



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

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

**PRODUCTION D'EAU CHAUDE
SANITAIRE COLLECTIVE
CENTRALISÉE SOLAIRE**

INSTALLATION ET MISE EN SERVICE

SEPTEMBRE 2015

NEUF-RENOVATION

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



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	14
4 - Description des systèmes	17
4.1. • Principe général	17
4.2. • Les installations solaires collectives avec capteurs remplis en permanence	18
4.3. • Les installations solaires collectives autovidangeables	18
4.4. • Les installations solaires collectives avec échangeur immergé et appoint intégré	19
4.5. • Les installations avec échangeur immergé et appoint séparé	20
4.6. • Les installations avec échangeur externe et appoint séparé	21
4.7. • Les installations en eau technique	22
4.8. • Prévention des risques liés à l'eau chaude sanitaire	23
4.8.1. • La protection contre le risque de pollution par retour d'eau	24
4.8.2. • La protection contre le risque de pollution par le fluide caloporteur	24
4.8.3. • Prévenir les risques de brûlure	24
4.8.4. • Prévenir les risques liés aux légionelles	26
5 - Mise en œuvre des capteurs solaires	29
5.1. • Documentation techniques sur les capteurs	29
5.2. • Sécurité des personnes	30
5.2.1. • Coordination Sécurité Protection Santé	31
5.2.2. • Risques de chute	31
5.2.3. • Risques de brûlure	32
5.3. • Préparation et organisation du chantier	33
5.4. • Choix de l'implantation des capteurs	33
5.5. • Ecran de sous-toiture	34
5.6. • Pose de capteurs solaires en incorporation et semi-incorporation sur toiture inclinée en petits éléments (tuiles, ardoises...)	36
5.6.1. • Planéité du support recevant les capteurs	37
5.6.2. • Fixations	39
5.6.3. • Raccordement d'étanchéité entre capteurs	41
5.6.4. • Raccordement d'étanchéité aux éléments de couverture	41
5.6.5. • Ventilation en sous-face	46
5.7. • Pose de capteurs solaires sur support indépendant	46
5.7.1. • Pose sur toiture inclinée	46
5.7.2. • Pose sur toiture terrasse	48
5.7.3. • Pénétrations	52



6 - Mise en œuvre de la boucle de transfert solaire ... 53

6.1. • Critères généraux de choix des matériaux.....	53
6.2. • Le raccordement hydraulique des capteurs	53
6.3. • Raccords	54
6.4. • Dispositif d'équilibrage	57
6.5. • Les vannes d'isolement.....	58
6.6. • Système de purge et dégazage (cas des installations avec capteurs remplis en permanence).....	59
6.7. • Canalisations.....	60
6.8. • Isolation thermique.....	62
6.9. • Protection contre le gel.....	63
6.10. • Système d'expansion (cas des installations avec capteurs remplis en permanence)	64
6.11. • Soupape de sécurité.....	66
6.12. • Système évitant l'inversion du sens d'écoulement (cas des installations avec capteurs remplis en permanence)	66
6.13. • Pompe de circulation	67
6.14. • Dispositif de remplissage, de vidange et de prélèvement	69
6.15. • Instruments de mesure et de contrôle	69
6.16. • Echangeur solaire	70
6.17. • Cas des installations autovidangeables.....	70
6.17.1. • Capteurs solaires	71
6.17.2. • Pénétrations	71
6.17.3. • Raccordement hydraulique des capteurs.....	71
6.17.4. • Raccords.....	71
6.17.5. • Equilibrage	72
6.17.6. • Purges d'air, séparateurs d'air.....	72
6.17.7. • Protection contre le gel.....	72
6.17.8. • Système d'expansion	73
6.17.9. • Soupape de sécurité.....	73
6.17.10. • Système évitant l'inversion du sens d'écoulement	73
6.17.11. • Pompe de circulation	73
6.17.12. • Réservoir de vidange.....	74

7 - Mise en œuvre du dispositif de stockage solaire 76

7.1. • Critères généraux de choix des matériaux	76
7.2. • Raccordement des ballons de stockage solaire	77
7.3. • Emplacement des ballons de stockage.....	78
7.4. • Isolation des ballons de stockage solaire	79
7.5. • Equipements des ballons de stockage solaire	80

8 - Mise en œuvre de la boucle secondaire (cas des installations de type stockage en eau technique) 82

9 - Mise en œuvre de la boucle de distribution d'eau chaude sanitaire..... 84

9.1. • Limitation des températures d'ECS.....	84
9.2. • Retour du bouclage sanitaire.....	84

10 - Le système de régulation..... 89

10.1. • Cas des installations avec capteurs remplis en permanence.....	89
10.2. • Cas des installations autovidangeables	90
10.3. • Cas des installations de type stockage en eau technique.....	90



10.4. • Sondes de régulation.....	91
10.4.1. • Sondes de températures d'eau	91
10.4.2. • Sonde d'ensoleillement.....	94
11 - Mise en œuvre du suivi énergétique.....	95
11.1. • Plans de comptage.....	95
11.2. • Compteur d'eau	96
11.2.1. • Emplacement	96
11.2.1. • Pose.....	97
11.3. • Sondes de température d'eau	97
11.4. • Télécontrôleur	98
12 - Raccordements électriques.....	99
13 - Mise au point et mise en service.....	101
13.1. • Mise au point statique de l'installation solaire	101
13.1.1. • Rinçage.....	102
13.1.2. • Essais d'étanchéité.....	102
13.2. • Mise au point dynamique de l'installation solaire	103
13.2.1. • Remplissage	103
13.2.2. • Purge et dégazage (installations avec capteurs remplis en permanence)	104
13.2.3. • Mise sous pression	105
13.3. • Réglage des débits.....	105
13.4. • Equilibrage de la boucle solaire	106
13.5. • Paramétrage de la régulation.....	107
13.5.1. • Valeurs de différentiels.....	107
13.5.2. • Dispositif de mesure d'ensoleillement.....	108
13.5.3. • Température de stockage solaire	109
13.5.4. • Température de production d'appoint.....	109
13.6. • Vérification des organes hydrauliques	110
13.7. • Première montée en température	111
13.8. • Contrôles de bon fonctionnement.....	111
14 - Réception.....	114
14.1. • Explications de garanties de l'installation.....	115
14.1.1. • Garantie de Parfait Achèvement a une durée d'un an.....	115
14.1.2. • Garantie Biennale de Bon Fonctionnement des Équipements a une durée de 2 ans	116
14.2. • Obligations d'entretien et de maintenance : le devoir de conseil.....	116
15 - Annexe.....	118
ANNEXE 1 : EXEMPLE DE FICHE DE DEVOIR DE CONSEIL	119

1

Domaine d'application

Ces Recommandations professionnelles ont pour objet de fournir les prescriptions techniques pour la mise en œuvre et la mise en service d'installations solaires collectives destinées au préchauffage de la production d'eau chaude sanitaire, désignées chauffe-eau solaires collectifs (CESC).

Elles traitent de la mise en œuvre et de la mise en service :

- des capteurs solaires thermiques plans vitrés, à circulation de liquide, indépendants sur supports, semi-incorporés ou incorporés en toiture ;
- des différents composants du circuit hydraulique assurant le transfert de chaleur des capteurs solaires vers le réservoir de stockage collectif par l'intermédiaire d'un échangeur intégré ou non au réservoir. La circulation est forcée. Le circuit est autovidangeable ou non ;
- du ou des réservoirs de stockage de l'énergie solaire comportant ou non un dispositif d'appoint ;
- du raccordement du bouclage d'eau chaude sanitaire ;
- de l'échangeur de décharge dans le cas d'une installation de type eau technique ;
- du système de régulation solaire ;
- du système d'appoint pour la production d'eau chaude sanitaire.

Ces Recommandations professionnelles ne visent pas les installations réalisées avec des capteurs solaires non vitrés, sous vide et des capteurs solaires à air.

Elles s'appliquent à l'habitat existant et 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, de Mayotte et de La Réunion.

2

Références



2.1. • Références réglementaires

- Circulaire du 9 août 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 (ERP).
- 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 ».
- Arrêté du 21 juin 1982 relatif à l'approbation de dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (approuvé par l'Arrêté du 25 juin 1980) (ERP)



- 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 1^{er} 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 n° 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.
- NF EN 13959 : Clapet anti-pollution du DN 6 au DN 250. Famille E, type A, B, C et D.
- NF DTU 60.1 : Plomberie sanitaire pour les bâtiments.
- NF DTU 45.2 P1-1 : Isolation thermique des circuits, appareils et accessoires de – 80 à + 650°C.
- NF 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 60.11 : Août 2013, Travaux de bâtiment — Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et d'eaux pluviales.
- 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 de bâtiment Etanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de plaine.
- NF DTU 43.3 : Toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité.
- NF 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

- Schémathèque SOCOL : Production d'eau chaude sanitaire solaire thermique collective – Schémas de Principes.
- Guide pour le commissionnement des installations solaires collectives pour la production d'eau chaude sanitaire – SOCOL – 2015.
- Installation solaire thermique collective – Instrumentation et suivi des performances – SOCOL – Février 2013.
- Tableau de bord de suivi simplifié pour installation solaire thermique collective – SOCOL – 2013.
- Contrat type de suivi simplifié – SOCOL – 2014.
- TélésuiWeb : Dispositif de suivi énergétique des installations solaires (Institut National de l'Energie Solaire, ADEME, Région Rhône Alpes et Conseil Général de la Savoie).
- Fiche pratique de sécurité ED 137 éditée par l'INRS, l'OPPBTP et l'Assurance Maladie.
- CSTB – Cahiers 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 1^{er} mai 2011 – Janvier 2011.
- Maîtrise du risque de développement des légionelles dans les réseaux d'eau chaude sanitaire – Guide Technique CSTB.
- Guide de rédaction du cahier des charges techniques de consultation à destinations de la Maîtrise d'œuvre – Juin 2007 – Guide Technique CSTB.

- Guide d'application de la réglementation parasismique : Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment "à risque normal".
- Production d'eau chaude sanitaire par énergie solaire – Guide de conception des installations solaires collectives – ADEME, Gaz de France, EDF – 2010.
- Avis techniques CSTBat.

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.

Volume 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 et la vitre sont planes.

Capteur sous vide

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

Batterie de capteurs

Ensemble de capteurs raccordés de façon identique (en série ou en parallèle) et constituant un sous-ensemble d'un champ de capteurs pour les grandes installations.

Champ de capteurs

Ensemble de batteries 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.

Boucle de transfert

Circuit comprenant des tuyauteries ou conduits, des pompes ou circulateurs et un échangeur (selon le cas) et servant au transport de la chaleur extraite des capteurs vers le réservoir de stockage.

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 avec capteurs remplis en permanence

Installation dans laquelle les capteurs sont toujours pleins de liquide caloporteur (NF EN ISO 9488). Appelée ainsi par opposition avec une installation autovidangeable, dont le liquide caloporteur est à pression atmosphérique dans les capteurs, lorsque la pompe n'est pas en fonctionnement.

Installation à circulation forcée

Installation dans laquelle une pompe de circulation est utilisée pour faire circuler le liquide caloporteur dans le(s) capteur(s). Elle peut être autovidangeable ou avec capteurs remplis en permanence.

Installation à circuit indirect, installation avec échangeur immergé ou séparé

Installation solaire dans laquelle un liquide caloporteur autre que l'eau sanitaire circule dans les capteurs solaires. Un échangeur assure une séparation physique entre le circuit rempli de liquide caloporteur et celui d'eau chaude sanitaire. L'échangeur peut être immergé ou extérieur au ballon de stockage solaire.

Chauffe-eau solaire collectif centralisé

Système de production d'eau chaude sanitaire centralisé, où le stockage solaire et l'appoint sont positionnés en chaufferie. Ils assurent la production d'ECS pour un ensemble de points de puisages.

Chauffe-eau solaire collectif centralisé de type stockage en eau technique

Système de production d'eau chaude sanitaire centralisé, où le stockage solaire et l'appoint sont positionnés en chaufferie. Ils assurent la production d'ECS pour un ensemble de points de puisages. L'eau stockée dans le(s) ballon(s) solaire(s) est physiquement séparée du circuit de distribution d'eau chaude sanitaire par le biais d'un échangeur de chaleur.



4

Description des systèmes



4.1. • Principe général

Un chauffe-eau solaire est un procédé solaire participant, en partie, à la couverture des besoins d'eau chaude sanitaire d'un bâtiment. L'installation de production d'eau chaude sanitaire se compose :

- de capteurs solaires : ils assurent la transformation du rayonnement solaire en chaleur et la transfère au liquide caloporteur ;
- d'une boucle de transfert solaire : elle assure le transport des calories depuis les capteurs solaires vers le ballon de stockage par le biais d'un échangeur de chaleur (incorporé ou non au stockage). Il comporte notamment la pompe de circulation et la régulation associée ;
- d'un ou plusieurs ballons de stockage : ils stockent l'eau chaude sanitaire (ou l'eau technique) en température en vue de sa future utilisation.

Si la boucle de transfert solaire est pressurisée, on parle d'installation avec capteurs remplis en permanence. Si la boucle de transfert solaire est sans ou sous faible pression, on parle d'installation autovidangeable.

Que la boucle de transfert solaire soit pressurisée ou non, les installations peuvent être de type :

- centralisé (production d'appoint et production solaire centralisées) désignées CESC ;
- à appoint individualisé (production solaire centralisée et production d'appoint individualisée) désignées CESCAl ;
- individualisé (production d'appoint et stockage solaire individualisés) désignées CESCi.



Commentaire

De par leurs spécificités de conception, de dimensionnement et de mise en œuvre, les installations de type CESCO sont traitées indépendamment et font l'objet de Recommandations professionnelles spécifiques. Les installations de type CESCO font l'objet quant à elles d'un rapport « Chauffe-eau solaires collectifs à appoints individualisés – Evaluation des risques sanitaires », établi dans le cadre du programme Règles de l'Art Grenelle Environnement.

Dans sa configuration la plus classique, un chauffe-eau solaire collectif comprend un stockage solaire (composé de un ou plusieurs ballons) et un appoint, tous deux centralisés. La taille de l'installation solaire, la fonctionnalité et les dimensions du local technique déterminent :

- le nombre et la capacité des ballons de stockage solaire ;
- le type d'échangeur solaire (échangeur immergé ou externe au ballon de stockage solaire) ;
- l'intégration de l'appoint (intégré ou séparé du ballon de stockage solaire).

Le stockage solaire peut être en eau sanitaire ou en eau technique.

4.2. • Les installations solaires collectives avec capteurs remplis en permanence

Une installation avec capteurs remplis en permanence est une installation pressurisée (ou sous pression) dont la boucle de transfert solaire est en permanence remplie de liquide caloporteur. Le système est mis sous pression pour éviter d'atteindre la température de vaporisation du liquide caloporteur.

Les installations avec capteurs remplis en permanence requièrent la présence de différents éléments assurant notamment la sécurité de l'installation : soupape de sécurité, système d'expansion, purgeurs d'air au niveau des capteurs solaires ou encore système anti-thermosiphon.

4.3. • Les installations solaires collectives autovidangeables

Une installation autovidangeable est une installation sous pression atmosphérique ou sous faible pression. Le circuit est fermé et étanche à l'air. Il est rempli de liquide caloporteur (de l'eau ou de l'eau glycolée selon les prescriptions du fabricant) et d'air définitivement enfermé dans le circuit.

Au cours du fonctionnement normal, quand la pompe de circulation est en fonctionnement, les capteurs solaires sont remplis de liquide caloporteur et l'air du circuit isolé dans un volume de réserve (réservoir de vidange).

Pendant les phases d'arrêt de l'installation (pompe de circulation arrêtée), le liquide caloporteur est piégé dans la partie inférieure de l'installation et l'air dans les capteurs solaires.

Commentaire

Pour des applications collectives, la technique d'autovidange se traduit par l'utilisation d'un volume de réserve de type réservoir de vidange.

L'automatisme de l'ensemble est assuré par une pompe de circulation commandée par une régulation solaire généralement spécifique distinguant les phases d'amorçage (chasse de l'air) et les phases de fonctionnement.

Les installations autovidangeables évitent la présence de vase d'expansion, de purgeurs aux points hauts des batteries de capteurs et du système anti-thermosiphon sur la boucle solaire.

Le professionnel doit considérer les spécificités liées à l'existence du système d'autovidange et notamment : des capteurs et des batteries adaptés, une pente minimale des canalisations entre les capteurs et le réservoir suffisante, une position et une contenance du réservoir de vidange conforme, une étanchéité à l'air de la boucle solaire suffisante, des joints adaptés et une mise en service spécifique (cf. 9.15).

4.4. • Les installations solaires collectives avec échangeur immergé et appoint intégré



Cette configuration, où le solaire et l'appoint se retrouvent dans le même ballon, n'est en général pas optimal. Elle est applicable pour les installations à circuits hydrauliques courts, pour des volumes de stockage d'eau chaude inférieurs ou égal à 1000 litres, ou lorsque l'apport solaire est très majoritaire (par exemple, un camping fonctionnant uniquement l'été).

L'appoint, intégré au ballon de stockage solaire, peut être hydraulique ou électrique. Un schéma de principe est proposé en (Figure 1). Cette solution permet au solaire de couvrir en partie les pertes liées au bouclage, y compris hors périodes de soutirage.

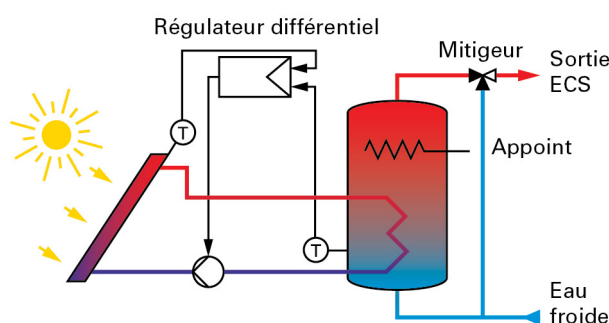
Dans le cas d'un appoint hydraulique, l'échangeur en haut de ballon solaire est raccordé à la chaudière ou au réseau de chaleur urbain. Le boîtier de commande de la chaudière est équipé d'une sonde de température qui permet de contrôler la température en haut du ballon et d'assurer la température demandée en continu.

Dans le cas d'un appoint électrique, le réchauffeur doit se situer entre la moitié et le tiers supérieur du ballon de stockage. Dans tous les cas, une horloge de programmation, pour commander l'appoint, est indispensable pour une bonne gestion de l'énergie. Attention à avoir un écart entre l'échangeur solaire et l'appoint d'au moins 10 à 15 cm, pour éviter un réchauffage du bas du ballon solaire.

Il existe des ballons mixtes qui possèdent un échangeur hydraulique et une résistance électrique. Ils sont utilisés pour éviter un fonctionnement de la chaudière en dehors de la saison de chauffe.

Pour ne pas perturber les performances de l'installation solaire, le concepteur doit s'assurer que :

- l'appoint n'est pas raccordé en bas de ballon solaire ;
- le retour du bouclage (si existant) est réalisé en partie haute du ballon solaire ;
- l'arrivée d'eau froide est équipée d'un déflecteur minimisant les brassages lors des soutirages.



▲ Figure 1 : Schéma de principe d'une installation avec échangeur immergé et appoint électrique intégré

4.5. • Les installations avec échangeur immergé et appoint séparé

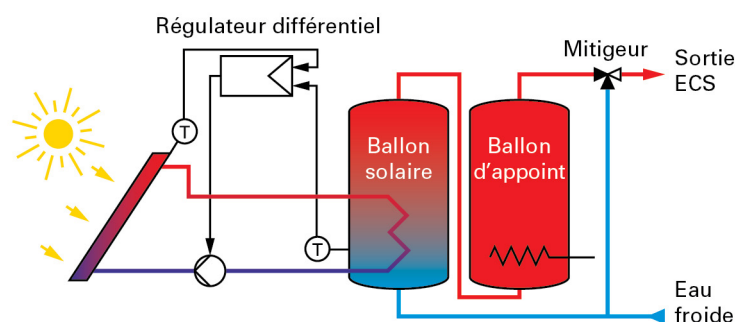
L'installation est équipée de un ou plusieurs ballons de stockage solaire avec échangeur(s) immergé(s) et appoint séparé.

Si plusieurs ballons de stockage solaire sont mis en œuvre, ils sont raccordés en série. Les échangeurs immergés fonctionnent en contre-courant de l'arrivée d'eau froide.

L'appoint est raccordé en série avec le(s) ballon(s) de stockage solaire. Il peut être électrique ou hydraulique. Un schéma de principe est proposé en (Figure 2).

Les deux volumes, solaire et appoint, sont séparés. Aucun mélange entre eux n'est possible : l'appoint ne perturbe pas la stratification du ballon de stockage solaire. Sauf à proposer une installation complexe (mise en œuvre d'une vanne à trois voies directionnelle), cette solution ne permet pas au solaire de couvrir les pertes liées au bouclage hors périodes de soutirage.

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



▲ Figure 2 : Schéma de principe d'une installation avec échangeur immergé et appoint électrique séparé

4.6. • Les installations avec échangeur externe et appoint séparé

On utilise ici un échangeur à plaques situé entre les capteurs et le ballon de stockage solaire. Ce montage permet un démarrage en deux étapes :

- une première étape où le circuit primaire est mis en circulation avec homogénéisation des températures dans les capteurs solaires et dans les canalisations ;
- une seconde étape où le circuit secondaire est mis en service avec transfert d'énergie du circuit primaire au circuit secondaire.

La pompe de circulation secondaire de type « sanitaire » est asservie à celle du primaire.

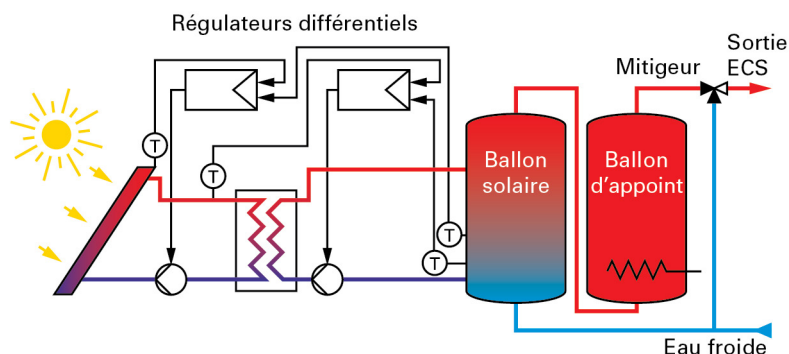
Si plusieurs ballons de stockage sont nécessaires, le volume solaire doit être fractionné en plusieurs ballons.

