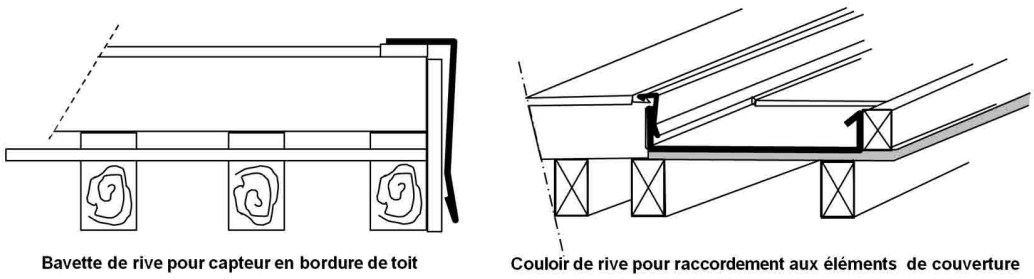
▲ *Figure 18 : Sections utiles minimales en fonction de la surface de toiture collectée*

Raccordement latéral

Le raccordement latéral se traite comme une pénétration continue conformément aux DTU de la série 40. La (Figure 19) illustre deux exemples de raccordement latéral, avec l'utilisation d'une bavette de rive pour les capteurs en bord de toit et d'un couloir de rive pour raccordement aux éléments de couverture.

Les exemples de raccordement suivants sont donnés à titre indicatif. Ils permettent de symboliser l'endroit du raccordement aux éléments de couverture. Il appartient à l'homme de l'Art de déterminer le type de raccordement conforme et pérenne. Ceux-ci sont généralement :

- ardoises ou tuiles plates : noquets métalliques ;
- tuiles à emboîtement à relief : couloir latéral avec pince relevée sur la contrelatte ;
- tuiles à pureau plat : couloir métallique ;
- en bordure de toit : bavette de rive.



▲ Figure 19 : *Exemples de raccordement latéral*

Raccordement en tête de capteur

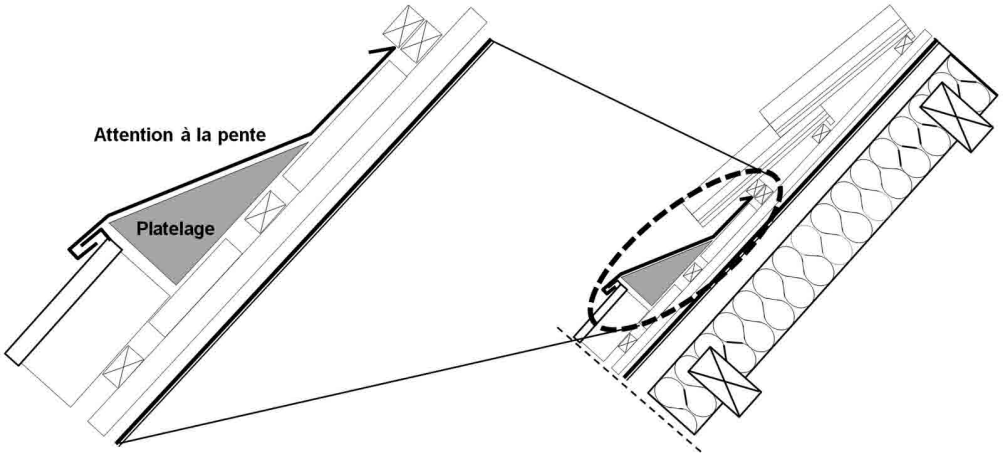
Le raccordement peut être traité par :

- une bavette supérieure fixée au capteur et renvoyant les eaux d'écoulement sur le plan du capteur (Figure 20) ;
- une bavette supérieure fixée au capteur et rejetant les eaux d'écoulement sur les abergements latéraux (Figure 21) ;

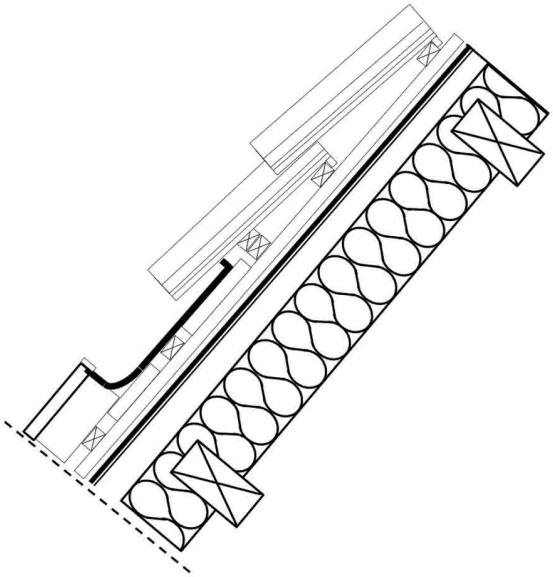
Le recouvrement des éléments de couverture sur la bavette doit être conforme aux prescriptions des DTU de la série 40. La (Figure 20) et la (Figure 21) illustrent deux exemples de raccordement en tête du capteur, avec un écoulement des eaux de pluie sur le capteur ou sur les couloirs latéraux.

Le plateau de bois inséré sous la capote supérieure, nommé couramment « platelage » par la profession, sert avant tout au bon supportage de la tôlerie, lui évitant de subir des déformations préjudiciables. La bonne pratique doit éviter de « fixer » la capote et permettre les dilatations en assurant son « maintien libre »

A noter que la pente résiduelle de la capote supérieure doit être inférieure à 3%.



▲ Figure 20: *Exemple de raccordement en tête du capteur avec écoulement des eaux sur le capteur. La pente doit toujours être positive.*



▲ Figure 21 : *Exemple de raccordement en tête du capteur avec écoulement des eaux sur les couloirs latéraux*

Comment faire

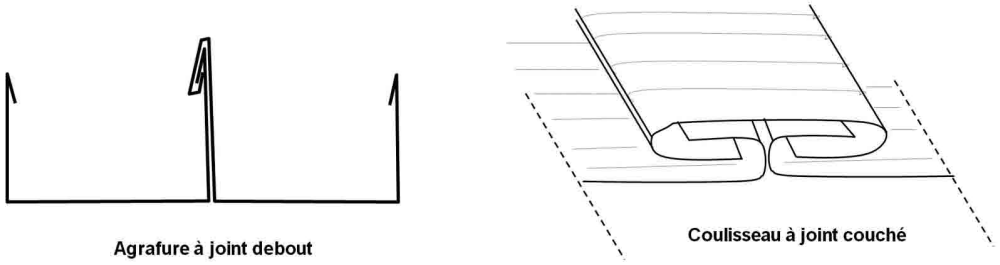
Dans le cas de raccordement avec écoulement des eaux sur les couloirs latéraux, prendre en considération la surface de toiture supérieure afin de déterminer les sections nécessaires à cet écoulement

Le mode de raccordement sur des couvertures en petits éléments doit permettre de conserver 2 rangées de tuiles (ou 3 rangs d'ardoises ou tuiles plates) minimum en tête du raccordement.

Compte tenu des contraintes thermiques subies par les bavettes métalliques, les techniques de raccordement et de maintien doivent permettre la libre dilatation des pièces d'abergements. La (Figure 22) illustre deux exemples de raccordement, avec coulisseau à joint debout et à joint couché.

Lorsque les raccordements périphériques du système fourni doivent être adaptés à la toiture, il convient de faire appel aux compétences requises de l'homme de l'Art afin de réaliser une adaptation pérenne des abergements.

Les 2 exemples d'adaptation du raccordement illustrés (Figure 21), représentent chacun un modèle pérenne pouvant être appliqués à de nombreuses configurations.



▲ Figure 22 : *Exemples de raccordements d'étanchéité*

Comment faire

Dilatations transversales : jonctions par coulisseau à agrafure avec 2mm d'espacement minimum. Maintien transversal : utilisation de pattes à feuille clouées avec 2mm de jeu minimum.

6.6.5. • Ventilation en sous-face

La sous-face des capteurs doit être ventilée. On se réfèrera aux dispositions de ventilation applicables aux couvertures en petits éléments (DTU de la série 40).

Si le positionnement des capteurs conduit à supprimer les chatières de ventilation existantes de la couverture, ces dernières doivent être déplacées.

6.7. • *Indépendant sur support*

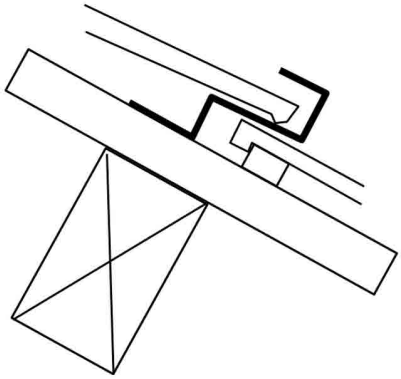
La mise en œuvre des capteurs en pose indépendante est visée par l'Avis Technique.

6.7.1. • Toiture inclinée

Les supports des capteurs doivent être fixés soit directement sur les chevrons ou pannes de la charpente, soit sur des chevêtres réalisés et mis en place à cet effet. La (Figure 23) illustre un exemple de crochet de fixation adapté aux tuiles plates.

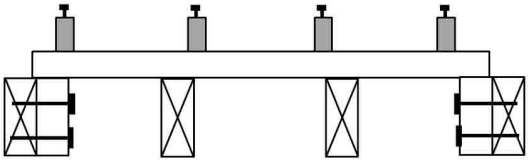
Commentaire

Les liteaux, voliges ou écrans rigides en panneau à base de bois ne sont pas prévus pour servir de support au point de fixation des capteurs.



▲ Figure 23 : *Exemple de crochet de fixation pour tuiles plates (profil). Le crochet de fixation doit être fixé sur un support de section suffisante (ici une panne).*

La fixation des supports des capteurs sur la charpente prévue impose de s'assurer que la résistance mécanique soit suffisante pour supporter les efforts créés par la surcharge. La (Figure 24) illustre un exemple pour le renforcement du support avec doublement des chevrons.



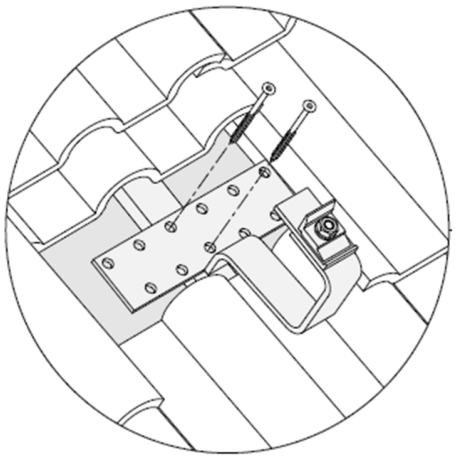
▲ Figure 24 : *Doublement des chevrons pour renforcement du support des crochets de fixation (face)*

Commentaire

On se reportera aux règles NV 65 et N 84 ou aux Eurocodes, ainsi qu'aux DTU de la série 31 pour le bois et 32 pour les charpentes métalliques.

La pénétration du support à travers le plan de la couverture se fait par exemple à l'aide de crochets de fixation intercalés entre la tuile et le support.

Concernant les crochets de fixation et les glissières de support, la pose dans le courant du fil d'eau doit être réalisée en tenant compte des écoulements d'eau provenant du couloir de l'élément de couverture (Figure 25).



▲ Figure 25 : *Exemple de pose de crochet dans le courant du fil d'eau*

Le courant des éléments de couverture doit assurer l'écoulement du fil d'eau de ruissellement librement et sans contraintes en respectant les règles générales de couverture. Les pattes de fixation sont posées de préférence en dehors de ce fil d'eau pour limiter les obstructions.

Lorsque le système de pose prévoit le positionnement des fixations dans le fil d'eau, il appartient au responsable de la mise en œuvre de s'assurer du respect des règles.

Dans le cas de présence d'un écran souple de sous-toiture, le passage des éléments de support du cadre ou des tuyauteries doit se faire selon les principes décrits dans le Cahier des Prescriptions Techniques de mise en œuvre des « écrans souples de sous-toiture » (CPT 3651-2 du CSTB).

Pour les capteurs à tubes, sous vide, quelques particularités :

– certains modèles permettent une pose élément par élément facilitant ainsi leur manutention et leur mise en œuvre ;

– les modèles fonctionnant en « caloduc » ne peuvent être placés à l'horizontal. Il leur faut une inclinaison minimale définie par le fabricant ;

– certains modèles ont des absorbeurs orientables par rotation du tube permettant de corriger l'orientation et/ou l'inclinaison ;

6.7.2. • Toiture terrasse

La toiture doit être considérée comme toiture technique ou à zones techniques. Elle doit en effet pouvoir recevoir une circulation due à la présence de capteurs solaires nécessitant certaines interventions fréquentes et notamment leur entretien et leur maintenance.

Commentaire

Si les capteurs solaires ne sont installés que sur une partie de la toiture terrasse, seule cette partie peut être considérée comme toiture terrasse technique (zone technique). Les documents particuliers du marché (DPM) fixent l'implantation des parties de toiture à considérer en zones techniques et définissent les chemins et aires d'accès à ces zones. Ils définissent également si ces derniers sont assimilés à des chemins de circulation ou à des zones techniques (si utilisés pour l'entretien des capteurs solaires).

L'installation des capteurs solaires doit respecter les spécifications de la NF DTU 65.12.

Les capteurs solaires doivent être positionnés sur les endroits les moins dangereux : près du sol, éloignés des pignons et des bordures de terrasse.

Conformément aux exigences de réalisation d'entretien et de réfection des ouvrages d'étanchéité, l'implantation des capteurs doit respecter une distance minimale entre ouvrages émergents voisins d'un mètre, conformément à la NF DTU 20.12. Cette distance est fonction de la dimension en vis– à-vis de la batterie de capteurs solaires (généralement supérieure à 1,20 m).

Commentaire

Pour éviter que les rangées de capteurs en bandes parallèles ne se fassent de l'ombre entre elles, il convient de respecter une distance minimale entre elles.

Les capteurs doivent être disposés sur des supports :

- tels que la planéité des capteurs soit respectée. En aucun cas le montage sur les supports ne doit provoquer le gauchissement des capteurs ;
- de manière à ce que le côté percé d'orifices d'évacuation des condensats soit situé en partie basse du capteur ;
- capables de résister aux charges climatiques extrêmes (vent et neige).

Le système d'étanchéité doit bénéficier d'une évaluation technique telle qu'Avis Technique ou Document Technique d'Application. Un écran support de classe C minimale à 80°C doit être interposé.

Commentaire

Pour réaliser l'étanchéité d'une toiture-terrasse, un revêtement étanche doit être posé sur toute sa surface, de manière continue et sans aucune aspérité.

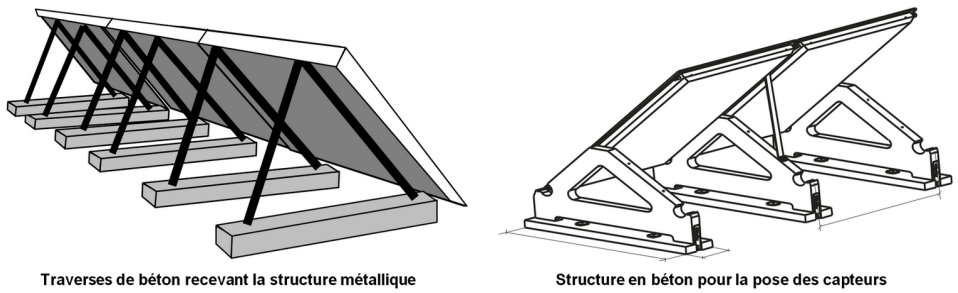
Sauf justifications particulières, toutes les réservations du gros œuvre nécessaires à l'organisation des ouvrages d'étanchéité de toiture, telles que les passages de canalisations, gaines, souches débouchant en toiture doivent être faites lors de la mise en œuvre des éléments porteurs. Pour les éléments en béton précontraint, les percements effectués après mise en œuvre, ne sont pas admis.

Pour la prise en compte des charges occasionnées, il est rappelé qu'il appartient au maître d'ouvrage ou à son représentant de faire vérifier au préalable la stabilité de l'ouvrage dans les conditions de la norme NF DTU 43.5 en travaux de réfection, notamment en prenant bien en compte les charges rapportées permanentes liées aux équipements de production d'énergie.

L'ensemble support-capteur doit être fixé à la structure porteuse ou lesté par un socle de façon à résister aux surcharges climatiques extrêmes définies dans les Eurocodes.

Il est rappelé également que la destination en toiture technique implique la prise en compte d'une charge d'entretien majorée (150 daN/m²), selon la norme NF P 06-001.

La (Figure 26) illustre deux exemples de lestage, avec des traverses de béton recevant la structure métallique et avec une structure en béton pour la pose des capteurs solaires.



▲ Figure 26 : *exemple de lestage de capteurs*

Quel que soit le dispositif de lestage la pose d'une bande résiliente est obligatoire en sous face des traverses. L'objectif de cette sous couche est d'absorber les contraintes de pression afin de protéger le revêtement d'étanchéité.

Dans le cas de pose sur toiture-terrasse, les éléments porteurs sont des supports :

- maçonnés conformément au DTU 43.1 ;
- en tôles d'acier nervurées conformément au DTU 43.3 ;
- en bois ou panneaux dérivés du bois conformément au DTU 43.4.

Cas de l'élément porteur en maçonnerie

Les capteurs solaires peuvent être posés sur un ou plusieurs massifs émergents en maçonnerie, solidaires de l'élément porteur. Le massif est conforme, en ce qui concerne les reliefs, aux dispositions de la norme NF P 10-203-1 (référence DTU 20.12).

L'étanchéité du dessus du massif émergent est assurée par l'installateur de l'équipement rapporté.

Ce massif peut aussi être constitué de potelets métalliques liaisonnés à l'élément porteur en maçonnerie.

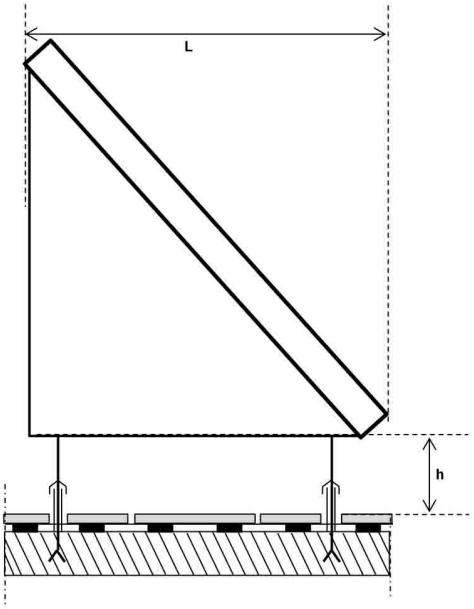
L'étanchéité du dessus des potelets est assurée par l'installateur de l'équipement rapporté.

Afin de pouvoir effectuer les opérations d'entretien de la toiture et les éventuelles réfections, une hauteur minimale h entre le bas des capteurs et la protection du revêtement d'étanchéité des parties courantes doit aussi être respectée.

Cette hauteur est fonction de la longueur L d'encombrement horizontal des équipements.

La (Figure 27) illustre la hauteur h et la longueur L à considérer.

- si L ≤ 1,20 m : h ≥ 0,40 m ;
- si L > 1,20 m : h ≥ 0,80 m.



▲ Figure 27 : *Hauteur minimale h et longueur d'encombrement horizontal L*

Si l'ensemble capteur-support peut être démonté lors de la réfection de l'étanchéité, cette hauteur peut être ramenée à 0,30 m. Si l'ensemble capteur-support ne peut pas être démonté en sous-ensembles de 90 kg maximum, il est considéré comme non démontable.

Le champ de capteurs peut être posé sur un dallage en béton armé coulé en place sur couche de désolidarisation. Il est réalisé selon

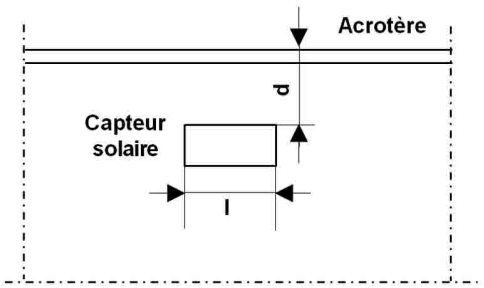
les prescriptions du NF DTU 43.1. Du fait de la possible grande surface occupée par le champ de capteurs, la protection du revêtement d'étanchéité doit être assurée par une protection lourde dure (dallage en béton armé coulé en place, sur couche de désolidarisation).

Cas de l'élément porteur en tôles d'acier nervurées ou en panneaux dérivés du bois

La mise en œuvre de tels systèmes se fait conformément aux NF DTU 43.3 et 43.4, c'est-à-dire exclusivement sur dispositifs (potelets et chandelles) reportant directement les charges de ces équipements sur l'ossature et non sur la tôle d'acier nervurée ou sur l'élément porteur bois.

L'implantation de ces équipements doit permettre la réalisation et l'entretien courant des ouvrages d'étanchéité et, en particulier, des relevés et des entrées d'eaux pluviales.

L'implantation se fait suivant la (Figure 28).



l (m)	d (m)
l ≤ 1,20	d ≥ 0,50
l > 1,20	d ≥ 1,00

▲ Figure 28 : *Implantation de l'équipement – vue en plan*

Afin de pouvoir effectuer les opérations d'entretien de la toiture et les éventuelles réfections, une hauteur minimale h entre le bas des capteurs et la protection du revêtement d'étanchéité des parties courantes doit aussi être respectée.

Commentaire

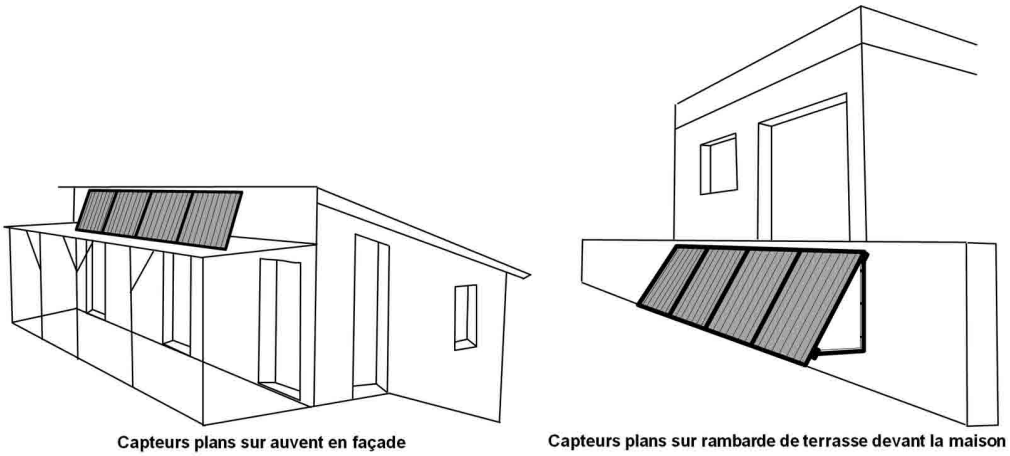
Dans le cas d'équipements posés en bandes, si deux équipements distincts sont distants de moins de 0,80 m, ils sont à considérer comme un seul équipement.

6.7.3. • Paroi verticale

Lorsque le mur est isolé par l'extérieur l'implantation des supports doit se faire nécessairement au droit d'éléments porteurs. Dans le cas de mur ancien, une étude particulière est effectuée pour déterminer la charge maximale admissible par le support. Si le mur ne comporte pas d'isolation, une fixation par l'intermédiaire de contre-plaques situées à l'intérieur du bâtiment peut être effectuée. Lorsque le mur est isolé par l'intérieur, des ancrages dans le mur porteur sont réalisables.

Lorsque la pose du capteur est effectuée dans le plan d'une façade comportant un bardage, on doit appliquer les mêmes principes que

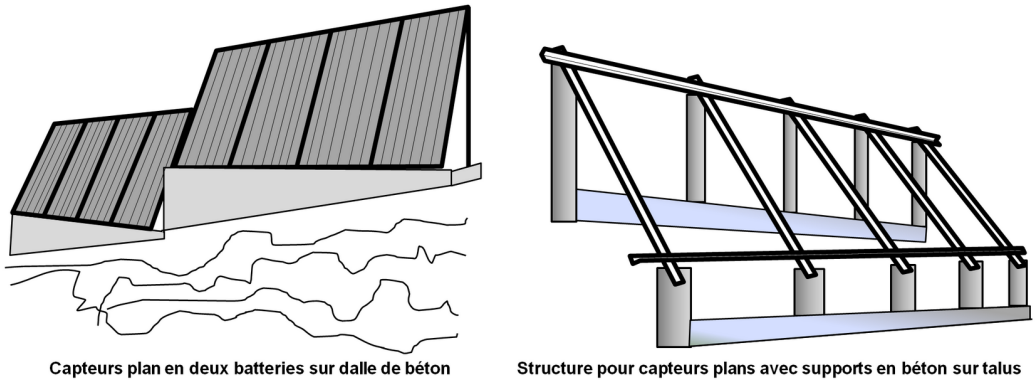
pour une couverture en petits éléments. Une lame d'air ventilée doit être ménagée entre la sous-face du capteur et le mur. Cette lame d'air est au moins égale à la lame d'air nécessaire entre les éléments de bardage et le mur.



▲ Figure 29 : *Capteurs plan posés sur mur*

6.7.4. • Au sol

L'ensemble support-capteur doit être lesté ou fixé de façon à résister aux surcharges climatiques extrêmes définies par les Eurocodes.



▲ Figure 30 : *Pose de capteurs au sol*

Les supports peuvent être fixés sur une dalle en béton ou des plots. Pour plusieurs raisons le bas du châssis doit être positionné au minimum à 40 cm du sol :

- afin de se prémunir de la végétation basse ;
- pour faciliter les opérations de tonte ou de nettoyage ;
- pour se mettre à l'abri des projectiles au niveau du sol (cailloux projetés) ;
- pour éviter le maintien d'une couche de neige en partie basse du capteur.

Pour les capteurs à tubes, sous vide, quelques particularités :

- pour le remplacement de tube, prévoir un espacement suffisant en bas du capteur ;
- tenir compte du poids des capteurs pour la mise en place des supports.

Les capteurs et les raccordements du circuit primaire peuvent atteindre des températures élevées. Quand l'installation est accessible à des personnes non autorisées, ces températures peuvent représenter un risque de brûlures.

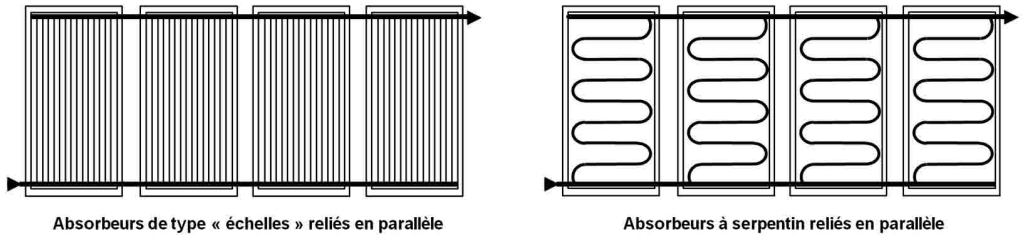
MISE EN ŒUVRE DU CIRCUIT PRIMAIRE

7

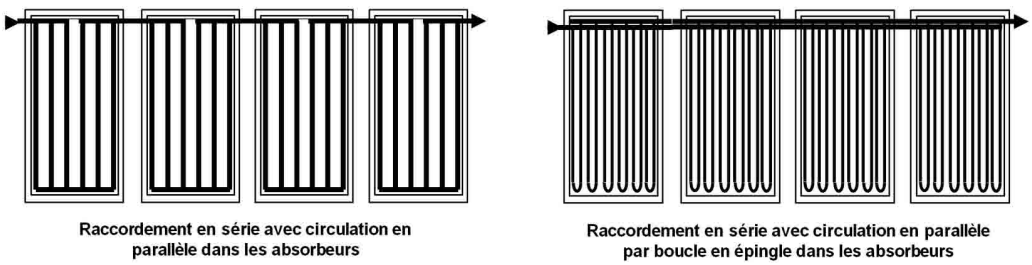
7.1. • *Raccordement hydraulique du champ de capteurs*

7.1.1. • Préconisations pour le raccordement

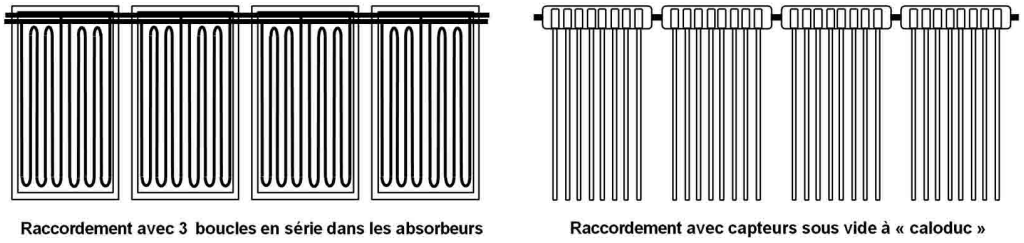
Le circuit capteur doit avoir un débit uniforme au travers de chacun des panneaux. Ce débit permet une irrigation optimale de la batterie de capteurs afin d'utiliser la surface totale de l'absorbeur en supprimant les zones mortes. Les figures 31, 32, 33 et 34 donnent des exemples pour le raccordement des capteurs solaires.



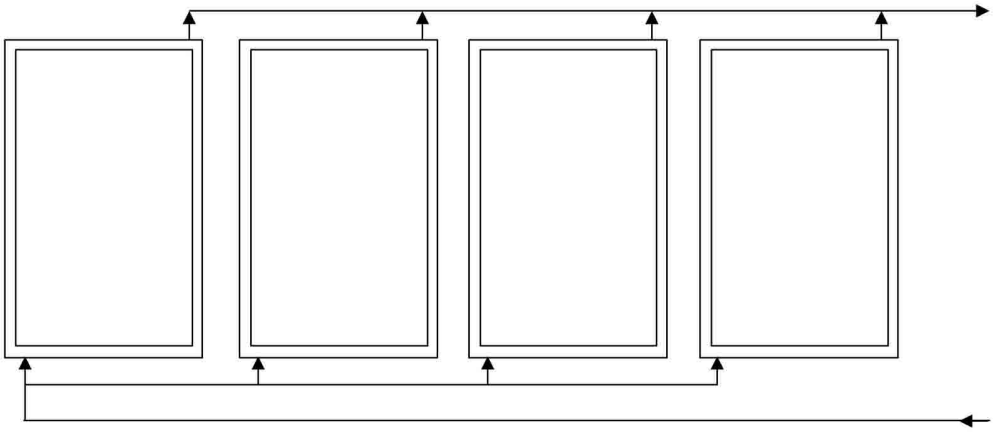
▲ Figure 31 : *Différents types de raccordement en parallèle des absorbeurs*



▲ Figure 32 : *Différents types de raccordement des absorbeurs*



▲ Figure 33 : *Différentes particularités de raccordement des absorbeurs*



▲ Figure 34 : *Raccordement en parallèle de type « Tichelmann »*

Comment faire

L'objectif du raccordement dit de « Tichelmann » est d'équilibrer les pertes de charge sur le circuit entre le départ et le retour du champ de capteurs. Pour cela l'irrigation de chacun des capteurs doit suivre un parcours identique.

7.1.2. • Méthodologie de raccordement

Le constructeur détermine le type de raccordement. Celui-ci est appplicable autant pour le raccordement des capteurs entre eux que pour le raccordement aux liaisons du circuit hydraulique. On recense au moins cinq types de raccords :

- raccords à joint plat ;
- raccords à portée conique ;
- raccords bicones ;
- raccords à joints toriques ;
- raccords par brasure.

L'installateur est responsable de la mise en œuvre des raccordements. Les différentes solutions techniques seront éventuellement adaptées aux configurations : canalisations (tube cuivre, inox annelé), lyres de dilatation, changement de section (diamètre nominal, raccords filetés), adaptations des types de raccords (Cuivre/laiton, cuivre/inox, joint plat/brasure, cuivre/bicone).

Raccords à joint plat à écrou libre

La portée plate recevant le joint doit nécessairement être large afin d'assurer un bon contact et de fiabiliser l'étanchéité. Il faut utiliser des joints dont la tenue en température est élevée. On note que les joints en fibre supportent des températures jusqu'à 400 °C qui nécessitent un ébavurage rigoureux. Par ailleurs les joints en téflon supportent des températures de l'ordre de 200 à 250 °C et leur rigidité peut accepter un effort de serrage important même sur des portées comportant des petits défauts de planéité. L'épaisseur et la largeur du joint conditionnent la qualité et la durabilité du raccordement ; il est recommandé que le joint couvre bien la portée.

Raccords à portée conique

Grâce à ce type de jonctions, les raccords brasés sont rendus démontables. Pour assurer une parfaite étanchéité l'ajout d'un lubrifiant ou d'une graisse sur les portées est nécessaire. L'aspect de ces raccords démontables n'enlève rien à la fiabilité de la jonction par rapport aux raccords filetés qui peuvent souffrir de la grande capilarité du liquide caloporteur.

Raccords filetés à bague de serrage (bi-cônes)

De nombreux avantages pour ce type de raccord : rapidité d'excécution, montage à sec, absence de produit d'étanchéité, variété de raccords adaptables à différents types de canalisation.

L'utilisation de tube cuivre recuit rend délicate l'utilisation des raccords à bague de serrage. Sa maléabilité peut déformer sa circonférence lui donnant une section ovale.

Raccords à joints toriques

Technologie issue de l'industrie, la jonction par joint torique garantit une haute fiabilité pour tous types de fluides, sans brasure ni utilisation forcée d'un produit d'étanchéité. La qualité des joints toriques doit permettre un tenue aux hautes températures des capteurs. Leur assemblage ne nécessite aucun serrage et un minimum d'outillage.

Raccords par brasure

La fiabilité des raccords brasés n'est plus à démontrer : grande durabilité, permet les dilatations, absence de produit d'étanchéité, possibilité de soudure ou souso-brasure entre divers matériaux (acier, cuivre, laiton, inox). Ce type de raccordement s'accorde bien lorsque les jonctions sont difficillement visitables (Capteur incorporé, tuyauteries en sous face des éléments de couverture). La réalisation de ces soudures nécessite une mise en œuvre plus technique et des précautions par rapport au risque d'inflammabilité (bois de charpente, isolation, calorifuge des tuyauteries, éléments des capteurs).

Comment faire

Dans le cas de raccords à écrou tournant (joint plat, portée conique, bi-cône), il est nécessaire d'utiliser une clé plus une contre clé afin de ne pas risquer le vrillage du collecteur du capteur au moment du serrage.

7.1.3. • Les pénétrations

Les traversées de parois doivent être rendues étanches pour éviter toutes infiltrations air. Le passage des canalisations (et des équipements électriques) sont les fuites relevées le plus fréquemment dans les bâtiments.