Il convient de privilégier un ballon solaire unique plutôt que plusieurs ballons raccordés en série afin de minimiser les pertes thermiques de stockage. Même si l'effet est moins important que les pertes de stockage accrues, la circulation dans les deux sens entre les ballons solaires (en fonction des débits relatifs soutirage et solaire) qui est indispensable dégrade partiellement leur stratification.

Lors de la charge des ballons solaires, l'entrée côté secondaire de l'échangeur solaire est raccordée en bas du ballon solaire le plus froid (celui où pénètre l'eau froide lors de soutirages). La sortie côté secondaire de l'échangeur est raccordée à hauteur intermédiaire du ballon solaire le plus chaud (celui où l'eau chaude préchauffée par le solaire est soutirée).

La capacité unitaire des ballons solaires et d'appoint est choisie parmi la gamme d'appareils du commerce en tenant compte de la place disponible et/ou de la hauteur disponible sous plafond pour leur implantation.

La boucle de distribution de l'eau chaude sanitaire doit être conçue de telle sorte que son maintien en température ne soit pas assuré exclusivement par le ballon solaire.



▲ Figure 3 : Schéma de principe d'une installation avec échangeur externe et appoint électrique séparé

4.7. • Les installations en eau technique

Ce type d'installation est préconisé pour les installations collectives dans lesquelles le stockage d'eau sanitaire à température non maîtrisée est déconseillé (établissement de santé et établissements sociaux et médico-sociaux d'hébergement pour personnes âgées).

Le chauffe-eau solaire collectif de type stockage en eau technique comporte un ou plusieurs ballons collectifs de stockage solaire et un appoint centralisé (de préférence de type instantané pour éviter un stockage sur le circuit d'appoint).

L'eau stockée dans le ballon (eau technique) et réchauffée par le circuit solaire est physiquement séparée du circuit de distribution d'eau chaude sanitaire.

Cette séparation est réalisée par un échangeur à plaques extérieur. Il est mis en œuvre entre le stockage solaire (un ballon tampon rempli d'eau technique) et l'arrivée d'eau froide sanitaire. Ce type d'installation comprend ainsi trois circuits d'eau chaude :

- le circuit solaire ;
- le circuit « d'eau technique » permettant le stockage de l'énergie récupérée de la boucle solaire ;
- le circuit d'eau froide qui récupère l'énergie au travers d'un échangeur instantané.

On parle d'installation de type « stockage en eau technique ou en eau morte ou double échangeur » et autrement appelé kit anti-légionellose.

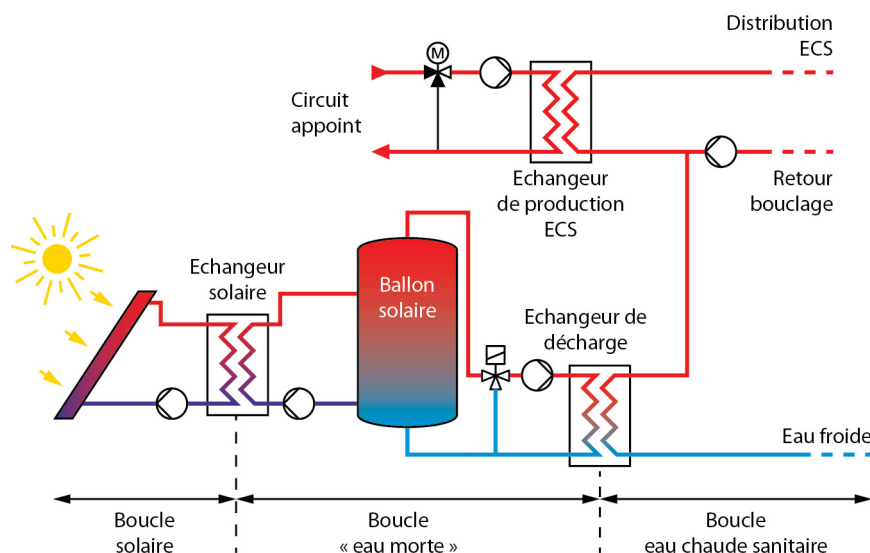
On donne (Figure 4), un schéma de principe, avec échangeur de séparation extérieur, présentant les différents éléments composant une installation de type « eau technique ».

Commentaire

La boucle « d'eau technique » peut également comporter un stockage en eau technique avec un échangeur de séparation intégré en bain marie dans le stockage (échangeur en tube inox par exemple) dans lequel passe l'eau chaude sanitaire à préchauffer. Ces installations doivent se conformer aux préconisations du constructeur.

Les règles techniques traitant de la boucle solaire d'une installation en « eau technique » sont similaires à celles d'une installation de chauffe-eau solaire collectif centralisé. Le concepteur doit néanmoins considérer les spécificités liées à l'existence de la boucle en « eau technique ».

Afin d'éviter au maximum le risque de développement des légionelles notamment dans des bâtiments à risques, il est préférable de privilégier une production d'eau chaude sanitaire instantanée par échangeur à plaques (sans stockage ou avec stockage sur le circuit primaire de l'appoint).



▲ Figure 4 : Schéma de principe d'une installation en « eau technique » avec échangeur de séparation extérieur à plaques

4.8. • Prévention des risques liés à l'eau chaude sanitaire

L'arrêté du 30 novembre 2005 a modifié l'article 36 de l'arrêté du 23 juin 1978 afin de prévenir les risques liés aux légionelles et les risques liés aux brûlures dans les installations fixes destinées à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou locaux recevant du public.

4.8.1. • La protection contre le risque de pollution par retour d'eau

Les installations ne doivent pas être susceptibles d'engendrer une contamination des eaux potables à l'occasion de phénomènes de retour d'eau, comme stipulé dans le Code de la Santé Publique et le Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT). Ainsi, l'alimentation en eau des appareils de production d'ECS et de traitement d'eau doivent être protégées contre tout retour, comme le précise le RSDT. Le RSDT indique également que les canalisations de rejet de ces appareils doivent comporter une rupture de charge par mise à l'air libre.

Les règles générales permettant de déterminer les ensembles de protection à installer contre la pollution par retour d'eau sont spécifiées dans les normes NF DTU 60.1 P1-1-1 et NF EN 1717. Des tableaux indiquant les ensembles de protection à prévoir, dans les cas les plus courants, figurent, par ailleurs, dans le guide technique de conception des réseaux d'eau édité sous l'égide du Ministère de la Santé.

De nombreux ensembles de protection EA sont à prévoir sur l'installation : après le compteur général, à l'entrée des appartements, sur l'alimentation en eau du réseau de chauffage en plus du disconnecteur... Un ensemble EA ne correspond pas uniquement à un clapet de non-retour contrôlable mais inclut également une vanne en amont pour permettre son contrôle.

4.8.2. • La protection contre le risque de pollution par le fluide caloporteur

Des précautions doivent être également prises pour limiter les risques de contamination dans le cas d'une perforation d'un échangeur produisant de l'ECS, conformément au Règlement Sanitaire Départemental Type (article 16.9). L'instruction technique pour la réalisation et l'installation des dispositifs de traitement thermique de l'eau potable de décembre 1982 précise les règles à respecter.

Dans le cas d'une production d'ECS assurée par un échangeur à simple paroi entre le liquide caloporteur et l'ECS, le liquide caloporteur et ses additifs doivent être autorisés. Si le fluide caloporteur et ses additifs ne sont pas autorisés pour cet usage, deux échangeurs ou un échangeur double paroi sont alors nécessaires.

Les avis favorables sur les produits émis par l'ANSES sont disponibles sur le site Internet www.anses.fr.

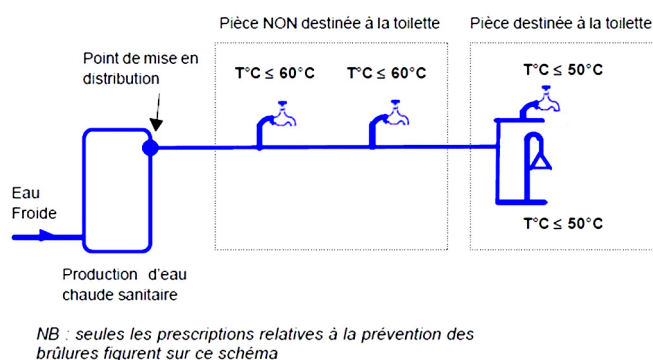
4.8.3. • Prévenir les risques de brûlure

Les installations de production d'eau chaude sanitaire réalisées après novembre 2005 doivent respecter l'arrêté du 30 novembre 2005 (modifiant l'article 36 de l'arrêté du 23 juin 1978).

Ce dernier impose une température maximale aux points de puisage :

- de 50°C dans les pièces destinées à la toilette ;
- de 60°C dans les autres pièces ;
- dans les cuisines et buanderies des ERP, l'eau pourra être distribuée à 90°C maximum en certains points faisant l'objet d'une signalisation particulière.

La (Figure 5) illustre les différents niveaux de températures imposés l'arrêt du 30 novembre 2005 et par la circulaire interministérielle DGS du 3 avril 2007.



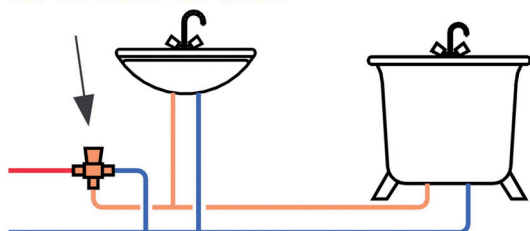
▲ Figure 5 : Prescriptions visant à prévenir le risque de brûlure aux points d'usage

La limitation des températures d'ECS aux points de puisage à 50°C maximum dans les pièces destinées à la toilette permet de réduire ce risque de brûlure.

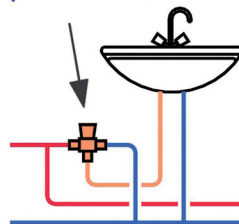
Satisfaire à la fois cette exigence et celles de températures de production et de distribution plus élevées imposées par rapport au risque légionelles (cf. 4.2.2) conduit à abaisser la température au niveau des pièces d'eau. Différentes solutions existent comme le montre la (Figure 6).

Il est préférable de placer les dispositifs de limitation de température les plus près possible des points de puisage de manière à minimiser les canalisations parcourues par de l'eau à des températures inférieures à 50°C.

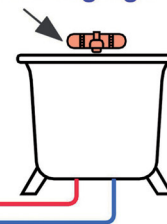
Limiteur de température en aval des points de puisage de la salle de bain



Limiteur de température pour le lavabo



Mitigeur thermostatique bain/douche avec butée de réglage



▲ Figure 6 : Exemples de dispositifs permettant de limiter les températures dans les salles de bains

Commentaire

Les limiteurs de température sont dotés tout comme les mitigeurs thermostatiques d'une cartouche de régulation. Contrairement aux mitigeurs monocommande avec une butée de réglage qui peuvent aussi être utilisés, ces appareils permettent de maintenir une température constante même si les températures, les pressions et les débits d'eau froide et d'eau chaude varient. Les mitigeurs thermostatiques NF classés C3 disposent d'une limitation de température à 50°C.



Le professionnel doit s'assurer que la température maximale de l'eau chaude sanitaire soit respectée aux points de puisage, quelque soit la configuration de l'installation de production d'eau chaude sanitaire.

4.8.4. • Prévenir les risques liés aux légionelles

Comme indiqué dans le rapport du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France de novembre 2001 et repris dans plusieurs circulaires de la Direction Générale de la Santé :

« D'une manière générale, pour limiter le développement des légionelles dans les réseaux d'eau chaude sanitaire, il est nécessaire d'agir à trois niveaux :

- éviter la stagnation et assurer une bonne circulation de l'eau chaude sanitaire ;
- lutter contre l'entartrage et la corrosion par une conception et un entretien adapté à la qualité de l'eau et aux caractéristiques de l'installation ;
- maîtriser la température de l'eau dans les installations, depuis la production et tout au long des circuits de distribution. »

La zone de multiplication active se situe entre 20-25°C et 45°C avec un optimum vers 35°C. Aux températures inférieures à 20°C, il est possible de retrouver des légionelles à l'état de dormance. Aux alentours de 45°C, la multiplication se ralentit. Au-delà de 50°C, leur viabilité est réduite. Les temps nécessaires à la réduction de 90% de la population) sont :

- de plusieurs heures à 50°C ;
- de quelques minutes à 60°C ;
- de quelques secondes à 70°C.

L'arrêté du 30 novembre 2005 a modifié l'article 36 de l'arrêté du 23 juin 1978 afin de prévenir les risques liés aux légionelles dans les installations fixes destinées à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou locaux recevant du public.

On cite un extrait de l'arrêté du 30 novembre 2005 : « Afin de limiter le risque lié au développement des légionelles dans les systèmes

de distribution d'eau chaude sanitaire sur lesquels sont susceptibles d'être raccordés des points de puisage à risque, les exigences suivantes doivent être respectées pendant l'utilisation des systèmes de production et de distribution d'eau chaude sanitaire et dans les 24 heures précédant leur utilisation :

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 doit être supérieure ou égale à 50°C en tout point du système de distribution, à l'exception des tubes finaux d'alimentation des points de puisage. Le volume de ces tubes finaux d'alimentation est le plus faible possible, et dans tous les cas inférieur ou égal à 3 litres. Le tableau (Figure 7) indique les longueurs à partir desquelles le volume de 3 litres est atteint, pour différentes canalisations en cuivre et en polyéthylène. Le NF DTU 60.11 P1-2 impose, par ailleurs, dans le cas d'un bouclage que les antennes ne dépassent pas 8 mètres ;

- lorsque le volume total des équipements de stockage est supérieur ou égal à 400 litres, l'eau contenue dans les équipements de stockage, à l'exclusion des ballons de préchauffage, doit :
 - être en permanence à une température supérieure ou égale à 55°C à la sortie des équipements ;
 - ou être portée à une température suffisante au moins une fois par 24 heures. Les durées minimales d'élévation quotidienne de la température à respecter sont données dans le tableau (Figure 8). »

Matériau	Diamètre extérieur/ épaisseur en (mm)	Diamètre intérieur en (mm)	Contenance en litres d'eau par mètre	Longueurs de cana- lisations en mètre correspondant à un volume de 3 litres
Cuivre	12 x 1	10	0,079 l	38 m
	14 x 1	12	0,113 l	27m
	15 x 1	13	0,133 l	23 m
	16 x 1	14	0,154 l	19 m
	18 x 1	16	0,201 l	15 m
	22 x 1	20	0,314 l	10 m
PER	12 x 1.1	9,8	0,075 l	40 m
	16 x 1.5	13	0,133 l	23 m
	20 x 1.9	16,2	0,206 l	15 m
	25 x 2.3	20,4	0,327 l	9 m

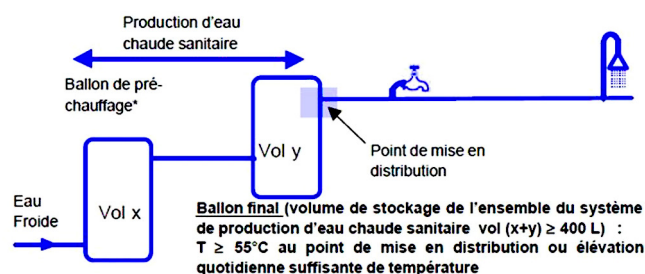
▲ Figure 7 : Longueurs de canalisations correspondant à un volume de 3 litres

Temps minimum de maintien de la température	Température de l'eau (°C)
2 minutes	Supérieure ou égale à : 70°C
4 minutes	65°C
60 minutes	60°C

▲ Figure 8 : Durée minimale d'élévation quotidienne de la température de l'eau dans les équipements de stockage, à l'exclusion des ballons de préchauffage

Quand l'installation ne comporte qu'un seul ballon avec appoint intégré, si le volume total du ballon est supérieur ou égal à 400 litres, la température doit être supérieure ou égale à 55°C à la sortie du ballon.

Comme illustré en (Figure 9), lorsqu'il y a deux ballons, le volume à prendre en compte est le volume global. La température supérieure à 55°C est à considérer à la sortie du ballon d'appoint.



NB : seules les prescriptions relatives à la prévention des légionelles dans les dispositifs de stockage figurent sur ce schéma

▲ Figure 9 : Ballons de stockage avec maintien de température dans le ballon le plus en aval

Mise en œuvre des capteurs solaires

5



5.1. • Documentation techniques sur les capteurs

Conformément à la norme NF EN 12975-1, les capteurs solaires doivent être accompagnés d'une notice d'instructions à destination du professionnel, en français.

Commentaire

Lorsque les capteurs solaires ne sont pas commercialisés sous forme de composants indépendants, 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 solaire.

La notice intègre :

- les dimensions et le poids du capteur ;
- les instructions relatives au transport et à la manutention du capteur ;
- le mode opératoire de montage des capteurs ;
- les spécifications en matière de protection contre la foudre ;
- les spécificités 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, le positionnement de la sonde et le sens d'écoulement du liquide ;
- les informations relatives aux liquides caloporteurs pouvant être utilisés 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 des capteurs ;
- les charges admissibles de vent et de neige ;
- les exigences concernant l'entretien et la maintenance des capteurs ;
- les fiches de sécurité(FDS) des substances employées telles que pâte thermique, fluide caloporteur ou graisse de raccords.

Si le capteur solaire est commercialisé sous forme de composant et vendu directement au maître d'ouvrage, 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 maître d'ouvrage, dans la langue nationale du pays dans lequel il est commercialisé.

Dans le cas d'une installation en intégration ou en incorporation, les capteurs doivent s'accompagner d'un avis technique délivré par le CSTB. Celui-ci reprend les données de la notice et précise les conditions d'installation des capteurs, leurs modalités et leurs limites.

Si le poids du capteur à vide est supérieur à 60 kg, 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).

5.2. • Sécurité des personnes

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 ;
- des conditions climatiques perturbantes ou potentiellement dangereuses (vent, pluie, orage avec risque de foudre).



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.

5.2.1. • Coordination Sécurité Protection Santé

Avant tout démarrage d'un chantier, notamment lors de la présence de plusieurs entreprises, le maître d'ouvrage aura désigné un Coordinateur Sécurité Protection Santé (CSPS), qui est la personne référent pour la sécurité sur le chantier. La coordination de la sécurité et de la protection de la santé relève du Code du travail (articles R. 4532-1 à R. 4532-76). Elle s'applique à tout chantier clos et indépendant de bâtiment ou de génie civil où interviennent plusieurs entreprises ou travailleurs indépendants, y compris sous-traitants.

Celui-ci aura demandé à chaque entreprise la fourniture d'un Plan de Particulier de Sécurité Protection Santé (PPSPS), écrit un Plan Général de Coordination Sécurité Protection Santé (PGCSPS) et réalisé une visite préalable d'inspection commune du chantier avec chaque entreprise (titulaire de lot ou sous-traitante) intervenant sur le chantier.

Dans le cas où le maître d'ouvrage n'aurait pas mandaté de CSPS, il est du devoir de l'entrepreneur de fournir les moyens à ses employés de travailler dans des conditions garantissant leur sécurité et conformes au code du travail et aux réglementations en vigueur.

5.2.2. • Risques de chute

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.



Chaque salarié doit être formé au port des Equipements de Protection Individuels (EPI) si celui-ci venait à en faire usage.



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

5.2.3. • 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).

Dans le circuit de captation et de distribution, le liquide caloporteur peut monter également en température. Le technicien doit avoir les moyens de se protéger des risques de brûlures et en faire usage, dès que cela est nécessaire.



5.3. • Préparation et organisation du chantier

Hormis les obligations de prévention des risques, avant tout chantier, l'installateur devra produire ou faire produire un dossier avant travaux (DAT) contenant les plans d'exécution de l'installation, les fiches techniques des matériels employés, et les notes de calcul de manière à justifier l'emploi de ces derniers.

Le jeu de plan minimal nécessaire à la réalisation du chantier :

- un plan d'implantation des capteurs et des équipements en toiture ;
- un plan de passage des réseaux ;
- un schéma hydraulique ;
- un schéma électrique de la régulation et de la supervision ;
- des plans de détails, selon les nécessités du chantier.

Ces plans sont accompagnés par des notes de calcul :

- note de calcul d'arrachement (pour les capteurs installés indépendants sur supports) ;
- note de calcul de débits et de dimensionnement des réseaux ;
- note de calcul de dimensionnement des éléments du circuit : pompe, réservoir d'autovidange (si installation autovidangeable), vase d'expansion (si installation avec capteurs remplis en permanence), dimensionnement des équipements de sécurité ;
- toute autre note de calcul nécessaire à la bonne préparation du chantier.

L'installateur doit faire viser le dossier avant travaux par le maître d'ouvrage ou son représentant, le maître d'œuvre responsable du lot solaire.

5.4. • Choix de l'implantation des capteurs

Le choix de l'implantation des capteurs se fait conformément aux Recommandations professionnelles « Production d'eau chaude sanitaire collective centralisée solaire – Conception et dimensionnement ».

Il est nécessaire d'éviter tout ombrage sur la surface de capteurs, et d'orienter ceux-ci de la manière la plus optimale possible. L'inclinaison peut être déterminée par plusieurs facteurs, notamment par la pente de la toiture dans le cas d'une toiture inclinée ou encore par la consommation estivale et hivernale.

L'opération de pose doit permettre la mise en place de capteurs solaires thermiques, ainsi que les équipements associés, dans le respect des normes en vigueur. Lors de la pose, les fonctions de tenue mécanique, conservation ou réalisation de l'étanchéité, et possibilité d'une maintenance future doivent être remplies.

Pour les toitures inclinées, les matériaux utilisés doivent être compatibles avec ceux de la charpente.

5.5. • Ecran 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 de sous-toiture jusqu'à la gouttière ou l'égout ;
- ou un dispositif assurant l'étanchéité sous le capteur qui permet alors de rejeter les eaux de condensations sur le plan d'étanchéité de la couverture.

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.

Il doit être sous « Homologation couverture » du CSTB avec un classement E1 ou sous Avis Technique avec un classement W1 selon la norme EN 13859-1 ou bénéficier d'une autre évaluation équivalente par tierce partie.

En cas d'absence de ventilation en sous face de l'écran de sous-toiture (cas d'une pose sur voligeage), ce dernier doit également être Hautement Perméable à la Vapeur (HPV) ou S_{d1} selon « Homologation couverture » du CSTB.

Si les éléments de couverture existants sont conservés, ceux-ci reposent sur les liteaux posés directement sur les chevrons. En revanche, les capteurs solaires reposent sur de nouveaux liteaux posés sur contrelattes. L'ajout de l'écran de sous-toiture uniquement sous les capteurs solaires conduit à un décalage, vers le haut, du plan des liteaux supportant les capteurs comparativement aux liteaux situés sous les éléments de couverture environnants. Les plans d'étanchéité à des hauteurs différentes peuvent être difficiles à gérer avec les abergements périphériques (risques de fuite plus importants).

L'écran de sous-toiture doit descendre jusqu'à l'égout. Les préconisations du cahier du CSTB n°3651-V2-P2 doivent être respectées et notamment les règles suivantes :

- recouvrement minimal entre lés de 20 cm (pour des pentes supérieures à 30%) ou 10 cm (pour des pentes inférieures à 30%) ;
- écran de sous-toiture non apparent dans la gouttière pour ne pas l'exposer de façon prolongée aux ultra-violets ;
- ventilation de la face supérieure de l'écran de sous-toiture selon les DTU des séries 40.1 et 40.2 ;
- ventilation de la face inférieure si l'écran de sous-toiture n'est pas classé S_{d1}.

En parties haute et latérales, l'écran de sous-toiture doit être installé au-delà de la stricte surface des capteurs solaires et être présent sous les abergements.



L'écran de sous toiture doit déborder largement la périphérie du champ de capteurs, particulièrement aux angles.

Commentaire

Dans le cas d'une toiture disposant d'un écran de sous-toiture existant, il convient de vérifier sa qualité dès le pré-diagnostic de l'installation existante. Le professionnel doit assurer son devoir de conseil et informer son client de son diagnostic.

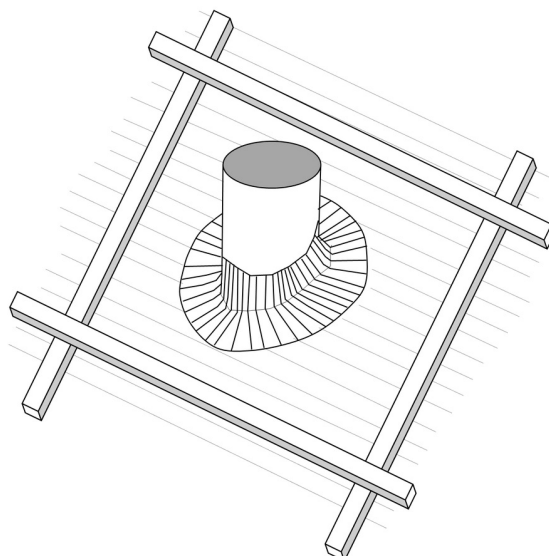
Dès lors qu'il existe un écran de sous toiture souple, toutes précautions doivent être mises en œuvre pour éviter des déformations, des détériorations, des déchirures.

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 10) donne un exemple de réservation pour les conduites de liaison avec un raccord de type bande adhésive.



▲ Figure 10 : Réservation (fourreau) pour les conduites de liaison (raccord avec bande adhésive)

Commentaire

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.

5.6. • Pose de capteurs solaires en incorporation et semi-incorporation sur toiture inclinée en petits éléments (tuiles, ardoises...)

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 par référence au présent document ;
- la nécessité ou non d'un écran sous toiture ou d'un pare-vapeur.

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.

De plus, au delà d'une longueur de batterie supérieure à 40 m, il est nécessaire de séparer le champ de capteurs en plusieurs et prévoir une ou plusieurs circulations intermédiaires de largeur 90 cm, pour les mêmes raisons que mentionnées ci-dessus. Sont malgré tout privilégiées des batteries de taille moyenne ne dépassant pas l'emploi de 10 capteurs.

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 seront dimensionnées pour admettre un débit maximal de précipitations de 3l/min.m².

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.

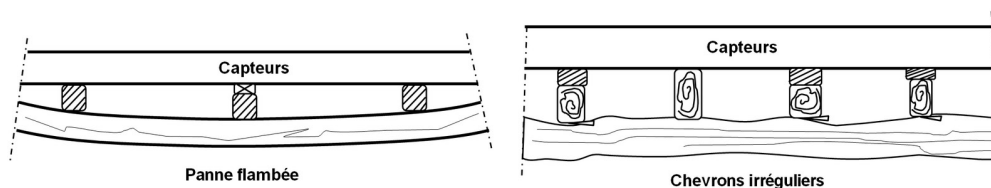
Commentaire

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 de l'eau entre les éléments de couverture et les capteurs solaires.

5.6.1. • Planéité du support recevant les capteurs

Il est indispensable de vérifier la planéité du support sur lequel sont posés les capteurs. La présence de chevrons irréguliers ou du flambage (Figure 11) d'un élément porteur, nécessite un calage à l'aide de matériaux compatibles avec ceux existants sur la charpente. Même

lorsque des éléments de charpente représentent des points hauts, leur section ne doit jamais être diminuée.



▲ Figure 11 : Calage permettant de retrouver la planéité de la couverture

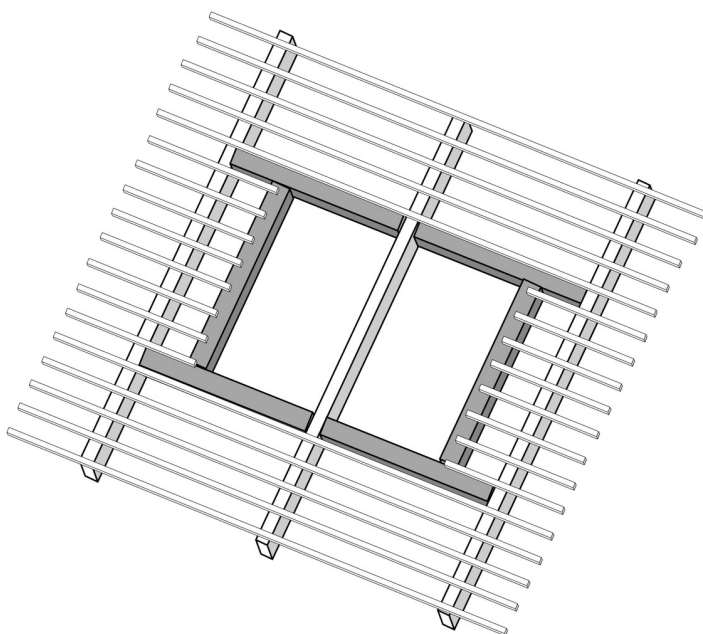
Dans le neuf, les pièces de charpente sont dimensionnées pour recevoir les éléments en couverture sans subir de déformation. Généralement, aucun calage n'est nécessaire mais la bonne planéité du support sur lequel sont posés les capteurs doit être vérifiée.

La fixation des capteurs doit être effectuée dans les éléments porteurs de la charpente.

Lorsque l'emplacement des chevrons ne correspond pas à l'entraxe de ces fixations, il est nécessaire, comme vu en (Figure 12), de réaliser un chevêtre pour assurer une bonne assise aux capteurs et aux éléments d'étanchéité. Les sections des pièces utilisées pour la création des chevêtres doivent correspondre à celles existantes.



La réalisation d'un chevêtre et le renforcement de la structure porteuse nécessitent les compétences d'un charpentier et le respect de règles professionnelles. Dans le neuf, la bonne conception de la charpente permet généralement d'éviter la création d'un chevêtre.



▲ Figure 12 : Réalisation d'un chevêtre pour la pose des capteurs solaires

5.6.2. • 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), en cohérence avec les Eurocodes.

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

Pour un dispositif de fixation, les éléments sont solidaires de la charpente, l'ensemble (capteurs et pattes) supporte les déformations. Pour un dispositif de maintien, les éléments sont libres, une dilation 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.

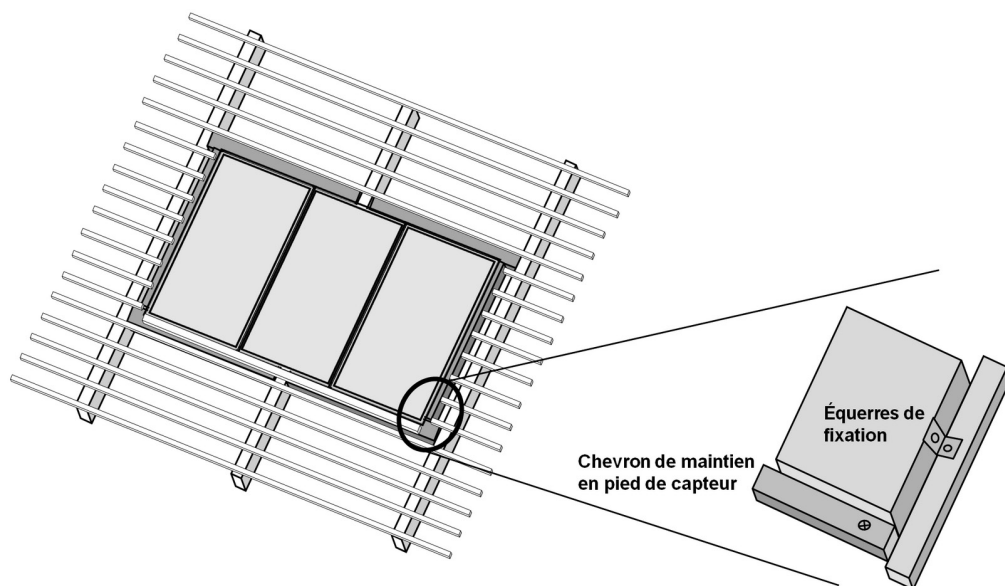
Les capteurs en incorporation

Le professionnel doit se conformer aux spécifications de l'Avis Technique du capteur solaire et aux prescriptions de mise en œuvre du fabricant.

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 13), 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.

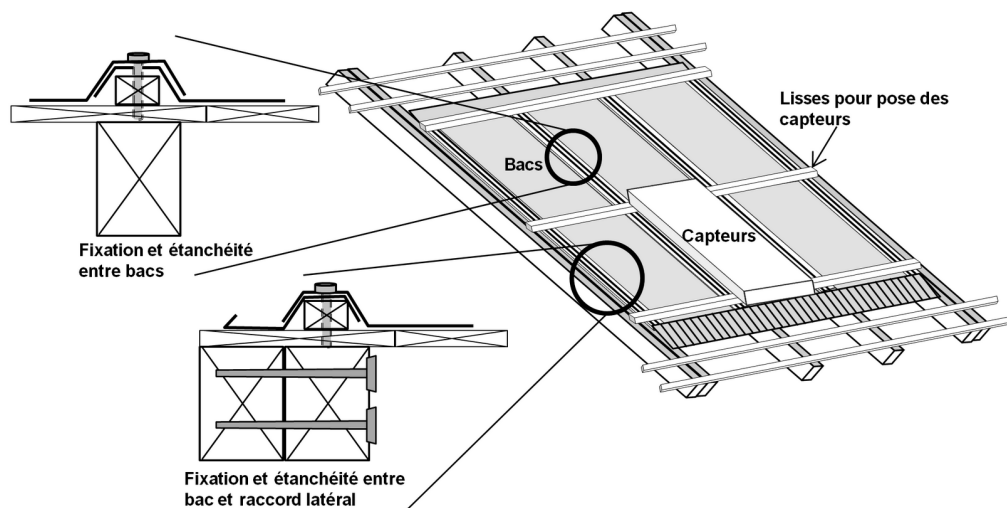


▲ Figure 13 : Capteur incorporé posé sur un chevêtre

Les capteurs en semi-incorporation

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



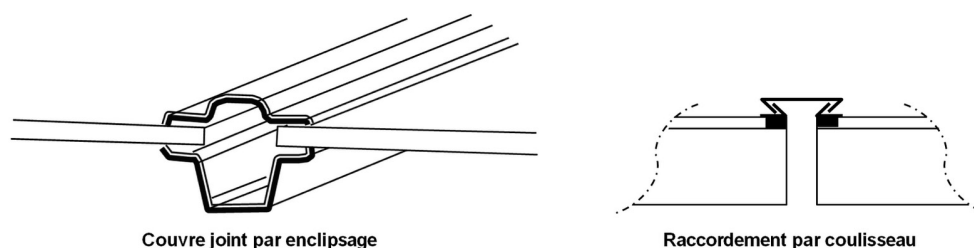
▲ Figure 14 : Capteur semi-incorporé avec bac d'étanchéité

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.

5.6.3. • 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 15) différentes solutions pour le raccordement entre capteurs.



▲ Figure 15 : Exemples de raccordements entre capteurs solaires

5.6.4. • 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 maîtrise de ces règles est indispensable.

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

Commentaire

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

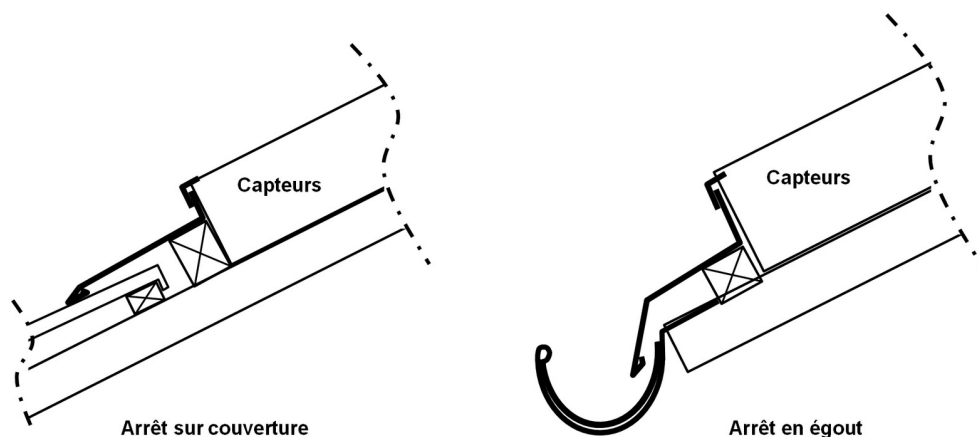
Le raccordement en pied de capteur solaire

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 16) illustre deux exemples de raccordement en pied de capteur, avec arrêt sur la couverture et arrêt en égout.



▲ Figure 16 : Exemples de raccords en pied de capteurs solaires



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 » : $Su = Lu \times Pu$.

La (Figure 17) donne les valeurs des sections utiles minimales. Elles sont établies d'après les dispositions de la norme NF P 40-201 (Référence DTU 60.11) 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 (m ²)	Section utile S _u minimale (cm ²)		
	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

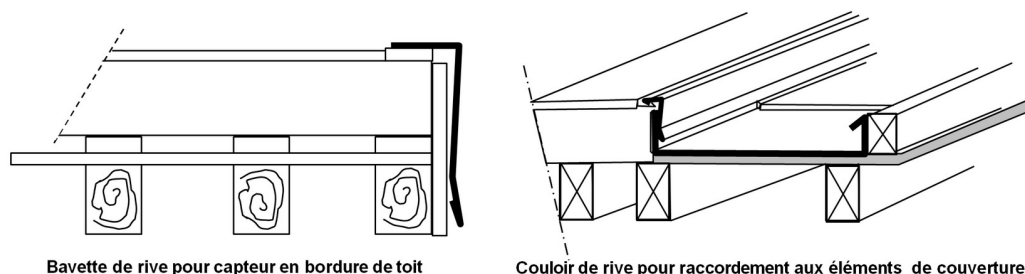
▲ Figure 17 : Sections utiles minimales en fonction de la surface de toiture collectée

Le raccordement latéral

Le raccordement latéral se traite comme une pénétration continue conformément aux DTU de la série 40. La (Figure 18) 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 18 : Exemples de raccordement latéral

Le raccordement en tête de capteur

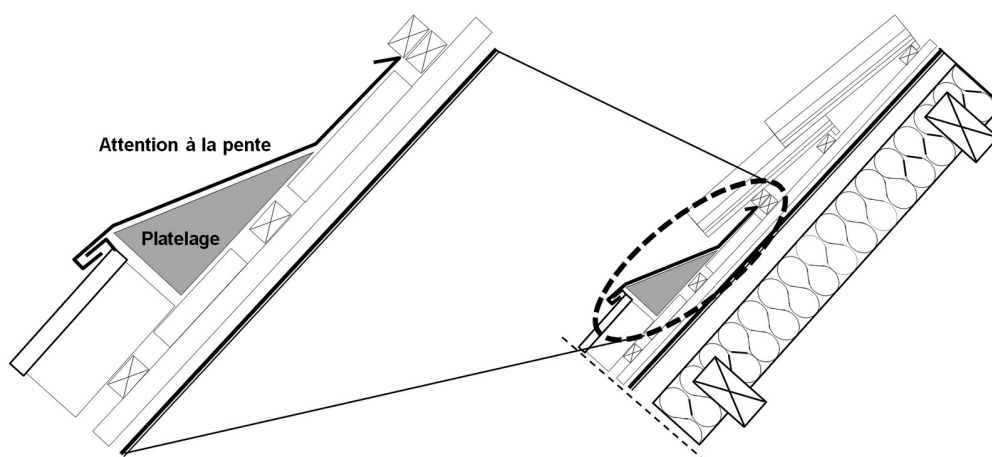
Le raccordement peut être traité par :

- une bavette supérieure fixée au capteur et renvoyant les eaux d'écoulement sur le plan du capteur (Figure 19) ;
- une bavette supérieure fixée au capteur et rejetant les eaux d'écoulement sur les abergements latéraux (Figure 20) ;

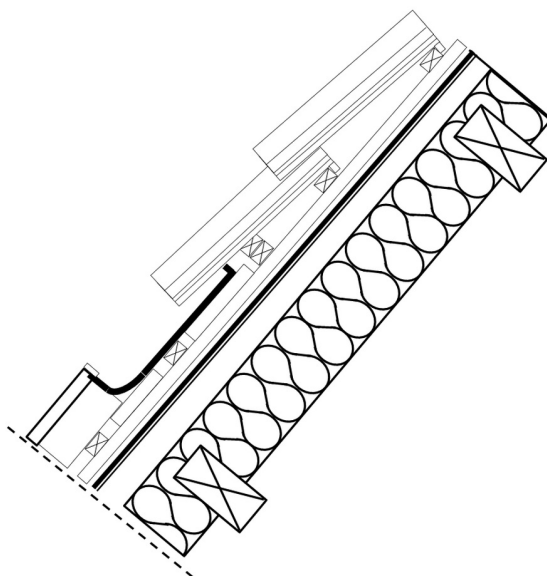
Le recouvrement des éléments de couverture sur la bavette doit être conforme aux prescriptions des DTU de la série 40. Les Figures et illustrent deux exemples de raccordement en tête du capteur, avec un écoulement des eaux de pluie sur le capteur ou sur les couloirs latéraux.

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

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



▲ Figure 19 : Exemple de raccordement en tête de capteur avec écoulement des eaux sur le capteur solaire. La pente doit toujours être positive.



▲ **Figure 20** : Exemple de raccordement en tête de capteur avec écoulement des eaux par les couloirs latéraux

Commentaire

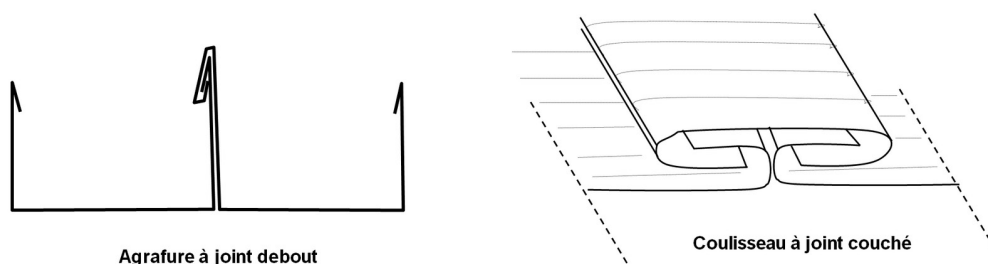
Dans le cas de raccordement avec écoulement des eaux par les couloirs latéraux, prendre en considération la surface de toiture supérieure afin de déterminer les sections nécessaires à cet écoulement et la hauteur de raccordement au capteur.

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



▲ Figure 21 : Exemples de raccordement d'étanchéité

Commentaire

La libre dilatation transversale est assurée par le biais de jonction par coulisseau à agrafure avec 2 mm d'espacement minimum. Le maintien transversal est assuré par l'utilisation de pattes à feuille clouées avec 2 mm de jeu minimum.

5.6.5. • 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.

5.7. • Pose de capteurs solaires sur support indépendant

5.7.1. • Pose sur toiture inclinée

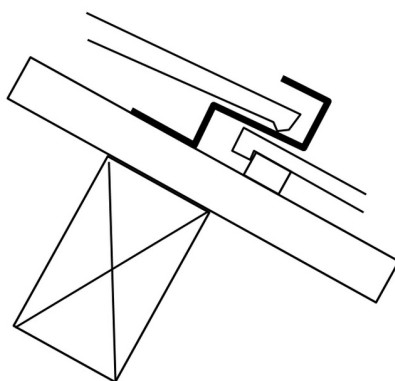
Les supports des capteurs doivent être fixés soit directement sur les chevrons ou pannes de la charpente, soit sur des chevêtres réalisés et mis en place à cet effet.

La (Figure 22) illustre un exemple de crochet de fixation adapté aux tuiles plates.

En cas de pose sur toiture avec tuiles canal sans talon, s'assurer de l'accessibilité en cas de glissement de tuiles.

Commentaire

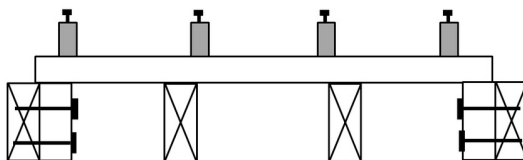
Les liteaux, voliges ou écrans rigides en panneau à base de bois ne sont pas prévus pour servir de support au point de fixation des capteurs.



▲ Figure 22 : Exemples de crochet de fixation pour tuiles plates (vue de 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 existante impose de s'assurer que la résistance mécanique soit suffisante pour supporter les efforts créés par la surcharge.

La (Figure 23) illustre un exemple pour le renforcement du support avec doublement des chevrons.



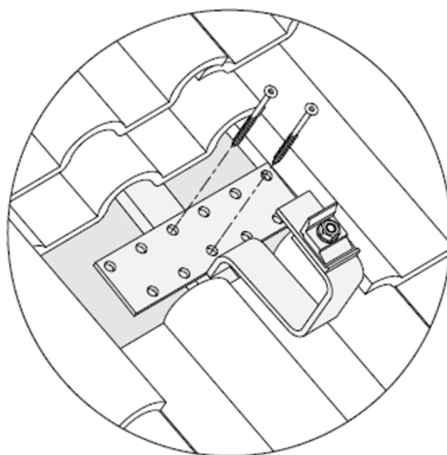
▲ Figure 23 : Doublement des chevrons pour un renforcement du support des crochets de fixation (vue de face)

Commentaire

On se reporte 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 24).