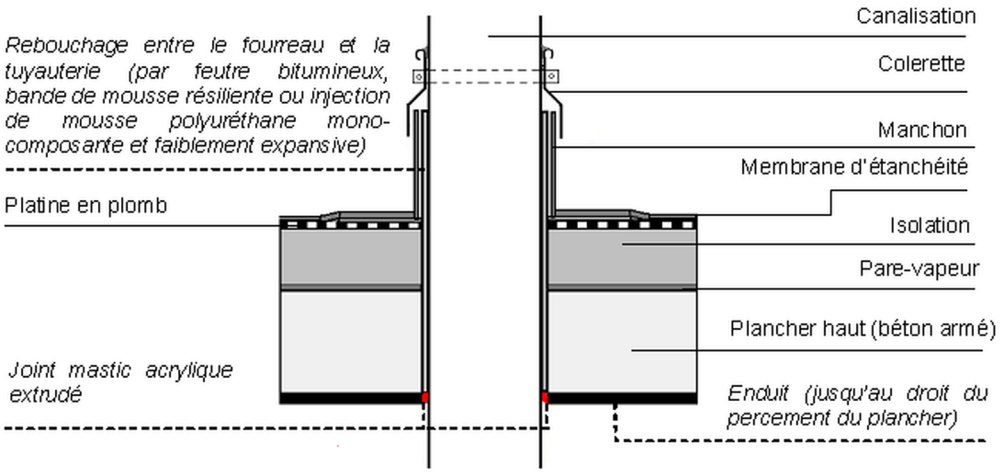
Le cheminement des fluides doit être pris en compte dès la phase de conception en définissant les dispositions qui rendront plus simple et moins onéreuse la réalisation de l'étanchéité à l'air.

Pose sur support indépendant sur toiture terrasse

La pénétration des canalisations au travers de la toiture doit être effectuée :

- par une souche pour les tuyaux flexibles ;
- par un fourreau ou un manchon équipé d'une collerette pour les tuyauteries rigides.

La (Figure 35) illustre les travaux d'étanchéité à l'air dans le cas d'une traversée et d'une pénétration de plancher haut pour une toiture terrasse.



▲ Figure 35 : *Travaux d'étanchéité à l'air dans le cas d'une traversée et d'une pénétration de plancher haut pour une toiture terrasse*

Les pénétrations prévues pour le passage des tuyauteries sont réservées exclusivement au passage de celle-ci. En aucun cas, elles ne peuvent être utilisées pour le passage de câbles électriques ou autres (câbles d'antennes notamment), à l'exception des câbles de sonde de régulation propre au procédé.

La pénétration par souche est préférable à celle par crosse qui crée un point haut ce qui peut entrainer un problème de purge.

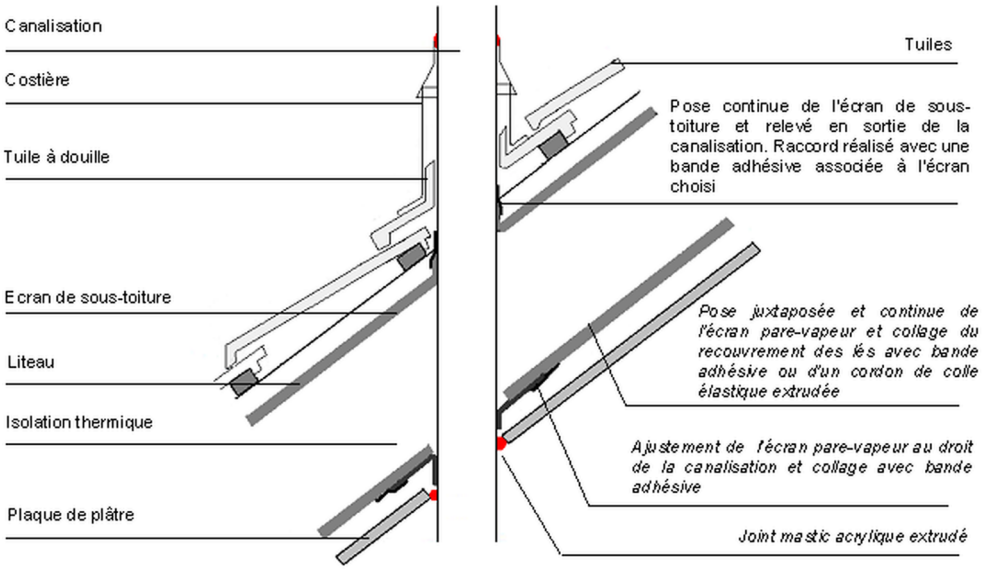
Capteurs en surimposition sur couverture en petits éléments

La pénétration des canalisations de liquide caloporteur au travers de la couverture doit être effectuée par une chatière supplémentaire ou une tuile à douille adaptée aux éléments de couverture.

L'utilisation d'une chatière prévue pour assurer la ventilation en sous-face de la couverture de la toiture n'est pas admise.

Pour les systèmes autovidangeables, une tuile à douille ou une souche doit être utilisée afin de ne pas créer un point haut en toiture.

La (Figure 36) illustre un exemple de reprise d'étanchéité à l'air dans le cas d'une traversée de toiture inclinée.



▲ Figure 36 : *Exemple de reprise d'étanchéité à l'air dans le cas d'une toiture inclinée*

Pose sur pignon ou en façade

L'implantation est réalisée sur des murs maçonnés non isolés par l'extérieur. Dans le cas de support ancien, il convient de s'assurer de la charge maximale admissible par le support.

Les traversées des tuyauteries à travers la paroi se font avec un fourreau. L'espace annulaire entre tuyauterie et fourreau est traité avec un joint de calfeutrement. Un larmier est indispensable pour éviter des pénétrations d'eau de pluie ou de condensation.

Commentaire

Le larmier est une rondelle qui est placée non perpendiculaire à l'axe de la canalisation. Dans le cas d'écoulement d'eau le long de la canalisation, le larmier provoque la chute de la goutte d'eau.

7.1.4. • Cas particulier

Sous pression

Les capteurs sont raccordés conformément aux instructions de montage relatives au raccordement des capteurs les uns aux autres et au raccordement des capteurs au circuit de transfert, y compris les dimensions des canalisations de raccordement. Selon la norme NF EN 12975-1, ces instructions figurent dans la notice d'installation.

Les diamètres des canalisations doivent également conduire à des pertes de charge les plus faibles possibles de manière à minimiser la consommation électrique de la pompe de circulation.

Autovidangeable

Les points complémentaires suivants doivent être respectés dans le cas d'installations à capteurs autovidangeables :

- le capteur solaire doit pouvoir être vidangé complètement. La conception de l'absorbeur implique une disposition (paysage ou portrait) des capteurs pour certains fabricants ;
- les canalisations de raccordement des capteurs doivent présenter des pentes continûment descendantes, avec un minimum imposé par le fabricant (jamais moins que 0,01 m par m), vers le réservoir pour assurer la vidange parfaite des capteurs solaires et des canalisations susceptibles d'être exposées au gel ;
- le dimensionnement des canalisations du circuit hydraulique doit permettre d'assurer correctement la purge des capteurs solaires et des canalisations lors du remplissage, avec notamment l'absence d'obstacles singuliers et des vitesses de circulation suffisante (> 0.4 m/s) pour entraîner les bulles d'air ;
- dans le cas d'utilisation de canalisation non métallique, les fabricants préconisent des longueurs minimales, en cuivre, à l'entrée et sortie des capteurs ;
- un réservoir de récupération d'une capacité minimale égale au volume de fluide contenu dans les capteurs solaires et les canalisations exposées au gel, doit être installé à une hauteur inférieure aux composants susceptibles d'exposition au gel, et à une hauteur supérieure à la pompe de circulation. Dans certains systèmes, le réservoir n'est pas nécessaire car cette fonction est assurée par un échangeur interne au ballon ;

- dans le circuit hydraulique (capteurs et canalisations), les assemblages mécaniques ne contiennent pas de joint à fibres ou de filasse qui risquent de s'assécher ou de se rétracter du fait du remplissage et de la vidange cyclique du circuit.

Thermosiphon à éléments séparés

Les points complémentaires suivants doivent être respectés dans le cas d'installations à thermosiphon :

- le point le plus haut du capteur doit se situer sous le point le plus bas du ballon ;
- les canalisations ballon/capteur doivent observer une pente minimum (généralement à partir de 5°), sans portion horizontale ; elles doivent être les plus directes possibles en évitant les coudes et les réductions ;
- la longueur de la canalisation entre le collecteur supérieur du capteur et l'entrée de l'échangeur du ballon de stockage et le diamètre intérieur de ces canalisations doivent respecter les valeurs indiquées par le fabricant.

7.2. • *Raccordement hydraulique de la boucle primaire*

La boucle primaire doit être isolée thermiquement sur toute sa longueur. En extérieur et dans les régions froides, les canalisations doivent être renforcées en isolation. L'isolation doit être protégée contre les agressions extérieures (notamment les ultraviolets et les rongeurs). Dans le cas de tuyauterie en tranchée, il est obligatoire de placer la tuyauterie calorifugée dans une gaine type ICT souple, ou bien dans du PVC rigide selon le type de mise en œuvre. Les extrémités doivent être étanches afin d'éviter la dégradation du calorifuge à l'eau. La pose d'un grillage avertisseur est obligatoire pour une pose en tranchée (Couleur « Violet », Chauffage et climatisation urbains, norme européenne NF EN 12613).

Dans tous les cas il faut veiller à limiter la longueur de tuyauterie de la boucle primaire pour diminuer les déperditions thermiques.

7.2.1. • Purges d'air, séparateur d'air

L'entrée et la formation de gaz sont pratiquement inévitables, même dans les installations fermées (remplissage, réalimentation, diffusion, réactions chimiques).

Il faut évacuer les gaz, de préférence de façon centralisée, hors des systèmes fermés par l'intermédiaire d'appareils adaptés afin d'éviter les problèmes de circulation, d'érosion et de corrosion.

Le dégazage doit être une voie à sens unique : sortie du gaz, mais pas d'entrée d'air.

Chaque point haut du circuit hydraulique doit être équipé d'un dispositif de purge adapté à la taille de l'installation. Si aucun purgeur n'est mis en œuvre en sortie des capteurs, le remplissage du circuit doit être réalisé selon une procédure précise.

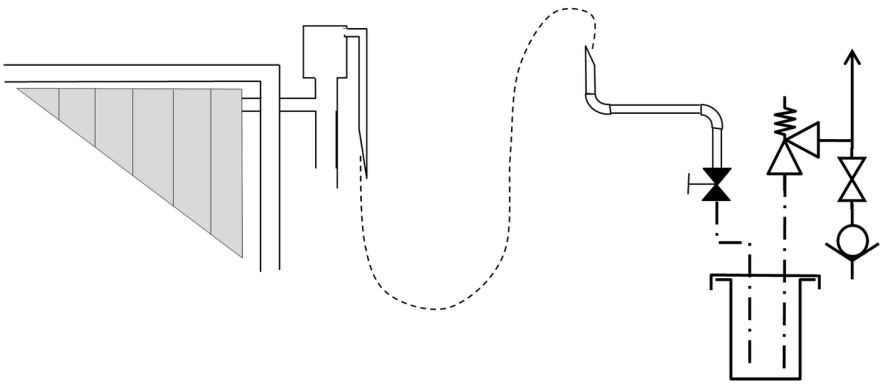
Purgeur placé en sortie des capteurs

Dans le cas de purgeurs automatiques, il y a lieu de respecter les prescriptions suivantes :

- une vanne d'isolement doit être intercalée entre la canalisation et le purgeur, cette vanne doit être maintenue fermée en dehors des opérations de purge de l'installation ;
- le diamètre du purgeur doit être d'au moins ½''.

Les purgeurs placés aux points hauts des capteurs doivent résister aux très hautes températures (200 °C). La vanne de sectionnement est là pour éviter la vidange du circuit primaire par dégazage en cas de montée anormale en température du capteur (180 °C : cas de la stagnation).

Dans le cas de purgeurs manuels, pour simplifier la maintenance, disposer une bouteille de purge (Tuyau en cuivre diamètre 50 mm par exemple) raccordée à une canalisation de purge (capillaire en cuivre diamètre 4 mm) ramenée en local technique, et dotée de vanne d'arrêt. Le purgeur est alors raccordé au réservoir de récupération comme illustré (Figure 37).

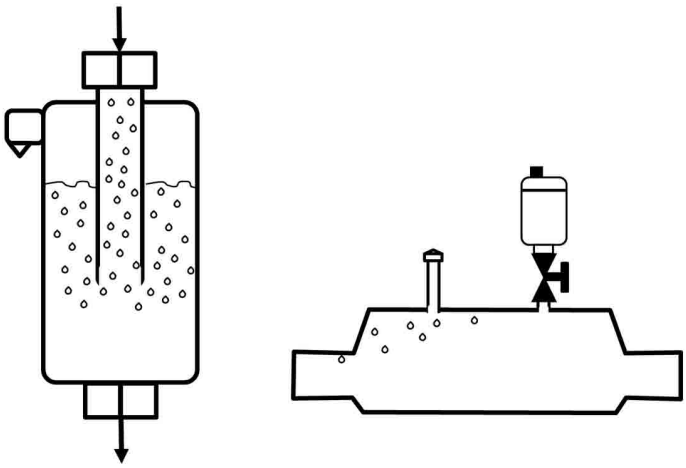


▲ Figure 37 : *Purgeur manuel ramené en local technique et branché dans le bidon de récupération*

Plusieurs jours voire plusieurs semaines sont nécessaires pour une purge complète de l'installation. Quel que soit le purgeur installé, le retour sur l'installation doit être programmé pour activer le système de purge.

En cas d'absence de dégazeur dans le groupe hydraulique il est nécessaire d'en équiper les conduites. La (Figure 38) illustre deux exemples de dégazeurs, pour conduite verticale et horizontale. Afin que ce

séparateur d'air fonctionne correctement, il sera placé sur la partie basse de l'installation.



▲ Figure 38 : *Exemples de modèles de dégazeur pour canalisations horizontales et verticales*

Installation sans purgeur

Les installations solaires individuelles prévues sans purgeur en point haut, au niveau du champ de capteurs solaires, doivent respecter les préconisations suivantes :

- en local technique, l'installation doit disposer de deux vannes d'arrêt verrouillables, raccordables pour l'une, au circuit de remplissage (VAR) et pour l'autre, au circuit de vidange (VAV). Une vanne d'arrêt complémentaire (VAC) est intercalée entre les deux vannes VAR et VAV. Un séparateur d'air doit être présent ;
- le remplissage doit être réalisé par une pompe de charge automatique assurant un débit minimum afin d'évacuer correctement l'air du circuit ;
- la procédure de rinçage/remplissage, donnée (Figure 39), doit être suivie.

1) VAR et VAV ouvertes, VAC fermée ;
2) Avec la pompe de remplissage faire circuler de l'eau dans le circuit tant qu'elle ne ressort pas claire. Faire circuler l'antigel tant que le fluide mousse en sortie de VAV ;
3) Fermer VAV ;
4) Mettre le circuit en pression ;
5) Fermer VAR et arrêter la pompe ;
6) Laisser l'installation tourner pendant 24 heures ;
7) Vidange de l'installation ;
8) Reprendre la procédure de l'étape 1 à 5 avec de l'antigel.

▲ *Figure 39 : Procédure de rinçage et de remplissage pour une installation sans purgeur*

Cas spécifique des installations autovidangeables

Compte tenu de la conception spécifique des installations autovidangeables, aucune purge d'air au niveau des capteurs solaires ne doit être mise en œuvre. Néanmoins, elle reste fortement conseillée notamment en cas d'erreur de remplissage du circuit.

Pour les installations solaires autovidangeables préchargées, se reporter aux préconisations du fabricant.

7.2.2. • Les canalisations

La mise en œuvre des canalisations du circuit hydraulique doit être réalisée selon les prescriptions du DTU 65.10.

Toutes les conduites doivent être posées en pente ascendante vers le champ de capteurs ou vers le purgeur. Les tuyaux doivent pouvoir se dilater (coudes, colliers de serrage, compensateurs) afin d'éviter les dégâts et les fuites.

Les canalisations sont :

- en tubes de cuivre conformes à la norme NF EN 1057 et/ou NF EN 12449 ;
- en tubes flexibles en acier inoxydable annelés de nuance 304 ou 316L ;
- en matériaux de synthèse, proposé par certains fabricants.

Commentaire

Dans le cas de matériaux de synthèse veiller à respecter scrupuleusement les règles de mise en œuvre fournies par le fabricant.

Dans le cadre de l'utilisation de tube en inox annelé ou cannelé, il doit être pris en compte les points suivants :

- pertes de charge plus importantes ;
- éviter la pose en partie horizontale et en faible pente ;
- la purge est difficile à réaliser complètement ;
- la fixation ne permet pas une tenue satisfaisante des tubes (ondulation) ;
- privilégier les cheminements verticaux ;
- prendre toutes dispositions pour avoir les raccords en partie accessible et visitable ;
- la flexibilité de ces tuyauteries peut provoquer des bruits de vibration ;
- les flexibles bitubes isolés sont équipés avec le câble de sonde.

Les tubes en acier galvanisé sont interdits car, d'une part, ils ne doivent pas être utilisés pour véhiculer de l'eau dont la température est supérieure à 60 °C et d'autre part, l'association de l'acier galvanisé

et du cuivre induit un couple électrolytique qui corrodera l'installation. Enfin certains propylènes glycol peuvent dissoudre le zinc.

De plus, la température et la pression maximales de service des canalisations doivent être supérieures :

- à la température de stagnation (parfois supérieure à 200 °C) et la pression maximale de service (pouvant aller jusqu'à 10 bars) spécifiées par le fabricant des capteurs, dans le cas d'installation à capteurs remplis en permanence (Ces informations figurent sur la plaque d'identification du capteur.) ;
- à la température et à la pression maximale pouvant être atteintes par l'installation dans le cas d'installations autovidangeables. Pour ces installations, la température maximale pouvant être atteinte dépend du réglage du régulateur. La pression de service maximale est plus faible que pour les installations à capteurs remplis en permanence, elle est en général inférieure à 3 bars.
- Les canalisations doivent être d'un diamètre suffisant pour permettre la circulation du liquide caloporteur au débit recommandé avec une vitesse de circulation inférieure ou égale à 1m/s. On donne, dans le tableau (Figure 40), les diamètres intérieurs des canalisations en fonction du débit traversant les capteurs et de la surface installée. Ils sont donnés pour des installations présentant des longueurs de tuyauteries allant jusqu'à 20 mètres aller-retour.