▲ Figure 24 : 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 (DTU de la série 40). 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 et 3356 du CSTB).

5.7.2. • Pose sur 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 réparation 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. Pour le calcul de cette distance, se conformer aux Recommandations professionnelles « Production d'eau chaude sanitaire collective centralisée solaire – Conception et dimensionnement ».

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).

La pose de capteurs solaires en toiture terrasse implique de refaire le revêtement d'étanchéité existant. 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

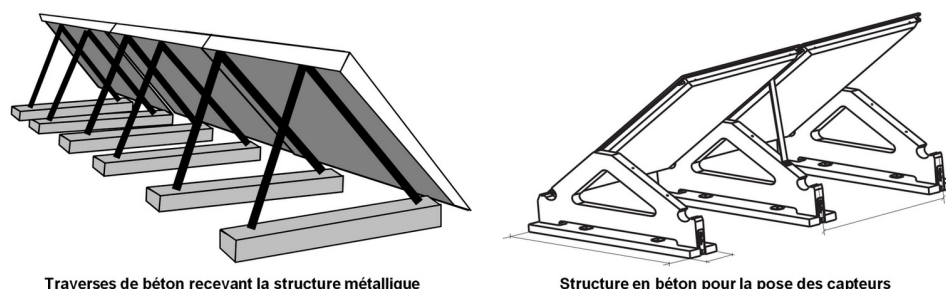
Pour réaliser l'étanchéité d'une toiture-terrasse, un revêtement étanche doit être posé sur toute sa surface, de manière continue et sans aucune aspérité.

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 DTU 43.5 en travaux de réparation, 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 règles NV 65 et les règles N 84.

Il est rappelé également que la destination en toiture technique implique la prise en compte d'une charge d'entretien majorée (150 daN/m^2), selon la norme NF P 06-001.

La (Figure 25) 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 25 : Exemples de lestage de capteurs solaires

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 :

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

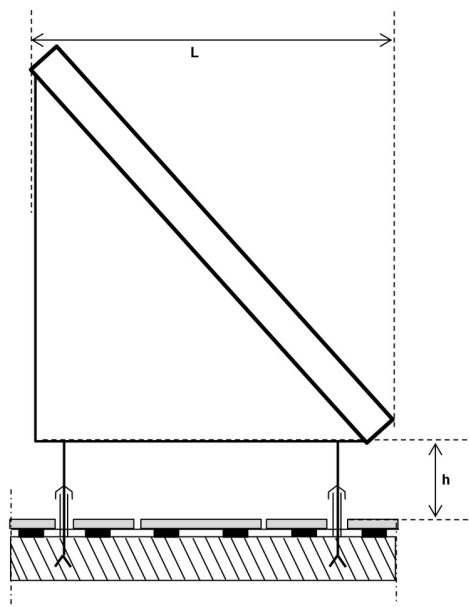
L'étanchéité du dessus des potelets est assurée par l'installateur de l'équipement rapporté.

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 26) illustre la hauteur h et la longueur L à considérer.

- si $L \leq 1,20 \text{ m}$: $h \geq 0,40 \text{ m}$;
- si $L > 1,20 \text{ m}$: $h \geq 0,80 \text{ m}$.



▲ Figure 26 : Hauteur minimale h et longueur d'encombrement horizontal L

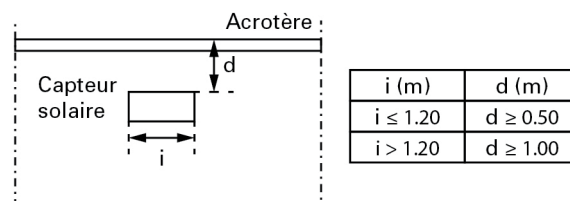


Si l'ensemble capteur-support peut être démonté lors de la réfection de l'étanchéité, cette hauteur peut être ramenée à 0,30 m.

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 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 27).



▲ Figure 27 : Implantation de l'équipement

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.

5.7.3. • Pénétrations

Notamment dans le neuf, 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.

Dans le neuf, 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.

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 entraîner un problème de purge.

Pose sur support indépendant sur couverture inclinée 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 existante n'est pas admise pour ne pas perturber la ventilation en sous-face de la couverture.

Mise en œuvre de la boucle de transfert solaire

6



6.1. • Critères généraux de choix des matériaux

Les critères généraux de choix des matériels utilisés pour l'exécution d'installations solaires pour la production d'eau chaude sanitaire sont fixés dans les Recommandations professionnelles « Production d'eau chaude sanitaire collective centralisée solaire – Conception et dimensionnement ».

En rénovation, la compatibilité avec les matériaux déjà présents sur site et susceptibles d'être conservés doit être observée scrupuleusement.



Les critères généraux de choix des matériaux doivent être conformes aux prescriptions de la NF DTU 65.12 P1-2.

6.2. • Le raccordement hydraulique des capteurs

Les capteurs solaires sont raccordés conformément aux instructions de montage relatives au raccordement des capteurs les uns aux autres et au raccordement des capteurs à la boucle de transfert solaire.

Commentaire

Les instructions relatives au raccordement hydraulique du champ de capteurs solaires figurent dans la notice d'installation des capteurs, conformément à la norme NF EN 12975-1.



Un champ doit être constitué de capteurs de même marque et de même type. Les capteurs doivent également présenter des caractéristiques physiques identiques notamment d'un point de vue pertes de charge. Les capteurs d'une même batterie sont tous posés en paysage ou en portrait.

Si l'installation solaire présente une faible surface de capteurs solaires, ces derniers peuvent être raccordés en série ou en parallèle.

En série, la dilatation et les pertes de charges limitent le nombre de capteurs à raccorder (se conformer aux prescriptions du fabricant) et implique la présence de nombreux points hauts (purge délicate).

En parallèle, le nombre de capteurs à raccorder est limité (se conformer aux prescriptions du fabricant). La purge est facilitée mais l'équilibrage des débits dans chaque capteur peut être délicat à assurer. Les pertes de charge des collecteurs doivent être plus faibles que celles des capteurs et donc le diamètre interne des collecteurs plus important que celui des tubes dans le capteur (rapport de 1,6 à 3,3).

Pour des installations présentant une surface de capteurs plus importante, ces derniers sont de préférence raccordés en série/parallèle (batteries avec capteurs montés en série et raccordées en parallèle).

Les avis techniques et la documentation technique du capteur indiquent les configurations hydrauliques autorisées. Il est précisé :

- le nombre de capteurs maximum pouvant être raccordés en série, en une seule batterie ;
- les spécificités de raccordement associées (possibilité de raccordement en épingle ou croisé).

Les batteries de plus de 6 ou 8 capteurs sont généralement à éviter, sauf si les préconisations du fabricant le permettent.

Le nombre de capteurs raccordé en série par batteries doit être, dans la mesure du possible, le même. Les capteurs d'une même batterie sont tous posés en paysage ou en portrait.



Le nombre maximum de capteurs dans un même champ avec raccordement en série est limité. Le professionnel doit se conformer aux instructions du fabricant.

6.3. • Raccords

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.

Commentaire

Les matériaux tels que l'acier inoxydable et le cuivre sont couramment utilisés pour les raccords. Les joints d'étanchéité seront préférentiellement en PTFE (téflon). Les joints à base de nitrile nécessitent d'être constamment irrigués, ce qui ne serait pas compatible avec une maintenance longue, et exclue de fait les installations autovidangeables. De plus, leur tenue à une température de stagnation élevée est moindre.

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

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.

On recense au moins cinq types de raccords (entre capteurs et aux liaisons du circuit hydraulique) :

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

L'utilisation de joints plats devra être accompagnée d'une vigilance particulière sur la maintenance et l'entretien de l'installation.

Le professionnel est responsable de la mise en œuvre des raccordements. Les différentes solutions techniques sont 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).

Raccord 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.



Pour des raccords à joint plat, le fabricant doit garantir une résistante suffisante au glycol, à la pression et à la température.

Ce type de joint est à proscrire pour la mise en œuvre d'installations autovidangeables en raison de sa dégradation rapide en cas de non irrigation.

Raccord 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 capillarité du liquide caloporteur.

Raccord fileté à bague de serrage (bi-cônes)

De nombreux avantages pour ce type de raccord : rapidité d'exécution, 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.

Raccord 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 une tenue aux hautes températures des capteurs. Leur assemblage ne nécessite aucun serrage et un minimum d'outillage.

Raccord par brasure

Ce type de raccordement s'accorde bien lorsque les jonctions sont difficilement visitables (capteur incorporé, tuyauteries en sous-face des éléments de couverture).

La réalisation de ces soudures implique des précautions par rapport au risque d'inflammabilité (bois de charpente, isolation, calorifuge des tuyauteries, éléments des capteurs). Il est nécessaire de s'assurer auprès du constructeur que la brasure sur les capteurs est bien autorisée.

Commentaire

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 solaire au moment du serrage.

6.4. • Dispositif d'équilibrage

L'équilibrage hydraulique d'une installation a pour objectif d'alimenter chaque capteur à son débit nominal (conforme aux prescriptions du fabricant). L'équilibrage hydraulique consiste à mettre en place des organes de réglage pour équilibrer les pertes de charge des circuits et ainsi répartir les débits.

Pour assurer un équilibrage correct du champ de capteurs, le raccordement selon le principe dit « de Tichelmann » doit être évité. L'utilisation de vannes d'équilibrage de débit doit être préférée.

Commentaire

Si les batteries de capteurs raccordées en parallèle sont identiques, elles peuvent être reliées hydrauliquement suivant le principe de Tichelmann. Cette mise en œuvre particulière nécessite une très bonne connaissance des longueurs. Les pertes de charges des collecteurs sont très faibles comparativement à celles des batteries de capteurs. Une boucle de Tichelmann ne permet pas une correction de l'équilibrage entre batteries lors des opérations d'entretien et maintenance.

Le professionnel doit vérifier, lors de la mise en œuvre du dispositif d'équilibrage, le choix et l'emplacement des vannes d'équilibrage. Ces dernières doivent être conformes aux prescriptions définies lors de la conception.

Une vanne d'équilibrage générale doit être mise en œuvre sur le départ général qui alimente le champ de capteurs. Elle est de préférence avec indicateur de débit afin de vérifier que le débit circulant dans l'installation est proche du débit calculé. Elle permet notamment :

- de mesurer et de régler le débit nominal pour obtenir le point de fonctionnement du circulateur de la boucle solaire ;
- de faire travailler les vannes d'équilibrage situées sur chaque batterie de capteurs sur une plage d'ouverture optimale et de limiter le risque de les colmater prématurément.

Chaque batterie de capteurs doit être équipée d'une vanne d'équilibrage permettant de régler et répartir avec précision le débit imposé dans chacune d'elles.

Dans le cas d'une installation avec capteurs remplis en permanence, la vanne doit être prévue en aval de la batterie, de manière à créer une surpression locale, favorisant la purge. Dans ce cas, elle doit résister aux hautes températures et son volant retiré.



Le débit alimentant les capteurs est généralement fixé à 50 l/m² de capteurs, mais peut varier entre 15 l/m² (low-flow, la performance du capteur à bas débit devant être caractérisée) et 70 l/m². Le débit alimentant les ballons de stockage est dépendant du coefficient d'échange et des préconisations des fabricants. Pour adapter ces deux débits, un bipasse peut être installé entre l'aller et le retour capteurs. Ce dernier est équipé d'une vanne d'équilibrage.

Si un échangeur externe est mis en place, il fonctionne avec un équi-débit calorifique entre le primaire et le secondaire. Une vanne d'équilibrage, de préférence avec mesure du débit, est nécessaire côté secondaire, entre l'échangeur et les ballons de stockage solaires.

Quelques conseils de mise en œuvre des vannes d'équilibrage :

- elles doivent être accessibles pour les opérations d'équilibrage, d'entretien et de maintenance ;
- il est conseillé de bloquer leur réglage (butée) afin d'éviter toute modification par un personnel non spécialisé ;
- elles doivent être montées avec une longueur droite de tuyauterie d'au moins cinq fois leur diamètre en amont et de deux fois leur diamètre en aval (se conformer aux prescriptions du fabricant) ;
- le sens du débit indiqué par le fabricant doit être respecté pour leur pose.

L'utilisation d'un seul modèle de vanne sur une même installation est conseillée.

L'usage de vannes d'équilibrage automatiques doit s'accompagner d'une vérification du débit, par exemple par un débitmètre à ultrasons non intrusif.

6.5. • Les vannes d'isolement



Si l'installation est autovidangeable, les vannes d'isolement équipant les batteries de capteurs sont inutiles. Il est possible d'intervenir sur les capteurs sans vidanger l'installation : pompe arrêtée, le liquide redescend par gravité dans la partie inférieure de l'installation contenant l'ensemble du liquide caloporteur.

Les batteries de capteurs peuvent être équipées de vannes d'isolement. Dans ce cas, chaque portion pouvant être isolée doit être équipée d'une soupape de sécurité appropriée (résistant à des températures élevées d'environ 140°C) de dimensions adéquates et raccordée à un réservoir de récupération. Les vannes d'isolement doivent pouvoir être manœuvrées sans modifier le réglage des débits.

Commentaire

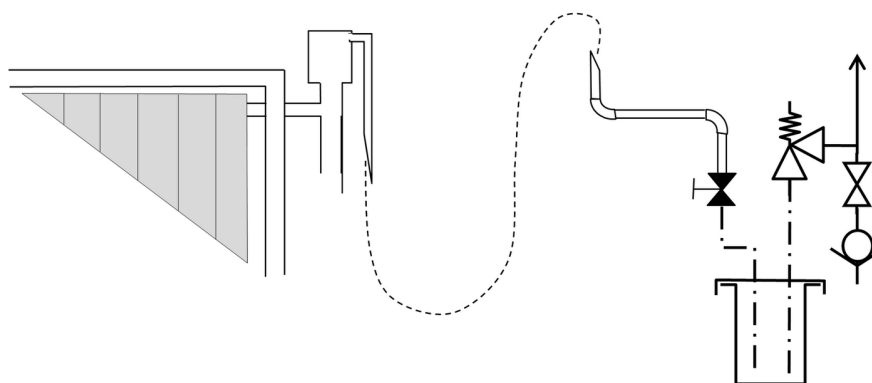
Préconiser des vannes d'isolement pour chaque batterie de capteurs (bien que facilitateur pour certaines actions de maintenance) est complexe et coûteux à mettre en œuvre sur le terrain.

6.6. • Système de purge et dégazage (cas des installations avec capteurs remplis en permanence)

Chaque batterie de capteur et chaque point haut du circuit hydraulique doivent être équipés d'un dispositif de purge adapté à la taille de l'installation.

Les purgeurs doivent être accessibles pour les opérations d'entretien et de maintenance.

Le champ de capteurs est de préférence équipé de purgeurs manuels. Pour simplifier la mise en service et la maintenance, une bouteille de purge est mise en œuvre (par exemple, un tuyau en cuivre diamètre 50 mm). Elle est raccordée à une canalisation de purge (par exemple, un capillaire en cuivre de diamètre 4 mm). Elle est fixée contre le collecteur et placée sous le calorifuge. Elle est ramenée en local technique ou en partie basse des capteurs (50 cm du sol) pour éviter les brûlures. Chaque canalisation de purge est équipée d'une vanne d'arrêt repérée et raccordée au réservoir de récupération, comme illustré (Figure 28).



▲ Figure 28 : Purgeur manuel ramené en local technique et raccordé au réservoir de récupération

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

- une vanne d'isolement résistant aux hautes températures doit être intercalée entre la canalisation et le purgeur, cette vanne doit être maintenue fermée en dehors des opérations de purge de l'installation ;
- ils sont installés verticalement ;
- le diamètre du purgeur doit être d'au moins 1/2".

La vanne de sectionnement est là pour éviter la vidange du circuit primaire par dégazage en cas de montée anormale en température du capteur (plus de 180°C dans le cas de la stagnation).

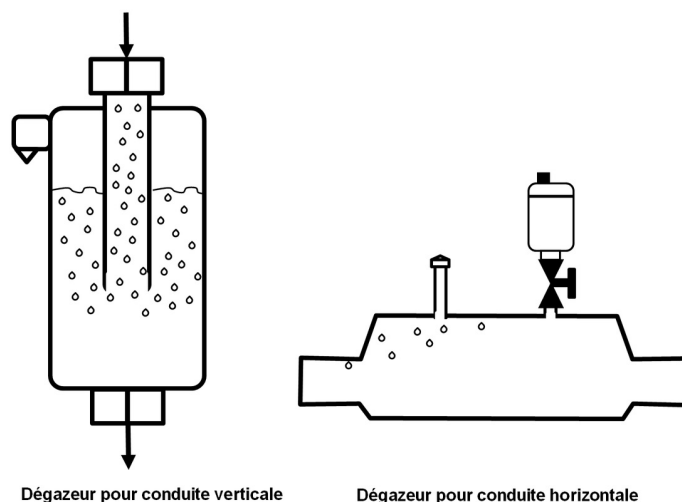
Les purgeurs doivent être équipés d'un boîtier en laiton ou en cuivre. Ils sont préférés de type séparateurs de microbulles. Les purgeurs à flotteur ont tendance, dans le temps, à coller.

Les orifices d'évacuation de vapeur ou de liquide caloporteur des purgeurs doivent être sécurisés (bouchon d'obturation).

Dans tous les cas, 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. Après plusieurs jours de fonctionnement et la purge complète du circuit les vannes d'isolement des purgeurs seront fermées.

En cas d'absence de dégazeur ou de séparateur d'air dans le groupe hydraulique, il est nécessaire d'en équiper les conduites. Il est placé sur le retour général des ballons de stockage vers les capteurs.

La (Figure 29) illustre deux exemples de dégazeurs, pour conduite verticale et horizontale. Afin que ce séparateur d'air fonctionne correctement, il est installé de manière à ce que la purge d'air soit à la verticale, de préférence en amont du circulateur où les microbulles d'air se développent plus facilement, à cause de la vitesse élevée du fluide et de la diminution de la pression.



▲ Figure 29 : Exemples de dégazeurs pour canalisations horizontales et verticales

6.7. • Canalisations

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

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. Un flexible est à prévoir en sortie de chaque batterie, de manière à pouvoir permettre la dilatation du collecteur.

Commentaire

Lors d'une augmentation de température de 100°C, un tube de cuivre de 1 m (indépendamment de sa section) s'allonge approximativement de 1,7 mm (soit une dilatation relative de 0,17%). Dans un circuit solaire, les variations de température peuvent atteindre 200°C.

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

Les canalisations, à l'exception de la fonte, traversant les murs et planchers doivent être protégées par des fourreaux.

Il est interdit de placer un assemblage dans la traversée d'un mur, d'une cloison ou d'une paroi inclinée. Néanmoins, les assemblages rigides de type soudé (ou brasé ou soudo-brasé) 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).

Les calorifuges sont conservés lors des traversées de parois, excepté dans le cas de parois ayant une fonction acoustique. Dans ce dernier cas, un résilient est posé entre la canalisation et la paroi et le calfeutrement est réalisé avec le même matériau que celui de la paroi.

Chaque partie encastrée est composée d'un tronçon unique. Aucun raccord ne doit être encastré.

L'utilisation de tube en inox annelé ou cannelé doit prendre en compte les points suivants :

- la pose en partie horizontale et en faible pente doit être évitée ;
- la purge complète est plus délicate à réaliser ;
- les cheminements verticaux doivent être privilégiés ;
- les raccords doivent être en partie accessibles et visitables.

La mise à la terre des conduites (conformément à la NF C 15-100) 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 mm²) doivent être raccordées à la barrette de terre du bâtiment

Les matériaux tels que l'acier inoxydable, le cuivre et le laiton 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.

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).

L'utilisation de raccords vissés doit être limitée à la notion de démontage des accessoires. Aucun raccord vissé ne doit être utilisé en partie non accessible.

Commentaire

L'utilisation de raccords avec joints, qui sont des pièces d'usure, doit être limitée. La brasure ou les raccords mécaniques adaptés à cet usage doivent être privilégiés.

Dans le neuf, les réservations sont prévues dès le gros-œuvre pour le passage des canalisations et des gaines techniques. Il faut :

- limiter le nombre de percements du système d'étanchéité à l'air ;
- prévoir un espacement suffisant autour de chaque gaine pour permettre le calfeutrement.

Commentaire

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

6.8. • Isolation thermique

La mise en œuvre de l'isolation thermique doit être conforme aux prescriptions du NF DTU 45.2 P1-1. L'ensemble des canalisations de la boucle de transfert, intérieures et extérieures, doit être isolé thermiquement.

L'isolation permet le démontage de toutes les parties amovibles. Une marque durable dans le temps (peinture, ruban adhésif...) est apposée sur l'isolant à l'endroit des raccords afin de les visualiser.

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, 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 mais leur capacité de protection durable doit être alors totalement éprouvée par des retours d'expériences avérés.

Commentaire

La protection mécanique de l'isolant doit être effectuée avec le plus grand soin afin d'assurer la durabilité de celui-ci dans le temps et la durée de vie de l'installation (plus de 20 ans). Il est préféré une protection indépendante de l'isolant lui-même et démontrant sa résistance à la fois aux contraintes mécaniques et aux UV.

La mise en œuvre de laine minérale pour les montages extérieurs n'est pas recommandée. Elle est néanmoins possible pour l'isolation des canalisations intérieures en prenant toutes les dispositions nécessaires pour éviter l'absorption d'humidité (eau, vapeur) par l'isolant sur tout son parcours.

6.9. • Protection contre le gel



L'antigel utilisé doit être autorisé pour une utilisation dans les installations de traitement thermique des eaux destinées à la consommation humaine fonctionnant en simple échange. Les avis favorables sur les produits émis par l'ANSES sont disponibles sur le site internet www.anses.fr.

Un type unique de liquide antigel doit être utilisé sur une installation. Le choix du liquide doit être fait en accord avec les prescriptions du fabricant.

L'antigel peut être dosé en usine (glycol dit prêt à l'emploi) ou par le professionnel avant d'être introduit dans l'installation.



Le liquide caloporteur glycolé utilisé est de préférence dosé en usine avant d'être introduit dans l'installation. Aucune erreur dans la proportion de mélange (eau et antigel) et aucun risque de mélanger une eau corrosive ou chargée avec l'antigel ne sont possibles.

Dans le cas de l'utilisation d'un liquide caloporteur « non prêt à l'emploi », les préconisations suivantes doivent être respectées. Le mélange eau potable (ou déminéralisée) additionnée d'antigel et d'agents anti-corrosifs doit être le plus homogène possible. Il doit être préparé en dehors du circuit hydraulique. Le dosage de ce mélange doit être conforme aux préconisations du fournisseur en fonction de la température minimale de la région. Une vérification de la concentration d'antigel et du pH du mélange doit être effectuée avant le remplissage de la boucle solaire.

Les consignes de sécurité indiquées dans la fiche de donnée de sécurité des produits utilisés doivent être respectées. Ces fiches de données de sécurité doivent être affichées à proximité du dispositif de remplissage et de vidange.



Une arrivée d'eau froide sur le circuit primaire qui permettrait l'introduction directe d'eau non mélangée d'antigel ne doit pas être possible.

Le liquide ne doit pas être rejeté à l'égout. La soupape de sécurité doit être raccordée à un réservoir de récupération.

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 liquide injecté ;
- la périodicité de renouvellement de l'antigel (donnée fabricant).

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

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.

6.10. • Système d'expansion (cas des installations avec capteurs remplis en permanence)

Le système d'expansion peut être installé en local chaufferie ou en toiture terrasse, au niveau du champ de capteurs solaires. La mise en œuvre du système d'expansion en point haut de l'installation permet de s'affranchir de la hauteur manométrique dans la détermination de la pression de gonflage.



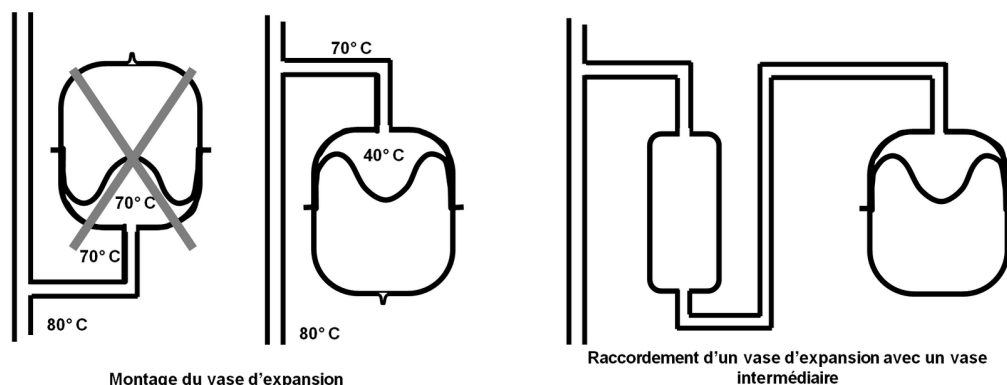
Si le système d'expansion est placé en toiture terrasse, outre la tenue au froid et la résistance aux intempéries, une attention particulière doit être portée aux températures élevées en cas de stagnation. La mise en œuvre d'un réservoir tampon intermédiaire est fortement préconisée dans ce cas.

La mise en œuvre du vase d'expansion doit être conforme aux spécifications du NF DTU 65.11 P1-1.

Il doit être placé sur le circuit de retour de la boucle de transfert (vers les capteurs).

La plage de température dans laquelle la vessie ou la membrane peut travailler en toute sécurité est généralement comprise entre +5 et +70°C. Les conditions de montage suivantes doivent être respectées :

- la conduite de raccordement, entre le circuit solaire et le vase d'expansion, doit être d'une longueur suffisante ;
- le vase d'expansion ainsi que sa conduite de raccordement ne doivent pas être calorifugés ;
- comme illustré (Figure 30), le vase d'expansion doit être raccordé par le haut pour éviter que la membrane ne soit endommagée si du fluide trop chaud pénètre dans le vase. Pour une protection supplémentaire, il est possible d'intercaler un vase intermédiaire d'un volume correspondant au moins à celui des capteurs solaires.



▲ Figure 30 : Exigences pour le raccordement du système d'expansion

Dans le cas d'un circulateur à forte pression de refoulement, le système d'expansion doit être monté à l'aspiration du circulateur. Il 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.

Il doit être accessible pour les opérations d'entretien et de maintenance.

Il est recommandé de gonfler le vase d'expansion avec de l'azote. Dans tous les cas, se référer aux dispositions indiquées dans la notice fournie avec le vase.

Commentaire

La membrane du vase est moins perméable aux molécules d'azote, plus grosses que celles d'oxygène. En outre, gonfler un vase avec de l'air entraîne une injection d'eau sous forme de vapeur qui risque d'oxyder la valve de gonflage et à terme de la bloquer.



6.11. • Soupape de sécurité

La pression d'ouverture de la soupape doit être tarée à une valeur inférieure à la pression maximale admissible par l'organe de l'installation le plus faible.

La soupape de sécurité doit être placée sur le circuit de retour de la boucle solaire (vers les capteurs), de sorte qu'elle soit soumise aux températures les plus basses possibles.

La conduite de raccordement de la soupape doit être la plus courte possible. Son diamètre ne doit pas être inférieur au diamètre nominal d'entrée de la soupape de sécurité.

La soupape de sécurité doit être raccordée, par un tube rigide et résistant aux hautes températures, à un réservoir de récupération. Le tuyau d'évacuation doit être métallique pour éviter la corrosion, résister à la décharge de vapeur et supporter la température du fluide au moment de son évacuation par la soupape.

Le réservoir de récupération doit être d'une capacité suffisante, égale au minimum à la contenance des capteurs solaires. Le diamètre de refoulement est, a minima, celui de la sortie d'échappement de la soupape de sécurité. Le réservoir est conçu pour éviter des projections de fluide en dehors de celui-ci.

Aucune vanne, pouvant être isolée sans verrouillage de sécurité, ne doit être installée sur la tuyauterie entre la soupape et le générateur de chaleur (ici les capteurs solaires). Chaque section du champ de capteurs qui peut être isolée sans verrouillage de sécurité doit être munie d'une soupape de sécurité adaptée.

La soupape de sécurité doit être accessible pour les opérations d'entretien et de maintenance.

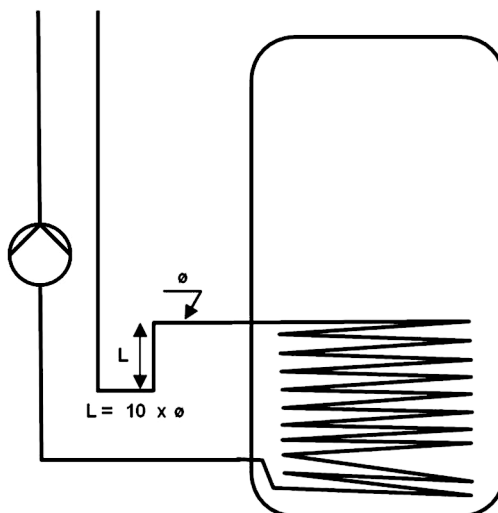
6.12. • Système évitant l'inversion du sens d'écoulement (cas des installations avec capteurs remplis en permanence)

Un système anti-thermosiphon est indispensable lorsque le dispositif de stockage est situé au même niveau ou en dessous des capteurs solaires.

Il peut être assuré par un clapet anti-thermosiphon. Il est placé sur le circuit de retour de la boucle solaire (vers les capteurs), en aval du circulateur. Il est accessible pour les opérations d'entretien et de maintenance (remplacement, vidange de l'installation...).

Si le clapet est à ressort, il est recommandé de l'installer en position verticale.

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 31). Elle doit être accompagnée ou dotée d'un dispositif de purge local pour éviter que celle-ci ne constitue un piège à air. La partie horizontale basse ne doit pas être isolée.



▲ Figure 31 : Exemple de lyre anti-thermosiphon

6.13. • Pompe de circulation



Depuis le 1^{er} janvier 2013, les circulateurs sans presse étoupe (à rotor noyé) mis en vente doivent respecter une valeur limite d'IEE (Indice d'Efficacité Énergétique) de 0,27. Le seuil est abaissé à 0,23 à partir du 1^{er} août 2015.

Pour les circulateurs intégrés aux produits (chaudières, préparateurs d'eau chaude sanitaire...) et les circulateurs conçus pour les circuits primaires des installations solaires thermiques et des pompes à chaleur, la date de mise en application est le 1^{er} août 2015.

Commentaire

La valeur d'indice d'efficacité énergétique (IEE) doit figurer sur la plaque signalétique du circulateurs ainsi que dans la notice technique.

Les règles suivantes doivent être respectées pour :

- la pompe de circulation de la boucle solaire glycolée ;
- le circulateur de la boucle sanitaire au secondaire de l'échangeur solaire (cas des installations avec échangeur solaire externe au ballon de stockage solaire).

Les circulateurs doivent être mis en place selon les indications du fabricant :

- respect du sens de circulation indiqué par une flèche sur le corps ;
- respect du montage du moteur (vertical et/ou horizontal).

Commentaire

Un montage vertical des circulateurs est préférable, notamment si le clapet anti-thermosiphon y est associé.

L'échangeur solaire est raccordé à contre-courant, les deux fluides vont dans des sens opposés. Le circulateur de la boucle solaire glycolée doit être placé sur le circuit de retour de la boucle solaire (vers les capteurs). Le circulateur de la boucle sanitaire doit être placé à l'entrée du secondaire de l'échangeur solaire.

Les circulateurs ne doivent pas être localisés sous des organes susceptibles de fuir. Des vannes d'isolement sont placées de part et d'autre du circulateur pour faciliter sa dépose.

Les circulateurs à vitesse fixe sont généralement équipés d'un manomètre pour estimer le débit. L'organe d'équilibrage placé en série avec le circulateur permet d'ajuster le point de fonctionnement en ajoutant des pertes de charge. Afin d'éviter tout risque éventuel de cavitation, l'organe de réglage est placé du côté du refoulement du circulateur. Il peut être à mesure de débit avec prises de pression intégrées, ou avec indication visuel du débit. Il convient de respecter les préconisations du constructeur pour son montage comme le sens de circulation du fluide ou les longueurs amont et aval à respecter. A défaut, il peut être prévu des prises de pression permettant de mesurer la hauteur manométrique du circulateur.

Avec un circulateur à vitesse variable, bien que l'ajustement du point de fonctionnement puisse être réalisé par une modification de la consigne de pression différentielle, une vanne d'équilibrage en série avec le circulateur (préférentiellement sur le retour du circuit) est conseillée pour ses fonctions de réglage et de mesure de débit.

Commentaire

Pour assurer le fonctionnement de l'installation solaire et donc la production solaire, il peut être envisagé de doubler à l'identique l'ensemble circulateur et vannes d'isolement. L'ensemble est posé sur une branche en bipasse du circulateur de base.

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.

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

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 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, qui peut être une sortie bouchonnée d'une batterie.

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.

Commentaire

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.

6.15. • Instruments de mesure et de contrôle

La boucle solaire est munie :

- d'un manomètre. Il est placé à proximité du vase d'expansion, soit directement sur le raccordement du vase ou de la soupape de sécurité ;
- d'un dispositif de mesure et de réglage de débit (vannes de réglage, débitmètre, prises de pression en amont et aval de chaque circulateur), y compris côté sanitaire ;
- 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 doit être retirée après ouverture afin d'éviter toute fausse manœuvre ;
- d'un dispositif de mesure des températures au niveau des entrées et sorties de l'échangeur solaire côtés primaire et secondaire (par exemple, quatre thermomètres ou à partir de la régulation solaire) ;
- d'une régulation avec écran permettant a minima la lecture des paramètres principaux (température, commande des circulateurs, réglages...).

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



6.16. • Echangeur solaire

Dans le cas d'installations avec échangeur intégré au ballon de stockage solaire, l'échangeur est placé en bas de ballon et est isolé électriquement. L'entrée du fluide chaud se fait sur le haut du serpentin, de façon à pouvoir échanger en continu côté ECS avec l'eau froide qui se situe en point bas du ballon.

Dans le cas d'installations avec échangeur extérieur au ballon de stockage solaire, l'échangeur à plaques est raccordé en contre-courant.

L'installation permet de contrôler l'existence d'une fuite éventuelle. Il doit être mis en œuvre un système de vannes sur l'entrée et la sortie de l'échangeur permettant son isolement et une vanne de mise à l'air libre du côté du liquide caloporteur de l'échangeur ainsi isolé

L'échangeur extérieur doit être calorifugé. Il est fixé, soit à un mur soit au sol.

L'échangeur doit pouvoir être isolé. Des vannes d'isolement sont positionnées au niveau des entrée(s) et sortie(s) de l'échangeur. Elles permettent une maintenance facilitée (possibilité d'intervenir sans vidanger l'installation).

L'échangeur doit être accessible pour les opérations d'entretien et de maintenance.

Commentaire

La puissance de l'échangeur doit respecter un minimum de 700 W/m^2 de capteurs solaires et son coefficient d'échange de 100 W/m^2 de capteurs solaires. K.

6.17. • Cas des installations autovidangeables

Ce chapitre ne traite que des spécificités liées à des installations de type autovidangeable.



Du fait des spécificités des installations autovidangeables, il est nécessaire qu'un affichage durable, installé sur le coffret de commande électrique ou à proximité du schéma hydraulique de l'installation, indique la mention « Installation Autovidangeable ».

6.17.1. • Capteurs solaires

Les capteurs solaires et les raccords entre capteurs doivent pouvoir se vidanger totalement et être à un niveau supérieur de celui du local technique. Il n'est néanmoins pas nécessaire qu'ils soient tous au même niveau, la différence de niveau devant alors être compensée par les vannes de réglage.

Le collecteur extérieur d'alimentation des capteurs doit être en tous points plus bas que le collecteur interne bas des capteurs.

6.17.2. • Pénétrations

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

6.17.3. • Raccordement hydraulique des capteurs



Dans cas d'une installation autovidangeable, l'ensemble des capteurs solaires (et les canalisations susceptibles d'être exposées au gel en cas d'emploi de l'eau comme fluide) doivent pouvoir être vidangés complètement. La conception de l'absorbeur implique une disposition précise des capteurs pour certains fabricants (paysage ou portrait). En conséquence, tous les capteurs ne sont pas nécessairement adaptés à un fonctionnement autovidangeable. Le professionnel doit s'assurer que les capteurs sont bien adaptés à ce type de fonctionnement.

Dans le cas d'installations autovidangeables, les canalisations de raccordement des capteurs doivent de préférence présenter des pentes continûment descendantes vers le réservoir, avec un minimum imposé par le fabricant (jamais moins que 0,01 m par m). Si le circuit est rempli en glycol cette pente n'est pas obligatoire.

Commentaire

Plus les installations présentent une surface de capteurs importante, plus le respect de cette pente minimale est difficile à tenir.

6.17.4. • Raccords

Pour les installations autovidangeables, les joints fibres sont proscrits (ne supportent pas le régime d'alternance sec/mouillé). L'utilisation de raccords coniques métalliques est recommandée.



Dans le cas d'installations autovidangeables, les assemblages mécaniques ne doivent pas contenir de joint à fibres ou de filasse. Ils risquent de s'assécher ou de se rétracter du fait du remplissage et de la vidange cyclique du circuit.

6.17.5. • Equilibrage

Dans le cas d'installations autovidangeables, les vannes d'équilibrages sont installées en amont des batteries de capteurs.

6.17.6. • Purges d'air, séparateurs d'air



Compte tenu de la conception spécifique des installations autovidangeables, aucune purge d'air au niveau des capteurs solaires ne doit être mise en œuvre.

6.17.7. • Protection contre le gel

Dans le cas des installations autovidangeables, cette protection peut être assurée par la conception même de l'installation et par le fait d'utiliser du monopropylène-glycol.

Dans le cas d'installation avec antigel avec un échangeur simple paroi, il est nécessaire de vérifier que l'antigel utilisé est autorisé. Les avis favorables sur les produits émis par l'ANSES sont disponibles sur le site internet www.anses.fr.

Un unique type de fluide doit être utilisé sur une installation, certains fluides présentant des incompatibilités avec d'autres, notamment en raison de la composition de leurs inhibiteurs de corrosion.

Commentaire

Actuellement, le principe d'autovidange est préconisé non pas pour éviter les risques de gel (les installations autovidangeables utilisent du glycol en réponse à la non garantie de vidangeabilité totale des batteries de capteurs et aux éventuelles erreurs de conception) mais pour répondre aux contraintes liées à l'intermittence de l'utilisation de l'eau chaude sanitaire tout au long de l'année et à la fermeture estivale éventuelle. Ceci ne doit en aucun cas conduire à un surdimensionnement de la surface de capteurs mise en place.



Le circuit peut être rempli en eau si la vidange complète de l'ensemble des batteries de capteurs est assurée lors de l'arrêt de la pompe (capteurs à absorbeur de type échelle, capteurs à méandres antiparallèles, raccords inter capteurs sans réduction...), garanties par le fabricant, et s'il y a absence totale de risque de gel dans les canalisations extérieures (pente suffisante, absence de points hauts...), ce qui représente des conditions actuellement difficiles à réunir. Dans ce cas, de l'eau déminéralisée doit être utilisée comme fluide.

Dans le cas général, si ces conditions ne peuvent pas être remplies, le circuit fonctionnera en liquide antigel prêt à l'emploi de même nature que celui des installations sous pression.

6.17.8. • Système d'expansion

Pour les installations autovidangeables, un système d'expansion 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.

6.17.9. • Soupape de sécurité

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.

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

Compte tenu de la conception spécifique des installations autovidangeables, la pose d'un clapet anti-thermosiphon ne doit pas être mise en œuvre.

Le réservoir de vidange permet d'éviter toute circulation inverse par thermosiphon dans le circuit hydraulique irriguant les capteurs.

6.17.11. • Pompe de circulation

Dans le cas d'un système autovidangeable, 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 entre le réservoir de vidange du liquide et le point haut de l'installation.

La pompe doit permettre de remonter le fluide au niveau le plus haut de l'installation.

6.17.12. • Réservoir de vidange

Si le réservoir est installé à l'extérieur, il est prévu en inox 304. Si il installé à l'intérieur, il peut être en acier noir. Il doit être calorifugé et protégé contre la condensation.



Le matériau composant le réservoir doit être compatible avec celui du réseau. Les raccords et joints doivent être de qualité équivalente à ceux du réseau.

Parfaitement étanche (comme le reste du circuit), sa fixation à un mur ou un support doit permettre de résister à une masse égale à sa masse à vide, et celle du volume de liquide caloporteur pouvant être contenu à l'intérieur.

Le réservoir de vidange doit être mise en œuvre au dessus de la pompe de circulation et en dessous du bas des capteurs.

La différence de hauteur entre l'axe du circulateur et le piquage bas du réservoir de vidange doit être supérieure à la NPSH de la pompe (Net Positive Suction Head), correspondant à la pression d'aspiration minimum de la pompe.

La différence de hauteur entre le collecteur haut des capteurs et le piquage bas du réservoir doit être inférieure à la hauteur manométrique de la pompe à débit nul.

Commentaire

Dans le cas d'un système autovidangeable, la pompe assurant la circulation du liquide caloporteur doit compenser les pertes de charge et vaincre la hauteur manométrique entre le réservoir de vidange et le point haut de l'installation.

La position du réservoir doit permettre à la pompe déterminée soit suffisante pour compenser les pertes de charges du circuit et remonter le liquide dans les capteurs : la hauteur statique du circuit doit être inférieure à la perte de charge du circuit en régime établi. En outre, plus la hauteur statique est faible, plus la durée du remplissage du circuit est faible.

Si cela est possible, le réservoir est positionné verticalement, de manière à ce que la circulation puisse bénéficier d'un effet de siphon. Dans le cas contraire, il est positionné horizontalement en veillant à permettre un remplissage et une vidange gravitaire correcte du réservoir.

Si le réservoir de vidange est doté d'un regard et/ou d'une partie transparente, le niveau et la couleur de liquide caloporteur sont vérifiables facilement en fonctionnement.

Commentaire

La mise en œuvre du réservoir de vidange verticalement n'est pas possible dans tous les cas, notamment lorsqu'elle est située en toiture terrasse. Dans ce cas, les capteurs doivent être surélevés (sur plots) suffisamment pour permettre la pose du réservoir et de la pompe solaire en dessous de celui-ci.

Mise en œuvre du dispositif de stockage solaire

7



Le stockage de l'énergie captée permet de pallier le déphasage entre la ressource solaire et le puisage. L'une de caractéristiques essentielles de l'aptitude à l'emploi du stockage est de fournir, à l'entrée des capteurs solaires, un fluide dont la température est la plus basse possible.

7.1. • Critères généraux de choix des matériaux

Les critères généraux de choix des matériels utilisés pour l'exécution d'installations solaires pour la production d'eau chaude sanitaire sont fixés dans les Recommandations professionnelles « Production d'eau chaude sanitaire collective centralisée solaire – Conception et dimensionnement ».

En rénovation, la compatibilité avec les matériaux déjà présents sur site et susceptibles d'être conservés doit être observée scrupuleusement.



Les critères généraux de choix des matériaux doivent être conformes aux prescriptions de la NF DTU 65.12 P1-2.

Dans le cas où l'installation n'est pas de type eau technique, le professionnel doit veiller à ce que le revêtement interne des ballons de stockage de l'eau sanitaire soit de qualité sanitaire (matériaux listés dans les Annexes I, II et III de l'arrêté du 29 mai 1997 ou bénéficiant d'une Attestation de Conformité Sanitaire (ACS)).

Commentaire

L'ECS est considérée réglementairement comme une eau potable.

Les matériaux et objets organiques monomatières, multicouches, composites (revêtement de réservoir, tubes PEX, PVC-C...) ainsi que les accessoires constitués d'au moins un composant organique en contact avec l'ECS (pompe, vanne, robinet sanitaire, clapet, groupe de sécurité...) doivent disposer d'une attestation de conformité sanitaire (ACS). Selon la circulaire DGS/SD 7 A n°2002-571 du 25 novembre 2002, les chauffe-eau et chaudières ne sont pas soumis à l'obtention d'une ACS. Les listes des matériaux, objets organiques et accessoires bénéficiant d'une ACS en cours de validité sont disponibles sur les sites Internet du ministère de la santé www.sante.gouv.fr et des laboratoires délivrant des ACS (www.groupecarso.com et www.eurofins.fr).

La certification NF inclut la vérification de l'obtention d'une ACS.

7.2. • Raccordement des ballons de stockage solaire

Au-delà d'un certain volume de stockage solaire ou pour des contraintes de hauteur sous plafond du local technique, le volume solaire journalier ne peut-être contenu dans un seul ballon.