Surface de capteurs	Débit dans les capteurs			
	Haut débit (High-flow) 40 à 70 l/h. m²		Faible débit (Low-flow) 15 à 30 l/h. m²	
	Diamètre cuivre	Diamètre inox	Diamètre cuivre	Diamètre inox
Jusqu'à 5 m²	16x1	16	12x1	12
Jusqu'à 8 m²	18x1	20	14x1	16

▲ *Figure 40 : Exemple de diamètres de canalisations*

Il faut veiller à ce que la libre dilatation puisse se faire (par des changements de direction, des lyres ou des compensateurs de dilatation) sans entraîner de désordres aux supports, aux accessoires et aux traversées de parois. La (Figure 41) illustre une libre dilatation par lyre en sortie de capteurs à tubes sous vide.

Commentaire

Lors d'une augmentation de température de 100K, un tube de cuivre de 1m (indépendamment de sa section) se rallonge approximativement de 1,7mm (soit une dilatation relative de 0,17%). Dans un circuit solaire les écarts peuvent atteindre 200K entre les saisons.

Comment faire

L'utilisation de goulotte de section suffisante permet une pose facile et esthétique pour la traversée des locaux d'habitations et permet la libre dilatation lors des changements de températures.

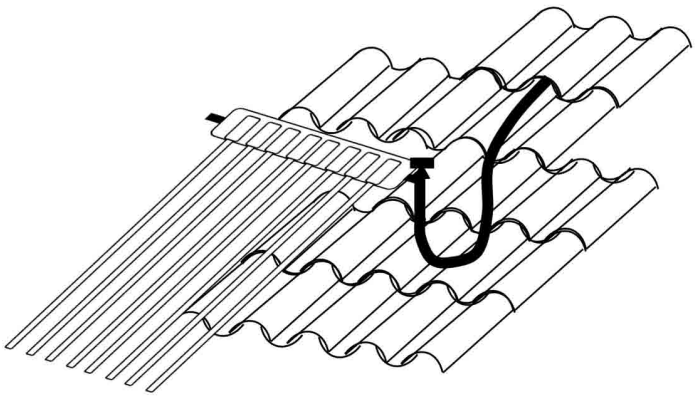
Les températures atteintes dans les capteurs à tube sous vide provoquent la dilation des matériels. La présence d'une lyre de dilatation en entrée et sortie de capteur doit permettre d'absorber ces phénomènes sans dommage. Attention particulièrement aux :

- contraintes mécaniques sur les raccords (Joints, soudures, filetages) ;

– poussées et déplacements sur les éléments de couverture ;

– efforts anormaux sur les fixations du capteur ;

– tensions et torsions sur les éléments du collecteur.



▲ Figure 41 : *lyre de dilatation en sortie de capteur à tube sous vide et pénétration de la tuyauterie par une tuile chatière* Les raccordements hydrauliques

Les matériaux constitutifs des raccords et des joints d'étanchéité doivent répondre aux mêmes exigences de température et pression maximales que les canalisations. Ils doivent être également compatibles avec le liquide caloporteur.

Les raccords hydrauliques ainsi que les liaisons inter-capteurs doivent permettre une libre dilatation des absorbeurs et des collecteurs. Les éléments flexibles de jonction doivent être des tuyaux n'autorisant qu'une faible diffusion d'oxygène, ou de préférence des tuyaux métalliques.

Les matériaux tels que l'acier inoxydable et le cuivre sont couramment utilisés pour les raccords. Les joints d'étanchéité peuvent être

notamment de type CNK (base de Kevlar et nitrile), CSC (fibre cellulosique et nitrile) ou PTFE (téflon).

Les brasages doivent être effectués avec un matériau d'apport Ag ou Cu (brasage fort) ; la soudure douce (Sn Cu3) est également autorisée.

Lors de la mise en service, si de la brasure tendre a été employée, il faut effectuer un rinçage du circuit primaire pour éliminer les résidus qui auraient pu se déposer

Il est également possible d'utiliser des raccords à sertir dans la mesure où ils sont appropriés au mélange d'eau glycolée ainsi qu'aux températures élevées (200°C).

Commentaire

Dans la mesure du possible limiter les raccords avec des joints qui sont des pièces d'usure et privilégier la brasure ou les raccords mécaniques adaptés à cet usage

La mise à la terre des conduites

La mise à la terre des conduites permet d'éviter tout potentiel électrique parasite entre les éléments de l'installation qui sont en contact avec l'antigel. Pour cela, une borne de mise à la terre sur les conduites de départ et de retour (position au choix) doit être posée. Les bornes de mise à la terre par le câble de liaison équipotentielle (minimum 6 mm^2) doivent être raccordées à la barrette de terre du bâtiment

La traversée des parois

Conformément aux termes de la norme NF P 41-201, les canalisations, à l'exception de la fonte, traversant les murs et planchers doivent être protégées par des fourreaux (NF P40-201 Traversée des parois et plancher § 3.2.1.4). Il est interdit de placer un assemblage dans la traversée d'un mur, d'une cloison ou d'une paroi inclinée.

Toutefois, les assemblages rigides de type soudé (ou brasé ou soudobrasé) ou collé, placés dans la traversée, sont autorisés dans les limites fixées par les prescriptions particulières aux divers matériaux constituant les tuyauteries (NF P40-201 3.2.1.4/ADD1 Mise en œuvre des canalisations traversées des planchers, murs et cloisons § 3.3.1)

Pour la traversée d'un plancher d'une pièce humide, les fourreaux sont en matériau non corrodable par l'eau et les produits de nettoyage domestique.

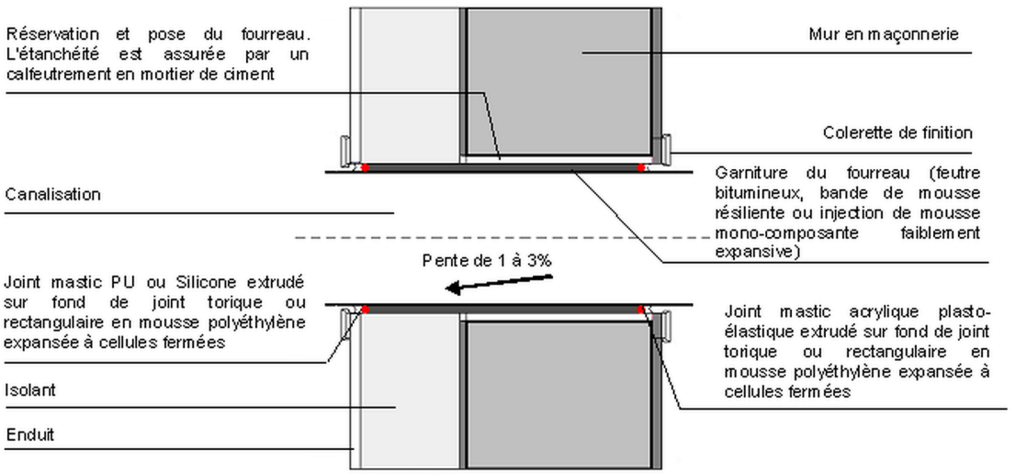
Le diamètre des fourreaux doit permettre la libre dilatation des tuyauteries et tous leurs déplacements résultant des conditions de pose.

Dans le cas d'une tuyauterie possédant déjà son propre fourreau, ou pré-gainée (sauf s'il s'agit de gaines adhérentes), il n'est pas nécessaire d'installer un fourreau supplémentaire.

Les traversées de parois doivent être rendues étanches pour éviter toutes infiltrations air. Les réservations sont prévues dès le

gros-œuvre pour le passage des canalisations et des gaines techniques. Afin de limiter les risques d'infiltration d'air lors de la traversée d'un mur revêtu d'un isolant et d'une imperméabilité à l'air, il convient de prendre toutes les précautions nécessaires.

On donne (Figure 42) un exemple de traversée d'une paroi courante avec isolation extérieure.



▲ Figure 42 : *Exemple de reprise d'étanchéité à l'air dans le cas d'une traversée de paroi courante (avec isolation extérieure)*

7.2.3. • L'isolation thermique

L'ensemble des canalisations du circuit de captage doit faire l'objet d'une isolation thermique. La mise en œuvre de l'isolant est assurée selon les prescriptions du NF DTU 45.2 P1-1.

L'isolation des réseaux de distribution est réalisée de telle façon que le démontage de toutes les parties amovibles puisse être facilement effectué. La réalisation du calorifuge doit être compatible avec le fait de supporter tous les équipements. Les tuyauteries sont calorifugées sur tout leur parcours. Une marque durable dans le temps (peinture, ruban adhésif…) est apposée sur l'isolant à l'endroit des raccords afin de les visualiser.

L'isolation thermique du circuit solaire est constituée de matériaux résistants à la température maximale du tronçon considéré et aux contraintes mécaniques.

Pour les canalisations situées à l'extérieur, un revêtement doit être posé de manière à assurer la protection du calorifuge vis à vis des intempéries et des agents agressifs (humidité, intempéries, rayonnement solaire, animaux,…) y compris aux points singuliers (arrêt de calorifuge, réductions, coudes,…). Certains isolants ne nécessitent pas de revêtement car ils assurent eux-mêmes cette protection.

Commentaire

La mise en œuvre de laine minérale pour les montages extérieurs n'est pas recommandée, car elle absorbe l'eau lui retirant ainsi la protection thermique nécessaire. La mise en œuvre de laine minérale est possible sur les canalisations en intérieur. Il faudra prendre toutes dispositions nécessaires pour éviter à ces conduits d'isolation l'absorption d'humidité (eau, vapeur) tout au long de leur parcours. Certains isolants ne nécessitent pas de revêtement de protection extérieure car ils assurent eux-mêmes cette protection.

Une mauvaise isolation des tuyauteries peut dégrader les performances d'une installation solaire. Pour limiter les pertes thermiques, les tuyauteries doivent être les plus courtes possibles et l'épaisseur de l'isolant thermique suffisante. Cette dernière est choisie en fonction de ses propriétés thermiques, du diamètre des canalisations et des conditions environnantes. On donne, dans le tableau (Figure 43), des exemples d'épaisseurs d'isolants pour les canalisations extérieures et intérieures. Ils sont donnés pour un isolant présentant une conductivité thermique de 0,042 W/m.K et pour des canalisations de type inox.

Canalisations extérieures		Canalisations intérieures	
Diamètre [mm]	Épaisseur isolant [mm]	Diamètre [mm]	Épaisseur isolant [mm]
DN 16	30	DN 16	20
DN 20	30	DN 20	20
DN 25	30	DN 25	30

▲ *Figure 43 : Quelques exemples d'épaisseur d'isolant*

7.2.4. • Protection contre le gel

Une protection contre le gel des capteurs ainsi que des tuyauteries exposées à ce risque doit être prévue. Cette protection doit subsister même en cas de coupure prolongée de l'alimentation électrique.

Dans le cas des installations à capteurs remplis en permanence, la protection contre le gel est assurée par l'utilisation d'un liquide caloporteur non gélif, conforme à l'article 6 de la partie 1-2 du NF DTU. 65-12.

Dans le cas des installations à capteurs autovidangeables, cette protection est assurée de par la conception de ce type d'installation. Actuellement ce principe est aussi utilisée pour palier les risques de surchauffe, il est pratiquement toujours rempli avec du liquide antigel.

Le choix du liquide antigel doit être fait en accord avec les prescriptions du fabricant. En effet, la compatibilité du liquide antigel avec les absorbeurs est réputée satisfaite pour les fluides préconisés dans la notice technique des capteurs. La compatibilité avec l'ensemble de l'installation est également réputée satisfaite pour les fluides préconisés dans la notice technique des installations préfabriquées en usine, sous réserve du strict respect des instructions du fabricant.

Comment faire

Le glycol ayant une capillarité nettement plus intense que celle de l'eau, une attention particulière sera apporté à la réalisation des étanchéités des raccords.

Les liquides antigel sont compatibles avec les matériaux d'étanchéité habituellement utilisés dans la profession.

L'antigel utilisé est de préférence dosé en usine avant d'être introduit dans l'installation.

L'antigel mono propylène glycol prêt à l'emploi fait en usine comporte des avantages à être utilisé :

- pas d'erreur possible dans la proportion de mélange (eau + antigel) ;
- pas de risque de mélanger une eau corrosive ou chargée avec le MPG.

Le liquide antigel doit être choisi pour assurer une protection contre le gel suffisante, selon la température minimale du lieu considéré. Le tableau de la (Figure 44) donne la correspondance entre la température de protection et la concentration de mono propylène glycol.

Température de protection recherchée (en °C)	Concentration de mono propylène glycol à 20°C (en %)
-10	20
-14	25
-19	30
-24	35

▲ *Figure 44 : Correspondance température de protection et proportion de mono propylène glycol*

Après le remplissage il faut qu'apparaisse sur l'installation :

- la marque de l'antigel utilisée ;
- son type ;
- sa concentration ou son niveau de protection ;
- la quantité de fluide injecté ;
- la périodicité de renouvellement de l'antigel (donnée fabricant).

Ces informations sont indispensables pour les interventions futures sur le circuit.

Une arrivée d'eau froide sur le circuit primaire qui permettrait l'introduction directe d'eau non mélangée d'antigel est à interdire.

Attention, l'antigel en forte concentration peut dissoudre les membranes en caoutchouc des vases d'expansion (Cas en haute montagne).

En cas de surchauffe importante et régulière, il peut être nécessaire de faire un nettoyage des canalisations et des capteurs avant de réintroduire du produit.

Commentaire

Le liquide caloporteur est composé d'eau, de glycols et d'inhibiteurs de corrosion. Ces derniers s'usent durant la vie du produit qui devient, ainsi, acide. Ce liquide est alors appelé Fluide Caloporteur Usé (FCU), classé dans la catégorie des DID (Déchets Industriels Dangereux). Pour répondre à la revalorisation de ces liquides, des sociétés fabriquant ces produits ont mis en place un service de reprise des caloporteurs usagés et assurent leur traitement par distillation et ultrafiltration.

7.2.5. • Expansion

Le vase d'expansion est un élément de sécurité indispensable dans une installation de capteurs solaires dont les rôles sont :

- maintenir la pression dans le circuit ;
- compenser la rétractation ;
- absorber la dilatation ;
- absorber l'évaporation.

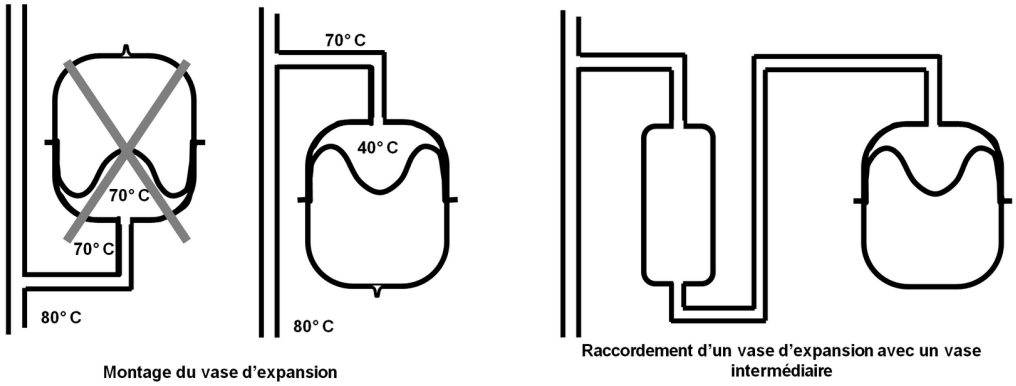
Les caractéristiques des vases d'expansion pour les installations solaires sont les suivantes :

- sa membrane ou sa vessie doit être compatible avec les caractéristiques du mono propylène de glycol utilisé. La plage de variation de température se situe généralement entre –20 °C et 140 °C dans les installations individuelles ;
- la pression d'épreuve de la plupart de ces vases est de 10 bars, pour une pression de service entre 3 et 4 bars ;
- le vase d'expansion fermé à pression variable ou le système de maintien de pression doit comporter un dispositif manœuvrable (normalement fermé) de purge d'air et un dispositif d'isolement manœuvrable à l'aide d'un outil pour les opérations d'entretien.
- le vase doit être monté en amont du circulateur ou de la pompe et à un emplacement tel que la membrane ou la vessie soit soumise aux températures les plus faibles possibles. Il ne faut pas calorifuger le vase d'expansion, ni la conduite de raccordement du vase ;
- le vase d'expansion doit être aussi conforme aux spécifications du NF DTU 65.11 P1-2 ; il doit être conforme à la norme NF EN 13851 (en préparation) ;
- dans le cas d'une pompe à forte pression de refoulement, le système d'expansion fermé à pression variable ou de maintien de pression est raccordé en amont de la pompe, sur la canalisation de départ de la boucle de captage vers les capteurs« retour » de la boucle de captage (Figure 9) et (Figure 10). Ce raccordement doit être tel que la membrane ou la vessie soit soumise aux températures les plus faibles possibles. La disposition du conduit de

raccordement ne doit pas favoriser les dépôts sur la membrane ou la vessie.

Pour les installations à capteurs autovidangeables, un vase d'expansion fermé à pression variable ou un système de maintien de pression n'est pas nécessaire lorsque le dispositif de vidange est conçu pour assurer ce rôle, en termes de volume, de température et de résistance à la pression.

La pose et le raccordement des vases d'expansion doit permettre d'éviter toutes montées en température du liquide caloporteur ainsi que de vapeur. Pour assurer la protection de la membrane du vase il est possible d'intercaler un vase intermédiaire qui sera d'un volume correspondant à celui des capteurs (Figure 45).



▲ Figure 45 : *Raccordement du vase d'expansion*

Il est préférable de gonfler les vases d'expansion avec de l'azote plutôt qu'à l'air. En effet la membrane du vase est moins perméable aux molécules d'azote qui sont plus grosses que celle d'oxygène ; par ailleurs gonfler un vase avec de l'air entraine une injection d'eau, sous forme de vapeur, dans le vase qui risque, à terme, d'oxyder la valve de gonflage et de la bloquer

Commentaire

Le vase d'expansion doit non seulement assurer la sécurité intrinsèque de la boucle hydraulique solaire mais il doit aussi empêcher la « respiration » (l'aspiration d'air) du circuit. A cette fin, la pression de préréglage aura une marge de surpression d'au moins 0.5 à 1 bar à la pression de fonctionnement déterminée par le calcul, à l'état froid.