Si plusieurs dispositifs de stockage centralisé sont installés, ils sont raccordés de préférence en série et à contre-courant de la circulation d'eau chaude sanitaire.

Commentaire

Le raccordement des ballons en parallèle ne peut que réduire le volume utile d'eau chaude. En effet :

- avec un raccordement en parallèle, tous les ballons sont alimentés en eau froide. Cela multiplie les surfaces entre l'eau chaude et l'eau froide, donc les volumes aux températures intermédiaires. Avec un montage en série, la zone de contact ne concerne qu'un seul ballon, le volume de stockage utile d'ECS est plus important ;
- l'alimentation en parallèle exige un équilibrage hydraulique parfait. Même pour un faible déséquilibre des débits, un des ballons se vide de son eau chaude avant les autres. On obtient alors de l'eau plus froide au moment des soutirages alors que l'eau des autres ballons reste élevée. On rappelle néanmoins que l'appoint assure la température de production nécessaire.

Quel que soit le nombre de ballons raccordés en série, le ballon où arrive l'eau froide est le plus froid, celui où arrive la sortie de l'échangeur à plaques est le plus chaud.

Le raccordement entre les ballons ne doit surtout pas être équipé de clapet anti-retour.

L'eau sanitaire est amenée à circuler dans les deux sens selon si on se trouve dans une phase de charge ou de décharge des ballons de stockage.



Le raccordement des canalisations sur le ballon est réalisé avec des raccords démontables vissés sur la vanne d'isolement positionnée au départ de chacun des circuits hydrauliques. Il peut être réalisé des lyres anti thermosiphon évitant une décharge de chaleur dans les canalisations.

Un bipasse plombé doit être mise en œuvre sur l'arrivée en eau froide du ballon d'appoint. Lors d'une intervention sur le volume de stockage solaire, cette vanne normalement fermée permet de le bipasser et d'utiliser ainsi l'appoint en venant directement l'alimenter avec le réseau d'eau froide.

7.3. • Emplacement des ballons de stockage

Le(s) dispositif(s) de stockage sont situés à proximité du champ de capteurs et du système de production d'appoint. Les longueurs de canalisations et donc les pertes thermiques doivent être minimisées un maximum.

Commentaire

Le(s) ballon(s) de stockage sont prioritairement mis en œuvre au plus proche du système de production d'appoint.

Le(s) dispositif(s) de stockage sont situés dans un local fermé et en zone hors gel.

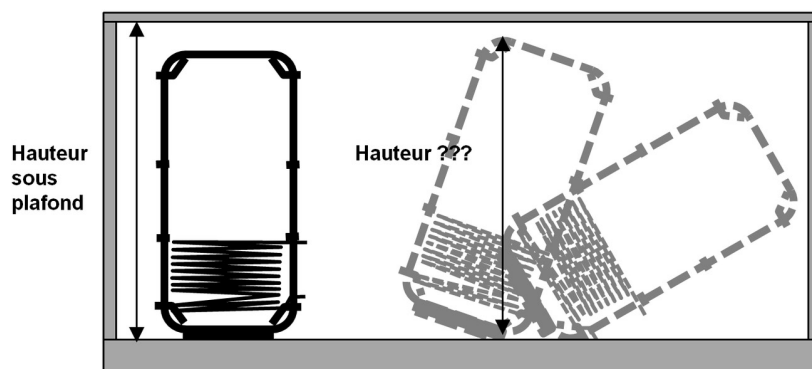
La résistance mécanique des éléments porteurs recevant le(s) ballon(s) de stockage doit être suffisante pour supporter la charge. Il est conseillé de prévoir une plaque de la dimension du ballon permettant une meilleure répartition du poids sur le plancher.

Le(s) ballon(s) doivent être suffisamment éloigné(s) des murs (20 à 30 cm) afin de permettre les raccordements, le passage des canalisations ainsi que les opérations d'entretien et de maintenance. Ils sont placés à la verticale.

L'encombrement du (des) ballon(s) doit être pris en compte notamment pour les passages de portes ou éventuels escaliers. La hauteur sous plafond du local doit être 20 à 30 cm supérieure à la hauteur du (des) ballon(s) mis en œuvre, permettant ainsi un accès aux éléments situés sur le dessus (système de dégazage notamment).

Comme vu (Figure 32), la concordance entre la hauteur sous plafond et la longueur de la diagonale du ballon est à vérifier afin de permettre le redressement du réservoir lors de sa mise en place.

La mesure basculante indique la hauteur nécessaire pour passer le ballon de stockage de la position couchée à verticale.



▲ Figure 32 : Contrôle de la diagonale du ballon de stockage

7.4. • Isolation des ballons de stockage solaire

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

Les supports de pose du stockage doivent être isolés du sol (patins, supports en matériaux conducteurs,...). Les raccordements connectés et les bouchons dans le cas où ils ne sont pas utilisés doivent être isolés.

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 ;
- la protection de l'isolation est réalisée par une jaquette M1 minimum.

Toutes les étanchéités nécessaires pour les raccordements hydrauliques sont 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.

7.5. • Equipements des ballons de stockage solaire

La pose d'un ballon inox (ou d'autres revêtements) est possible à condition qu'ils soient garantis pour des températures allant jusqu'à 90°C. La pose d'un ballon en acier émaillé ou avec revêtement synthétique ou minéral, équipés d'une anode est possible pour des eaux peu calcaires, peu oxygénées, peu acides. Ces revêtements comportent quelques pores après la cuisson.

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 (à courant imposé) : 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.

Commentaire

La protection anodique est inutile dans le cas d'un ballon de stockage en inox.

Dans un ballon de stockage, l'eau sanitaire peut atteindre des températures élevées. Cette montée en température provoque l'expansion du volume d'eau contenu dans le ballon de stockage. La soupape du groupe de sécurité libère de l'eau pour faire baisser la pression. Cet écoulement, bien que normal, est un gaspillage d'eau. En outre, cet écoulement risque de créer une érosion du siège de la soupape, accélérant ainsi le débit de fuite.

Un vase d'expansion sanitaire doit être mis en place. 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 et 65°C. Ce vase est toujours posé sur l'entrée d'eau froide, entre le groupe de sécurité et le ballon.

Les ballons de stockage sont munis d'un dispositif de sécurité pour éviter toute surpression et d'un dispositif de dégazage en partie haute. Un groupe de sécurité est mis en œuvre sur chaque ballon. Un purgeur automatique est fixé sur té en sortie d'eau chaude sanitaire.

Les canalisations d'évacuation de la soupape de sécurité doivent disposer d'une rupture de charge avant déversement par mise à l'air libre afin d'éviter les retours. La garde d'air est d'au moins 2 cm.

Afin d'éviter les zones mortes dans le ballon de stockage et de favoriser la stratification, des déflecteurs sont mis en œuvre en partie basse du ballon et notamment sur l'arrivée d'eau froide et en partie haute sur le départ d'eau chaude sanitaire.

Les dispositifs de stockage doivent comporter également les équipements permettant d'assurer les opérations d'entretien et de maintenance tels qu'une vanne de purge en partie basse permettant de réaliser la vidange du réservoir et les chasses et un thermomètre à plongeur (à cadran gradué de 0 à 100°C) en partie haute pour le contrôle de la température.

Le(s) ballon(s) de stockage sont équipés d'une trappe de visite ou, à partir de 1000 litres, d'un trou d'homme permettant le nettoyage et l'inspection du ballon (d'au moins 40 cm). Elle est calorifugée avec un tampon fixé par boulons et joint d'étanchéité de qualité alimentaire. 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.

Sur la canalisation d'alimentation en eau froide du ballon de stockage solaire, il est installé :

- des vannes d'isolement ;
- un filtre à tamis inox avec robinet de rinçage ;
- un compteur volumétrique à impulsions ;
- une sonde de température en doigt de gant.



Un bipasse plombé doit être mise en œuvre sur l'arrivée en eau froide du ballon d'appoint. Il est fortement conseillé de retirer le volant de la vanne lors de la mise en service de l'installation. Lors d'une intervention sur le volume de stockage solaire, cette vanne normalement fermée permet de le bypasser et d'utiliser ainsi l'appoint en venant directement l'alimenter avec le réseau d'eau froide.

Mise en œuvre de la boucle secondaire (cas des installations de type stockage en eau technique)

8



L'eau stockée dans le ballon (eau technique) et réchauffée par le circuit solaire est physiquement séparée du circuit de distribution d'eau chaude sanitaire par un échangeur externe (ou échangeur de décharge) ou intégré au stockage.

Commentaire

Les installations comportant un échangeur de séparation intégré en bain marie dans le stockage en eau technique ne sont pas traitées dans les présentes Recommandations professionnelles. Elles doivent se conformer aux préconisations du constructeur.

Il est recommandé d'assurer le retour de la boucle d'eau chaude sanitaire uniquement sur l'appoint et de privilégier une production d'eau chaude sanitaire sans aucun stockage d'eau chaude sanitaire (par exemple, instantanée par échangeur à plaques) ;

L'échangeur de décharge doit être calorifugé. Il est fixé, soit à un mur soit au sol.

Il doit être accessible pour les opérations d'entretien et de maintenance. L'échangeur doit pouvoir être isolé. Des vannes d'isolement sont positionnées au niveau des entrée(s) et sortie(s) de l'échangeur. Elles permettent une maintenance facilitée (possibilité d'intervenir sans vidanger l'installation).

L'échangeur de décharge doit être raccordé en contre-courant permettant ainsi d'assurer un échange de chaleur maximal et une homogénéisation des températures.

Si une vanne à trois voies assure le maintien en température de l'échangeur de décharge pendant les périodes de non soutirage, elle est placée :

- en entrée du primaire de l'échangeur de décharge ;
- en série avec le circulateur du primaire de l'échangeur de décharge (montage en mélange).



Les voies d'une vanne à trois voies ne sont pas interchangeables. Il ne faut pas intervertir les voies directe et bipasse. Dans tous les cas, il convient de se référer aux prescriptions de montage du fabricant.

Mise en œuvre de la boucle de distribution d'eau chaude sanitaire

9



9.1. • Limitation des températures d'ECS

Si un mitigeur thermostatique est mis en œuvre en sortie de production (et donc au départ de la distribution principale), 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.

Il doit être équipé d'une cartouche thermostatique spécifique solaire pour résister à de hautes températures. Il doit être équipé de clapet anti-retour homologué, conformément à la norme européenne NF EN 1717 (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).

9.2. • Retour du bouclage sanitaire



Toute modification sur la boucle d'eau chaude sanitaire implique un rééquilibrage de cette boucle.

Le professionnel doit vérifier que l'ensemble des équipements indispensables pour la prévention des risques sanitaires sont présents sur la boucle d'eau chaude sanitaire.



Ces derniers doivent permettre d'assurer des températures et des vitesses de circulation satisfaisantes dans la boucle d'eau chaude sanitaire ainsi que son entretien.



Une température supérieure à 50°C doit être maintenue en tout point de la boucle. Des vitesses supérieures à 0,2 m/s dans les canalisations de retour de boucle sont recommandées.

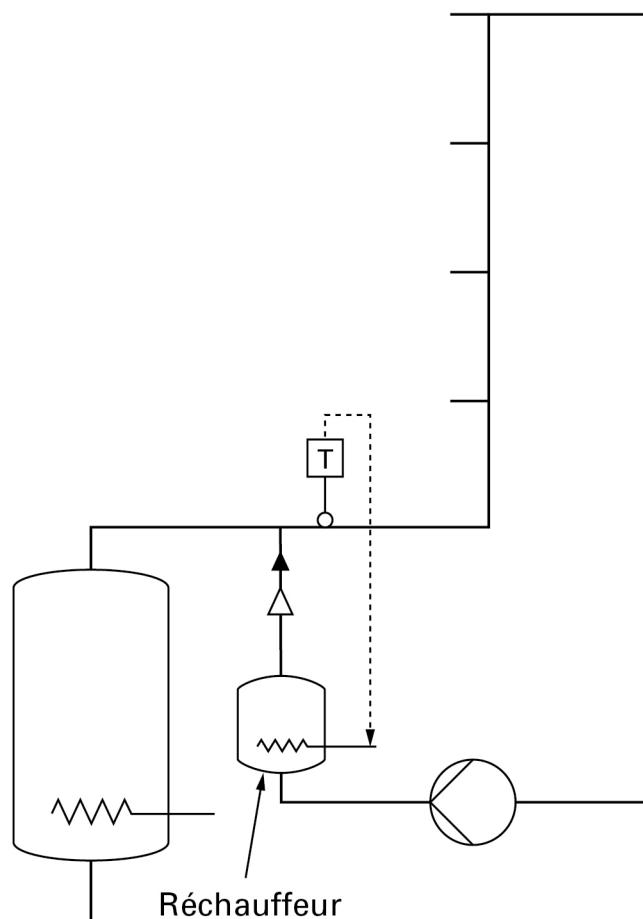
Les équipements indispensables sont :

- des tubes témoins démontables sur le retour et le départ de la boucle d'ECS permettant de vérifier l'état interne des canalisations ;
- des organes d'équilibrage permettant de régler les débits ;
- des robinets de prélèvement d'eau sur le retour et le départ de la boucle d'ECS permettant d'effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques et de contrôler les températures d'eau ;
- des vannes de chasse et de vidange aux points hauts et bas permettant de pouvoir décrocher le bio film éventuel par des chasses à débit élevé ;
- des dispositifs de purge permettant de limiter les corrosions.
- un dispositif permettant de contrôler le débit de retour de la boucle ECS (rotamètre ou détecteur de débit par exemple) ;
- des thermomètres permettant de contrôler les températures d'ECS sur le départ et le retour de la boucle d'ECS.

Si la production est assurée par un (des) ballon(s) électrique(s), le retour de la boucle d'ECS n'est pas raccordé au(x) ballon(s). Les pertes sont compensées par un réchauffage électrique séparé comme vu (Figure 33).

Commentaire

Un réchauffeur de boucle électrique séparé permet de ne pas perturber la stratification du ballon et de ne pas créer des températures de stockage et de distribution trop faibles. Le réchauffeur de boucle est de préférence un ballon de petite capacité moins sensible aux dépôts qu'un réchauffeur tubulaire de plus faible volume.



▲ Figure 33 : Dans le cas d'une production d'ECS électrique, le maintien en température est assuré par un réchauffeur de boucle séparé.

Si la production est assurée par un (des) ballon(s) alimenté(s) par un appoint de type chaudière, le retour de bouclage d'eau chaude sanitaire peut être ramené :

- sur le ballon d'appoint uniquement ;
- sur le ballon d'appoint et le ballon solaire via une vanne à trois voies de commutation.



Lorsqu'un bouclage sanitaire est mis en place, le retour de ce dernier ne doit pas être uniquement ramené sur le ballon de stockage solaire. Ce montage conduirait à un réchauffement du ballon de stockage solaire préjudiciable aux performances de l'installation.

Si une vanne à trois voies directionnelle est mise en œuvre, le professionnel doit s'assurer que cette dernière, permettant un retour de boucle soit sur le ballon d'appoint soit sur le ballon solaire, est bien étanche.

Le retour de boucle sur le ballon solaire ne doit pouvoir se faire que lorsque la température de retour de boucle est inférieure à celle du stockage solaire augmentée de quelques degrés.

La vanne à trois voies est pilotée par deux sondes de température :

- une sonde sur le retour de boucle en amont de la vanne à trois voies, au refoulement du circulateur de bouclage ;
- une sonde de température dans le ballon de stockage solaire à la hauteur de ce retour de boucle et suffisamment éloigné du piquage d'arrivée des capteurs.



La vanne à trois voies directionnelle est inutile et ne doit pas être mise en œuvre dans le cas d'une installation avec appoint intégré.

Commentaire

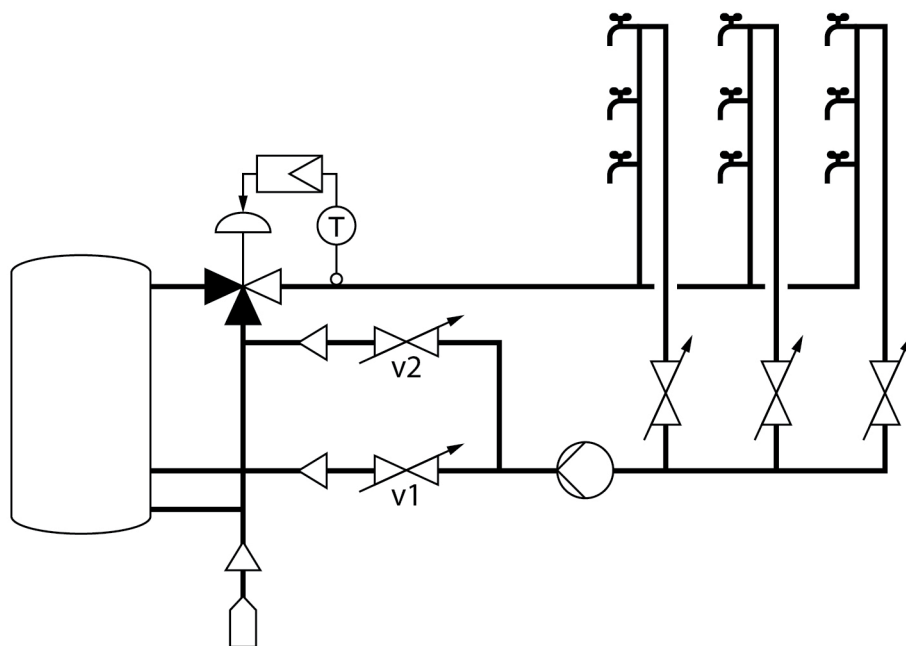
La mise en œuvre d'une vanne à trois voies directionnelle complexifie l'installation et risque d'être à l'origine d'importants dysfonctionnements (réchauffage du ballon de stockage solaire notamment). Elle ne se justifie que si l'usage de l'installation solaire conduit à des périodes suffisamment longues où la température atteinte dans les ballons solaires dépasse la température de retour du bouclage. Elle doit être accompagnée de la mise en place d'un comptage énergétique réversible (un index chaud et un index froid dans l'intégrateur) sur cette partie solaire du bouclage pour vérifier que le transfert d'énergie a bien lieu dans le bon sens.

Le mitigeur thermostatique doit interdire la circulation du fluide chaud vers l'eau froide. 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. Les retours au ballon et au mitigeur sont équipés de clapets anti-retour assurant un fonctionnement hydraulique sans aléas.

Le retour du bouclage doit être ramené :

- sur le haut du ballon d'appoint, quand il y a soutirage ou en l'absence de soutirage quand la température de sortie de stockage est inférieure à celle réglée en sortie de mitigeur ;
- en entrée du mitigeur, en l'absence de soutirage et quand la température de sortie de stockage est supérieure à celle réglée en sortie de mitigeur.

Comme vu (Figure 34), les retours au ballon et au mitigeur doivent être équipés de vannes d'équilibrage permettant de faciliter la régulation de la température de départ.



▲ Figure 34 : Prescriptions visant à prévenir le risque de brûlure aux points d'usage

10

Le système de régulation



La régulation choisie doit disposer :

- d'une documentation claire et complète détaillant les différentes fonctions et options possibles avec les schémas hydrauliques correspondants ;
- de commandes facilitant la programmation ;
- d'un écran d'affichage permettant une bonne visualisation des fonctions, des réglages possibles, des températures des sondes, de l'état de fonctionnement des différentes sorties ;
- d'un contrôle des défauts de fonctionnement ;
- d'un bornier simple et accessible.

10.1. • Cas des installations avec capteurs remplis en permanence

Pour les installations avec échangeur immergé, le mode de régulation est différentiel : le régulateur pilote le circulateur solaire, en fonction de l'écart de température entre la sortie des capteurs et le bas du ballon de stockage solaire.

Pour les installations avec échangeur extérieur, le mode de régulation est généralement double différentiel. Le circulateur du primaire de l'échangeur est régulé en regard de l'écart de température entre la sortie des capteurs et le bas du ballon de stockage solaire.

Le circulateur du secondaire est régulé en regard de l'écart de température entre l'entrée de l'échangeur solaire côté primaire et le bas du ballon de stockage solaire.



Le circulateur secondaire de type « sanitaire » est asservi à celui du primaire.

Les valeurs du Différentiel de Démarrage (DD) et du Différentiel d'Arrêt (DA) du circulateur sont réglables par l'installateur.

Pour les installations de taille importante avec échangeur extérieur, une sonde d'ensoleillement peut être mise en œuvre. Elle vient se substituer à la sonde de température au niveau du champ de capteurs solaires. Lorsque la valeur de l'ensoleillement est supérieure au seuil d'enclenchement de la sonde d'ensoleillement, le circulateur du primaire de l'échangeur démarre.

10.2. • Cas des installations autovidangeables



Les installations autovidangeables peuvent impliquer une régulation spécifique distinguant les phases d'amorçage (chasse de l'air) et les phases de fonctionnement de la pompe de circulation. Dans tous les cas, le professionnel doit se conformer aux instructions données dans les notices des fabricants.

10.3. • Cas des installations de type stockage en eau technique

Le mode de régulation de la boucle solaire est généralement double différentiel (cf. 10.1). Le circulateur de la boucle primaire (en eau technique) de l'échangeur de décharge peut fonctionner à débit fixe ou variable.

Il est recommandé, dans le cas d'un asservissement du circulateur au puisage, d'assurer un maintien en température de l'échangeur permettant d'améliorer le temps de réponse de la chauffe de l'ECS en début de puisage. La vanne à trois voies présente un fonctionnement tout ou rien. Elle est commandée selon la valeur du différentiel de température entre la température en haut de ballon solaire et celle en sortie du primaire de l'échangeur de décharge.

10.4. • Sondes de régulation

Les plages de mesure de température des sondes doivent être adaptées aux températures maximales pouvant être atteintes par l'installation, en fonction de leur emplacement.

Commentaire

La sonde de température en sortie de capteurs doit supporter la température de stagnation du capteur. Les sondes de température en bas de ballon de stockage solaire et en entrée d'échangeur (si présente) doivent respecter la plage de fonctionnement de 0 à 100°C.

Les sondes situées à l'extérieur doivent être résistantes vis-à-vis des intempéries et des agents agressifs (humidité, rayonnement solaire, animaux)

Les degrés de protection minimaux pour les sondes de température d'eau (IP 33) et pour le détecteur d'éclairement éventuel (IP 65) doivent être respectés.

Commentaire

Le régulateur solaire doit être installé dans une pièce sèche et présenter un degré de protection minimal (IP 20). Il est conforme aux exigences électriques des normes NF EN 60730-1 et NF EN 60335-1.

Les matériaux doivent respecter les exigences de la norme NF EN 60730-1 en matière de résistance à la chaleur et au feu, de résistance au cheminement et à la corrosion. Les matériaux en contact avec le liquide caloporteur doivent être compatibles avec ce dernier.

Les câbles de raccordement doivent résister aux températures maximales pouvant être atteintes par l'installation.

10.4.1. • Sondes de températures d'eau

Les sondes de température doivent être positionnées à l'emplacement spécifié par le constructeur.

Si aucun n'emplacement n'est prévu, elles doivent être placées au plus près des éléments du système à mesurer (ballon, échangeur, capteurs), si possible dans des doigts de gant.

Si l'échangeur solaire est immergé dans le ballon de stockage solaire, la sonde de température est placée un peu plus haut que le milieu de l'échangeur. Si l'échangeur solaire est externe au ballon, la sonde est placée de 10 à 15 cm au-dessus du départ eau froide vers l'échangeur.

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...).

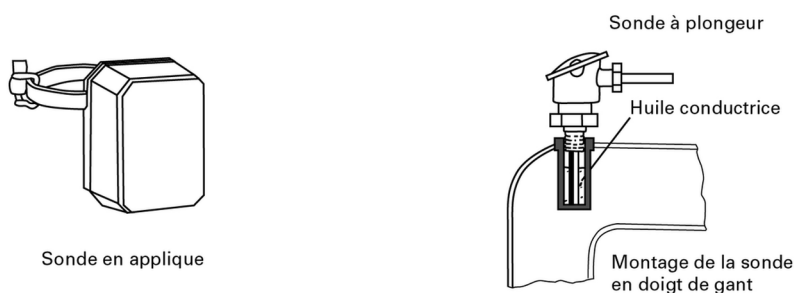
Dans le cas d'une installation avec un échangeur extérieur, les températures en entrée d'échangeur côté primaire et en partie basse du stockage solaire doit être mesurée par deux sondes de température de nature identique et installées de façon identique. Au-delà de 10 m, les longueurs des câbles de raccordement des deux sondes doivent être égales.

Commentaire

Dans le cas d'une installation de type eau technique avec asservissement du circulateur au puisage et avec un débit au primaire de l'échangeur de décharge variable et modulé afin de maintenir un pincement fixe, les sondes de température sont placées conformément aux préconisations du constructeur.

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 35 : Les différents types de sonde 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.

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 poncer 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.

La sonde à plongeur

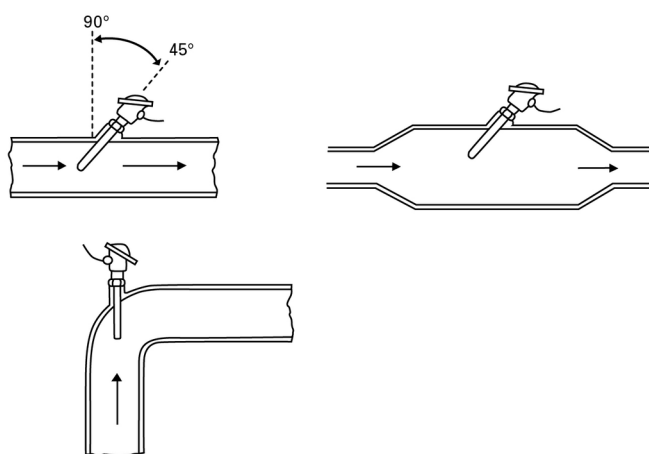
Elle s'installe dans les conditions suivantes :

- 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 36 : 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.

10.4.2. • Sonde d'ensoleillement

La sonde d'ensoleillement doit être installée dans le plan des capteurs solaires.

Son implantation doit permettre de réaliser facilement les opérations d'entretien et de maintenance (dépoussiérage notamment). Elle doit éviter les sources lumineuses (lampadaires) et les zones d'ombre (locaux techniques, bâtiment).

Elle est installée dans le coffret de commande. Elle est raccordée en 230 V monophasé et protégée par fusibles.

Son contact fermé par élévation de l'intensité lumineuse est raccordé en série avec la phase d'alimentation de la bobine du contacteur et du régulateur différentiel.



Mise en œuvre du suivi énergétique

11



11.1. • Plans de comptage

Un suivi énergétique de l'installation peut être mis en place. En fonction du niveau de suivi mis en place, il permet :

- de détecter si l'installation est en état de fonctionnement normal ;
- d'avoir des données objectives sur le bon fonctionnement de l'installation ;
- de détecter et traiter les dysfonctionnements éventuels de l'installation solaire.

Le suivi énergétique peut être simplifié (relevé des informations localement et manuellement) ou détaillé (relevé des informations à distance).

Suivant le niveau de suivi souhaité, l'instrumentation mise en place doit permettre le calcul de l'énergie solaire produite. Il est recommandé de mesurer l'énergie solaire avec un compteur d'énergie. Il intègre :

- deux sondes de température appairées, à placer en doigt de gant ;
- un compteur d'eau hydraulique (mesure de volume ou de débit du liquide caloporteur traversant le compteur) ;
- un intégrateur qui récupère les données de chaque élément et les convertit en quantité d'énergie. Il introduit le coefficient thermique qui peut être fixe ou variable).

Commentaire

Les plans de comptage mis en œuvre doivent être conformes aux schémas présentés dans les Recommandations professionnelles « Production d'eau chaude sanitaire collective centralisée solaire – Conception et dimensionnement ».

11.2. • Compteur d'eau

11.2.1. • Emplacement

L'emplacement des compteurs d'eau est essentiel pour s'assurer de la représentativité des mesures. Les principales dispositions à vérifier sont détaillées dans cette partie. Il convient néanmoins de se référer aux fiches de montage des fabricants.

La position horizontale ou verticale des compteurs est un élément à observer avec attention. Suivant les technologies, il est effectivement préférable voir indispensable d'installer les compteurs sur des canalisations horizontales (compteur Woltmann à hélice verticale, compteur à jet, compteur volumétrique).

Il convient de suivre les prescriptions du constructeur. Il est également important de bien positionner le compteur dans l'axe des tuyauteries amont et aval.

Le sens d'écoulement est à respecter. Une flèche est généralement indiquée sur le corps du compteur.

Le compteur ne doit pas être soumis à des températures élevées (précision de mesure, détérioration du compteur).

L'implantation dans un lieu protégé du gel et des rayons solaires directs est recommandée.

Les compteurs ne doivent pas être placés au-dessous d'équipements susceptibles de fuir comme les brides ou les vannes.

Il faut prévoir une distance de dégagement autour des compteurs pour faciliter la lecture et le démontage.

Le respect des longueurs droites amont et aval est primordial pour s'assurer de la qualité métrologique des compteurs d'eau. L'installation à proximité des circulateurs est déconseillée, car les variations de pression et les turbulences générées peuvent détériorer les instruments et dégradent la qualité des mesures. Les valeurs de longueur droite à respecter varient suivant les technologies et les modèles ainsi que suivant le positionnement du compteur par rapport à d'éventuels éléments perturbateurs.

Des accessoires peuvent être nécessaires en amont et en aval des compteurs pour préserver la qualité des mesures et ne pas dégrader les instruments.

Des filtres sont imposés en amont de certains compteurs mécaniques qui risquent une détérioration. Ils doivent être facilement démontables. Notons qu'un filtre incliné s'installe toujours à contre courant du sens de circulation de l'eau.

Des stabilisateurs sont recommandés en amont des compteurs à jet unique et de type Woltmann. Ils permettent de s'affranchir des longueurs droites en aval d'éléments perturbateurs.

Des vannes d'isolement sont souvent préconisées pour faciliter la dépose lors du rinçage de l'installation, d'un étalonnage ou du remplacement de l'instrument.

Des supports de conduite sont recommandés sur les compteurs d'eau à ultrasons pouvant subir des vibrations importantes.

11.2.1. • Pose



Avant la mise en place du compteur, il est fortement recommandé de rincer abondamment les canalisations afin d'éliminer les particules solides qui pourraient endommager les appareils.

L'installation doit être parfaitement purgée de l'air qu'elle contient.

L'utilisation de joints neufs est nécessaire pour éviter tout risque de fuite. Il est recommandé de vérifier l'étanchéité une fois l'installation réalisée.

Il convient de manipuler les compteurs par le corps du débitmètre et non par le totalisateur pour éviter tout endommagement.

Lors de la mise en service, il est important d'éviter un remplissage brusque : ouvrir lentement la vanne amont, vanne aval fermée, puis ouvrir progressivement la vanne aval et vérifier le fonctionnement du compteur.

Ne jamais souder à proximité d'un compteur monté, il est nécessaire de le démonter pour effectuer ce type de travaux. En effet, les températures élevées risquent de détériorer certaines pièces du compteur.

11.3. • Sondes de température d'eau

La pose des sondes de température d'eau doit être conforme aux spécifications données au chapitre 10.4.1 (cf. 10.4.1).

Les sondes de température sont à placer dans des doigts de gant ou en applique sous réserve d'une mise en œuvre soignée (pâte thermique, scotch aluminium et isolant). Elles mesurent la différence de température entre l'entrée et la sortie du circuit.

Les sondes platines Pt 100, Pt 1000, ou Pt 500 sont généralement utilisées pour leur fidélité au long du temps. Les deux sondes fournies par le fabricant doivent être appairées pour minimiser l'écart de mesure entre les deux capteurs. Un faible écart résiduel peut provoquer des erreurs relatives importantes si les différences de température à mesurer sont réduites.

L'emplacement d'une sonde doit être choisi de façon à présenter une température d'eau homogène dans l'écoulement. De manière générale, on évite ainsi les zones potentielles de stratification et on préfère



les zones d'écoulement turbulent. Il faut ainsi préférer les canalisations verticales aux longueurs horizontales, la stratification y étant moins importante.

11.4. • Télécontrôleur

Dans le cas d'une installation avec suivi détaillé, l'installation est munie d'une centrale d'acquisition raccordée à un réseau de communication, généralement au réseau téléphonique.

Le télécontrôleur est fixé dans le coffret électrique de commande. Il est alimenté en mono 230V avec protection par disjoncteur divisionnaire. Le raccordement éventuel à une ligne téléphonique comporte un parafoudre. Ce télécontrôleur peut être un seul et même appareil permettant à la fois la régulation et le suivi de l'installation.

Il est raccordé :

- à l'émetteur d'impulsions du compteur d'eau au moyen de câbles 2x1 ou 1,5mm² blindés ;
- aux sondes de température assurant le suivi énergétique au moyen de câbles 2x1 ou 1,5mm² ;
- à une sonde de mesure d'ensoleillement (type cellule photovoltaïque) dans le cas de systèmes avec échangeur séparé ;
- aux contacts auxiliaires normalement ouverts des contacteurs de commande des circulateurs primaire et secondaire. Le raccordement des contacts est réalisé par câbles 2x1 ou 1,5mm².

Il récupère toutes informations possibles de la régulation (température, ensoleillement, notamment). Il peut servir de régulateur, ce qui évite la multiplication des dispositifs électroniques.

Les raccordements aux câbles existants ou les prolongements éventuels doivent être réalisés par soudure à l'étain. Ces connexions sont protégées par gaines thermorétractables ou dominos sous boîtes de dérivation. Les câbles sont fixés sur chemins de câbles ou sous gaines PVC rigides. Il est important de respecter les longueurs et la qualité des câblages de raccordement entre ces sondes et l'appareil de suivi.



Raccordements électriques

12



L'entreprise d'installation doit assurer l'ensemble des raccordements électriques des équipements installés ainsi que leur protection.

Les raccordements électriques s'effectuent par câbles U1000 RO2V de section surdimensionnée fixés sur chemins de câbles ou en gaines PVC rigides.

L'alimentation et les protections de tous les équipements solaires s'effectuent à partir d'un coffret électrique dédié de degré de protection IP 437. Les équipements de commande et de sécurité sont fixés sur rails DIN.

Le coffret électrique est alimenté en 400 V + neutre à partir de l'armoire électrique générale prévue en chaufferie. Elle est équipée au départ d'un disjoncteur divisionnaire tripolaire calibré sur la puissance nécessaire majorée de 100%.

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).

Le coffret électrique est équipé :

- un sectionneur général à fusibles ;
- deux contacteurs bipolaires de commandes des circulateurs équipés de contact auxiliaires normalement ouverts ;
- des disjoncteurs divisionnaires pour la protection de l'interrupteur crépusculaire (si présent), du régulateur, du télécontrôleur (si présent) ;
- un disjoncteur différentiel de 30 mA de protection de la prise de courant (prise à l'intérieur du coffret) ;
- une prise de courant « force » en mono 230V équipée d'un pôle de terre de 16 A ;

- 1 commutateur 3 positions (Marche-Arrêt-Auto) pour la commande de la pompe solaire,
- un voyant sous tension du coffret électrique et deux voyants « marche » du(es) circulateur(s) ;
- les plaques signalétiques en façade ;
- l'interrupteur crépusculaire (si présent) ;
- le régulateur pouvant également assurer une fonction de télécontrôleur, doté d'une capacité de commande de la pompe solaire en puissance ;
- une alimentation 220/24V ;
- une batterie de secours ;
- une pochette à documents contenant les schémas électriques de commande et de puissance avec les reports et repérages.

Les passages de câbles sont effectués sous goulottes à l'intérieur du coffret électrique et par passe-fils au travers de sa paroi. Tous les appareils sont étiquetés et les câbles repérés par numérotation.

Le coffret électrique doit contenir les schémas électriques « commande » et « puissance » avec report des repérages.

Mise au point et mise en service

13



La mise en service des installations solaires avec capteurs remplis en permanence est impérativement subordonnée à leur utilisation. Aucune mise en service ne doit être réalisée tant que la consommation d'eau chaude sanitaire est nulle.

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.

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.

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.

13.1. • Mise au point statique de l'installation solaire

La mise au point « statique » consiste à vérifier que les équipements posés sont conformes et peuvent être mis en marche.

Elle précède le remplissage et le réglage des équipements en fonctionnement. Elle ouvre de fait la voie à la mise au point en fonctionnement (dite « dynamique ») de l'installation.

13.1.1. • Rinçage

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 entraîner des cavitations et donc un mauvais fonctionnement du système.

Au moment du rinçage, 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 ne doit pas être réalisé par temps ensoleillé. Un fluide à température ambiante qui arrive sur des capteurs très chaud va se vaporiser instantanément.

Commentaire

Si les capteurs peuvent être 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), le rinçage est effectué tôt le matin ou si le ciel est fortement nuageux.

Avant de commencer le rinçage, il est conseillé de démonter le vase d'expansion, de fermer sa vanne d'isolement 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, se reporter aux préconisations du fabricant.

13.1.2. • Essais d'étanchéité

Les essais d'étanchéité sont effectués après le rinçage 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 maintenant 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 service.

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.

13.2. • Mise au point dynamique de l'installation solaire

La mise au point dynamique consiste à mettre en marche, mesurer et régler les paramètres de l'installation : débits, pressions conformément aux spécifications et aux calculs.

La collecte de tous les résultats de mesure sur des bordereaux constitue un document précieux pour l'exploitation future de l'installation :

- il atteste que l'installation fonctionne conformément aux valeurs prescrites ;
- il constitue une mémoire de tous les réglages effectués ;
- il améliore la qualité d'exploitation car il sera possible de détecter les dérives concernant les paramètres essentiels de l'installation.

13.2.1. • Remplissage

Au moment du remplissage, il ne doit exister aucun risque de gel. Il ne doit pas être réalisé par temps ensoleillé.

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

Le remplissage est réalisé à l'aide d'une pompe d'épreuve ou de tout autre système équivalent. Le liquide utilisé est de préférence prêt à l'emploi, c'est-à-dire déjà dosé.

Les caractéristiques suivantes du liquide caloporteur glycolé doivent être consignées :

- marque commerciale ;
- couleur initiale ;
- pH ;
- densité ;
- température limite de protection antigel ;
- température lors du remplissage ;
- volume de liquide introduit (si connu).

Pour les installations autovidangeables, le remplissage du circuit primaire s'effectue au moyen d'une pompe électrique (ou manuelle) raccordée au piquage de vidange-remplissage au point le plus bas de l'installation (nommé V1). On donne à titre d'exemple, un principe de remplissage de l'installation solaire.

Le principe consiste à remplir le circuit jusqu'au niveau du collecteur bas des capteurs (B1), volume (v) auquel, une fois ce niveau stabilisé, est prélevé la quantité (q) de fluide correspondant à la dilatation maximale ($q = v \times 0,07$).

Le remplissage s'effectue par la vanne V1 et la méthode à suivre est la suivante :

- enlever le bouchon B1 de la batterie de capteurs la plus éloignée du local ECS et fermer la vanne V2 (vanne d'isolement de la pompe). Prévoir un réservoir sous l'extrémité du collecteur (B1) ;
- remplir le circuit jusqu'au niveau du collecteur bas des capteurs (écoulement fluide B1), arrêter le remplissage ;
- ouvrir la vanne V2 et laisser le niveau du fluide se stabiliser ;
- compléter le remplissage jusqu'au collecteur bas des capteurs, arrêter le remplissage et laisser s'écouler l'excédent de fluide ;
- une fois le niveau stabilisé, prélever la quantité de fluide correspondant à la dilatation maximale calculée ci-avant au niveau de V1 et remettre le bouchon B1.



La mise en service d'une installation autovidangeable réclame une procédure spécifique : il est interdit de remplir le circuit complètement (contrairement aux systèmes pressurisés). Pour ces installations se reporter aux préconisations du fabricant. Le contrôle de la bonne répétabilité de la vidange nécessite l'intervention soit du fabricant soit du bureau d'études concepteur qui maîtrise les particularités de l'auto vidangeable.

13.2.2. • Purge et dégazage (installations avec capteurs remplis en permanence)

Tout remplissage doit être accompagné d'un dégazage utilisant un dispositif de purge.

La purge s'effectue par l'intermédiaire des purgeurs situés au point haut de l'installation. Après dégazage de l'installation, les purgeurs doivent être impérativement fermés afin d'éviter l'écoulement de liquide caloporteur sous forme de vapeur en cas de stagnation.

Commentaire

La purge complète d'une installation avec capteurs remplis en permanence peut durer quelques jours et impliquer un retour du professionnel sur l'installation pour fermer les vannes des purgeurs automatiques.

13.2.3. • Mise sous pression

A la fin du remplissage, la mise en pression du circuit primaire doit être réalisée.

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 0,6 bar.

Dans le cas d'une installation sous pression, les recommandations du fabricant doivent être suivies. 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 hauteur manométrique entre le haut du réservoir et la pompe est juste vis-à-vis de la NPSH de la pompe, il est possible de mettre le circuit en pression jusqu'à 1 bar au-dessus de la pression atmosphérique.

Si la pompe fait des bruits de cavitation, le circuit doit être intégralement vidangé, et la procédure de remplissage doit être reprise en intégralité.

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

13.3. • Réglage des débits

De la boucle solaire

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.

Toutes les vannes du circuit primaire et la vanne de réglage sont ouvertes. La mise en marche du ou des circulateur(s) est forcée avec le régulateur. Le débit est contrôlé.

Pour le pré-réglage du débit, le commutateur de la pompe solaire doit être réglé de manière à atteindre le débit nécessaire avec la position la plus basse. Le réglage est affiné avec la vanne de réglage ou électroniquement.

Commentaire

Les valeurs pour le réglage du débit du circuit primaire sont généralement comprises entre 40 et 60 l/h par m² de capteurs (de 0,6 à 1 l/min). Dans le cas d'installations avec échangeur externe, le débit calorifique du circuit secondaire de l'échangeur est identique à celui du circuit primaire.

Si le débit indiqué n'est pas atteint avec la vitesse de rotation maximale du circulateur, la longueur des conduites et les dimensions

préconisées pour l'usage de la pompe sont vérifiées et si nécessaire, une pompe plus puissante doit être utilisée.



Lors de la mise en service, le circulateur doit être réglé sur la vitesse à laquelle il a été sélectionné. Les circulateurs fonctionnent trop souvent inutilement à la vitesse maximale.

Cas des installations en eau technique avec fonctionnement à débit fixe



Le débit minimal doit être celui du circuit secondaire de l'échangeur : le débit de la boucle ECS, et plus précisément le débit maximal puisé, ne doit jamais être supérieur au débit de la boucle en eau technique.

Dans le cas d'un profil de puisage présentant un rapport entre débit de pointe et débit de la boucle solaire faible, un sur-débit de la boucle en eau technique est favorable à la performance solaire de l'installation. La formule permettant d'approcher la valeur optimale de ce sur-débit est la suivante :

$$\text{Valeur de sur débit} = \sqrt{\frac{Q_{\text{boucle secondaire solaire}}}{Q_{\text{maximal d'ECS puisé}}}}$$

Avec :

- $Q_{\text{boucle secondaire solaire}}$: débit de la boucle secondaire de l'échangeur solaire (l/h)
- $Q_{\text{maximal d'ECS puisé}}$: débit de pointe d'ECS (l/h)

13.4. • Equilibrage de la boucle solaire

Le contrôle de l'équilibrage des réseaux doit être réalisé par des mesures de pression au niveau des vannes d'équilibrage. Le contrôle peut éventuellement être réalisé par des mesures de température en entrée et en sortie de chaque série de capteurs solaires.

Une fois le circuit rempli et porté à pression nominale, un premier équilibrage se fait sur la base des calculs préalables réalisés par l'entreprise. Ils permettent de définir le réglage des vannes en fonction des débits et pertes de charge.

Commentaire

Un retour du professionnel sur l'installation peut être nécessaire après la purge complète d'une installation avec capteurs remplis en permanence. Un éventuel complément de liquide caloporteur peut être nécessaire avant vérification des débits dans chacune des branches de l'installation.

Après l'équilibrage de l'installation, le réglage de chaque vanne est verrouillé.

Chaque vanne de réglage est identifiée par une étiquette sur laquelle figurent les informations suivantes :

- le type de la vanne ;
- le diamètre de la vanne ;
- la référence de la vanne ;
- la position de réglage de la vanne ;
- la perte de charge de la vanne ;
- le débit désiré ;
- le débit mesuré ;
- le nom du technicien qui a réalisé l'opération ;
- la date du réglage.

Le rapport de réglage doit figurer dans le Dossier d'Ouvrage Exécuté (DOE).

13.5. • Paramétrage de la régulation

Un contrôle des valeurs des sondes de température doit être réalisé en se référant aux tableaux de correspondance entre la température et la résistance (valeurs ohmiques).

Le régulateur est mis sous tension et paramétré.

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.