Le dimensionnement du vase est décrit dans le carnet « Conception et dimensionnement ». On donne à titre d'exemple, dans le tableau (Figure 46), le volume du vase d'expansion déterminé en fonction de la surface de capteurs et de la contenance en liquide du circuit primaire solaire. Les volumes sont donnés pour une distance maximale de 20 mètres entre les capteurs et l'utilisation.

Superficie capteurs	Volume net du vase d'expansion	Volume de liquide dans le circuit primaire solaire
Jusqu'à 5 m²	18	De 15 à 20 litres
Jusqu'à 7 m²	25	De 18 à 30 litres

▲ *Figure 46 : Exemple de volume du vase en litres*

7.2.6. • Équipements de sécurité

Les installations doivent être protégées par une soupape de sécurité pour éviter un dépassement de la pression maximale de service.

Compte tenu de la conception spécifique des installations autovidangeables, la pose d'une soupape de sécurité n'est pas obligatoire. Néanmoins, elle reste fortement conseillée notamment en cas d'erreur de remplissage du circuit. Cette soupape se présente donc comme un organe de sécurité ultime, au cas où le circuit serait entièrement rempli de fluide et que la procédure de remplissage ne soit pas respectée.

La soupape de sécurité, la tuyauterie de raccordement au circuit et la tuyauterie d'échappement de cette soupape doivent être dimensionnées de manière à libérer le plus fort débit d'eau chaude ou de vapeur susceptible de se former.

Aucune vanne ne doit être installée sur la tuyauterie ente la soupape et les capteurs.

La soupape de sécurité est placée en amont de la pompe de circulation et du clapet anti-thermosiphon, sur la canalisation entre les capteurs et le ballon, à un endroit accessible.

Dans tous les cas, les soupapes de sécurité doivent être raccordées par un tube rigide à un réservoir de récupération d'une capacité suffisante, égale au minimum à la contenance des capteurs solaires pour recueillir le liquide caloporteur. Ce réservoir est conçu pour éviter des projections de fluide en dehors de celui-ci (notamment en cas de surchauffe). Il doit supporter la température du fluide au moment de son évacuation par la soupape.

La décharge éventuelle des soupapes doit se faire en toute sécurité. En vieillissant le liquide antigel à tendance à s'acidifier. Il est donc interdit de le rejeter à l'égout.

Les soupapes de sûreté sont, soit des soupapes à contrepoids, soit des soupapes à ressort.

Elles doivent être conformes à la norme NF P 52-001 et satisfaire aux conditions suivantes :

- certifiées pour les températures les plus élevées de l'installation solaire ;
- les dimensions d'entrée de la soupape et de la sortie à l'égout respecteront les réglementations ;

- le diamètre d'admission doit être au minimum de 15mm pour 50m² de surface de capteurs ;
- la section de mise à l'égout doit pouvoir laisser échapper sans risque l'équivalent en vapeur de la puissance thermique de l'installation ;
- les tuyaux d'évacuation doivent être métalliques pour éviter la corrosion, résister à la décharge de vapeur et en pente vers le réservoir de récupération pour éviter le gel.

7.2.7. • Système évitant l'inversion du sens d'écoulement

Un système anti-thermosiphon est indispensable lorsque le dispositif de stockage est situé au même niveau ou en dessous des capteurs solaires car bien que les tuyaux soient de petits diamètres, un thermosiphon pourrait se déclencher la nuit en sens inverse et provoquer un refroidissement intempestif du ballon de stockage.

Compte tenu de la conception spécifique des installations autovidangeables, la pose d'un clapet anti-thermosiphon n'est pas nécessaire.

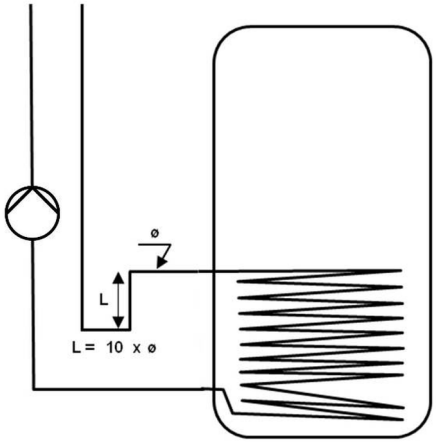
Le système anti-thermosiphon permettant d'éviter l'inversion du sens de l'écoulement peut être assuré par un clapet anti-thermosiphon. Il crée une résistance suffisante pour empêcher le thermosiphon de s'amorcer.

Ces organes sont à clapet, à ressort ou à disque de retenue. Ceux à clapet anti-retour entraînent des pertes de charges minimes dans le sens du flux. Les clapets à ressort de bonne qualité sont en général plus fiables, il vaut mieux les installer en position verticale.

Ces clapets doivent pouvoir accepter les hautes températures d'une installation solaire.

Il doit être accessible pour les opérations d'entretien et de maintenance (remplacement, vidange de l'installation,..).

La mise en œuvre d'une lyre anti-thermosiphon est recommandée. Elle est à confectionner (10 x le diamètre de la conduite) sur le départ du ballon de stockage (Figure 45). Ceci afin d'éviter une mise en place d'un effet de thermosiphon laminaire à l'intérieur même des conduites ce qui entraînerait des déperditions inutiles. La partie horizontale basse ne doit pas être isolée.



▲ Figure 47 : *Lyre anti-thermosiphon*

7.2.8. • Circulateur

Le circulateur du circuit primaire est sélectionné en fonction du débit préconisé dans le champ de capteurs et de la perte de charge totale du circuit. Quelle que soit leur commande (tout ou rien ou à débit variable), leur point de fonctionnement doit se situer dans la partie centrale de la courbe, autour du point nominal pour lequel le rendement est maximal afin de limiter les consommations d'énergie et le risque de cavitation ou d'échauffement.

Commentaire

La présence d'antigel engendre des pertes de charges plus importantes dont il faut tenir compte pour le dimensionnement.

Le circulateur est installé sur la canalisation entre l'échangeur et le capteur, là où le liquide est le moins chaud. Il faut éviter de positionner le circulateur au point bas de l'installation pour se prémunir de l'accumulation de saletés qui finiraient par l'endommager. Un montage vertical est préférable, surtout si le clapet anti-retour y est associé.

Commentaire

Le glycol ayant une viscosité élevé, sa teneur dans le liquide caloporteur ne doit pas dépasser les 50% avec les pompes ordinaires. Dans le cas contraire, à basse température, la pompe ne démarre pas à cause de cette trop grande viscosité.

La commande du circulateur en service doit être réalisée de telle sorte que son fonctionnement, après une coupure d'électricité, reprenne automatiquement. Un avertissement doit être prévu dans le cas contraire.

Dans les installations autovidangeables, la pompe assurant la circulation du liquide caloporteur ne doit pas seulement compenser les pertes de charge mais aussi et surtout vaincre la hauteur manométrique maximale pour la remise en liquide de l'ensemble.

7.2.9. • Débitmètre

L'équilibrage hydraulique et le contrôle du débit permettent d'avoir un fonctionnement optimisé :

- réglage des débits nécessaires ;
- contrôle du fonctionnement de la pompe de circulation ;
- vérification rapide des débits nécessaires au bon fonctionnement.

Un équilibrage hydraulique correct contribue à une utilisation optimale et économique de l'installation et, par la même, répond aux exigences légales d'économie d'énergie.

7.2.10. • Dispositif de remplissage, de vidange et de prélèvement

Il y a lieu de prévoir un dispositif de remplissage et un dispositif de vidange du circuit hydraulique, qui répondent aux prescriptions suivantes :

- le circuit de la boucle de captage ne doit en aucun cas être raccordé au réseau d'eau potable ;
- les vannes de remplissage et de vidange sont munies d'un dispositif d'obturation ;
- La vanne de vidange permet d'effectuer le prélèvement d'un échantillon du liquide caloporteur, sous réserve qu'il soit prélevé dans une canalisation irriguée avec du débit et non sur un bras mort de l'installation. Cette vanne doit être positionnée au point le plus bas de l'installation afin de permettre la vidange complète du circuit. Suivant la configuration du circuit il faut prévoir également un point de vidange au niveau des capteurs.

Dans le cadre d'un dégazage avec une pompe électrique, il est nécessaire d'avoir une vanne d'arrêt intermédiaire entre la vanne de remplissage et celle de vidange, permettant d'assurer une circulation du liquide dans le réseau hydraulique.

Dans le cas des capteurs à tubes sous vide, la mise en œuvre du circuit primaire sera réalisée suivant les préconisations du fabricant qui permettent de définir les points suivants :

- les accessoires de raccordement doivent prendre en compte les températures particulièrement élevées lors des phases de stagnation ;

– il faut nécessairement protéger les capteurs des rayonnements solaires jusqu'à leur complet remplissage ; un choc thermique sur ces capteurs peut endommager le matériel (Perte du vide).

7.2.11. • Instruments de mesure et de contrôle

L'installation solaire est équipée des instruments permettant d'effectuer les mesures prévues à la mise en service, aux essais et à l'entretien de l'installation.

La boucle de captage est munie :

- d'un manomètre pour les installations de capteurs sous pression placé sur la boucle de captage à proximité du vase d'expansion ;
- d'un dispositif de mesure de débit ;
- d'un dispositif d'isolement du vase d'expansion, ce dernier est souvent un clapet à ressort intégré dans le raccord du vase. Si ce dispositif est une vanne, la poignée de manœuvre de la vanne d'isolement en dehors des contrôles peut être retirée après ouverture afin d'éviter toute fausse manœuvre ;
- de deux thermomètres placés respectivement sur le tube chaud et le tube froid.

Tous les équipements de mesure sont installés dans un endroit accessible et sont facilement lisibles.

MISE EN ŒUVRE DU DISPOSITIF DE STOCKAGE

8

8.1. • *Généralités*

Les dispositifs de stockage sont situés le plus près possible de l'appoint et des capteurs solaires, dans un local fermé et en zone hors gel pour limiter les pertes thermiques du circuit hydraulique.

Lors de la planification de votre chantier, il est nécessaire de s'assurer que la structure accueillant le ou les ballons résiste à la surcharge engendrée par ces dispositifs de stockage. Il faut également veiller à prendre en compte l'encombrement du ballon notamment pour les passages de portes, éventuels escaliers et la hauteur sous plafond. La mesure basculante vous indique la hauteur nécessaire pour passer le ballon de la position couchée à verticale.

Des vannes d'isolement ainsi qu'un espace libre sont réservés autour des appareils et de leurs équipements (thermostat, mitigeur, groupe de sécurité, purgeurs, anode,...) pour assurer les opérations d'entretien et de maintenance.

Les dispositifs de stockage sont calorifugés, y compris la trappe de visite éventuelle et l'ensemble des piquages.

Ils sont munis d'un dispositif de sécurité pour éviter toute surpression et d'un dispositif de dégazage en partie haute.

Dans un ballon de stockage l'eau va atteindre des températures élevées ce qui va provoquer expansion du volume d'eau contenu dans le chauffe-eau. La soupape incluse dans le groupe de sécurité libère de l'eau pour faire baisser la pression. Cet écoulement, bien que normal, est un gaspillage d'eau. Par ailleurs il risque de créer une érosion du siège de la soupape, accélérant le débit de fuite.

La pose d'un vase d'expansion sanitaire permet d'éviter ces inconvénients.

Dans la constitution du circuit hydraulique, il faut veiller à ne pas créer de « bras mort » qui favorisent le développement des lésionnelles. Pour cela il est indispensable d'installer un vase d'expansion à passage intégral au travers d'une vessie en butyle alimentaire, ou de poser les accessoires rendant le vase traversant par l'eau froide. Les parois du vase sont dites de qualité alimentaire. La plage de variation de température se situe généralement entre 10 °C et 65 °C en installation individuelle.

Ce vase est toujours posé sur l'entrée d'eau froide, entre le groupe de sécurité et le ballon.

8.2. • *Le local*

L'emplacement du ballon de stockage et de tous les éléments nécessaires au fonctionnement doivent être installés dans une pièce du volume chauffé de l'habitation, et au minimum dans un local fermé et isolé. On évitera tous locaux non chauffés de l'habitation, tel que les caves, les garages, les appentis, et bien évidemment toutes pièces sans isolation.

Afin de limiter les déperditions dans le circuit hydraulique primaire, le ballon de stockage sera le plus près possible des capteurs solaires. Et le ballon de stockage d'énergie, surtout s'il assure la production d'eau chaude, sera proche des points d'utilisation (salle de bain, cuisine).

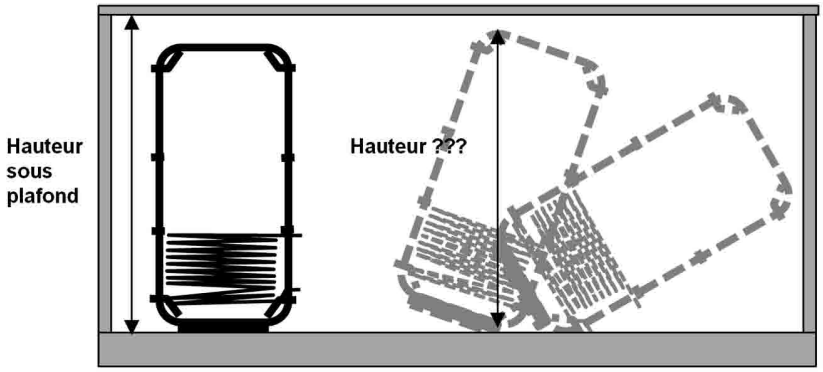
S'il est impossible de satisfaire ces deux conditions, de par la configuration des lieux, il sera installé un ballon d'eau chaude près des points d'utilisation. Celui-ci sera alimenté en chaleur depuis le ballon de stockage d'énergie solaire.

Il faudra s'assurer que la résistance mécanique des éléments porteurs recevant le ballon est suffisante pour supporter la surcharge (plancher, dalle, carrelage, etc.). Il est conseillé de prévoir une plaque de la dimension du ballon permettant une meilleur répartition du poids sur le plancher.

Le ballon sera suffisamment éloigné des murs (20 à 30 cm) afin de permettre les travaux de raccordements, le passage des canalisations ainsi que les opérations d'entretien et de maintenance.

La hauteur sous plafond du local devra être supérieure à 2 mètres et en tout état de cause 20 à 30 cm de plus que la hauteur du ballon mise en œuvre, permettant un accès aux éléments situés sur le dessus.

Comme vu (Figure 48), il est nécessaire de vérifier la concordance entre la hauteur sous plafond et la longueur de la diagonale du ballon afin de permettre le redressement du réservoir lors de sa mise en place.



▲ Figure 48 : *Contrôle de la diagonale du réservoir*

8.3. • *Les déperditions du ballon*

Les déperditions thermiques des ballons de stockage ne sont pas négligeables. Une isolation de qualité doit être mise en œuvre avec beaucoup de soin. L'ensemble de la jaquette isolante doit répondre à des conditions spécifiques :

- l'épaisseur de l'isolant doit tenir compte de la surface des parois et être au minimum de 10 cm ;
- toutes les surfaces doivent être isolées des parties verticales en passant par le dessous et le dessus ;
- l'isolation doit être bien ajustée lors de la pose ;
- tous les raccords, les piquages, les trappes et autres accessoires doivent être parfaitement pris en considération, y compris les parties non utilisées.

Toutes les étanchéités nécessaires pour les raccordements hydrauliques seront faites avec soin pour éviter les fuites, surtout les suintements, qui peuvent détériorer la qualité thermique de l'isolant très rapidement. Un ballon surélevé par une dalle béton est ainsi à l'abri des remontées d'humidité dans son isolant en cas de fuite dans le local.

8.4. • *Ballons hydrauliques*

Le choix d'une technologie dépend de l'installation existante du choix de l'appoint, des températures d'utilisation, du lieu géographique (qualité de l'eau) et de l'investissement. La pose d'un ballon inox et d'autres revêtements est possible à condition qu'ils soient garantis pour des températures allant jusqu'à 100°C.

Pour exclure tout risque de corrosion, les appareils émaillés sont munis d'une protection cathodique ou galvanique. Dans un couple électrolytique, c'est toujours l'anode qui se corrode.

Le principe est donc de protéger l'acier de la cuve (la cathode) en le mettant en contact avec un métal moins noble que lui (l'anode). L'anode, plongée dans l'eau, généralement en alliage de magnésium, se dissout. C'est donc un équipement de consommation qu'il faudra surveiller et remplacer quand il arrivera en fin de vie.

Il existe actuellement deux technologies pour les anodes.

Anode au magnésium sacrificielle

Cette anode doit être remplacée lorsque son usure dépasse 60 %. Son contrôle doit être fait tous les 2 ans.

Anode électronique en titane

Une alimentation électrique impose le courant d'électrolyse ; l'anode ne se détruit pas, elle n'est donc jamais remplacée.

L'anode électronique est recommandée lorsque l'eau est très dure ou lorsque l'anode en magnésium ne peut pas être remplacée en raison d'un manque d'espace entre le ballon et le plafond.

Cette anode n'intervient en rien sur la formation de calcaire, ce n'est pas un adoucisseur.

La protection anodique est inutile dans un ballon en inox.

Le ballon et son raccordement doivent permettre une « stratification » de la température, c'est-à-dire une distribution verticale de la température de l'eau. Dans ce cas, l'eau la plus chaude se trouve dans la partie haute de l'accumulateur ; c'est celle qui sera soutirée en premier, tandis que l'eau qui retourne au capteur est la plus froide, ce qui permet au capteur de fonctionner avec un meilleur rendement.

Le choix du type de ballon a été fait au moment du dimensionnement de l'installation. Il dépend de la consommation d'ECS de l'usager, de la place disponible pour l'installation, des équipements produisant l'ECS avant l'installation solaire.

Dans un ballon avec résistance électrique, le corps immergé du thermoplongeur chauffe, ce qui peut provoquer un dépôt de calcaire sur ses épingles. Dans le cas d'une eau riche en calcaire, veiller à ne pas dépasser 60 °C permet d'entartrer moins vite les résistances mais peut priver l'usager d'une partie de l'énergie solaire. Prendre des mesures pour réduire la dureté de l'eau s'avère être une bonne solution.

La norme NF C 15-100 interdit de brancher le thermoplongeur sur une prise de la chaufferie. Celui-ci doit être alimenté avec une ligne dédiée à partir du tableau électrique. Ce départ doit être protégé par un disjoncteur différentiel approprié.

Certains fabricants proposent des systèmes avec des ballons avec stockage d'eau non sanitaire. L'eau du circuit primaire est directement injectée dans le ballon, l'eau chaude sanitaire est produite, en

instantané, au travers d'un échangeur. Cette solution permet de s'affranchir d'un système anti-légionelles.

8.5. • *Raccordements hydrauliques*

L'arrêté du 30 novembre 2005 indique les prescriptions relatives à la prévention du risque de développement des légionelles dans les installations de production d'eau chaude sanitaire :

- pour un volume de stockage de l'eau chaude sanitaire supérieur ou égal à 400 L (ballon final seul), la température de l'eau au point de mise en distribution doit être au minimum de 55°C ou être portée à un niveau suffisamment élevé au moins une fois par 24 h ;
- lorsque le volume entre le point de mise en distribution et le point de puisage le plus éloigné est supérieur à 3 litres, la température de l'eau en circulation doit être au minimum de 50°C en tout point du système de distribution. Les prescriptions de l'arrêté ne s'appliquent pas à la sortie du ballon de préchauffage.

Notamment en saison estivale, l'eau chaude en sortie du ballon peut atteindre une température de l'ordre de 90°C. L'arrêté du 30 novembre 2005 impose :

- dans les pièces destinées à la toilette, la température maximale de l'eau chaude sanitaire est fixée à 50°C aux points de puisage ;
- dans les autres pièces, la température de l'eau chaude sanitaire est limitée à 60°C aux points de puisage.

Un organe tel que le mitigeur thermostatique est donc obligatoire. Il doit avoir les caractéristiques suivantes :

- plage de réglage : 25-60°C ;
- température maximale à l'entrée : 110°C ;
- pression différentielle maxi (Δp) : 5 bars.

Conformément à la norme européenne EN1717 (protection contre la pollution de l'eau potable dans les installations d'eau et exigences générales des dispositifs pour empêcher la pollution par retour d'eau, le circuit doit être équipé de clapet anti-retour conforme à la norme européenne EN 13959 – "Clapet anti-pollution du DN 6 au DN 250. Famille E, type A, B, C et D."

En été, le ballon peut atteindre 85°C, de fait, il ne faut pas réaliser les canalisations en PER directement sur le ballon.

Le groupe de sécurité, pour les installations en circuit direct, doit répondre aux exigences de la norme NF EN 1487.

MISE EN ŒUVRE DU SYSTÈME DE RÉGULATION (INSTRUMENTATION)

9

9.1. • *Généralités*

Le rôle de la régulation est d'assurer le transfert optimal de la chaleur issue des capteurs vers le ballon de stockage. Pour cela le régulateur commande le circulateur du circuit primaire de l'installation. Cette régulation ne doit pas contrarier celle de l'appoint et réciproquement.

Dans la boucle primaire, le principe de régulation est très simple. Le régulateur pilote le circulateur, en fonction de l'écart de température entre la sortie des capteurs et la sortie de l'échangeur.

Sur certaines régulations il est possible de déterminer un temps minimum de fonctionnement de la pompe, afin d'éviter les phénomènes de pompage, notamment le matin, au démarrage.

Des fabricants proposent des systèmes de chauffe-eau avec leur chaudière d'appoint. Dans ce cas leur régulation gère également la chaudière.

Le système de régulation fait généralement l'objet d'une notice technique du fabricant dont il convient de suivre les spécifications.

9.2. • *Fonctionnement*

Dans le cas d'un chauffe-eau solaire individuel, le mode de régulation est différentiel, le mode de commande du circulateur peut être progressif ou tout ou rien.

La régulation calcule l'écart de température entre la sortie des capteurs et la sortie de l'échangeur.

Tc – Tb (température sortie capteur – température sortie échangeur) : DT.

La valeur calculée DT est alors comparée aux différentiels d'arrêt et de démarrage :

le circulateur démarre lorsque DT > DD = différentiel de démarrage ;

le circulateur s'arrête lorsque DT < DA = différentiel d'arrêt.

Circulateur à vitesse variable

Le circulateur est démarré à 100% de sa vitesse quand le différentiel de démarrage est atteint. La régulation maintient une différence de température paramétrable (habituellement 10 °C) en faisant varier la vitesse du circulateur entre 30% et 100%. Le différentiel d'arrêt est toujours actif suivant le réglage initial.

Circulateur tout ou rien

Le circulateur est démarré quand le différentiel de démarrage est atteint, il est arrêté quand le différentiel d'arrêt est atteint.

9.3. • *Réglages du régulateur*

9.3.1. • Les valeurs de delta T

Les valeurs du Différentiel de Démarrage et du Différentiel d'Arrêt sont réglables par l'installateur.

Les valeurs généralement proposées par les fabricants sont de l'ordre de :

5 à 10 K pour le Différentiel de Démarrage ;

2 à 4 K pour le Différentiel d'Arrêt.

Certaines régulations déterminent le Différentiel d'Arrêt, dans ce cas le paramétrage porte sur Différentiel de Démarrage et l'hystérésis qui est la différence Différentiel de Démarrage – Différentiel d'Arrêt.

Une attention particulière doit être portée sur le réglage du différentiel au démarrage et à l'arrêt:

- un hystérésis trop faible provoque un phénomène de pompage ;
- un Différentiel d'Arrêt trop bas provoque un déstockage de l'énergie ;
- un Différentiel de Démarrage trop élevé provoque un retard à la mise en circulation du fluide.

9.3.2. • La consigne de chargement du ballon

Le paramétrage doit permettre d'éviter une surchauffe du ballon d'eau potable.

Si le ballon de stockage atteint dans sa partie inférieure (au niveau de l'échangeur) la température maximale programmée (généralement 60°C), le circulateur est arrêté. Un redémarrage est possible à partir d'une température (généralement 3 K) en dessous de la température maximale du ballon de stockage.

Cette température maximum de stockage est à définir en fonction de l'utilisateur pour avoir suffisamment de réserve d'eau chaude sur plusieurs jours en période estivale et avoir une différence suffisante avec la température de sécurité pour permettre un refroidissement des capteurs (entre 65 et 75°C).

Cette température est mesurée par la régulation avec la sonde du bas de ballon, il faut donc tenir compte de la stratification.

9.3.3. • Les fonctions les plus fréquentes

Température maximale du capteur solaire

Après un faible soutirage, la régulation démarre le circulateur. En présence d'un fort rayonnement solaire la consigne de chargement du ballon est atteinte rapidement, ce qui arrête le circulateur. La température dans les capteurs va alors s'élever. Quand celle-ci atteint la consigne de protection des capteurs, le circulateur est redémarré permettant ainsi un refroidissement des capteurs mais engendrant une augmentation de température de l'eau dans le ballon. Si la consigne de protection du ballon (valeur non réglable comprise entre 85 et 90 °C) est atteinte, la pompe est de nouveau arrêtée.

La température maximale de stockage doit être réglée aussi en prenant en compte la qualité de l'eau (précipitation de calcaire).

Fonction capteurs à tubes

Dans le cas de capteurs à tubes sous vide, la sonde de température en sortie des capteurs ne peut être positionnée à l'intérieur du tube collecteur. La température mesurée l'est de manière imprécise. Dans ce cas, il est nécessaire de relancer brièvement le débit dans la boucle primaire, à intervalles réguliers, pour irriguer la sonde de température. Si la fonction capteurs à tubes est activée le régulateur démarre la pompe automatiquement toutes les 30 minutes pendant 30 secondes.

Fonction antigel

Si la fonction antigel est activée, le régulateur enclenche la pompe dès que la température en sortie du capteur solaire descend en dessous de +5 °C. Le fluide caloporteur est alors pompé dans le capteur pour éviter le gel. La pompe est à nouveau arrêtée lorsque la température du capteur dépasse à nouveau +7 °C. Cette fonction n'est utilisée que dans les régions où les risques de gel sont très faibles. Ailleurs, la

validation de cette fonction n'exonère en aucune façon le fait de protéger l'installation en utilisant du fluide antigel.

Comment faire

L'activation de cette fonction dans le régulateur ne dispense en aucun cas de remplir la boucle solaire sans liquide antigel ou avec un liquide antigel pas suffisamment dosé pour les conditions climatiques du site.

Fonction refroidissement nocturne (vacances)

Cette fonction permet de refroidir le ballon si aucune eau chaude n'est prélevée pendant une longue période d'inutilisation (vacances) à fort ensoleillement. Dans ces conditions, sans la validation de cette fonction, les capteurs atteignent leur température de stagnation. Sur des périodes prolongées, cela dégrade rapidement le fluide antigel.

En activant la fonction vacances, le ballon de stockage est refroidit comme suit :

Quand la température du ballon atteint 10 K sous la température maximale fixée du ballon, le régulateur tente (par exemple la nuit) de délester la partie inférieure du ballon de stockage pour atteindre une température de 35 °C. Pour ce faire, la pompe est démarrée dès que le capteur atteint une température inférieure de 8 K à celle du ballon. Dés que la différence de température entre le capteur solaire et le ballon de stockage n'atteint plus que 4 K, la pompe s'arrête à nouveau.

9.4. • *Les sondes de température*

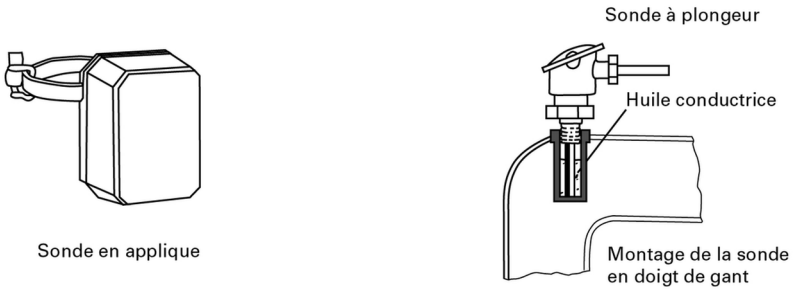
Les sondes de température d'eau sont propres à chaque régulateur, elles ne sont donc pas interchangeables entre deux régulateurs de marque ou de type différents.

Les sondes de température doivent être positionnées à l'emplacement spécifié par le constructeur des capteurs. Si aucun n'emplacement n'est prévu, elles doivent être placées au plus près des éléments du système à mesurer (ballon, échangeur, capteur), si possible dans des doigts de gant.

La qualité de la pose des sondes de température a pour but d'éviter les défauts de régulation (retard à la mise en circulation du fluide, déstockage de l'énergie en fin de journée...).

Les sondes de température d'eau se présentent sous les formes suivantes :

- sondes d'applique, utilisées pour leur simplicité de pose ;
- sondes à plongeur, plus rapides, montées directement ou dans un doigt de gant.



▲ Figure 49 : *différents types de sondes de mesure de température d'eau*

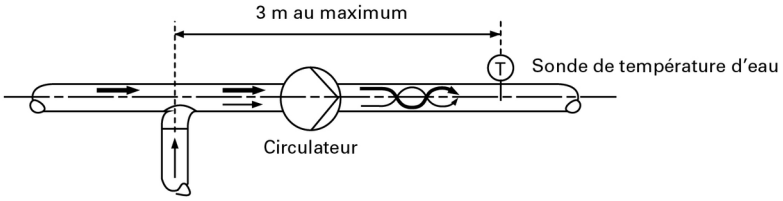
La sonde est éloignée des points où la température dans la tuyauterie risque de ne pas être homogène : en sortie d'un ballon qui peut être stratifié et en particulier en aval d'un mélange.

Commentaire

Après un mélange d'eaux à des températures différentes, il s'établit une stratification des filets d'eau chaude et des filets d'eau froide. Le mélange est effectif après une longueur droite suffisante ou bien après un coude vertical.

Dans le cas d'une vanne à trois voies de mélange, il faut placer la sonde après le circulateur pour bénéficier de son effet de brassage, le circulateur étant disposé le plus près possible de la vanne de régulation.

Comme vu en (Figure 50), pour un temps de réponse correct, une distance maximale de 3 m entre la sonde et la vanne est recommandée.



▲ Figure 50 : *montage de la sonde de température d'eau en cas de mélange en amont*

9.4.1. • La sonde d'applique

Elle s'installe sur la partie supérieure d'une tuyauterie horizontale. L'opération se déroule selon les étapes suivantes :

- nettoyer et limer la tuyauterie pour éliminer la couche de rouille ou de peinture ;
- étendre une couche de pâte conductrice sur la tuyauterie à l'endroit où est prévu le contact avec la partie sensible de la sonde ;
- mettre en place la sonde en serrant correctement le collier afin d'assurer le contact entre la partie sensible et la tuyauterie ;
- isoler la sonde avec la tuyauterie.

Commentaire

Le soin apporté lors de la pose de la sonde d'applique permet de garantir une mesure satisfaisante, c'est-à-dire représentative et rapide. Il s'agit de minimiser le temps de réponse et de minimiser les écarts de température entre le fluide et le détecteur.

9.4.2. • La sonde à plongeur

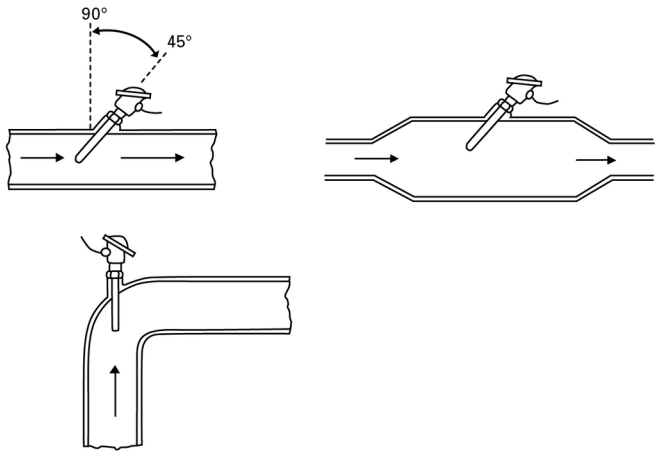
Elle s'installe dans les conditions suivantes :

- soit sur une tuyauterie droite, la sonde est alors inclinée d'un angle de 45° à 90° et placée à contre-courant du sens de circulation du fluide. L'extrémité sensible de la sonde doit être localisée au centre de la tuyauterie. Dans le cas de tuyauteries de faible diamètre, un agrandissement est réalisé ;
- soit dans un coude. Dans ce cas, la sonde doit être placée au centre du coude.

Commentaire

L'installation d'une sonde dans un coude permet d'améliorer la représentativité de la mesure grâce aux phénomènes de turbulence ainsi que l'implantation de sondes de longueurs variables. Cependant, le montage d'un manchon à souder dans un coude est plus difficile que sur une tuyauterie droite.

Lors de l'installation, un espace suffisant d'environ 30 cm est prévu au-dessus du doigt de gant ou de la sonde afin de permettre leur introduction et leur retrait aisé.



▲ Figure 51 : *exemple de pose de sondes à plongeur*

Dans le cas d'utilisation de sonde Pt100, au-delà de 10 m, les longueurs des câbles de raccordement des deux sondes doivent être égales ou la résistance linéique du câble le plus long doit être compensée par le paramétrage des Différentiel de Démarrage et Différentiel d'Arrêt.

S'il est nécessaire de rallonger des câbles, il faut choisir des sections de câbles qui induisent une moindre résistance, par exemple :

- 0,75 mm² pour une longueur maximale de 50 m ;
- 1,5 mm² pour une longueur maximale de 100 m.

La prolongation des fils de sonde est préférable par soudure et manchon thermo rétractable.

Le câble de sonde doit être protégé mécaniquement contre les rongeurs en intérieur et extérieur.

Les câbles de sonde doivent cheminer séparément des câbles de réseau sous tension de 230 V ou 400 V (distance minimale de 100 mm).

Si des effets d'induction sont à prévoir, provenant par exemple de câbles à haute tension, de caténaires, de transformateurs, de postes de radio et de télévision, de stations de radioamateurs, de fours à micro-ondes ou autres, les câbles de sondes doivent être blindés.

En règle générale, la polarité des contacts de sondes n'est pas importante.

La pâte thermique utilisée pour la mise en œuvre des sondes doit bénéficier d'une fiche de données de sécurité mentionnant la composition. Cette fiche doit être disponible pour toutes les opérations d'entretien et de maintenance afin de prévenir les risques liés à la manipulation.

Les sondes à plongeur ou en applique doivent être posées avant le calorifugeage et protégées des infiltrations d'eau. Elles doivent être accessibles pour assurer les opérations d'entretien et de maintenance.

Lors de ces interventions, en cas de modification de la position de la sonde, il convient de reconstituer l'intégrité du calorifuge.

Une sonde cylindrique, en applique sur un tuyau lui-même cylindrique ne peut pas donner de mesure fiable.

10 RACCORDEMENTS ÉLECTRIQUES

La mise en œuvre de l'installation doit être réalisée conformément aux prescriptions de la norme NF C15-100 qui s'applique aussi bien aux installations en très basse tension qu'en basse tension.

Une protection différentielle de 30 mA est obligatoire.

La norme mentionne par exemple que « toutes les masses doivent être reliées à un conducteur de protection selon les conditions particulières des divers schémas des liaisons à la terre (TT, TN, IT).

11 MISE EN SERVICE ET MISE AU POINT

La mise en service correspond au démarrage de l'installation et à toutes les vérifications connexes.

La mise au point est l'ensemble des opérations qui, par l'ajustement des réglages et par les mesures de contrôle, permettent de livrer une installation propre à rendre les services pour lesquels elle a été faite.