Commentaire

Dans le cas d'une installation de type eau technique avec asservissement du circulateur au puisage et avec un débit au primaire de l'échangeur de décharge variable et modulé afin de maintenir un pincement fixe, le régulateur est conforme aux préconisations du constructeur.

13.5.1. • Valeurs de différentiels

De la boucle solaire

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

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

- 5 à 10K pour le Différentiel de Démarrage ;
- 2 à 4K 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.

Cas des installations autovidangeables

Les installations autovidangeables peuvent impliquer une régulation spécifique distinguant les phases d'amorçage (chasse de l'air) et les phases de fonctionnements. Le professionnel doit se conformer aux prescriptions du fabricant.

Cas des installations en eau technique avec maintien en température de l'échangeur de décharge par vanne à trois voies

La vanne à trois voies a un fonctionnement tout ou rien et est commandée en regard d'un différentiel de température compris entre 5 et 10K (entre le haut du ballon solaire et la sortie du primaire de l'échangeur). Son fonctionnement est le suivant :

- lors d'un puisage d'ECS, le différentiel de température entre l'entrée et la sortie de l'échangeur est important (supérieur à 5-10K) : la voie directe de la vanne à trois voies s'ouvre complètement. L'échangeur est directement alimenté par l'eau préchauffée dans le ballon solaire ;
- lors de non puisage d'ECS, l'eau boucle sur l'échangeur : la voie directe de la vanne à trois voies est fermée. Si le différentiel de température entre le haut du ballon et la sortie de l'échangeur est atteint, la voie directe de la vanne à trois voies s'ouvre permettant ainsi de réchauffer la boucle et de maintenir en température l'échangeur (à la température du ballon solaire).

13.5.2. • Dispositif de mesure d'ensoleillement

La mesure fournie par le dispositif de mesure d'ensoleillement (souvent une sonde d'ensoleillement) doit correspondre à la luminosité ambiante. Si ce n'est pas le cas, une vérification de l'état de la sonde, des branchements, et de l'intégrité des circuits électriques doit être entrepris.

Commentaire

Le seuil d'enclenchement de l'interrupteur crépusculaire doit être réglable de 2 à 2000 lux. La temporisation intégrée au dispositif pour éviter des commutations intempestives doit être au minimum de 30 secondes.

13.5.3. • Température de stockage solaire

Les ballons de stockage solaires sont équipés d'un revêtement interne autorisant des températures de réchauffage jusqu'à 90°C. La température de consigne de protection du ballon de stockage est en général de 5°C en dessous de la valeur maximale supportable par le revêtement.

Commentaire

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

Le ballon est protégé contre les surchauffes :

- pour les installations de type autovidangeable : le ballon de stockage est protégé contre les surchauffes par l'arrêt de la pompe du circuit primaire (généralement quand la température en bas de ballon est supérieur à 85°C). Cette dernière est remise en service lorsque la température de bas de ballon est inférieure généralement à 60°C ;
- pour les installations avec capteurs en permanence avec régulation par différentiels : quand la température du ballon de stockage s'approche de la température maximale paramétrée (généralement, une différence de 10°C), le régulateur tente de délester la partie inférieure du ballon de stockage. Le circulateur est démarré dès que la température en sortie de champ de capteurs est inférieure à celle du ballon de stockage (généralement 8°C). Dès que cette différence de température est trop faible (généralement 4°C), le circulateur s'arrête à nouveau.

Les valeurs mesurées, les réglages et les opérations effectuées lors de la mise au point sont consignées.

13.5.4. • Température de production d'appoint

Dans le cas d'une production avec stockage d'ECS et afin de limiter les risques sanitaires, la température de production doit être suffisante.

Lorsque le volume total des équipements de stockage est supérieur ou égal à 400 litres, l'eau contenue dans les équipements de stockage, à l'exclusion des ballons de préchauffage (ballon de stockage solaire), doit être en permanence à une température supérieure ou égale à 55°C à la sortie des équipements (ou être portée à une température suffisante au moins une fois par 24 heures), sous réserve du respect permanent des dispositions prévues afin de limiter les risques de brûlure.

Quand l'installation ne comporte qu'un seul ballon avec appoint intégré, si le volume total du ballon est supérieur ou égal à 400 litres, la température doit être supérieure ou égale à 55°C à la sortie du ballon.

Lorsqu'il y a deux ballons, le volume à prendre en compte est le volume de stockage global (volume de préchauffage solaire et d'appoint). La température supérieure à 55°C est à considérer à la sortie du ballon d'appoint.

La température de stockage (notamment dans le cas d'une installation avec appoint intégré) ne doit pas être trop élevée (production solaire pénalisée, relances de l'appoint systématiques et pertes de stockage importantes). Le risque d'entartrage dépend des caractéristiques physico-chimiques de l'eau (pH, TAC, TH...) et de la production d'ECS (température de consigne, position de la sonde de régulation). Plus la température de production d'ECS est élevée, plus ce risque est important.



Le circulateur de charge de l'appoint doit être asservi à la température du ballon d'eau chaude sanitaire.

La température de production d'eau chaude sanitaire est comprise entre 55 et 60°C.

Commentaire

Dans le cas où l'installation comporte une boucle de recirculation, le maintien en tout point de la boucle d'une température supérieure à 50°C implique une chute de température maximale entre le départ et le retour de boucle de 5 à 10K selon la température de production choisie (de 55 à 60°C).



Dans tous les cas, les utilisateurs doivent être protégés contre les risques de brûlures aux points de puisage, où la température de l'eau puisée ne doit pas dépasser 50°C dans les pièces destinées à la toilette et 60°C dans les autres pièces.

13.6. • Vérification des organes hydrauliques

La soupape de sécurité doit être tarée en fonction de la pression de remplissage du circuit primaire. En général à 6 bars pour les installations avec capteurs remplis en permanence, à 3 bars pour les autres.

Les seuils de pression basse et haute sont notés sur le(s) manomètre(s). Cela permet de faire un contrôle facile et fréquent du bon remplissage de l'installation.

Les purgeurs automatiques peuvent être activés pour vérifier leur fonctionnement.

La pression de gonflage du vase d'expansion doit être contrôlée avant son montage. Sinon, l'isoler, le vider et mesurer sa pression de gonflage.

Il convient de vérifier si le régulateur commande la mise en marche du (des) circulateur(s), et si ce n'est pas le cas, de forcer la commande au niveau du régulateur (ne pas oublier de rebasculer en mode automatique une fois l'opération terminée).

13.7. • Première montée en température

Lors de la première montée en température, il y a lieu de surveiller la montée en pression ainsi que le fonctionnement des dispositifs de protection et de sécurité. On vérifie que tous les appareils ne subissent pas de détérioration et qu'ils ne se déplacent pas sur leurs supports, que les dilatations se font sans bruit et sans donner lieu à des déformations anormales.

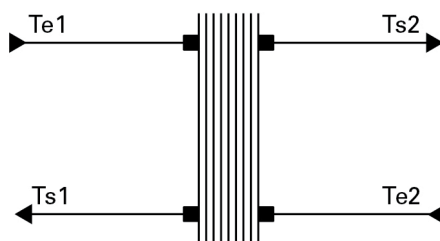
Un examen visuel des canalisations en essai doit permettre de ne déceler aucune fuite d'eau.

13.8. • Contrôles de bon fonctionnement

Quand l'installation est en fonctionnement, les écarts de température aux bornes de l'échangeur sont vérifiés.

Ils doivent être similaires à ceux présentés dans le tableau (Figure 37).

Température de stockage (°C)	Valeurs approximative des écarts de température lors d'une belle journée ($T_{s1} - T_{e1}$) et ($T_{s2} - T_{e2}$)
20	6 à 10K
40	4 à 7K
70	2 à 4K



▲ Figure 37 : Ecart de température aux bornes de l'échangeur solaire

Si les ordres de grandeur suivant ne sont pas respectés, on pourra se référer au tableau (Figure 38) suivant.

Dysfonctionnement	Cause
Ecart de température supérieur aux valeurs prévues	Débit du circuit concerné trop faible
Ecart de température inférieur aux valeurs prévues	Échangeur insuffisant ou encrassé Débit du circuit concerné trop élevé

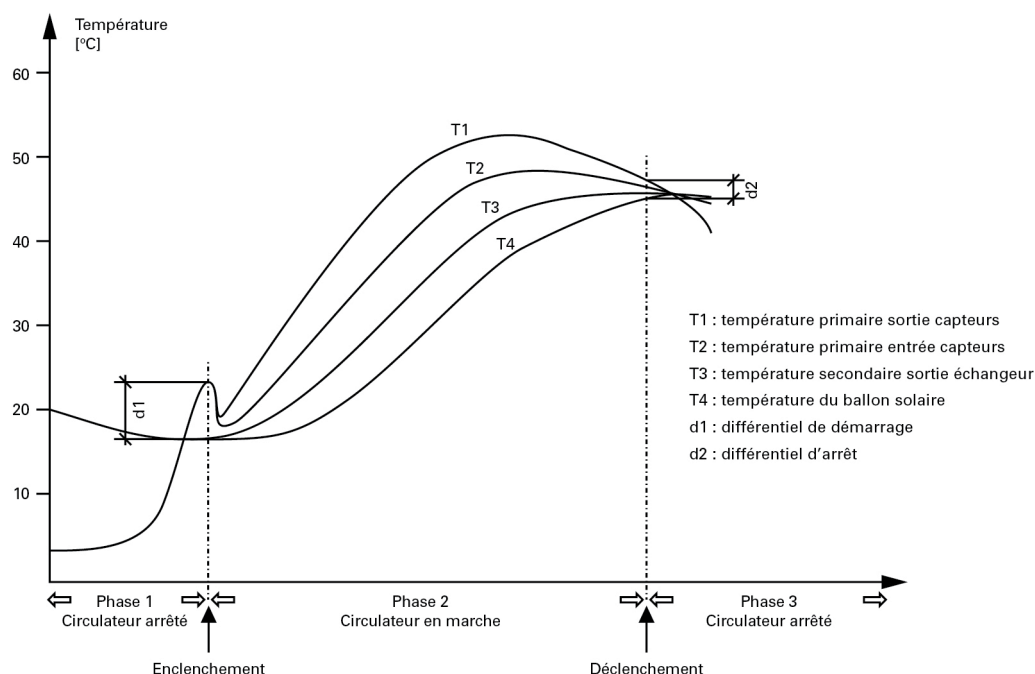
▲ Figure 38 : Constats, interprétations et actions correctives suite au contrôle des écarts de température aux bornes de l'échangeur solaire

Si le débit est cohérent, il faut alors vérifier le bon dimensionnement de l'échangeur et le paramétrage de la régulation.

Le bon fonctionnement de la régulation solaire doit être vérifié. Le relevé des températures suivantes doit être réalisé sur une durée suffisamment importante pour obtenir une belle journée :

- température du fluide primaire en sortie des capteurs (T1) ;
- température du fluide primaire en entrée des capteurs (T2) ;
- température du fluide secondaire en sortie de l'échangeur (T3) ;
- température de l'eau chaude sanitaire dans le ballon solaire (T4) ;

La similitude des relevés par rapport au graphique (Figure 39) doit être vérifiée (les températures sont indicatives).



▲ Figure 39 : Evolution des températures et des différentiels pour le contrôle du bon fonctionnement de la régulation

Le bon fonctionnement de l'échangeur solaire doit être vérifié. Le coefficient de transfert thermique KS de l'échangeur peut être contrôlé conformément au tableau de la (Figure 40).

		Valeur relevée ou calculée	Repère
Masse volumique du fluide primaire (eau + antigel)	[kg / m ³]		[1]
Capacité thermique massique du fluide primaire (eau + antigel)	[kJ / kg. K]		[2]
Débit volumique du circuit primaire	[m ³ / h]		[3]
Température d'entrée fluide primaire (Te1)	[°C]		[4]
Température de sortie fluide primaire (Ts1)	[°C]		[5]
Puissance calorifique primaire = [1] x [2] x [3] x ([4] – [5])/3600	[kW]		[6]
Masse volumique du fluide secondaire (eau)	[kg / m ³]		[7]
Capacité thermique massique du fluide secondaire (eau)	[kJ / kg. K]		[8]
Débit volumique du circuit secondaire	[m ³ / h]		[9]
Température d'entrée fluide secondaire (Te2)	[°C]		[10]
Température d'entrée fluide primaire (Ts2)	[°C]		[11]
Puissance calorifique primaire = [7] x [8] x [9] x ([11] – [10]) / 3600	[kW]		[12]
Puissance moyenne = ([12] + [6]) / 2	[kW]		[13]
Ecart logarithmique de température = ([4] – [11]) – ([5] – [10]) / ln (([4] – [11]) / ([5] – [10]))			[14]

	Valeur prévue	Valeur calculée	Confor- mité Oui/ Non
Coefficient de transfert thermique de l'échangeur KS = [13] / [14] [W/K]			

▲ Figure 40 : Vérification du coefficient de transfert thermique de l'échangeur KS

A titre indicatif, si l'on divise le KS trouvé par la surface de capteurs mise en œuvre, le résultat doit être normalement proche de 100 W/m².K.

14

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. Elles doivent être levées dans un délai raisonnable et très rapidement si le fonctionnement de l'installation en dépend.

La réception des travaux est le point de départ des principales garanties que sont la garantie décennale, la garantie 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.

Le maître d'ouvrage doit à l'issue de la réception avoir en sa possession les documents spécifiés dans les pièces du marché tels que les dossiers DOE (Dossier des Ouvrages Exécutés) et DIUO (Dossier d'Intervention Ulérieure sur l'Ouvrage). Ils doivent être accompagnés du DUEM (Dossier d'Utilisation Exploitation et de Maintenance).

Le DOE est composé des documents réalisés avant travaux (plans, notes de calcul...) mis à jours si nécessaire, des documentations techniques des matériels utilisés et des manuels d'utilisations associés.

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

Le DUEM permet au maître d'ouvrage et surtout à l'exploitant de bien comprendre le fonctionnement de l'installation et de conserver une trace écrite pour l'exploitation. Il décrit l'installation et notamment :

- le matériel mis en œuvre et la liste des fournisseurs de avec leurs coordonnées ;

- le schéma de principe hydraulique avec la liste des points de mesure reportés ;
- le schéma électrique de commande et de régulation ;
- la logique de fonctionnement, les instructions de marche, de démarrage et d'arrêt ;
- un rapport présentant les résultats détaillés et documentés des études de réalisation : dimensionnement définitif des équipements, calcul des réglages des vannes ou organes d'équilibrage, paramétrage de la régulation, calcul des performances attendues... La méthodologie de suivi énergétique recommandée est spécifiée. Elle vise l'obtention de données objectives sur les performances réelles de l'installation et la détection de dysfonctionnements éventuels ;
- un dossier intégrant les fiches opératoires attestant de la conformité des travaux d'installation, de la mise au point statique et dynamique de l'installation. La vérification du bon rinçage, essais d'étanchéité et de pression) et de la mise au point dynamique de l'installation (mesures et réglages effectués ainsi que leur conformité aux calculs des études de réalisation) ;
- la liste des opérations de maintenance recommandées. Le nombre et le type d'intervention doit être adaptés à l'installation, aux exigences de l'utilisateur et aux spécifications des constructeurs. Un suivi des performances associé à une maintenance curative est préconisé.

14.1. • 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. Par exemple, effondrement, défaut d'étanchéité d'une toiture, défauts des biens d'équipement indissociables de l'ouvrage (gainés, conduits encastrés dans les murs et sols...) dont le démontage ne peut s'effectuer sans détériorer une partie de la construction.

14.1.1. • 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.



14.1.2. • 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. Elle ne s'applique donc pas aux équipements indissociables qui bénéficient ainsi de la garantie décennale, ils sont assimilés au bâti. Mais, si des équipements défectueux dissociables du bâtiment le rendent inhabitable, vous pouvez mettre en jeu la garantie décennale du professionnel, plus tôt que la garantie biennale de bon fonctionnement.

14.2. • 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 maître d'ouvrage ;
- ce document doit comporter une mention spécifiant que le maître d'ouvrage en a bien pris connaissance ;
- l'entreprise doit la faire signer par le maître 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.

Commentaire

Privilégier un prestataire unique pour l'entretien de la chaufferie et de l'installation solaire simplifie les échanges et permet une maintenance à moindre coût. Prévoir la mise en place d'un suivi énergétique de l'installation réalisée par un prestataire spécialiste, l'exploitant lui-même ou par un service interne à la maîtrise d'ouvrage. La fréquence des visites pour la maintenance sera à adapter en regard des dérives de performance éventuellement constatées (équilibre entre coût d'exploitation et économie d'énergie générée par le solaire thermique).

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 1].

Annexe

15



[ANNEXE 1] EXEMPLE DE FICHE DE DEVOIR DE CONSEIL

ANNEXE 1 : 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 :

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		
Très clair	☐	
Clair	☐	
Nuageux	☐	
Pluvieux	☐	
Température du ballon de stockage solaire		
Température d'entrée du fluide primaire	[°C]	
Température de sortie du fluide primaire	[°C]	
Température d'entrée du fluide secondaire	[°C]	
Température de sortie du fluide secondaire	[°C]	
Température d'entrée du fluide primaire de l'échangeur de décharge	[°C]	
Température de sortie du fluide primaire de l'échangeur de décharge	[°C]	
Température de sortie de l'ECS au secondaire de l'échangeur de décharge	[°C]	
		Etat initial Relevé
Pression du circuit primaire	[bar]	
Pression de gonflage du vase d'expansion (si présent)	[bar]	
Débit du fluide (circuits primaire et secondaire)	[l/h]	
Température de départ d'ECS	[°C]	
Relevé du compteur d'eau	[m³]	
Relevé du compteur d'énergie	[kWh]	

Vérifications et contrôles			
	C	NC	Observations
Elément extérieurs			
Etat des capteurs et des supports	☐	☐	
Fonctionnement des vannes d'arrêt	☐	☐	
Vanne d'isolement fermée si purgeur automatique	☐	☐	
Etat de la protection mécanique du calorifuge extérieur	☐	☐	
Position des vannes d'équilibrage	☐	☐	
Boucle solaire			
Contrôle de l'écoulement (ouverture) et de l'étanchéité (fermeture) de la soupape de sécurité	☐	☐	
Contrôle du liquide caloporteur (teneur en antigel et pH)	☐	☐	
Contrôle visuel du bon fonctionnement du(des) circulateur(s) (bruit, échauffement, vibration)	☐	☐	
Contrôle d'étanchéité des presse-étoupes / garniture du(des) circulateur(s)	☐	☐	
Contrôle d'étanchéité de l'échangeur de chaleur (si présent)	☐	☐	
Etat du calorifuge de l'échangeur de chaleur (si présent)	☐	☐	
Contrôle des pertes de charge de l'échangeur de chaleur (si présent)	☐	☐	

Vérifications et contrôles			
Absence de fuite ou de corrosion du vase d'expansion (si présent)	☐	☐	
Système de régulation			
Vérification du paramétrage de la régulation solaire	☐	☐	
Vérification du paramétrage de la régulation de la boucle technique (si installation en eau technique)	☐	☐	
Contrôle de la bonne tenue des sondes (position et connexions électriques)	☐	☐	
Stockage solaire			
Réalisation de chasses	☐	☐	
Contrôle de l'étanchéité des piquages	☐	☐	
Contrôle de l'état de la jaquette isolante	☐	☐	
Contrôle de l'anode visuel (démontage tous les 2 ans)	☐	☐	
Boucle en eau technique (si installation en eau technique)			
Contrôle d'étanchéité de l'échangeur de décharge	☐	☐	
Etat du calorifuge de l'échangeur de décharge	☐	☐	
Contrôle visuel du bon fonctionnement du circulateur de décharge (bruit, échauffement, vibration)	☐	☐	
Contrôle d'étanchéité des presse-étoupes / garniture du circulateur de décharge	☐	☐	
Contrôle électrique du circulateur de décharge	☐	☐	
Essai de fonctionnement du circulateur de décharge	☐	☐	
Essai de fonctionnement de la vanne à trois voies (si présente)	☐	☐	
Absence de fuite ou de corrosion du vase d'expansion	☐	☐	
Contrôle de l'écoulement (ouverture) et de l'étanchéité (fermeture) de la soupape de sécurité	☐	☐	
Sécurité électrique			
Recherche d'échauffements et de bruits anormaux	☐	☐	
Etat des contacteurs et des câbles	☐	☐	
Serrage des connexions	☐	☐	
Fonctionnement des organes de coupure et de protection	☐	☐	

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]

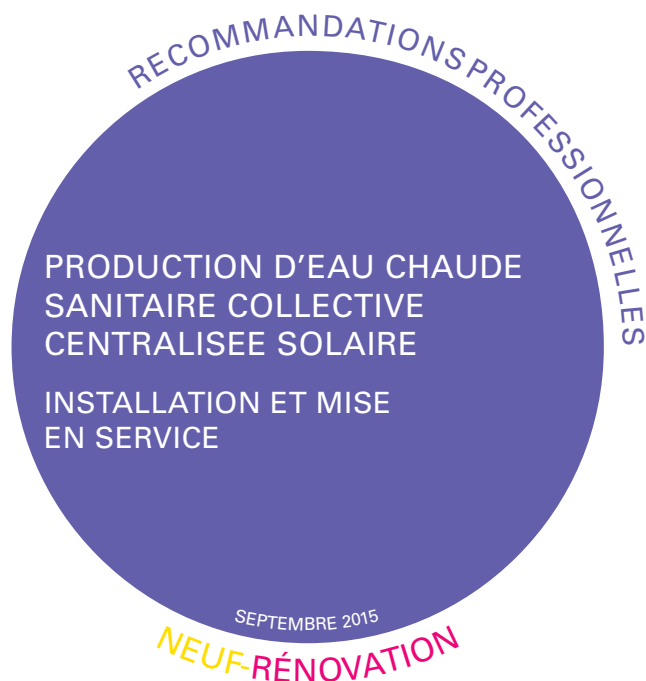
[signature du Maître d'Ouvrage] ____ [signature du représentant de l'entreprise]

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 CINOVA) ;
- 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 (UNSA) ;
- 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.





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 collectif centralisé.

L'installation est autovidangeable ou avec capteurs remplis en permanence. Le stockage solaire est réalisé en eau chaude sanitaire ou en eau technique.

Elles s'appuient et complètent les exigences de la norme NF DTU 65.12.

Les solutions techniques adaptées et les schémas hydrauliques associés sont présentés. La fonction, les critères de choix et les bonnes pratiques de mise en œuvre de chacun des composants 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 aux éléments de couverture et les remontées d'étanchéité pour les traversées de l'écran de sous-toiture.

Enfin, 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.



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