Dans le cas d'un chauffe-eau solaire individuel, ces deux opérations peuvent être menées conjointement.

En vue de la maintenance de ces installations, renseigner un tableau de procédures qui retrace les opérations de mise en service et de mise au point est indispensable.

Pour exemple, un tel tableau est fourni ci-après.

La première action à mener est de vérifier la conformité de l'installation par rapport au schéma et notamment la présence des organes de sécurité et de mesure, là où il est prévu qu'ils se trouvent.

11.1. •• *Rinçage, essais d'étanchéité*

Ne pas remplir l'installation par temps ensoleillé ou s'il y a des risques de gel !

Un fluide à température ambiante qui arrive sur des capteurs très chaud va se vaporiser instantanément.

Pour éviter cela, soit les capteurs sont recouverts par des cartons, une bâche opaque, une couverture (certains sont livrés avec leur protection que l'on retire après le remplissage et la purge de l'installation), soit le remplissage est effectué tôt le matin ou si le ciel est fortement nuageux.

Au moment du rinçage et du remplissage, il ne doit exister aucun risque de gel car cela pourrait entraîner des dommages pour le capteur et / ou sur le circuit solaire.

Le rinçage est l'opération qui permet de chasser les impuretés ou résidus de brasage qui peuvent être présents dans les canalisations. S'ils ne sont pas éliminés avant la mise en service, ces résidus vont colmater le filtre (s'il existe) de la pompe et finir par entrainer des cavitations et donc un mauvais fonctionnement du système.

Avant de commencer le rinçage, il est conseillé de démonter le vase d'expansion, de fermer sa vanne d'isolement (si elle existe) afin qu'il ne se remplisse pas pendant le rinçage.

Le rinçage peut être effectué avec l'eau, si les capteurs peuvent être intégralement vidangés.

L'eau est soit celle du réseau, soit injectée avec une pompe d'épreuve. Le rinçage de l'installation ne peut pas être réalisé avec une pompe manuelle.

Après la procédure de rinçage, le circuit peut être séché avec un compresseur.

Pour les installations autovidangeables et pré-chargées en fluide antigel, le rinçage s'effectue avec le circuit primaire non raccordé à l'échangeur. Pour ces installations se reporter aux préconisations du fabricant.

Les essais d'étanchéité sont effectués après les rinçages à froid de la boucle de captage et avant le calorifugeage des canalisations.

La partie du circuit hydraulique essayée est remplie d'eau froide et purgée. Les robinets d'isolement situés dans le circuit sont maintenus ouverts. L'essai est effectué en une seule fois sur l'ensemble du réseau ou en plusieurs fois sur des parties pouvant être isolées.

L'ensemble de l'installation est éprouvé à une pression égale à 1,5 fois la pression de remplissage.

La pression est appliquée et maintenue à l'aide d'une pompe d'épreuve ou de tout autre système équivalent. La durée du maintien à la pression d'essai est égale au temps nécessaire à l'inspection de l'ensemble du circuit hydraulique, avec un minimum de 30 minutes.

Ces essais peuvent également être effectués à l'air avec une pression maximale de 300mbars.

Sont exclus des essais d'étanchéité, les dispositifs de stockage protégés par une soupape dont la pression de tarage est inférieure à la pression d'essai.

Un examen visuel des canalisations en essai doit permettre de ne déceler aucune fuite d'eau.

Si l'installation est à circuit direct, les essais sont réalisés selon les prescriptions du DTU 60.1.

11.2. • *Remplissage*

Ne pas remplir l'installation par temps ensoleillé ou s'il y a des risques de gel !

Un fluide à température ambiante qui arrive sur des capteurs très chaud va se vaporiser instantanément. Pour éviter cela, soit les capteurs sont recouverts par des cartons, une bâche opaque, une couverture (certains sont livrés avec leur protection que l'on retire après le remplissage et la purge de l'installation), soit le remplissage est effectué tôt le matin ou si le ciel est fortement nuageux.

Au moment du remplissage, il ne doit exister aucun risque de gel car cela pourrait entraîner des dommages pour le capteur et / ou sur le circuit solaire.

Avant le remplissage, remettre le vase d'expansion en place ou ouvrir sa vanne d'isolement.

Le remplissage peut être effectué soit avec une pompe manuelle, soit avec une pompe d'épreuve. Le fluide utilisé est de préférence prêt à l'emploi, c'est-à-dire déjà dosé. S'il ne s'agit pas d'antigel prêt à l'emploi, le mélange eau – Mono Propylène Glycol doit être aussi homogène que possible, sinon l'antigel risque de s'accumuler dans certains endroits. Pour cela il faut bien brasser l'eau et l'antigel Mono Propylène Glycol avant de remplir l'installation.

Pour les installations autovidangeables et pré-chargées en fluide antigel, le rinçage s'effectue avec le circuit primaire non raccordé à l'échangeur.

- après le rinçage, raccorder les canalisations sur le haut de l'échangeur solaire du ballon et sur la pompe ;
- ouvrir les deux vannes d'arrêt du ballon ;
- mettre la pompe en mode manuel et la laisser tourner jusqu'à ce que le fluide caloporteur revienne par la canalisation chaude ;
- laisser fonctionner la pompe 10 minutes, l'arrêter et contrôler la vidange correcte des capteurs ;
- ouvrir le filtre et le nettoyer si besoin.

Pour ces installations se reporter aux préconisations du fabricant.

11.3. • *Purge et dégazage*

Installation avec un point de purge en sortie des capteurs

La purge des installations thermiques solaires s'effectue par un purgeur situé au point le plus élevé de l'installation. Après l'opération de remplissage, le purgeur doit être impérativement fermé afin d'éviter l'écoulement de fluide solaire sous forme de vapeur en cas de stagnation.

Il faut prévoir un purgeur au point le plus élevé de l'installation ainsi qu'à chaque point haut.

Les purgeurs automatiques doivent pouvoir résister aux températures de stagnation des capteurs.

Installation sans purgeur en sortie des capteurs

Une installation solaire peut également être remplie au moyen d'une station de remplissage de manière à ce que, pendant l'opération de remplissage, une grande partie de l'air soit comprimée hors de l'installation. Les purgeurs placés sur le toit ne sont pas nécessaires dans ce cas. A la place, un séparateur d'air central est installé dans le local technique. Celui-ci sépare les bulles d'air résiduelles dans le fluide pendant le fonctionnement de l'installation.

L'avantage de cette solution est que sont réalisés le remplissage et la purge en une seule étape.

11.4. • *Mise sous pression*

A la fin du remplissage, il faut procéder à la mise en pression du circuit primaire.

Dans un circuit à circulation forcée, soit le circuit est sous pression, soit pas. Dans ce cas la pression de remplissage est communément admise comme étant égale à la hauteur de l'installation divisée par 10, plus 0,3 bar.

Dans le cas d'une installation sous pression, suivre les recommandations du fabricant. Cela implique le tarage de la soupape de sécurité à une valeur adaptée à la pression de remplissage.

Dans le cas d'un système autovidangeable, si la pompe fait des bruits de cavitation et que le liquide antigel ne revient pas en quantité suffisante dans le ballon, il faut ajouter du fluide caloporteur dans le circuit.

Dans tous les cas les instructions du fabricant doivent être suivies.

11.5. • *Réglage du débit*

Le débit est réglé à froid (30 – 40°C).

- si la pompe solaire fonctionne à vitesse variable, le régulateur détermine le débit de manière correspondante ;
- si le régulateur n'est pas équipé d'une régulation à vitesse variable ou si la régulation à vitesse variable est désactivée, le débit doit être réglé sur une valeur fixe.

Ouvrir toutes les vannes du circuit primaire et la vanne de réglage, souvent placée dans le clapet anti retour.

Forcer la mise en marche du circulateur avec le régulateur (voir la notice du régulateur).

Contrôler le débit sur le débitmètre à flotteur.

Pour le préréglage du débit : régler le commutateur de la pompe solaire de manière à atteindre le débit nécessaire avec la position la plus basse, affiner le réglage avec la vanne de réglage.

Les valeurs communément admises pour le réglage du débit sont comprises entre 40 et 60 l/h par m² de capteurs (de 0,6 à 1 l/min).

Si le débit indiqué n'est pas atteint avec la vitesse de rotation maximale de la pompe :

Vérifier la longueur des conduites et les dimensions préconisées pour l'usage de la pompe et si nécessaire, utiliser une pompe plus puissante.

Pour les installations à faible débit « low flow » se conformer aux instructions du fabricant.

11.6. • *Réglages de la régulation*

Les régulateurs sont livrés avec des valeurs de paramétrage préréglées. Si le circuit primaire correspond aux caractéristiques préconisées par le fabricant ces valeurs doivent être vérifiées.

Si le circuit présente des particularités (longueur, pertes de charge élevées, ...) il faut veiller à augmenter l'hystérésis.

Vérifier la consigne de chargement du ballon.

Vérifier les paramètres de pilotages de l'appoint.

11.7. • *Vérification des organes de mesure et de sécurité*

11.7.1. • Organes hydrauliques

La soupape de sécurité

Elle doit être tarée en fonction de la pression de remplissage du circuit primaire. En général à 6 bars pour les installations sous pression, à 3 bars pour les autres.

Les purgeurs

Les purgeurs automatiques peuvent être activés pour vérifier leur fonctionnement.

Le groupe de sécurité

Sa soupape peut être activée pour vérifier son fonctionnement ainsi que sa vanne d'arrêt.

Le vase d'expansion

Sa pression de gonflage a dû être contrôlée avant son montage. Sinon, l'isoler, le vider et mesurer sa pression de gonflage.

Le circulateur

La vitesse du circulateur doit être réglée au plus bas pour maintenir le débit suffisant dans la boucle primaire.

11.7.2. • Organes de mesure

Noter sur le manomètre les seuils de pression basse et haute. Cela permet de faire un contrôle facile et fréquent du bon remplissage de l'installation, y compris par l'usager.

Quand l'installation est en fonctionnement, les thermomètres sur les canalisations chaude et froide doivent afficher une différence de l'ordre de 10 K.

11.8. • *Tableau de procédures de mise en service*

Le tableau (Figure 52) recense les opérations de contrôles et de vérifications qui doivent être menées durant la mise en service et la mise au point de l'installation. Ces données constitueront les valeurs de référence pour les opérations futures d'entretien ou de maintenance.

PROTOCOLE DE MISE EN SERVICE

Une première inspection doit être faite dans les premiers mois de fonctionnement de l'installation. Les autres peuvent l'être à une fréquence de 2 ou 3 ans.

Client :	**Entreprise :**

Description de l'installation :

Capteurs : Marque : _____Type : _____
Nombre :_____Surface :_____[m²]
Ballon de stockage : Nombre : _____ Capacité : _____ [l]
Fonctionnement : Thermosiphon / Autovidangeable / Circulation forcée

Travaux de mise en service, d'inspection et d'entretien	**Méthode**	**Mise en service**	**Révision/Entretien**		
			DATE 1 :	**DATE 2 :**	**DATE 3 :**
MISE EN SERVICE GÉNÉRALE					
Tuyaux de départ et de retour mis à la terre	Visuel	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON
Absence de fuite	Visuel	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON
État de la vanne en amont du purgeur capteur	Visuel	☐ Fermée ☐ Ouverte	☐ Fermée ☐ Ouverte	☐ Fermée ☐ Ouverte	☐ Fermée ☐ Ouverte
Pression de gonflage du vase d'expansion	Mesure	[Bar]	[Bar]	[Bar]	[Bar]
Absence d'air dans l'installation solaire	Manipulation	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON
pH du fluide antigel	Mesure				
Niveau de protection contre le gel	Mesure	____[°C]	____ [°C]	____ [°C]	____ [°C]
CIRCUIT SOLAIRE					
Pression de service Température au moment de la mesure	Relevé Relevé	____ [Bar] ____ [°C]	____ [Bar] ____ [°C]	____ [Bar] ____ [°C]	____ [Bar] ____ [°C]
Débit à froid	Relevé	____ [l/min]	____l/min	____l/min	____l/min
Réglage de la pompe solaire (1/2/3)	Visuel				
Mitigeur thermostatique réglé	Mesure	____ [°C]	____ [°C]	____ [°C]	____ [°C]
CHAMP DE CAPTEURS					
État général des capteurs	Visuel				
Sonde de température de capteur correctement positionnée, insérée dans le doigt de gant	Visuel	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON
Contrôle du montage des capteurs	Visuel	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais
Contrôle étanchéité (fixations, traversées)	Visuel	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais
Contrôle de l'isolation des conduites	Visuel	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais
Propreté des capteurs	Visuel	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais

BALLON SOLAIRE					
État de la jaquette d'isolation	Visuel	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais
Absence de fuite	Visuel	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON
Groupe de sécurité en état	Visuel	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON	☐ OUI ☐ NON
Courant sur l'anode de protection	Mesure	____ [mA]	____ [mA]	____ [mA]	____ [mA]
Réglage du démarrage de l'appoint	Manipulation	____ [°C]	____ [°C]	____ [°C]	____ [°C]
RÉGULATION					
Vérification du fonctionnement de la pompe dans les positions (Marche/ Arrêt/Automatique) ?	Manipulation	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais	☐ Bon ☐ Mauvais
Différentiel de Démarrage	Lecture	____ [K]	____ [K]	____ [K]	____ [K]
Différentiel d'Arrêt	Lecture	____ [K]	____ [K]	____ [K]	____ [K]
Indicateurs de température des sondes Sortie capteur Sortie échangeur Sonde complémentaire	Lecture	____ [°C] ____ [°C] ____ [°C]	____ [°C] ____ [°C] ____ [°C]	____ [°C] ____ [°C] ____ [°C]	____ [°C] ____ [°C] ____ [°C]
Seuil de protection des capteurs	Lecture	____ [°C]	____ [°C]	____ [°C]	____ [°C]
Consigne de chargement du ballon	Lecture	____ [°C]	____ [°C]	____ [°C]	____ [°C]

▲ *Figure 52 : Exemple de protocole de mise en service* Réception

La réception des travaux est une étape importante, qui fait suite à l'achèvement des travaux. C'est le moment de vérifier si tous les travaux ont été correctement réalisés. Cette réception se matérialise par un document, le procès-verbal de réception des travaux.

Les éventuelles malfaçons sont consignées par écrit sur ce document, ce sont les réserves.

La réception des travaux est le point de départ des principales garanties que sont la garantie décennale, la garantir de parfait achèvement et la garantie biennale de bon fonctionnement.

Les défauts apparents non consignés dans le procès-verbal de réception ne bénéficient d'aucune garantie.

La réception est le moment de la remise du Dossier client pour une Intervention Ultérieure sur l'Ouvrage (D.I.U.O). La présentation de ce dossier, avec une visite de l'installation, constitue le meilleur support qui soit pour que l'installateur procède à la mise en main de l'installation, pour l'utilisateur.

11.9. • *Explication générale de l'installation*

Le premier document à produire est un schéma de principe de l'installation. Durant la présentation de ce schéma, les principaux composants sont localisés et leur rôle est expliqué.

11.10. • *Quelques détails techniques spécifiques au matériel*

Le DIUO doit inclure tous les documents techniques, les manuels d'utilisation et les bons de garantie de chaque composant.

11.11. • *Explications d'opérations de contrôles simples*

Dans le cas d'un système de chauffe-eau solaire individuel, les contrôles que peut effectuer un néophyte sont simples et peu nombreux :

- Vérification que la pression du circuit primaire soit toujours comprise dans les bornes signalées (sur le manomètre, c'est le plus simple) ;
- Vérification du fonctionnement normal du circulateur. Dans quelles conditions il doit fonctionner et dans quelles conditions il doit être à l'arrêt.

11.12. • *Explications des opérations occasionnelles ou saisonnières*

Les fonctions complémentaires que peut offrir la régulation doivent être expliquées. Leur validation et leur paramétrage doivent être réalisés sur l'installation

Dans le cas où l'appoint peut être fait avec plusieurs énergies (Bois/Électricité, par exemple), l'utilisateur doit savoir comment sélectionner l'une ou l'autre, à quel moment, suivant quelle procédure.

11.13. • *Explications de garanties de l'installation*

La Garantie Décennale a une durée de 10 ans

Elle concerne les défauts qui compromettent la solidité du bien et ceux qui le rendent impropre à son usage tels que... effondrement, défaut d'étanchéité d'une toiture, défauts des biens d'équipement indissociables de l'ouvrage (gaines, conduits encastrés dans les murs et sols...) dont le démontage ne peut s'effectuer sans détériorer un partie de la construction.

La Garantie de Parfait Achèvement a une durée d'un an

Pendant la première année qui suit la réception de l'installation, le client peut exiger des entrepreneurs ou de constructeur la réparation des malfaçons qui ont fait l'objet de réserves ainsi que la réparation des désordres constatés dans l'année quelle que soit la nature des problèmes : vices de construction ou défaut de conformités.

La Garantie Biennale de Bon Fonctionnement des Équipements a une durée de 2 ans

Elle s'applique aux équipements et éléments qui peuvent être remplacés sans endommager le gros œuvre : Volets, portes, fenêtres, moquettes, revêtement de sol et mural, robinetterie... Elle ne s'applique donc pas aux équipements indissociables : ascenseur, escalier, chauffage central... qui bénéficient ainsi de la garantie décennale, ils sont assimilés au bâti. Mais, si des équipements défectueux dissociables de la maison la rendent inhabitable, vous pouvez mettre en jeu la garantie décennale du professionnel, plus tôt que la garantie biennale de bon fonctionnement.

Remplissage des documents administratifs de description d'installation (Tous les documents nécessaires)

Les acquéreurs d'un système solaire combiné peuvent avoir besoin de documents complémentaires aux documents obligatoires. Notamment les documents demandés par les collectivités pour l'octroi d'aide à l'investissement.

11.14. • *Obligations d'entretien et de maintenance : le devoir de conseil*

Au titre de son obligation principale, l'entrepreneur doit réaliser l'ouvrage promis au client dans les délais et pour le prix convenu. En tant qu'homme de l'art, il a envers son client un "devoir de conseil" que la jurisprudence a précisé au fil du temps. La réalisation d'installations solaire s'inscrit dans le cadre de la construction d'un ouvrage au sens des articles 1792 et suivants du code civil. La responsabilité de l'entrepreneur-installateur est donc susceptible d'être recherchée au titre des garanties légales après réception :

- garantie de parfait achèvement pendant 1 an ;
- Garantie de bon fonctionnement des éléments d'équipement pendant 2 ans ;
- garantie décennale, pendant 10 ans en cas de désordres affectant la solidité de l'ouvrage ou l'un de ses éléments d'équipement indissociables ou qui rendrait l'ouvrage impropre à sa destination.

En cas de litige, s'agissant d'une présomption de responsabilité, il appartient aux entreprises de fournir la preuve d'une cause étrangère ou d'un défaut d'entretien. À ce jour, la jurisprudence n'a que très peu souvent retenu le défaut d'entretien de la part du maître d'ouvrage car l'entrepreneur est le plus souvent dans l'incapacité de prouver que celui-ci a été informé de ses obligations d'entretien exactes de l'ouvrage réalisé. Rappelons que les tribunaux considèrent que le maître d'ouvrage est réputé « profane » en matière de construction.

Trop souvent, les entreprises se contentent de discuter avec le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage et fournissent un dossier général des ouvrages exécutés (DOE). Mais la jurisprudence indique clairement que celui-ci ne suffit pas : le maître d'ouvrage est considéré comme n'ayant pas nécessairement les connaissances suffisantes pour extraire du DOE les renseignements nécessaires à l'entretien correspondant à chaque partie d'ouvrage.

Proposer un contrat de maintenance n'est pas non plus suffisant pour que le conseil d'entretien soit réputé effectué. Les juges considèrent que le contrat d'entretien est une offre commerciale indépendante du contrat de construction démontrant que l'entreprise dispose des compétences et de la capacité à réaliser l'entretien d'une construction.

Il appartient donc à l'entrepreneur de se mettre en capacité de prouver qu'il a correctement et préalablement « conseillé » le maître d'ouvrage sur la bonne utilisation de la construction réalisée, les mesures d'entretien et de maintenance régulières pour en assurer le bon fonctionnement, en maintenir les performances et en assurer la pérennité. Au plus tard, cette information doit avoir lieu lors de la réception ou de la remise en mains de l'installation au maître d'ouvrage. Seul un écrit compte. Pour être efficace et se donner les moyens de faire valoir la responsabilité d'un maître d'ouvrage en cas de défaut d'entretien de la construction après sa réception, l'entreprise doit impérativement :

- remettre au client une fiche synthétique rappelant les spécificités de l'installation, les obligations d'entretien et de maintenance à réaliser à compter de la réception par le maitre d'ouvrage ;
- ce document doit comporter une mention spécifiant que le maitre d'ouvrage en a bien pris connaissance ;
- l'entreprise doit la faire signer par le maitre d'ouvrage (recto et verso) ;
- garder un double de cette fiche signée.

La fiche jointe est un exemple que les entreprises peuvent utiliser. Elle doit bien évidemment être personnalisée et adaptée en fonction des spécificités de chaque installation : tâches d'entretien différentes, fréquence, etc.

Un usage systématique du principe de la fiche de devoir de conseil devrait permettre aux entreprises de dégager plus souvent leur responsabilité, notamment dans les conséquences d'un défaut d'entretien, en étant en capacité de prouver que leur devoir de conseil a bien été accompli.

Un exemple de fiche de devoir de conseil est proposé en annexe.

12 ANNEXES

On donne un exemple de fiche d'autocontrôle pour la vérification de l'installation (liste non exhaustive).

et un exemple de fiche de devoir de conseil.

[ANNEXE 1] : EXEMPLE DE FICHE D'AUTOCONTROLE DE FIN DE CHANTIER

[ANNEXE 2] : EXEMPLE DE FICHE DE DEVOIR DE CONSEIL

ANNEXE 1 – FICHE D'AUTOCONTROLE DE FIN DE CHANTIER – POINTS A VERIFIER

FICHE D'AUTOCONTROLE DE FIN DE CHANTIER POINTS A VERIFIER	
CAPTEURS	
· La traversée de toiture est effectuée avec un accessoire adapté (tuile chatière …)	☐ **OUI**
· La dilatation du raccordement des capteurs est prévue (flexibles ou lyre de dilatation)	☐ **OUI**
· Les pénétrations prévues sont réservées exclusivement au passage des tuyauteries et de la sonde et ne sont en aucun cas utilisées pour le passage de câble électrique autre (antenne,…)	☐ **OUI**
· En surimposition, les fixations utilisées sont solidement vissées sur les chevrons ou les pannes. Dans le cas des capteurs intégrés, les fixations sont réalisées selon les recommandations du fabricant.	☐ **OUI**
· Dans le cas de métaux utilisés de nature différente, tout contact direct de ces métaux est évité.	☐ **OUI**
· Le choix de l'emplacement du capteur tient compte de l'orientation et de l'inclinaison optimale du capteur, des masques éventuels (arbres, bâtiments voisins,…) qui pourraient porter une ombre à certaines heures de la journée ou à certaines périodes de l'année.	☐ **OUI**
· Les éventuels films de recouvrement ou de protection des capteurs sont enlevés	☐ **OUI**
BALLON	
· Le local dans lequel est placé le ballon est en zone hors gel et hors courant d'air.	☐ **OUI**
· Un dégagement suffisant permet la réalisation de toutes les tâches d'entretien et de maintenance (accès à la trappe de visite, retrait de la résistance électrique et de l'anode,…)	☐ **OUI**
· Un groupe de sécurité est implanté sur l'arrivée d'eau froide du circuit sanitaire	☐ **OUI**
· La canalisation de décharge de la soupape du groupe de sécurité est reliée à l'égout ou à une canalisation des eaux usées	☐ **OUI**
· Si l'appoint est séparé, il est placé en série en aval du ballon solaire.	☐ **OUI**
CIRCUIT SOLAIRE	
Tuyauterie ET ISOLATION	
· L'utilisation de tuyauterie, robinetterie, raccords en acier galvanisé ou matériaux synthétiques est proscrite	☐ **OUI**
· Les conduites sont tirées de telle manière à éviter les contre-pentes favorisant la formation de poches d'air et à garantir une purge totale de l'air (essentiel pour les installations à thermosiphon).	☐ **OUI**
· Les canalisations intérieures et extérieures sont isolées sur toute leur longueur avec une isolation d'une parfaite tenue aux températures élevées (armaflex HTA, fibres minérales,…). L'isolation extérieure est, en outre, résistante aux intempéries, aux rayonnements solaires ultraviolets, aux attaques des becs des oiseaux et aux morsures des rongeurs.	☐ **OUI**
Purgeurs et séparateurs d'air	
· **Dans le cas de purgeurs placés en point haut**, ces purgeurs sont en permanence fermés (purgeurs manuels, purgeurs automatiques équipés d'une vanne d'arrêt,…) pour éviter toute détérioration en cas de montée en température	☐ **OUI**
Groupe de transfert	
· L'accès au groupe de transfert est aisé	☐ **OUI**
Circulateur	

FICHE D'AUTOCONTROLE DE FIN DE CHANTIER POINTS A VERIFIER	
· Le sens de la flèche sur le corps de la pompe correspond à celui de l'écoulement du fluide dans la canalisation. Le circulateur est de préférence placé sur la canalisation qui va du bas du ballon vers les capteurs.	☐ **OUI**
Liquide caloporteur	
· La marque le type et le dosage de fluide antigel est affiché sur l'installation	☐ **OUI**
Vannes de vidange et remplissage du circuit SOLAIRE	
· Des vannes de remplissage et de vidange sont prévues sur le circuit primaire. Elles sont bouchonnées pour éviter toute manœuvre malencontreuse.	☐ **OUI**
· Une vanne de vidange est située au point le plus bas.	☐ **OUI**
· Le dispositif de remplissage n'est pas relié directement au réseau d'eau froide	☐ **OUI**
Vase d'expansion	
· La vanne de maintenance est placée entre le vase et le circuit. Lorsque l'installation est en fonctionnement, cette vanne est ouverte et son volant ou sa manette est retirée pour éviter toute manipulation malencontreuse	☐ **OUI**
· Le vase d'expansion doit être fixé au mur ou posé sur un support prévu à cet effet	☐ **OUI**
· Le vase est placée sur la conduite retour du circuit primaire (sens : ballon vers capteurs)	☐ **OUI**
Soupape de sécurité	
· La soupape est placée sur la conduite retour du circuit primaire (sens : ballon vers capteurs)	☐ **OUI**
· Aucune vanne d'arrêt n'isole la soupape de sécurité du circuit et plus précisément des capteurs	☐ **OUI**
· Le tuyau de raccordement de la soupape est aménagé afin d'éviter l'accumulation de résidus et il ne doit y avoir aucune restriction de section	☐ **OUI**
· La conduite de d'évacuation qui prolonge la soupape a un diamètre au moins égal à celui de l'orifice de sortie de la soupape et est métallique	☐ **OUI**
· La conduite d'évacuation est reliée à un réceptacle ouvert en mesure de recevoir la totalité du fluide contenu dans les capteurs	☐ **OUI**
RÉGULATION	
· L'emplacement des sondes est conforme aux prescriptions du manuel d'installation du fabricant (en général sortie capteur, point bas du ballon)	☐ **OUI**
· Dans le cas d'une disposition en applique, les sondes sont recouvertes d'un isolant thermique	☐ **OUI**
· Dans le cas de sondes disposées dans des doigts de gant, la mise en place dans le circuit du doigt de gant permet un contact avec le fluide caloporteur sur toute sa surface et la sonde est bien insérée.	☐ **OUI**
· Les paramètres d'entrée sont réglés comme indiqué sur la notice d'utilisation du fabricant	☐ **OUI**
LIAISONS ÉLECTRIQUES	
· Les câbles électriques, les câbles des sondes sont passés dans les endroits prévus à cet effet et fixés à l'aide de serre câbles ou disposés de telle manière que: ils n'exercent pas de pression sur les connecteurs de la régulation ou des différents appareils électriques, ils ne soient pas en contact avec les canalisations brûlantes, tout risque d'arrachage soit évité.	☐ **OUI**
· Les appareils électriques de l'installation sont reliés à la terre	☐ **OUI**
· Les câbles électriques de sondes sont installés séparément des câbles de 230V	☐ **OUI**
· Les câbles (régulation et alimentation) à proximité des presses étoupes du régulateur et de la pompe de circulation sont courbés en une boucle d'écoulement pour dériver les gouttes qui pourraient tomber et les protéger ainsi contre l'eau de ruissellement	☐ **OUI**

FICHE D'AUTOCONTROLE DE FIN DE CHANTIER POINTS A VERIFIER	
LIAISONS EQUIPOTENTIELLES	
· Le circuit solaire est relié à la terre.	☐ **OUI**
· Une liaison équipotentielle est réalisée au niveau du ballon	☐ **OUI**
APPOINT(S)	
· Lorsque le ballon est équipé de deux appoints (thermoplongeur + échangeur hydraulique par exemple), un inverseur évite leur fonctionnement simultané.	☐ **OUI**
· Dans le cas d'un appoint électrique, prévoir un dispositif de protection conforme à la norme NFC 15100.	☐ **OUI**
· La section du câble d'alimentation du ou des résistances électriques est suffisante.	☐ **OUI**
· La résistance est placée au minimum au tiers supérieur dans le ballon.	☐ **OUI**
· Dans le cas d'un appoint hydraulique, les conduites du circuit d'appoint nouvellement réalisées sont isolées.	☐ **OUI**
CIRCUIT SANITAIRE – LIMITEUR DE TEMPERATURE	
· Un mitigeur thermostatique est installé en sortie du ballon sur la conduite d'eau chaude sanitaire afin d'assurer une protection contre les brûlures.	☐ **OUI**

ANNEXE 2 – FICHE DE DEVOIR DE CONSEIL

On donne un exemple de fiche de devoir de conseil.

Rappel des spécificités de l'installation

Rappel des obligations d'entretien et de maintenance à réaliser sur l'installation à compter de la réception par le maître d'ouvrage.

(Fiche à remplir en 2 exemplaires : un pour la maître de l'ouvrage, un pour l'entreprise)

Référence marché / N° facture:		Date de réception:	
Nom du maître d'ouvrage :			
Adresse de réalisation des travaux :			
Descriptif de l'installation solaire :			

Rappel des spécificités de l'installation :

S'agissant d'une installation technique réclamant des compétences spécifiques, toute manipulation ou modification devra être réalisée par un professionnel.

- ne pas couper l'alimentation électrique de l'installation solaire surtout en cas d'absence prolongée ;
- ne pas stocker des produits chimiques dans le local où se trouve l'installation; les vapeurs qui en émanent pourraient accélérer la corrosion ;
- ne pas rajouter de l'eau dans l'installation. En cas de manque de liquide caloporteur, faire intervenir un professionnel;
- ne pas modifier le réseau hydraulique ;
- ne pas mettre des obstacles qui pourraient porter des ombres sur les panneaux (arbres,...) ;
- ne pas modifier les réglages de la régulation, thermostat(s), mitigeur(s) thermostatique(s).

Rappel des obligations d'entretien et de maintenance à réaliser sur l'installation à compter sa réception par le maître d'ouvrage :

Précautions et matériels à prendre :

- le port du casque et des chaussures de sécurité est obligatoire sur site ;
- utiliser des EPI antichute pour toute intervention en hauteur.

Chaque visite d'entretien comporte les opérations et prestations suivantes :

Relevé des données utiles au contrôle de bon fonctionnement		
Heures de relevés		
Conditions atmosphériques		
Température du stockage solaire		___°C
Température d'entrée du fluide primaire (Te1)		___°C
Température de sortie du fluide primaire (Ts1)		___°C
Température de consigne de l'appoint		___°C
Température de départ ECS		___°C
Pression du circuit primaire		___bar
Pression de gonflage du vase d'expansion		___bar
Débit		___l/min
Relevé du compteur d'énergie (si présent)		___kWh
VÉRIFICATIONS ET CONTRÔLES		
État des capteurs et des supports		
Fonctionnement des vannes d'arrêt		
Vanne d'isolement fermée si purgeur automatique		
État de la protection mécanique du calorifuge extérieur		
État du calorifuge		
vérification l'étanchéité de tous les raccords et des joints		
Contrôle du liquide (teneur en antigel et pH)		
Contrôle visuel du bon fonctionnement (bruit, échauffement, vibration)		
Contrôle de la sélection de la vitesse de circulation		
Absence de fuite ou de corrosion		
Vérification du paramétrage de la régulation (DD, DA…)		
Contrôle de la bonne tenue des sondes (position et connexions électriques)		
Vérification du fonctionnement des sondes (vérification de la valeur de température donnée par la sonde)		
Réalisation de chasses		
Contrôle de l'était de la jaquette isolante		
Contrôle de l'étanchéité des piquages		
Contrôler la soupape de sécurité		
Serrage des connexions		
Recherche d'échauffements et de bruits anormaux		
État des contacteurs et des câbles		
Fonctionnement des organes de coupure et de protection		
Vérification de la consigne et de la programmation du système d'appoint		
Vérification du bon fonctionnement et du réglage du ou des mitigeurs thermostatiques		

La plupart de ces opérations, pour des raisons techniques, de sécurité et de garantie devront être réalisées par un professionnel.

Je soussigné *[nom maître de l'ouvrage]*, confirme avoir pris connaissance des obligations d'entretien et de maintenance susmentionnées, présentées par *[nom de la personne mandatée]*, mandaté par *[nom de l'entreprise]*, à réaliser à compter de la réception de mon installation pour en assurer le fonctionnement efficace, en maintenir les performances et la pérennité.

A [lieu], le [date]

Signatures :

[Signature du maître de l'ouvrage] [Signature du représentant de l'entreprise]

PARTENAIRES du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération CINOV) ;
- GDF SUEZ ;
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement ;
- Plan Bâtiment Durable ;
- SYNTEC Ingénierie ;
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSFA) ;
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC) ;
- Union sociale pour l'habitat (USH).

Les productions du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

CHAUFFE-EAU SOLAIRE EN HABITAT INDIVIDUEL

INSTALLATION ET MISE EN SERVICE

JUILLET 2013

NEUF

Ces Recommandations professionnelles exposent les bonnes pratiques ainsi que les points de vigilance à respecter pour garantir la qualité de mise en œuvre et de mise en service d'un chauffe-eau solaire individuel (CESI) dans l'habitat individuel conforme à la réglementation thermique actuelle.

Elles s'appuient et complètent les exigences du NF DTU 65.12.

Les différentes solutions techniques et les schémas hydrauliques types associés sont présentés. La fonction, les critères de choix et les bonnes pratiques de mise en œuvre pour chacun des composants nécessaires au bon fonctionnement de l'installation solaire sont exposés. L'implantation des capteurs solaires y est largement traitée avec notamment les points sensibles que sont les raccordements d'étanchéité des capteurs solaires aux éléments de couverture et les remontées d'étanchéité pour les traversées de l'écran de sous-toiture. En outre, la pose d'un CESI impliquant des traversées de parois, les reprises d'étanchéité à l'air dans le cas de traversée de toiture inclinée ou de paroi courante sont traitées.

La mise en service et la remise au client de l'installation font l'objet d'un chapitre spécifique compte tenu de leur importance en termes de durabilité et de maintien des performances du système.

Ces Recommandations professionnelles se veulent pratiques, avec 75 pages richement illustrées (plus de 50 schémas et dessins) et la mise à disposition de plusieurs fiches concrètes à usage des entreprises leur permettant de fiabiliser leurs pratiques tout en délimitant clairement les responsabilités, y compris celles des clients.

GRENELLE ENVIRONNEMENT
ENTRONS DANS LE MONDE D'APRÈS

PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.
www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr