



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

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

**SYSTÈMES SOLAIRES COMBINÉS
EN HABITAT INDIVIDUEL**
INSTALLATION ET MISE EN SERVICE

JUILLET 2013

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	9
2.1. • Références réglementaires	9
2.2. • Références normatives	10
2.3. • Autres documents	13
3 - DÉFINITIONS	15
4 - LES SOLUTIONS EN RÉNOVATION	17
4.1. • Les systèmes solaires combinés indirects	18
4.1.1. • Principe de fonctionnement	18
4.1.2. • La production d'eau chaude sanitaire	19
4.1.3. • Le système d'appoint	19
4.2. • Les systèmes solaires combinés directs	22
4.2.1. • Sans ballon de stockage	22
4.2.2. • Avec ballon de stockage	23
5 - MISE EN ŒUVRE DES CAPTEURS SOLAIRES	25
5.1. • Informations sur les capteurs	25
5.2. • Sécurité des personnes	26
5.3. • Implantation du chantier	27
5.4. • Les échelles	27
5.4.1. • Élévation du matériel	27
5.4.2. • Manipulation et disposition du matériel	28
5.4.3. • Dépose et évacuation des éléments de couverture	28
5.4.4. • Prise en compte du poids des capteurs	29
5.5. • Implantation des capteurs	30
5.5.1. • Généralités	30
5.5.2. • Impact de l'inclinaison des capteurs sur les performances énergétiques	31
5.6. • L'écran de sous-toiture	32
5.7. • Incorporation et semi-incorporation en toiture	35
5.7.1. • Planéité du support recevant les capteurs	36
5.7.2. • Fixations	37
5.7.3. • Raccordement d'étanchéité entre capteurs	39
5.7.4. • Raccordement d'étanchéité aux éléments de couverture	40
5.7.5. • Ventilation en sous-face	44
5.8. • Indépendant sur support	44
5.8.1. • Toiture inclinée	44
5.8.2. • Toiture terrasse	46
5.8.3. • Paroi verticale	50

6 - MISE EN ŒUVRE DU CIRCUIT PRIMAIRE	53
6.1. • Raccordement hydraulique du champ de capteurs.....	53
6.1.1. • Préconisations pour le raccordement.....	53
6.1.2. • Méthodologie de raccordement	56
6.1.3. • Raccordement par tuyauteries enterrées	57
6.1.4. • Les pénétrations.....	58
6.1.5. • Cas particulier.....	59
6.2. • Raccordement hydraulique de la boucle primaire.....	60
6.2.1. • Purges d'air, séparateurs d'air	60
6.2.2. • Canalisations.....	63
6.2.3. • Isolation thermique	66
6.2.4. • Protection contre le gel	67
6.2.5. • Expansion.....	69
6.2.6. • Équipements de sécurité.....	71
6.2.7. • Système de décharge.....	72
6.2.8. • Système évitant l'inversion du sens d'écoulement	72
6.2.9. • Circulateur	73
6.2.10. • Débitmètre.....	74
6.2.11. • Dispositif de remplissage, de vidange et de prélèvement.....	74
6.2.12. • Instruments de mesure et de contrôle.....	75
7 - MISE EN ŒUVRE DU DISPOSITIF DE STOCKAGE	76
7.1. • Le système solaire à charge directe	76
7.1.1. • Avec ballon de stockage	76
7.1.2. • Sans ballon de stockage.....	77
7.2. • Le système solaire à charge indirecte.....	77
7.2.1. • Le local.....	78
7.2.2. • Les réservations.....	80
7.2.3. • La stratification	81
7.2.4. • Les déperditions du ballon	81
7.2.5. • Raccordements hydrauliques.....	82
8 - MISE EN ŒUVRE DU SYSTÈME DE RÉGULATION.....	84
8.1. • Paramétrages du régulateur.....	84
8.1.1. • Les valeurs de différentiels.....	84
8.1.2. • La consigne de chargement du ballon	84
8.1.3. • Les fonctions les plus fréquentes	85
8.2. • Les sondes de température.....	86
8.2.1. • Les sondes de températures d'eau.....	86
8.2.2. • Sonde de température extérieure	89
9 - RACCORDEMENTS ÉLECTRIQUES	91
10 - MISE AU POINT ET MISE EN SERVICE.....	92
10.1. • Rinçage et essais d'étanchéité.....	92
10.2. • Remplissage	93
10.3. • Purge et dégazage.....	94
10.4. • Mise sous pression	94
10.5. • Réglage du débit	95
10.6. • Réglages de la régulation.....	95
10.7. • Vérification des organes de mesure et de sécurité	96
10.7.1. • Organes hydrauliques	96
10.7.2. • Organes de mesure	96

10.8. • Tableau de procédures de mise en service.....	96
Protocole de mise en service.....	97

11 - RÉCEPTION 99

11.1. • Explication générale de l'installation	99
11.2. • Explications de garanties de l'installation	100
11.3. • Remplissage des documents administratifs de description d'installation (Tous les documents nécessaires)	101
11.4. • Obligations d'entretien et de maintenance	101

12 - ANNEXES 103

ANNEXE 1 : Exemple de fiche d'autocontrôle.....	104
ANNEXE 2 : Exemple de fiche de devoir de conseil	109

DOMAINE D'APPLICATION



Ces Recommandations professionnelles ont pour objet de fournir les prescriptions techniques pour la réalisation d'installations solaires individuelles destinées à la production d'eau chaude sanitaire et de chauffage, désignées systèmes solaires combinés (SSC).

Elles traitent de la mise en œuvre :

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

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

Elles s'appliquent à l'habitat existant, 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.

RÉFÉRENCES

2



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.
- Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Arrêté du 30 novembre 2005 modifiant l'arrêté du 23 juin 1978 relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public.
- Arrêté du 29 mai 1997 relatif aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine.
- Arrêtés du 22 octobre 2010 et du 19 juillet 2011 relatifs à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- Directive 2006/95/CE du 12 décembre 2006 concernant le rapprochement des législations des États membres relatives au matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension.
- Directive n° 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'État) et le décret n° 65-48 du 8 janvier 1965.
- Décret 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 1993-1-8 Décembre 2005, Eurocode 3 Partie 1-8 : Calcul des assemblages
- 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 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 13984 : 2007, Feuilles souples d'étanchéité – Feuilles plastiques et élastomères utilisées comme pare-vapeur – Définitions et caractéristiques
- NF EN 1487 : Décembre 2000, Robinetterie de bâtiment – groupe de sécurité– Essais et prescriptions.
- NF EN 15316-3-1 : Juillet 2008, Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthode de calcul des exigences énergétiques et des rendements des systèmes – Partie 3-1 : systèmes de production d'eau chaude sanitaire, caractérisation des besoins (exigences relatives au puisage).
- NF EN 15316-3-2 : Juillet 2008, Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthode de calcul des exigences énergétiques et des rendements des systèmes – Partie 3-2 : systèmes de production d'eau chaude sanitaire, distribution.
- NF EN 60335-1 : Mai 2003, Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 1 : prescriptions générales.





- NF EN 60335-1 : Juin 2006, Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 1 : prescriptions générales.
- NF EN 60335-2-21 : Novembre 2004, Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 2-21 : règles particulières pour les chauffe-eau à accumulation.
- NF EN 60335-2-21 : Mai 2005, Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 2-21 : règles particulières pour les chauffe-eau à accumulation.
- EN 62305-1 : Juin 2006, Protection contre la foudre – Partie 1 : Principes généraux (CEI 62305-1:2006).
- ISO/TR 10217 : Septembre 1989, Énergie solaire. Système de production d'eau chaude. Guide pour le choix de matériaux vis-à-vis de la corrosion interne.
- NF P 52-001 : Mai 1975, Soupapes de sûreté pour installations de chauffage – Spécifications techniques générales.
- NF EN ISO 9488 : janvier 2000, Energie solaire – Vocabulaire.
- NF EN 12613 : février 2002, Dispositifs avertisseurs pour ouvrages enterrés – Dispositifs avertisseurs détectables pour ouvrages enterrés.
- NF EN 1717 : Mars 2001, Protection contre la pollution de l'eau potable dans les réseaux intérieurs et exigences générales des dispositifs de protection contre la pollution par retour.
- Norme EN 13959 : Clapet anti-pollution du DN 6 au DN 250. Famille E, type A, B, C et D.
- NF P 84-204-1-1 : 2004, DTU 43.1 Travaux de bâtiment Etanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de plaine Partie 1-1 : cahier des clauses techniques
- NF P 40-201 : 1977, DTU 60.1 Plomberie sanitaire dans les bâtiments à usage d'habitation
- DTU 45.2 P1-1 Isolation thermique des circuits, appareils et accessoires de – 80 °C à + 650 °C.
- DTU 60.5 Canalisations en cuivre – Distribution d'eau froide et chaude sanitaire, évacuation d'eaux usées, d'eaux pluviales, installations de génie climatique.
- NF DTU 60.1, NF P 40-201 : Février 1977, Plomberie sanitaire dans les bâtiments à usage d'habitation.
- NF DTU 65.11 P1-2 : Septembre 2007, Travaux de bâtiment Dispositifs de sécurité des installations de chauffage central concernant le bâtiment.

- NF DTU 65.12 P1-1, Réalisation d'installations solaires thermiques avec des capteurs vitrés – Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types.
- NF DTU 65.12 P1-2, Réalisation d'installations solaires thermiques avec des capteurs vitrés – Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux.
- DTU P 06-006 de novembre 2008 Règle N 84 Action de la neige sur les constructions.
- DTU P 06-002 de février 2009 Règle NV 65 Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes.
- DTU 20.12 – NF P10-203-1 de septembre 1993 et NF P 40-201, Gros œuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité.
- DTU 43.1, travaux d'étanchéité des toitures-terrasses (pentes au plus égale à 5%) et toitures inclinées (pentes supérieures à 5%) avec éléments porteurs en maçonnerie.
- DTU 43.3, toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité.
- DTU 43.4, toitures en éléments porteurs en bois et panneaux dérivés du bois avec revêtement d'étanchéité.
- DTU 43.5, réfection des ouvrages d'étanchéité des toitures-terrasses ou inclinées.
- DTU 45.2, isolation thermique des circuits, appareils et accessoires de – 80 °C à + 650 °C.
- DTU 60.5, canalisations en cuivre –Distribution d'eau froide et chaude sanitaire, évacuation d'eaux usées, d'eaux pluviales, installations de génie climatique.

2.3. • *Autres documents*

- QUALIT'ENR – Manuel de formation Qualisol SSC pour les installateurs de systèmes solaires combinés en habitat individuel – 2012.
- QUALIT'ENR – Fiche qualité autocontrôle SSC – 2010.
- FFB – UECF, Fiches pratiques système solaire combiné – 2012.
- CSTB – cahier n°3651-2 et 3356 : Cahier de Prescriptions Techniques pour la mise en œuvre des écrans souples de sous toiture.
- Fiche pratique de sécurité ED 137 éditée par l'INRS, l'OPPBTP et l'Assurance Maladie.

- 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 », de janvier 2011, élaborée par le Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement.

DÉFINITIONS

3



Générateur d'appoint

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

Système solaire combiné à charge indirecte

Système où l'énergie produite par le solaire et/ou l'appoint est stockée dans un ballon de stockage par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur solaire.

Système solaire combiné à charge directe

Système où la boucle de captage solaire circule directement dans les émetteurs de chaleur.

Ballon de stockage

L'énergie produite par l'installation solaire (et par l'appoint le case échéant) est stockée dans un volume d'eau de chauffage. La production d'eau chaude sanitaire peut être intégrée à ce ballon (échangeur immergé ou ballon en bain marie).

Installation à capteurs remplis en permanence

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

Installation à capteurs autovidangeables

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

Installation à circulation forcée

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

Capteur plan

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

Capteur sous vide

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

Champ de capteurs

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

Boucle de captage (ou circuit primaire)

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

Capteur solaire indépendant sur support

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

Capteur solaire semi-incorporé en toiture

Est dit semi-incorporé, un capteur solaire n'assurant ni la fonction de couverture ou ni celle de parement extérieur mais qui, associé à un accessoire adéquat (bac d'étanchéité), constitue un ensemble assurant la fonction couverture.

Capteur solaire incorporé en toiture

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

Capteur solaire intégré en toiture

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

LES SOLUTIONS EN RÉNOVATION

4



Un système solaire combiné (SSC) est un procédé solaire participant, en partie, à la couverture des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire de l'habitation. Il se compose :

- de capteurs solaires : ils assurent la transformation du rayonnement solaire en chaleur ;
- d'un système de transfert : il assure le transport des calories depuis les capteurs vers le lieu de stockage, soit directement, soit par le biais d'un échangeur de chaleur (incorporé ou non au stockage). Il comporte notamment le circulateur et la régulation associée ;
- d'un stockage (ballon et/ou émetteurs de chaleur) : il maintient l'eau de chauffage en température en vue de sa future utilisation.

Deux familles de systèmes solaires combinés cohabitent :

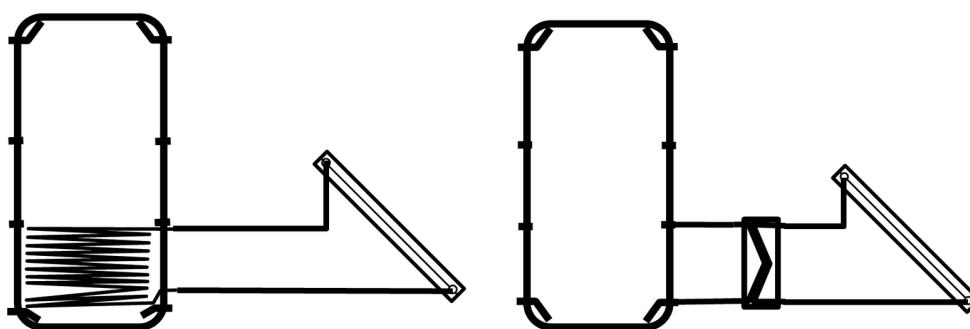
- les systèmes indirects : la chaleur produite par les capteurs solaires est stockée dans un ballon par l'intermédiaire d'un échangeur solaire ;
- les systèmes directs : la chaleur produite par les capteurs est directement injectée (pas d'échangeur solaire) dans l'émetteur de chaleur (par exemple, la dalle épaisse de plancher chauffant). L'ensemble de l'installation est glycolé.

4.1. • Les systèmes solaires combinés indirects

4.1.1. • Principe de fonctionnement

L'énergie produite par le solaire et/ou l'appoint est stockée dans un ballon de stockage. Ce dernier se présente sous la forme d'une cuve étanche, verticale et isolée thermiquement par une jaquette épaisse. Il contient de l'eau de chauffage (ou eau « morte »).

Comme illustré (Figure 1), l'échangeur solaire est intégré ou non au ballon de stockage.



▲ Figure 1 : Schéma de principe d'un ballon avec et sans échangeur intégré

Le ballon de stockage présente différentes zones (ou couches) permettant de stocker de l'énergie à différents niveaux de température. On trouve la zone :

- la plus froide en bas de ballon de stockage : elle est réservée au solaire ;
- la plus chaude en haut de ballon de stockage : elle assure la production d'eau chaude sanitaire (si cette dernière est prévue) ;
- intermédiaire : elle est utilisée pour alimenter le(s) circuit(s) de chauffage.

Une forte stratification du volume de stockage doit être recherchée. Elle permet un fonctionnement optimal des capteurs solaires en favorisant des températures à leurs entrées les plus basses possibles.

Commentaire

Afin de favoriser la stratification au sein du ballon de stockage, il faut préférer les réservoirs haut et étroit (un rapport hauteur sur diamètre supérieur ou égal à 2 est conseillé). Les volumes de stockage sont généralement compris entre 750 litres et 2000 litres pour des surfaces de capteurs solaires installées comprises entre 8 et 30 m².

4.1.2. • La production d'eau chaude sanitaire

La production d'eau chaude sanitaire peut être assurée de différentes manières. Elle peut être :

- produite directement dans le ballon de stockage solaire destiné au chauffage : l'installation fonctionne sur le principe de la stratification de la température. L'ECS peut alors être produite en partie haute du ballon de stockage dans un ballon indépendant en bain marie, par un échangeur instantané immergé dans le ballon de stockage ou par un échangeur extérieur à plaques.
- produite dans un ballon indépendant : le ballon de stockage ECS est du même type qu'un chauffe eau solaire individuel (CESI) et les capteurs solaires sont raccordés au ballon de stockage assurant le chauffage (s'il existe) et au ballon de stockage d'ECS.

4.1.3. • Le système d'appoint

Pour les installations de chauffage solaire avec ballon de stockage, l'appoint peut être réalisé par un système de chauffage indépendant (poêle à bois, convecteurs électriques) ou plus généralement par un système de chauffage centralisé (chaudière, poêle hydraulique).

Pour un système avec appoint indépendant, deux configurations sont possibles :

- mise en place d'une zone de chauffe, de préférence en basse température (radiateurs, murs, planchers) ;
- mise en place de ventilo convecteurs alimentés par l'installation solaire.

Dans tous les cas, lorsque les apports solaires sont insuffisants, le complément est réalisé séparément. L'appoint est piloté par les dispositifs existants : les thermostats incorporés aux convecteurs électriques, le thermostat d'ambiance pour une pompe à chaleur, la régulation indépendante d'un poêle à granulés ou encore l'allumage manuel d'un poêle à bûches.

Pour un système avec appoint centralisé, une grande variété de systèmes existent suivant le type de production d'ECS, de circuit(s) de chauffage et le schéma de raccordement du système d'appoint. On trouve :

- un raccordement en série (appelé aussi réchauffage du retour) comme illustré (Figure 2) : l'eau de chauffage est préchauffée par la partie solaire, l'appoint fournit le complément s'il y a lieu. Une vanne à trois voies dirige le retour du circuit de chauffage soit vers le ballon de stockage, si sa température est inférieure à la température du ballon, soit directement vers la chaudière ;
- un raccordement mixte (appelé aussi maintien en température en haut du stockage) comme illustré (Figure 3) : l'appoint et

le circuit solaire sont raccordés à un même ballon de stockage afin de le porter à température suffisante. Ils peuvent fonctionner simultanément ou indépendamment en fonction de la demande ;

- un raccordement en parallèle comme illustré (Figure 4) : le circuit solaire et l'appoint ne peuvent pas fonctionner simultanément. Durant le fonctionnement de l'appoint, le circuit solaire stocke l'énergie dans le ballon de stockage. Une fois la température de consigne atteinte, l'appoint est coupé et seule la partie solaire est alors utilisée afin de chauffer le bâtiment. Dès que la température de départ du chauffage n'est plus suffisante, l'installation solaire chauffe éventuellement le ballon de stockage, mais celui-ci ne fournit plus d'énergie au circuit chauffage, l'appoint est en fonctionnement.

L'ensemble des solutions de raccordement est proposé dans le fascicule « Conception et dimensionnement ».

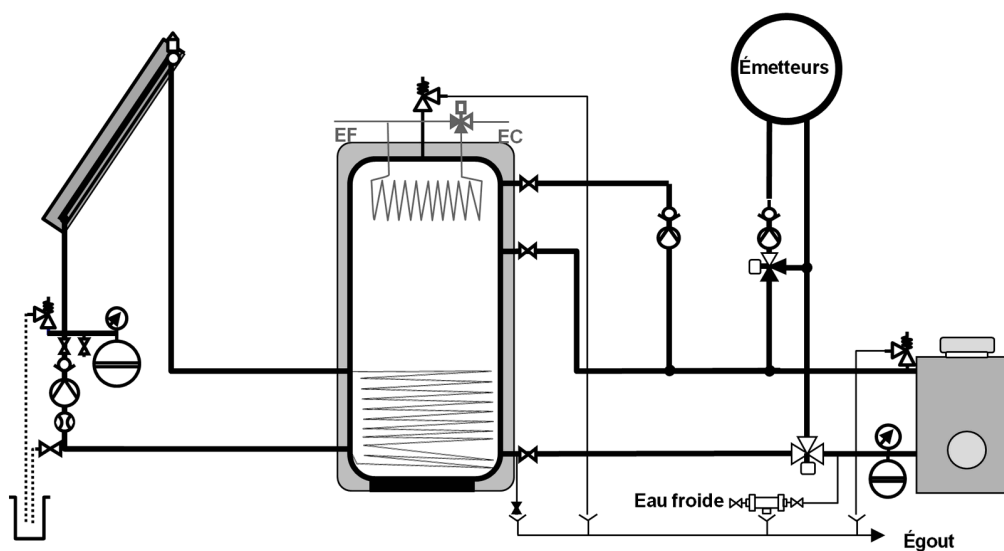
Elles sont fonction des principales caractéristiques de l'installation de chauffage existante : chaudière simple ou double service, modulante ou non, circuit de chauffage basse température et/ou haute température, mode de production d'ECS, mode de régulation.

Les solutions proposées optimisent le fonctionnement global de l'installation de chauffage. Les règles suivantes sont respectées :

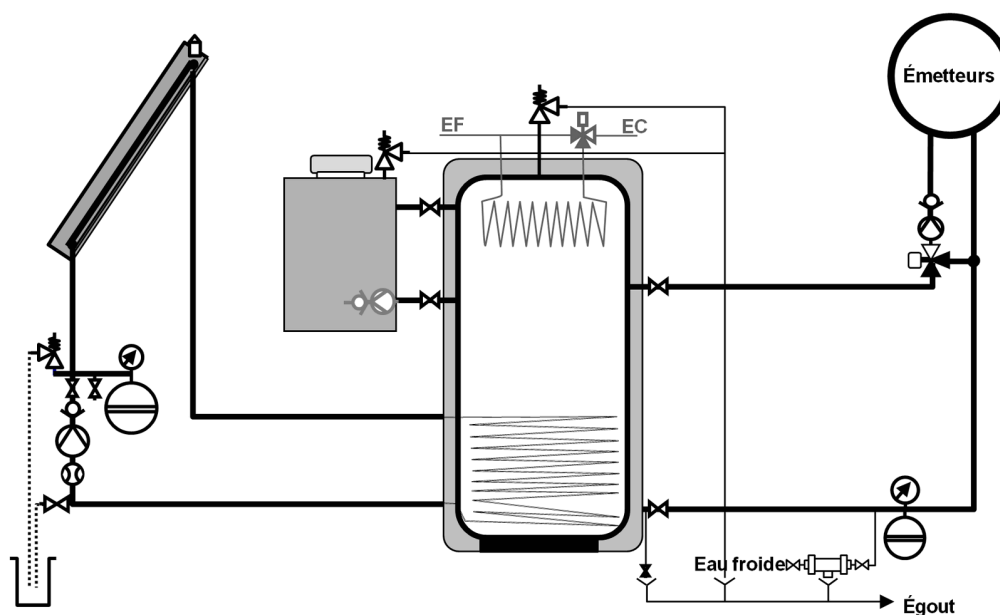
- favoriser des températures du circuit de chauffage les plus basses possibles. Pour cela, préférer des émetteurs à basse température de type plancher chauffant ou mur chauffant ;
- alimenter en solaire uniquement les circuits de chauffage fonctionnant à basse température ;
- donner priorité au circuit le plus froid si l'installation solaire alimente deux usages (eau chaude sanitaire et chauffage) ;
- préférer une régulation de la température d'eau de chauffage en fonction de la température extérieure ;
- adapter la hauteur des différents piquages du ballon de stockage aux régimes de température des circuits de production et d'usage ;
- adapter la courbe de chauffe, au plus juste, au régime de température du circuit de chauffage.



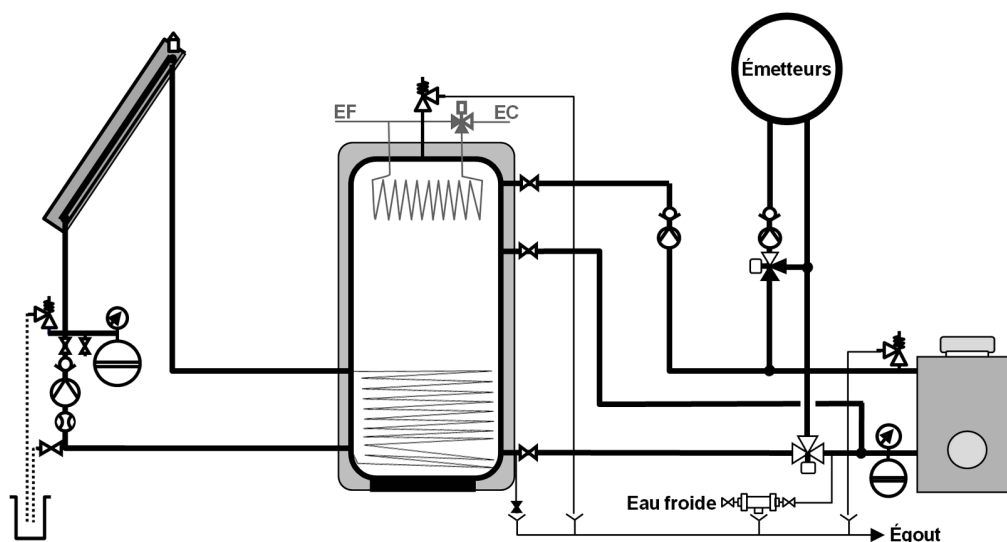
Lorsque l'appoint d'un SSC est réalisé par une chaudière bois ou une pompe à chaleur, le réservoir de stockage permet le couplage hydraulique entre les différents générateurs. Dans ces cas particuliers, le dimensionnement du réservoir nécessite une attention particulière.



▲ Figure 2 : Schéma de principe d'un raccordement en série (ou réchauffage du retour)



▲ Figure 3 : Schéma de principe d'un raccordement mixte (maintien en température du haut du stockage)



▲ Figure 4 : Schéma de principe d'un raccordement en parallèle

4.2. • Les systèmes solaires combinés directs



Pour les systèmes solaires combinés à charge directe (avec ou sans ballon de stockage), les préconisations constructeurs doivent être strictement respectées.

4.2.1. • Sans ballon de stockage

La boucle de captage solaire (remplie de liquide glycolé) circule directement dans les émetteurs de type dalle épaisse. Ces derniers assurent un rôle de stockage, d'émission mais aussi de déphasage de l'énergie récupérée.

Un ballon, disposant d'un échangeur noyé en partie basse et raccordé à l'installation solaire, permet de produire de l'eau chaude sanitaire solaire de manière indépendante. Des appareils divisés, comme des poêles à bois et/ou des convecteurs électriques, assurent l'appoint de chauffage. L'appoint peut également être intégré à la dalle épaisse.

Le système à charge directe présente un intérêt dès lors que la masse d'inertie accumulatrice possède au minimum 3 à 6 heures de déphasage. L'épaisseur de la dalle doit présenter une épaisseur de 12 à 15 cm (revêtement de sol compris, depuis le dessus de l'isolant inférieur jusqu'à la surface supérieure de la dalle).

Commentaire

Les techniques de mise en œuvre et les matériaux utilisés pour les systèmes de chauffage par plancher chauffant évoluent. L'épaisseur des dalles chauffantes tend fortement à diminuer, limitant par le fait leur capacité d'accumulation et de restitution.

Ce système n'est donc possible qu'en cas de réhabilitation lourde, avec création de dalles chauffantes épaisses. Les possibilités d'installer une dalle chauffante sont conditionnées par plusieurs éléments structurels :

- la capacité du bâti à supporter les contraintes (poids, pression, accessibilité) ;
- les hauteurs disponibles pour les réservations ;
- la disposition et les dimensions des ouvrants et des passages.

4.2.2. • Avec ballon de stockage

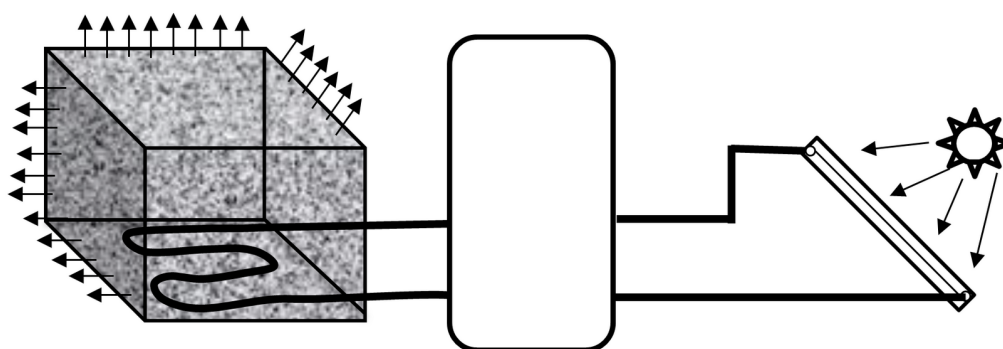
Si un système solaire à charge directe sans ballon de stockage ne peut pas être mis en œuvre, un système mixte (stockage en dalle et dans un ballon de stockage complémentaire), peut être préconisé.



Un système solaire combiné à charge directe avec ballon de stockage ne peut généralement pas être préconisé pour une installation impliquant plus de 30 m² de capteurs solaires. Pour des surfaces plus importantes, se conformer strictement aux préconisations constructeurs.

La (Figure 5) illustre le principe d'un système à charge directe avec ballon de stockage. L'énergie solaire produite est stockée dans un ballon (pas d'échangeur solaire) pour ensuite alimenter directement le(s) circuit(s) de chauffage (plancher chauffant ou radiateurs notamment).

L'épaisseur de la dalle accumulatrice doit cependant rester suffisante. Un minimum de 8 cm de masse utile totale est préconisé.



▲ Figure 5 : Principe d'un système à charge directe avec ballon tampon intermédiaire

La mise en œuvre d'un ballon de stockage supplémentaire permet :

- d'obtenir une inertie de l'installation suffisante ;
- de « lisser » les comportements thermiques, la réactivité et la capacité accumulatrice d'une installation de chauffage équipée d'un plancher chauffant et de radiateurs étant très différentes.

La chaudière assure le maintien en température du haut du ballon de stockage. L'appoint et le circuit solaire peuvent fonctionner simultanément ou indépendamment en fonction de la demande. La production d'eau chaude sanitaire est assurée par un échangeur à plaques extérieur.



Généralement, une boucle de décharge est obligatoire pour un système solaire combiné à charge directe avec ballon de stockage et une surface de capteurs installée de plus de 10 m². Dans le cas contraire, se conformer strictement aux préconisations constructeurs.

MISE EN ŒUVRE DES CAPTEURS SOLAIRES

5



5.1. • *Informations sur les capteurs*

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

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



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

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

5.2. • Sécurité des personnes

Dans le cadre de la réglementation, il est fait l'obligation de résultat au chef d'entreprise (Art. 221-6 du Code Pénal).

La prévention à mettre en œuvre pour assurer la sécurité des intervenants comprend différents principes généraux :

- 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 en leur donnant priorité.

Tout travail réalisé avec risque de chute dans le vide doit être sécurisé par une protection collective (Art. L. 233-13-20 du Code du Travail). Le recours à la protection individuelle par l'utilisation de dispositifs de protection individuels (EPI) est possible dans les cas suivants :

- quand la protection collective se révèle techniquement difficile ;
- quand l'intervention est ponctuelle et de très courte durée ; dans ce cas l'intervenant ne doit jamais rester seul ;
- pour pallier des risques résiduels, notamment au cours des opérations de montage, indépendamment de la protection collective qui reste obligatoire.

Comment faire

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

Le professionnel doit se référer à la fiche pratique de l'INRS – ED 137.



5.3. • Implantation du chantier

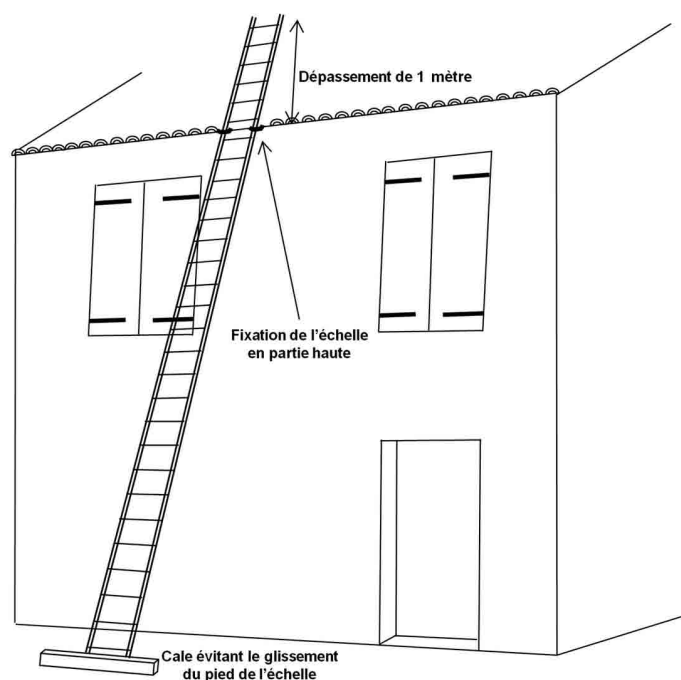
L'installation d'un SSC nécessite la pose de nombreux capteurs (contrairement au chauffe-eau solaire individuel). Elle requiert une préparation du chantier prenant en compte la quantité des éléments de couverture à manipuler et la nécessité de l'utilisation de nombreux outils, ainsi que la manutention des capteurs et de leurs accessoires.

5.4. • Les échelles

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

L'échelle est un moyen d'accès. Comme le montre la (Figure 6), elle doit être appuyée avec stabilité, être maintenue immobile et fixée tant en partie haute que basse, et doit dépasser de 1 mètre le plancher à atteindre.

Lors des déplacements sur l'échelle, pour assurer leur sécurité, les utilisateurs doivent respecter le principe des trois points d'appui (2 pieds-1 main ; 1 pied-2 mains).

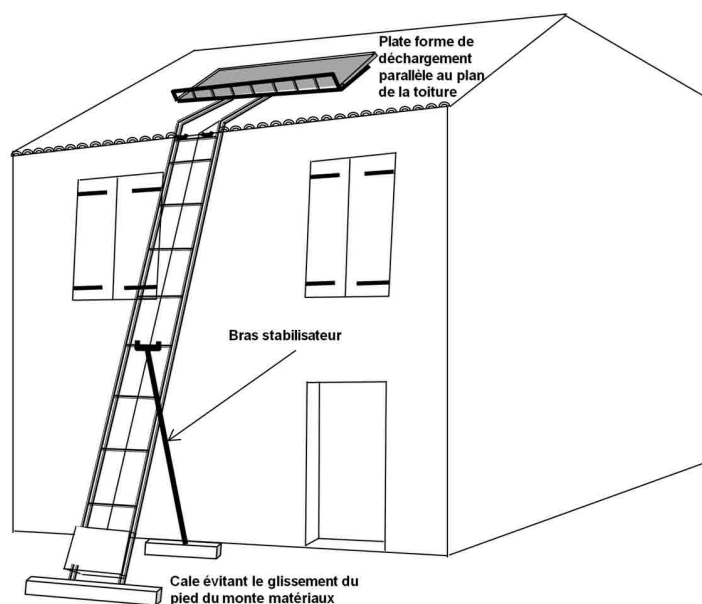


▲ Figure 6 : mise en sécurité d'une échelle

5.4.1. • Élévation du matériel

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

Comme vu (Figure 7), en partie haute, la plateforme de déchargement se termine parallèlement au plan de la toiture, dans le but de sécuriser les opérations de manutention durant la phase de pose.



▲ Figure 7 : positionnement du monte-matériaux

Commentaire

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

5.4.2. • Manipulation et disposition du matériel

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

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

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

Comment faire

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

5.4.3. • Dépose et évacuation des éléments de couverture

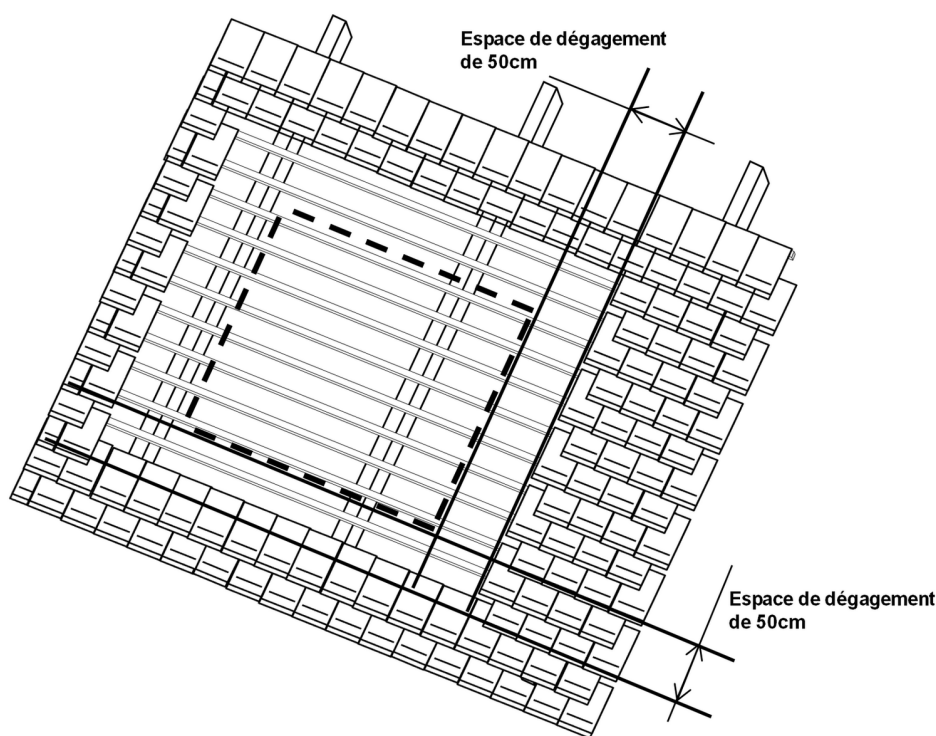
Lorsqu'il est prévu que les capteurs remplacent des éléments de couverture, la dépose de ces derniers doit être réalisée. Pour cela, il faut :

- évaluer les quantités d'éléments de couverture à évacuer ;
- évaluer celles à conserver pour la remise en état de la toiture, en prévoyant les casses probables ;

- dégager, comme vu (Figure 8) la périphérie de la réservation prévue pour le champ de capteurs sur une largeur de 50 cm pour faciliter la pose des éléments et les déplacements.

Comment faire

Les emplacements de stockage doivent prendre en compte l'inclinaison du toit, la solidité des éléments de charpente, tout en assurant la sécurité des personnes.



▲ Figure 8 : réservation à prévoir autour de l'emplacement du champ de capteurs

5.4.4. • Prise en compte du poids des capteurs

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

Commentaire

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

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

5.5. • *Implantation des capteurs*

5.5.1. • Généralités

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

Quel que soit le type d'implantation, le professionnel doit porter une attention particulière aux matériaux utilisés. Les produits utilisés sont exposés aux intempéries durant des périodes de 20 à 30 ans, ils doivent résister :

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

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

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

Les types de pose peuvent être :

- pose sur support indépendant au dessus du plan de la couverture, en façade, sur toiture terrasse ou au sol ;
- semi-incorporation : le capteur est posé sur un bac support ou un châssis assurant l'étanchéité ;
- incorporation au plan de la couverture : le capteur joue un rôle d'étanchéité ;
- intégration : le capteur est placé sous un écran transparent, ce dernier remplissant le rôle d'éléments de couverture.

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

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

Le repérage de la présence d'obstacles limitant l'ensoleillement sur le champ de capteur oblige à réaliser un relevé de masque afin d'en

mesurer la portée sur les capteurs. Une identification des points clefs représentant la globalité des obstacles est définie sur la ligne d'horizon. Les points caractéristiques sont relevés à l'aide d'une boussole (azimut) et d'un clinomètre (hauteur angulaire) et ensuite reportés sur un diagramme de course solaire.

Commentaire

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

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

Favoriser une forte inclinaison des capteurs pour une production de chauffage solaire optimise la récupération en période de chauffe et la minimise en période estivale (diminution des périodes de stagnation des capteurs). La trop faible demande en énergie (réduite à la production d'ECS) en période estivale peut en effet provoquer de fortes surchauffes nuisibles à l'installation.

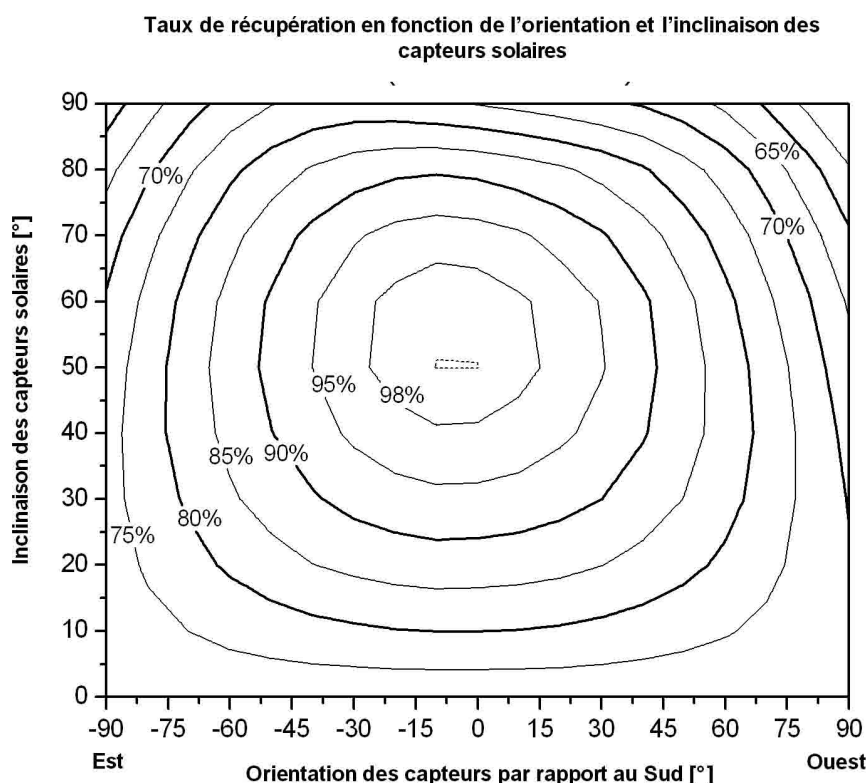
Commentaire

Pour une utilisation en période hivernale, une augmentation de l'inclinaison des capteurs de 15° (par rapport à l'optimal de 45° retenu en France pour des besoins constants tout au long de l'année) permet d'avoir une incidence plus proche de la normale en hiver.

Comment faire

Pour l'orientation des capteurs solaires, la plage admise est de $\pm 45^\circ$ par rapport au Sud. Pour l'inclinaison, une forte inclinaison doit être privilégiée (de 45 à 60°).

On donne (Figure 9), le taux de récupération d'énergie solaire en fonction de l'orientation et de l'inclinaison des capteurs solaires. Par exemple, des capteurs orientés à 45° par rapport au sud et inclinés à 45° par rapport à l'horizontal conduisent à une perte de performance équivalente à 10%.



▲ Figure 9 : Taux de récupération d'énergie solaire en fonction de l'orientation et de l'inclinaison des capteurs solaires

5.6. • L'écran de sous-toiture

Pour la pose incorporée en couverture, le système constituant une paroi froide, l'évacuation des condensations doit être assurée par :

- un écran 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.

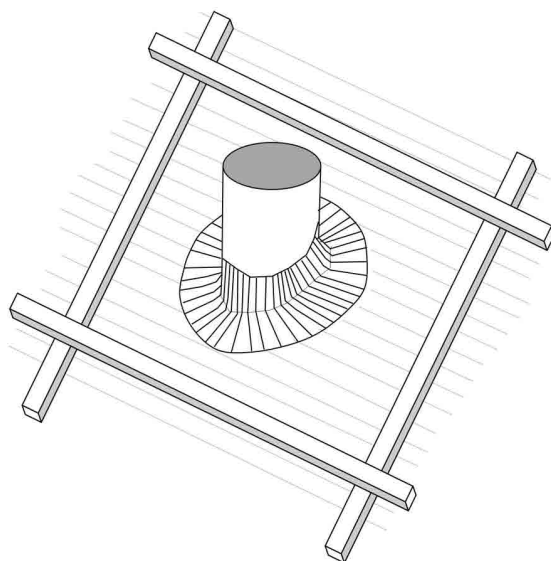
Il est important de ne prendre aucun appui sur l'écran souple de sous-toiture lors des opérations de pose des capteurs solaires.

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)

Comment faire

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



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

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

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

Commentaire

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



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

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

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

Par ailleurs, afin d'assurer un écoulement correct des eaux de ruissellement, il faut tenir compte de la surface de toiture collectée, en projection horizontale, présente en amont du champ de capteurs. A ces fins, les sections des pièces d'écoulement sont dimensionnées, à minima, pour admettre un débit maximal de précipitations de 3l/min. m². (DTU 20.12 – NF P10-203-1 de septembre 1993 et NF P 40-201 ; DTU 60.1).

La pente minimale de la couverture doit être respectée. Elle est définie dans les DTU de la série 40. Les éventuels éléments d'étanchéité pour

le raccordement aux éléments de couverture ne doivent pas créer de pente inférieure à la pente admissible.

Commentaire

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

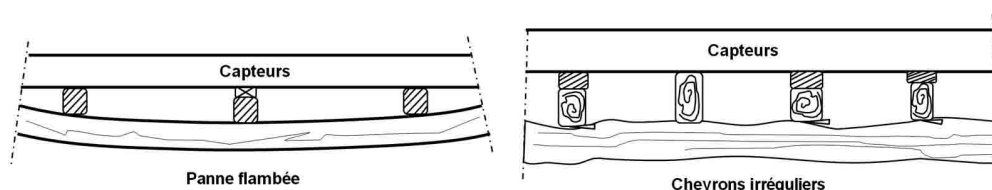
La pose des capteurs intégrés, incorporés, semi-incorporés ou en indépendance relève de la procédure d'Avis Technique ou son équivalent.

L'Avis Technique précise notamment :

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

5.7.1. • 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.

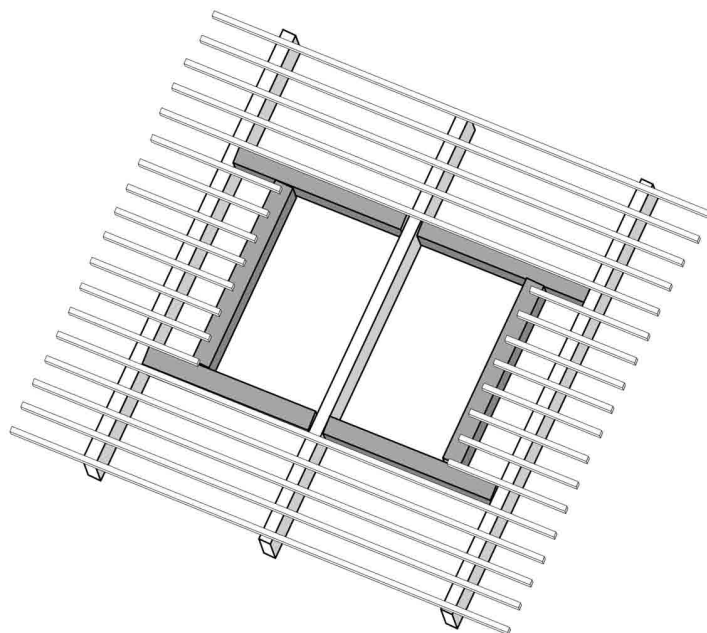


▲ Figure 11 : Calage pour retrouver la planéité de la couverture

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.



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

5.7.2. • Fixations

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

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

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.

Commentaire

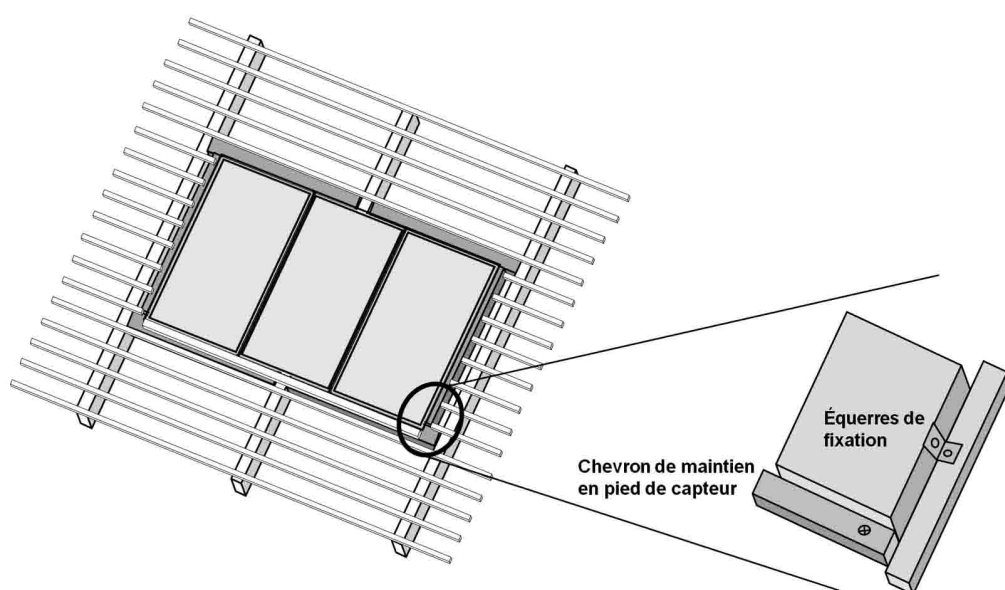
Pour un dispositif de fixation, les éléments sont solidaires de la charpente et l'ensemble (capteurs et pattes) supporte les déformations. Pour un dispositif de maintien, les éléments sont libres et une dilatation est permise.

Capteurs incorporés

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

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

Comme vu en (Figure 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.

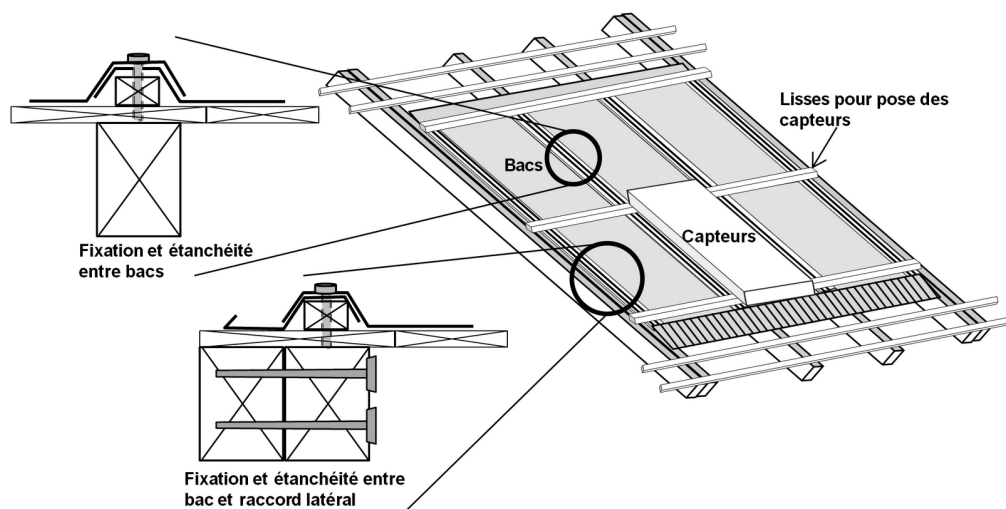


▲ Figure 13 : Capteur incorporé posé sur chevêtre

Capteurs semi-incorporés

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

Comme vu en (Figure 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

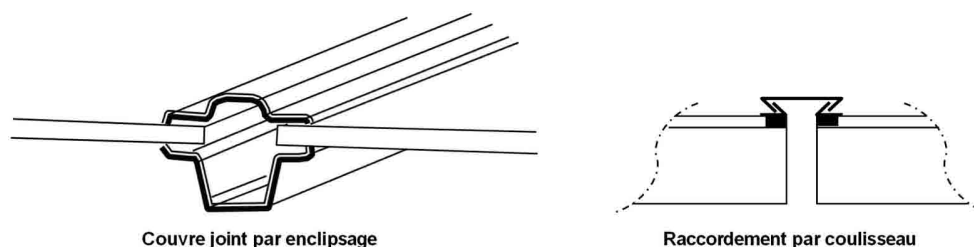
Sur la (Figure 13) et la (Figure 14) l'écran de sous-toiture et son contre lattage ne sont pas représentés.

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.

5.7.3. • 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 : Différents types de raccordements entre capteurs

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

Comment faire

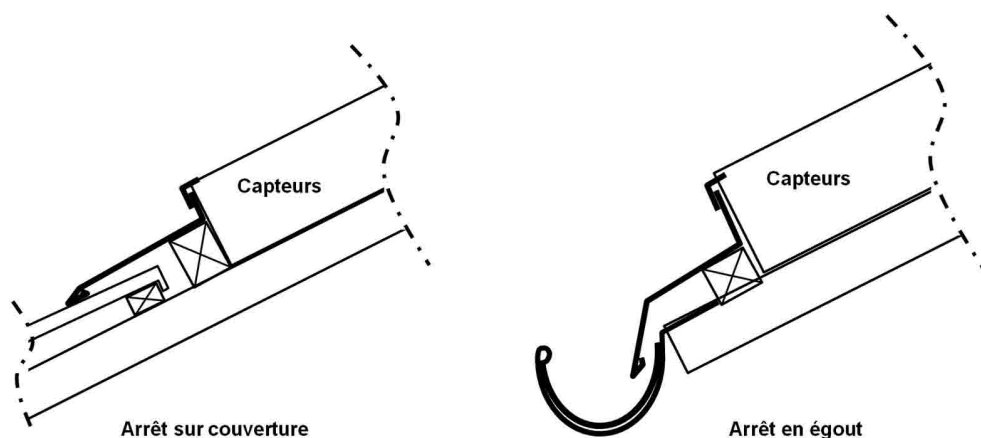
Conformément aux règles de l'art en matière de raccordements d'étanchéité, la pratique impose de débiter par la mise en place des abergements inférieurs et de terminer par le capotage supérieur.

Raccordement en pied de capteur

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

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

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



▲ Figure 16 : Exemples de raccordement en pied de capteurs



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

La largeur de la bavette d'étanchéité doit permettre :

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

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

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

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

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 60.1) adaptées aux chéneaux ou caniveaux rectangulaires ou trapézoïdaux, en admettant un débit maximal de précipitations de 3 l/min.m².

Surface de toiture collectée, en projection horizontale (m ²)	Section utile minimale (cm ²)		
	Pente du fond de chéneau ou caniveau		
	0 % (et <0.5%)	≥ 0.5 %	≥ 1 %
De 0 à 150	292	165	132
Jusqu'à 160	308	176	138
Jusqu'à 170	319	182	143
Jusqu'à 180	336	187	149
Jusqu'à 200	363	204	160

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

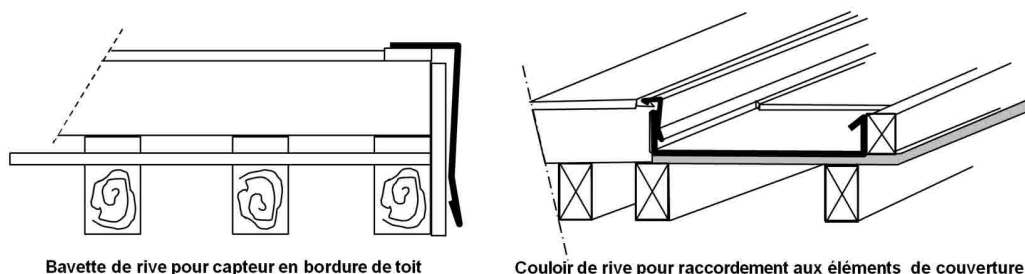
Raccordement latéral

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

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



▲ Figure 18 : Exemples de raccordement latéral

Raccordement en tête de capteur

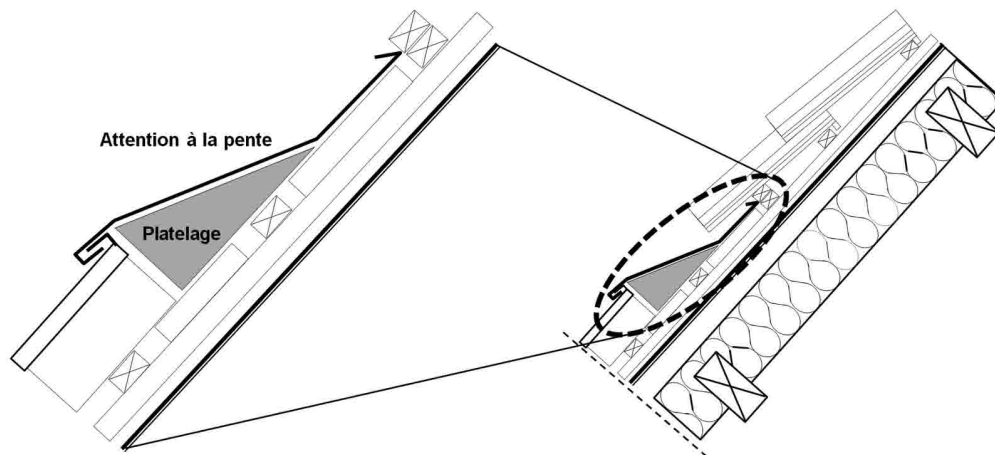
Le raccordement peut être traité par :

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

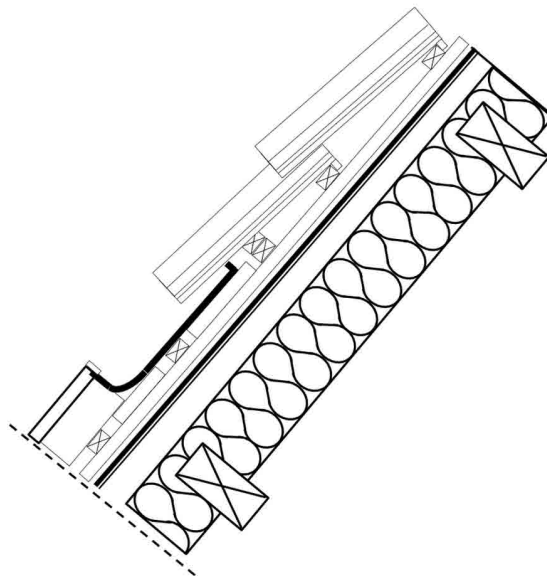
Le recouvrement des éléments de couverture sur la bavette doit être conforme aux prescriptions des DTU de la série 40. La (Figure 19) et la (Figure 20) illustrent deux exemples de raccordement en tête du capteur, avec un écoulement des eaux de pluie sur le capteur ou sur les couloirs latéraux.

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 les dilatations 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 du capteur avec écoulement des eaux sur le capteur. La pente doit toujours être positive.



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

Comment faire

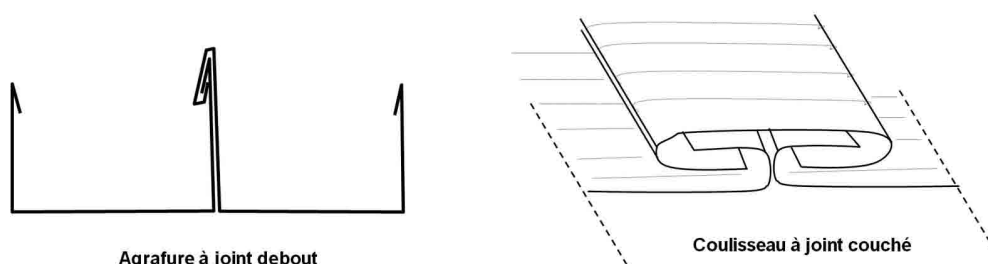
Dans le cas de raccordement avec écoulement des eaux sur les couloirs latéraux, prendre en considération la surface de toiture supérieure afin de déterminer les sections nécessaires à cet écoulement.

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

Compte tenu des contraintes thermiques subies par les bavettes métalliques, les techniques de raccordement et de maintien doivent permettre la libre dilatation des pièces d'abergement. 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 2 exemples d'adaptation du raccordement illustrés (Figure 21), représentent chacun un modèle pérenne pouvant être appliqués à de nombreuses configurations.



▲ Figure 21 : Exemples de raccordements d'étanchéité

Comment faire

Pour assurer des dilatations transversales, des jonctions par coulisseau à agrafure avec 2mm d'espacement minimum sont utilisées. Pour un maintien transversal, on utilise des pattes à feuille clouées avec 2mm de jeu minimum.

5.7.5. • 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.

5.8. • Indépendant sur support

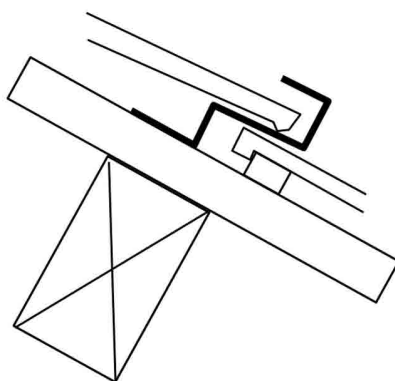
La mise en œuvre des capteurs en pose indépendante est visée par l'Avis Technique.

5.8.1. • Toiture inclinée

Les supports des capteurs doivent être fixés soit directement sur les chevrons ou pannes de la charpente, soit sur des chevêtres réalisés et mis en place à cet effet. La (Figure 22) illustre un exemple de crochet de fixation adapté aux tuiles plates.

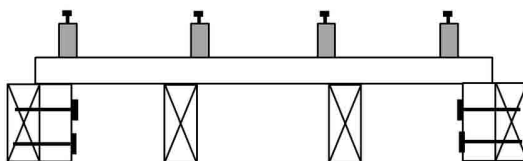
Commentaire

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



▲ Figure 22 : exemple de crochet de fixation pour tuiles plates (profil). Le crochet de fixation doit être fixé sur un support de section suffisante (ici une panne).

La fixation des supports des capteurs sur la charpente 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.



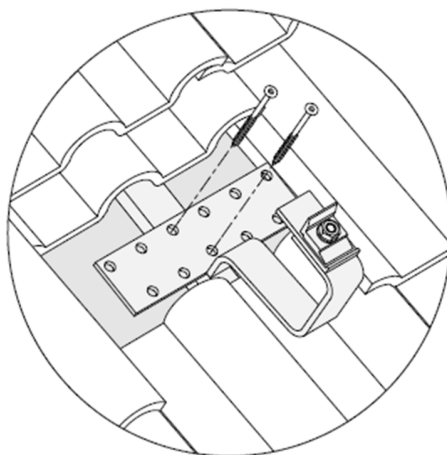
▲ Figure 23 : doublement des chevrons pour renforcement du support des crochets de fixation (face)

Commentaire

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

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

Concernant les crochets de fixation et les glissières de support, la pose dans le courant du fil d'eau doit être réalisée en tenant compte des écoulements d'eau provenant du couloir de l'élément de couverture (Figure 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. Les pattes de fixation sont posées de préférence en dehors de ce fil d'eau pour limiter les obstructions.



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

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



Pour les capteurs à tubes, sous vide, quelques particularités : – certains modèles permettent une pose élément par élément facilitant ainsi leur manutention et leur mise en œuvre ; – les modèles fonctionnant en « caloduc » ne peuvent être placés à l'horizontal. Il leur faut une inclinaison minimale définie par le fabricant ; – certains modèles ont des absorbeurs orientables par rotation du tube permettant de corriger l'orientation et/ou l'inclinaison.

5.8.2. • Toiture terrasse

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

Commentaire

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

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

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

Conformément aux exigences de réalisation d'entretien et de 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.

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.

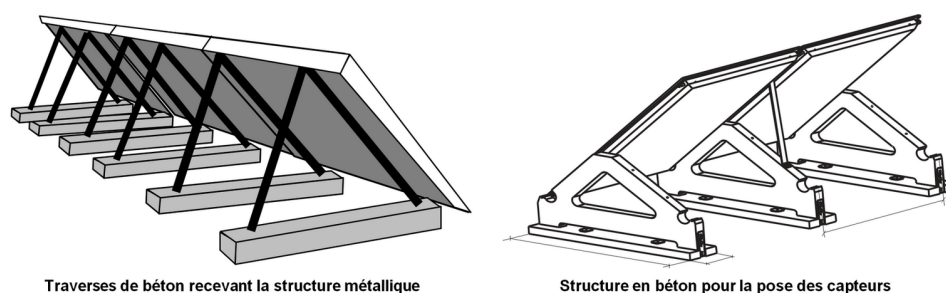
Pour la prise en compte des charges occasionnées, il est rappelé qu'il appartient au maître d'ouvrage ou à son représentant de faire vérifier au préalable la stabilité de l'ouvrage dans les conditions de la norme

NF DTU 43.5 en travaux de réfection, notamment en prenant bien en compte les charges rapportées permanentes liées aux équipements de production d'énergie.

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

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

La Figure 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 : exemple de lestage de capteurs

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

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

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

Cas de l'élément porteur en maçonnerie

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

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

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

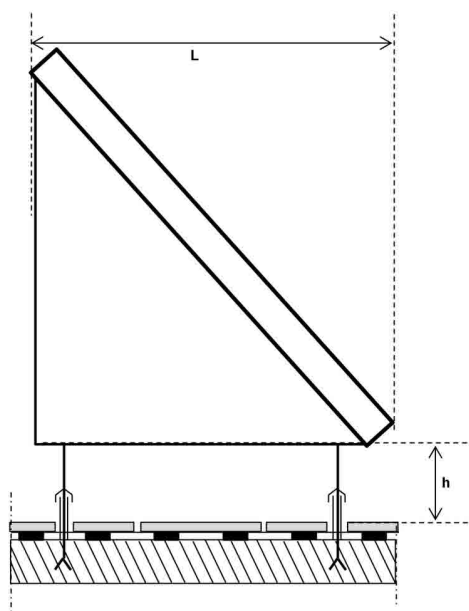
L'étanchéité du dessus des potelets est assurée par l'installateur de l'équipement rapporté.

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

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

La (Figure 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.

Si l'ensemble capteur-support ne peut pas être démonté en sous-ensembles de 90 kg maximum, il est considéré comme non démontable.

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

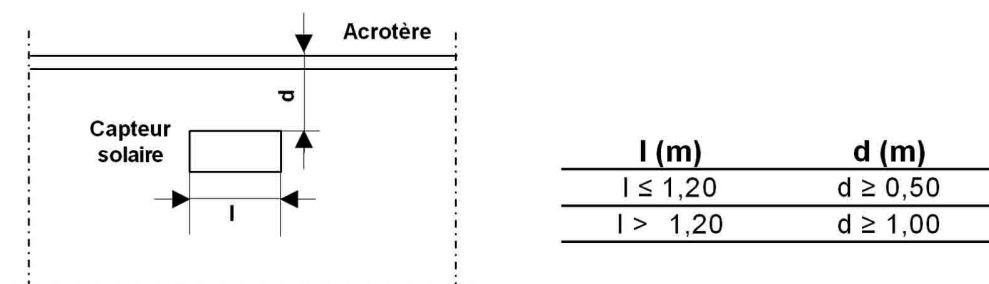
Cas de l'élément porteur en tôles d'acier nervurées ou en panneaux dérivés du bois

La mise en œuvre de tels systèmes se fait conformément aux NF DTU 43.3 et 43.4, c'est-à-dire exclusivement sur dispositifs (potelets et

chandelles) reportant directement les charges de ces équipements sur l'ossature et non sur la tôle d'acier nervurée ou sur l'élément porteur bois.

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

L'implantation se fait suivant la (Figure 27).



▲ Figure 27 : Implantation de l'équipement – vue en plan

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

Commentaire

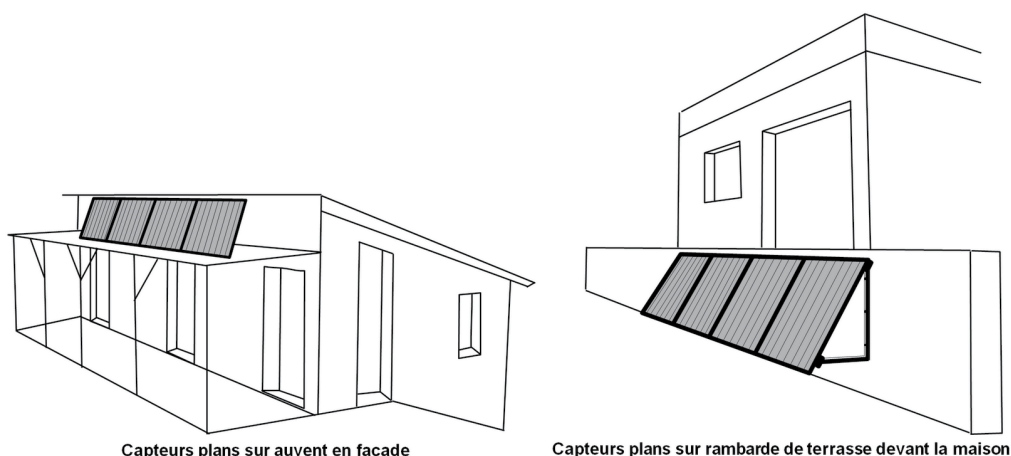
Dans le cas d'équipements posés en bandes, si deux équipements distincts sont distants de moins de 0,80 m, ils sont à considérer comme un seul équipement.

5.8.3. • Paroi verticale

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

Lorsque la pose du capteur est effectuée dans le plan d'une façade comportant un bardage, on doit appliquer les mêmes principes que pour une couverture en petits éléments. Une lame d'air ventilée doit être ménagée entre la sous-face du capteur et le mur. Cette lame d'air est au moins égale à la lame d'air nécessaire entre les éléments de bardage et le mur.

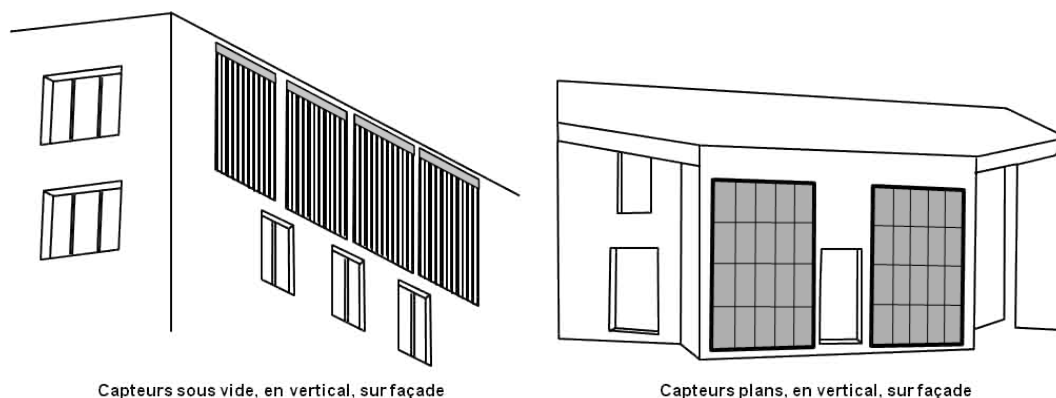
Une attention particulière est portée sur la pose en façade lors de l'existence de film assurant l'étanchéité à l'air. La traversée éventuelle de la membrane, pour les points de fixation, sera réalisée suivant les prescriptions de mise en œuvre du fabricant et l'utilisation des accessoires d'étanchéité sera conforme au matériau utilisé.



Capteurs plans sur auvent en façade

Capteurs plans sur rambarde de terrasse devant la maison

▲ Figure 28 : capteurs plan posés sur mur



Capteurs sous vide, en vertical, sur façade

Capteurs plans, en vertical, sur façade

▲ Figure 29 : capteurs plan posés en vertical

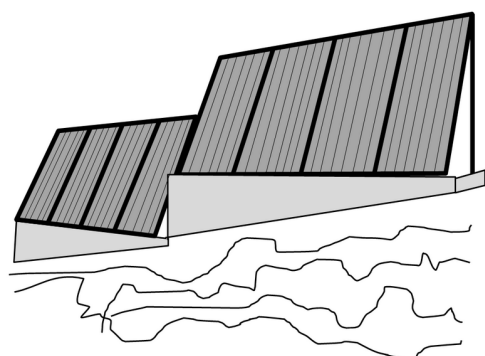
L'ensemble support-capteur doit être lesté ou fixé de façon à résister aux surcharges climatiques extrêmes définies dans les Eurocodes.

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

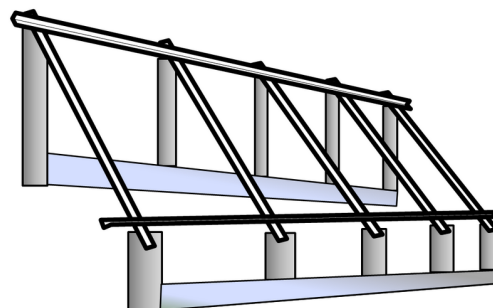
- afin de se prémunir de la végétation basse ;
- pour faciliter les opérations de tonte ou de nettoyage ;
- pour se mettre à l'abri des projectiles au niveau du sol (cailloux projetés) ;
- pour éviter le maintien d'une couche de neige en partie basse du capteur.

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

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



Capteurs plan en deux batteries sur dalle de béton



Structure pour capteurs plans avec supports en béton sur talus

▲ Figure 30 : pose de capteurs au sol



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

MISE EN ŒUVRE DU CIRCUIT PRIMAIRE

6



6.1. • *Raccordement hydraulique du champ de capteurs*

6.1.1. • Préconisations pour le raccordement

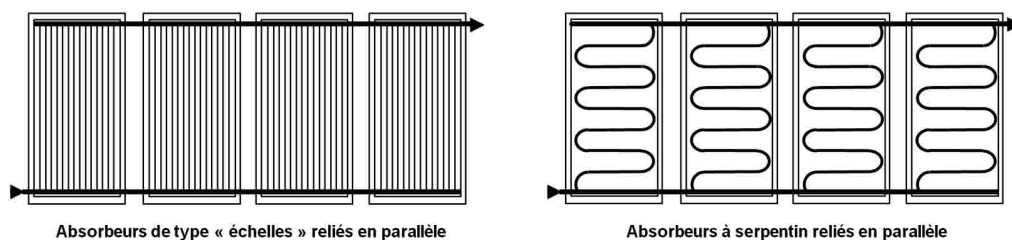
Un débit identique doit traverser chacun des panneaux du circuit de capteurs. Ce débit permet une irrigation optimale de la batterie de capteurs et une utilisation de la totalité de la surface de l'absorbeur en supprimant les zones mortes. Les (Figure 31), (Figure 32), (Figure 33), (Figure 34) donnent des exemples pour le raccordement des capteurs solaires.

Il convient de se reporter à la notice d'installation du capteur, qui intègre, conformément à la norme NF EN 12975, les instructions relatives au raccordement des capteurs les uns aux autres et au raccordement du champ de capteurs au circuit de transfert, y compris les dimensions des canalisations de raccordement.

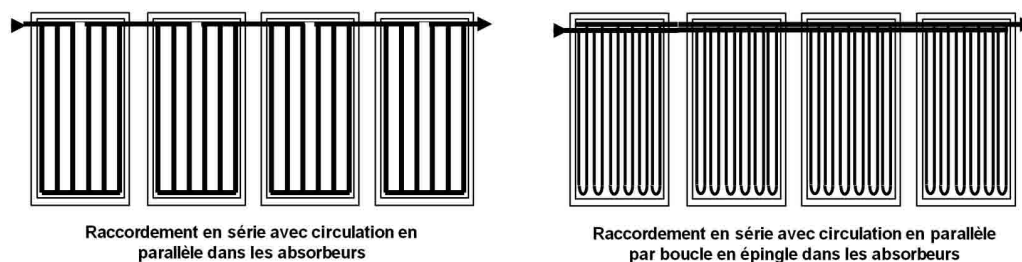
Il doit être pris en compte les dilatations entre les séries de capteurs par la pose d'éléments flexibles fournis par les fabricants et suivant leurs préconisations.

Commentaire

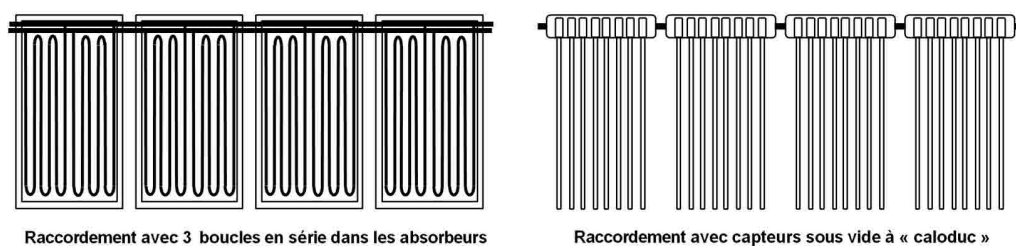
De nombreuses configurations hydrauliques des absorbeurs existent ainsi que différents raccordements entre capteurs : en série, en parallèle, en série-parallèle, mixte.



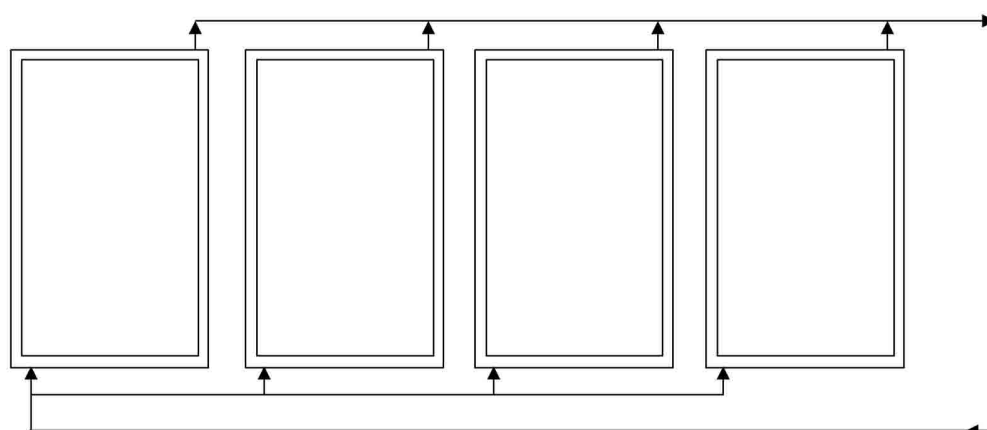
▲ Figure 31 : Exemples de raccordement en parallèle des absorbeurs



▲ Figure 32: Exemples de raccordement en série des absorbeurs



▲ Figure 33 : Différentes particularités de raccordement des absorbeurs



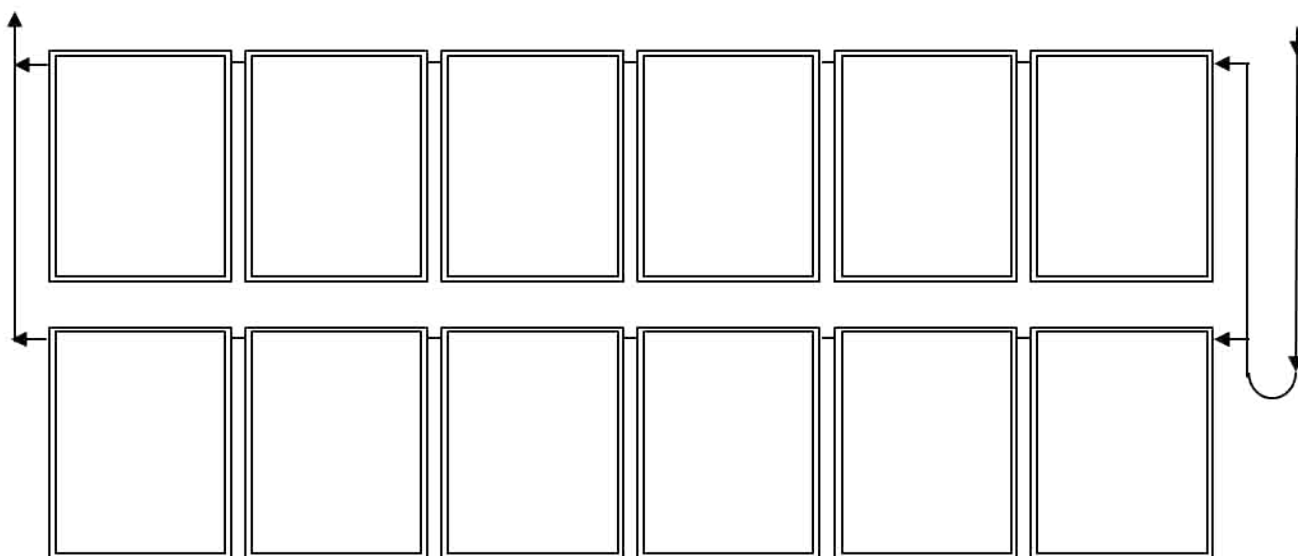
▲ Figure 34 : Raccordement en parallèle de type « Tichelmann »

Comment faire

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

La surface du champ de capteurs d'un SSC, généralement comprise entre 1 et 30 m², est constituée de capteurs raccordés hydrauliquement en une ou plusieurs batteries :

- le champ de capteurs est raccordé conformément aux instructions figurant dans la notice d'installation des capteurs ;
- le tracé et le dimensionnement des canalisations du circuit hydraulique doivent être tels qu'ils permettent d'assurer l'équilibrage de chaque batterie de capteurs (moins de 20% de disparité par rapport aux débits nominaux) et un débit conforme aux prescriptions du fabricant ;
- les diamètres des canalisations doivent conduire à des pertes de charge les plus faibles possibles de manière à minimiser la consommation électrique de la pompe de circulation ;
- si nécessaire chaque batterie de capteurs est équipée de vannes d'équilibrage. Elles servent à régler les débits et à assurer l'équilibrage des batteries obtenu par le choix du tracé et/ou du diamètre des canalisations.



▲ Figure 35 : Raccordement en série et parallèle avec boucle de « Tichelmann »

Commentaire

Les batteries de capteur peuvent être équipées de vanne de sectionnement. Dans ce cas, chaque section du champ de capteurs qui peut être isolée doit être munie d'au moins une soupape de sécurité appropriée de dimensions adéquates. Les vannes de sectionnement doivent pouvoir être manœuvrées sans modifier le réglage des débits.

Concernant les capteurs sous vide, les particularités énoncées précédemment donnent lieu à des contraintes dont il faut tenir compte. On a de fortes montées en températures qui engendrent des phénomènes thermiques conséquents ainsi que des pertes de charges élevées limitant le nombre de capteurs raccordés en série.

6.1.2. • Méthodologie de raccordement

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

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

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

Raccords à joint plat à écrou libre

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

Raccords à portée conique

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

Raccords filetés 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.

Raccords à joints toriques

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

Raccords par brasure

La fiabilité des raccords brasés n'est plus à démontrer : grande durabilité, permet les dilatations, absence de produit d'étanchéité, possibilité de soudure ou souso-brasure entre divers matériaux (acier, cuivre, laiton, inox). Ce type de raccordement s'accorde bien lorsque les jonctions sont difficilement visitables (Capteur incorporé, tuyauteries en sous face des éléments de couverture).

La réalisation de ces soudures nécessite une mise en œuvre plus technique et des précautions par rapport au risque d'inflammabilité (bois de charpente, isolation, calorifuge des tuyauteries, éléments des capteurs).

Comment faire

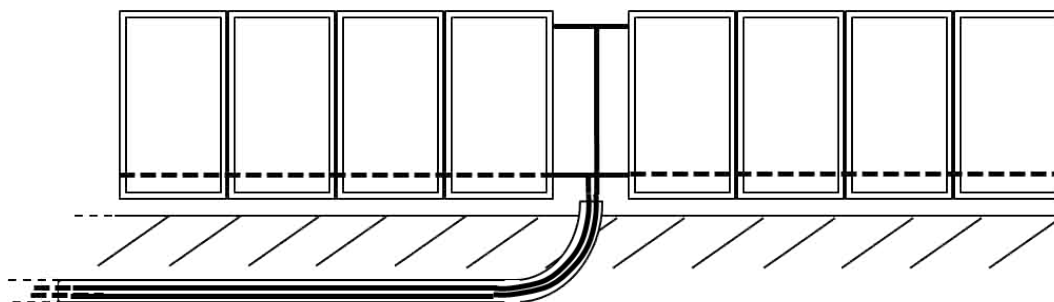
Dans le cas de raccords à écrou tournant (joint plat, portée conique, bi-cône), il est nécessaire d'utiliser une clé plus une contre clé afin de ne pas risquer le vrillage du collecteur du capteur au moment du serrage.

6.1.3. • Raccordement par tuyauteries enterrées

Il est courant qu'une application de chauffage nécessite 6 capteurs ou plus. Dans ce cas, pour éviter de placer des organes de réglage, l'équilibrage des débits doit reposer sur les précautions de parcours des tuyauteries suivantes :

- séparer les capteurs en les assemblant en plusieurs trames ;
- effectuer l'arrivée des tuyauteries de manière centralisée ;
- disposer les canalisations en équilibrant les longueurs.

Dans le cas d'une pose sur châssis de plus de 6 capteurs, l'arrivée du fourreau se fait au milieu, il est émergent et bouché, pour un parcours équilibré des canalisations (Figure 36).



▲ Figure 36 : Deux séries de capteurs sur socle en béton

6.1.4. • Les pénétrations

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 et peut entraîner un problème de purge.

Capteurs en surimposition sur couverture en petits éléments

La pénétration des canalisations de liquide caloporteur au travers de la couverture doit être effectuée par une chatière supplémentaire ou une tuile à douille adaptée aux éléments de couverture. L'utilisation d'une chatière existante n'est pas admise pour ne pas perturber la ventilation en sous-face de la couverture.

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

Pose sur pignon ou en façade

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

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

Commentaire

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

6.1.5. • Cas particulier

Sous pression

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

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

Autovidangeable

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

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



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

6.2. • *Raccordement hydraulique de la boucle primaire*

La boucle primaire doit être isolée thermiquement sur toute sa longueur. En extérieur et dans les régions froides, les canalisations doivent être renforcées en isolation. L'isolation doit être protégée contre les agressions extérieures (notamment les ultraviolets et les rongeurs).

Dans le cas de tuyauterie en tranchée, il est obligatoire de placer la tuyauterie calorifugée dans une gaine type ICT souple, ou bien dans du PVC rigide selon le type de mise en œuvre. Les extrémités doivent être étanches afin d'éviter la dégradation du calorifuge à l'eau.

La pose d'un grillage avertisseur est obligatoire pour une pose en tranchée (Couleur « Violet », Chauffage et climatisation urbains, selon NF EN 12613).

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

6.2.1. • *Purges d'air, séparateurs d'air*

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

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

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

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

Purgeur placé en sortie des capteurs

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

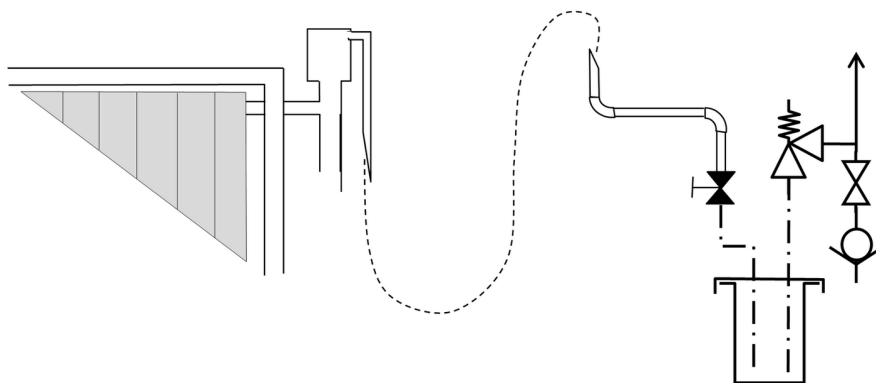
- une vanne d'isolement doit être intercalée entre la canalisation et le purgeur, cette vanne doit être maintenue fermée en dehors des opérations de purge de l'installation ;

- le diamètre du purgeur doit être d'au moins 1/2".

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

Dans le cas de purgeurs manuels, pour simplifier la maintenance, disposer une bouteille de purge (Tuyau en cuivre diamètre 50 mm par exemple) raccordée à une canalisation de purge (capillaire en cuivre diamètre 4 mm) ramenée en local technique, et dotée de vanne d'arrêt.

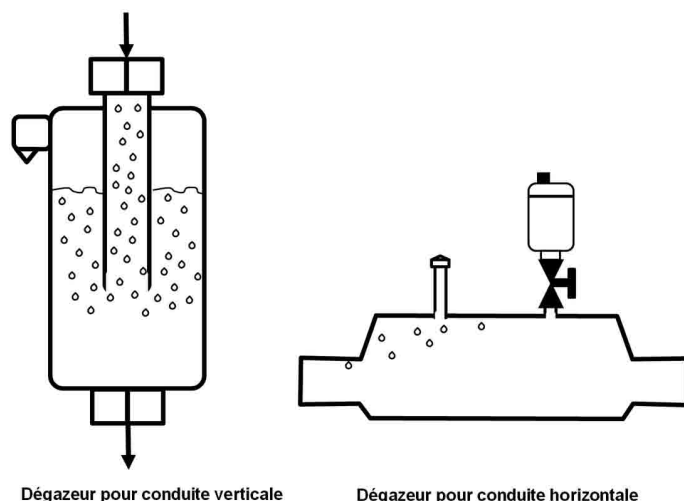
Le purgeur est alors raccordé au réservoir de récupération comme illustré (Figure 37).



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

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

En cas d'absence de dégazeur dans le groupe hydraulique il est nécessaire d'en équiper les conduites. La (Figure 38) illustre deux exemples de dégazeurs, pour conduite verticale et horizontale. Afin que ce séparateur d'air fonctionne correctement, il sera placé sur la partie basse de l'installation.



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

Installation sans purgeur

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

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

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

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

Cas spécifique des installations autovidangeables

Compte tenu de la conception spécifique des installations autovidangeables, aucune purge d'air au niveau des capteurs solaires ne

doit être mise en œuvre. Néanmoins, elle reste fortement conseillée notamment en cas d'erreur de remplissage du circuit.

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

6.2.2. • Canalisations

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

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

Toutefois, les assemblages rigides de type soudé (ou brasé ou 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 §3.3.1)

Les canalisations sont :

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

Commentaire

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

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

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



Les tubes en acier galvanisé sont interdits car, d'une part, ils ne doivent pas être utilisés pour véhiculer de l'eau dont la température est supérieure à 60 °C et d'autre part, l'association de l'acier galvanisé et du cuivre induit un couple électrolytique qui corrodera l'installation. Enfin certains propylène glycol peuvent dissoudre le zinc. De plus, la température et la pression maximales de service des canalisations doivent être supérieures :

- à la température de stagnation (parfois supérieure à 200 °C) et la pression maximale de service (pouvant aller jusqu'à 10 bars) spécifiées par le fabricant des capteurs, dans le cas d'installation à capteurs remplis en permanence (Ces informations figurent sur la plaque d'identification du capteur.) ;
- à la température et à la pression maximale pouvant être atteintes par l'installation dans le cas d'installations autovidangeables. Pour ces installations, la température maximale pouvant être atteinte dépend du réglage du régulateur. La pression de service maximale est plus faible que pour les installations à capteurs remplis en permanence, elle est en général inférieure à 3 bars.

Les canalisations doivent être d'un diamètre suffisant pour permettre la circulation du liquide caloporteur au débit recommandé avec une vitesse de circulation inférieure ou égale à 1m/s. On donne, dans le tableau (Figure 40), les diamètres intérieurs des canalisations en fonction du débit traversant les capteurs et de la surface installée. Ils sont donnés pour des installations présentant des longueurs de tuyauteries allant jusqu'à 20 mètres aller-retour.

Superficie de capteurs solaires	Débit dans les capteurs solaires			
	Haut débit (High-flow) 40 à 70 l/h.m ²		Faible débit (Low-flow) 15 à 30 l/h.m ²	
	Diamètre cuivre	Diamètre inox	Diamètre cuivre	Diamètre inox
Jusqu'à 5 m ²	16	16	12	12
De 5 à 8 m ²	18	20	14	16
De 8 à 20 m ²	22	25	18	20
De 20 à 35 m ²	28	32	22	25

▲ Figure 40 : exemple de diamètres de canalisations

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

Commentaire

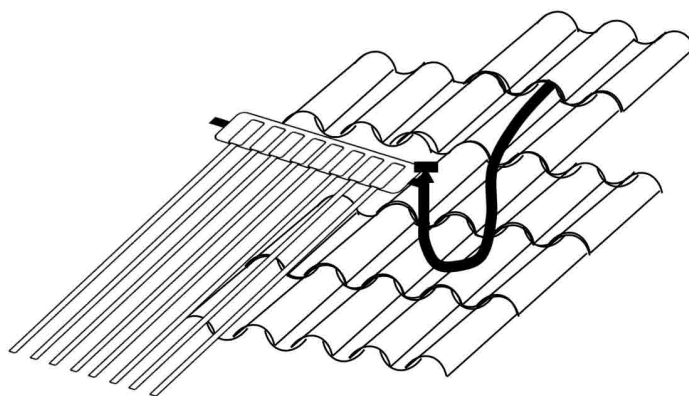
Lors d'une augmentation de température de 100K, un tube de cuivre de 1m (indépendamment de sa section) se rallonge approximativement de 1,7mm (soit une dilatation relative de 0,17%). Dans un circuit solaire les écarts peuvent atteindre 200K entre les saisons.

Comment faire

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



Les températures atteintes dans les capteurs à tube sous vide provoquent la dilatation des matériels ; la présence d'une lyre de dilatation en entrée et sortie de capteur doit permettre d'absorber ces phénomènes sans dommage. Attention particulièrement aux : – contraintes mécaniques sur les raccords (Joints, soudures, filetages) ; – poussées et déplacements sur les éléments de couverture ; – efforts anormaux sur les fixations du capteur ; – tensions et torsions sur les éléments du collecteur.



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

Les raccordements hydrauliques

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

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

Les matériaux tels que l'acier inoxydable et le cuivre sont couramment utilisés pour les raccords. Les joints d'étanchéité peuvent être notamment de type CNK (base de Kevlar et nitrile), CSC (fibre cellulosique et nitrile) ou PTFE (téflon).

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

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

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

Commentaire

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

La pose des conduites

Toutes les conduites doivent être posées en pente ascendante vers le champ de capteurs ou vers le purgeur. Pour la pose des conduites, il est nécessaire de tenir compte de la dilatation thermique.

Les tuyaux doivent pouvoir se dilater (coudes, colliers de serrage, compensateurs) afin d'éviter les dégâts et les fuites.

La mise à la terre des conduites

La mise à la terre des conduites permet d'éviter tout potentiel électrique parasite entre les éléments de l'installation qui sont en contact avec l'antigel. Pour cela, une borne de mise à la terre sur les conduites de départ et de retour (position au choix) doit être posée. Les bornes de mise à la terre par le câble de liaison équipotentielle (minimum 6 mm²) doivent être raccordées à la barrette de terre du bâtiment.

6.2.3. • Isolation thermique

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

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

L'isolation thermique du circuit solaire est constituée de matériaux résistants à la température maximale du tronçon considéré et aux contraintes mécaniques. Dans le respect de la protection de l'environnement, il convient de ne pas utiliser de matériaux fabriqués à l'aide de chlorofluorocarbones ou en contenant. Les matériaux isolants ne doivent pas contenir de constituants qui, à la température de

stagnation émettent des gaz toxiques et très irritants pour la peau et les yeux.

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

Commentaire

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

Une mauvaise isolation des tuyauteries peut dégrader les performances d'une installation solaire. Pour limiter les pertes thermiques, les tuyauteries doivent être les plus courtes possibles et l'épaisseur de l'isolant thermique suffisante. Cette dernière est choisie en fonction de ses propriétés thermiques, du diamètre des canalisations et des conditions environnantes. On donne, dans le tableau (Figure 42), des exemples d'épaisseurs d'isolants pour les canalisations extérieures et intérieures. Ils sont donnés pour un isolant présentant une conductivité thermique de 0,042 W/m.K et pour des canalisations de type inox.

Canalisations extérieures		Canalisations intérieures	
Diamètre (mm)	Épaisseur isolant (mm)	Diamètre (mm)	Épaisseur isolant (mm)
DN 16	30	DN 16	20
DN 20	30	DN 20	20
DN 25	30	DN 25	30

▲ Figure 42 : Quelques exemples d'épaisseur d'isolant

6.2.4. • Protection contre le gel

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

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

Dans le cas des installations à capteurs autovidangeables, cette protection est assurée de par la conception de ce type d'installation.

Actuellement ce principe est aussi utilisée pour palier les risques de surchauffe, il est pratiquement toujours rempli avec du liquide antigel.

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

Comment faire

Le glycol ayant une capillarité nettement plus intense que celle de l'eau, une attention particulière sera apportée à la réalisation des étanchéités des raccords. Les liquides antigel sont compatibles avec les matériaux d'étanchéité habituellement utilisés dans la profession.

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

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

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

Le liquide antigel doit être choisi pour assurer une protection contre le gel suffisante, selon la température minimale du lieu considéré. Le tableau de la (Figure 43) donne la correspondance entre la température de protection et la concentration de mono propylène glycol.

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

▲ Figure 43 : Correspondance température de protection et proportion de mono propylène glycol

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

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

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

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

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

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

Commentaire

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

6.2.5. • Expansion

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

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

Commentaire

Pour les installations à capteurs autovidangeables, un vase d'expansion fermé à pression variable 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.

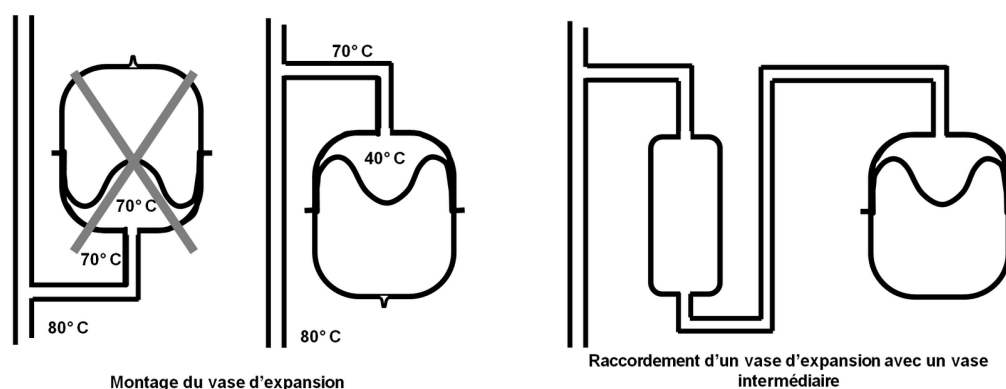
Les caractéristiques des vases d'expansion pour les installations solaires sont les suivantes :

- le vase d'expansion doit être conforme aux spécifications du NF DTU 65.11 P1-2 ;
- sa membrane ou sa vessie doit être compatible avec les caractéristiques du mono propylène de glycol utilisé. La plage de variation de température se situe généralement entre -20 °C et 140 °C dans les installations individuelles ;
- la pression d'épreuve de la plupart de ces vases est de 10 bars, pour une pression de service entre 3 et 4 bars ;
- le vase d'expansion fermé à pression variable doit comporter un dispositif manœuvrable (normalement fermé) de purge d'air

et un dispositif d'isolement manœuvrable à l'aide d'un outil pour les opérations d'entretien ;

- le vase doit être monté en amont du circulateur ou de la pompe et à un emplacement tel que la membrane ou la vessie soit soumise aux températures les plus faibles possibles. Il ne faut pas calorifuger le vase d'expansion, ni la conduite de raccordement du vase ;
- dans le cas d'une pompe à forte pression de refoulement, le système d'expansion fermé à pression variable est raccordé en amont de la pompe, sur la canalisation de départ de la boucle de captage vers les capteurs.

La température maximale admissible par la membrane ou la vessie du vase d'expansion n'étant, en général, que de 70°C, les conditions de montage doivent tenir compte de cette contrainte. La (Figure 44) illustre différentes solutions pour le montage et le raccordement du vase d'expansion. Pour assurer la protection de la membrane du vase, il est possible d'intercaler un vase intermédiaire qui sera d'un volume correspondant à celui des capteurs (Figure 44).



▲ Figure 44 : Raccordement du vase d'expansion

Commentaire

La pression de gonflage a une marge de surpression d'au moins 0,5 à 1 bar à la pression de fonctionnement déterminée par le calcul, à l'état froid.

Le dimensionnement du vase est décrit dans le fascicule « Conception et dimensionnement ». On donne à titre d'exemple, dans le tableau (Figure 45), le volume du vase d'expansion déterminé en fonction de la surface de capteurs et de la contenance en liquide du circuit primaire solaire. Les volumes sont donnés pour une distance maximale de 20 mètres entre les capteurs et l'utilisation.

Superficie de capteurs	Volume de liquide dans le circuit primaire solaire en litres	Volume du vase d'expansion en litres
Jusqu'à 5 m ²	De 15 à 20	18
De 5 à 7 m ²	De 18 à 30	25

Superficie de capteurs	Volume de liquide dans le circuit primaire solaire en litres	Volume du vase d'expansion en litres
De 7 à 10 m ²	De 25 à 40	35
De 10 à 18 m ²	De 45 à 65	60

▲ Figure 45 : Exemple de volume du vase en litres

6.2.6. • Équipements de sécurité

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

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

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

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

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

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

La décharge éventuelle des soupapes doit se faire en toute sécurité. Il est interdit de rejeter le liquide glycolé à l'égout.

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

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

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

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

6.2.7. • Système de décharge

Généralement, une boucle de décharge est obligatoire pour un système solaire combiné à charge directe avec ballon de stockage et une surface de capteurs installée de plus de 10 m².

Dans le cas contraire, le professionnel doit se conformer strictement aux préconisations constructeurs.

La mise en œuvre de cette boucle de décharge doit être réalisée conformément aux prescriptions du constructeur.

Il existe plusieurs solutions pour cette décharge :

- une boucle de décharge enterrée ;
- un aérotherme compatible avec le liquide caloporteur du circuit solaire ;
- une boucle de décharge dans une piscine par le biais d'un échangeur à plaques.

Commentaire

La boucle de décharge doit être à même de dissiper une puissance équivalente à 400 W par m² de capteurs solaires installés.

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

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

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

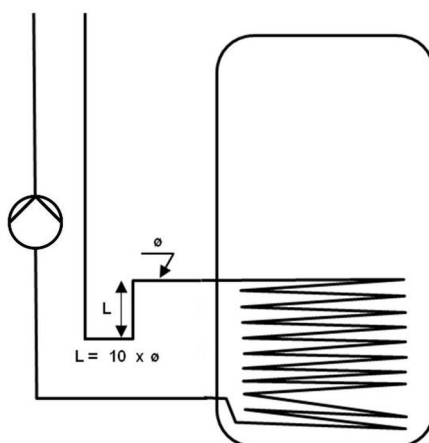
Le système anti-thermosiphon permettant d'éviter l'inversion du sens de l'écoulement peut être assuré par un clapet anti-thermosiphon. Il crée une résistance suffisante pour empêcher le thermosiphon de s'amorcer.

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

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

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

La mise en œuvre d'une lyre anti-thermosiphon est recommandée. Elle est à confectionner ($10 \times$ le diamètre de la conduite) sur le départ du ballon de stockage (Figure 46). Ceci afin d'éviter une mise en place d'un effet de thermosiphon laminaire à l'intérieur même des conduites ce qui entraînerait des déperditions inutiles. La partie horizontale basse ne doit pas être isolée.



▲ Figure 46 : Lyre anti-thermosiphon

6.2.9. • Circulateur

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

Commentaire

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

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

Commentaire

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

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

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

6.2.10. • Débitmètre

L'équilibrage hydraulique et le contrôle du débit permet d'avoir un fonctionnement optimisé, suivant les préconisations du fabricant, du matériel mis en œuvre :

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

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

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

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

- le circuit de la boucle de captage ne doit en aucun cas être raccordé au réseau d'eau potable ;
- les vannes de remplissage et de vidange sont munies d'un dispositif d'obturation ;

La vanne de vidange permet d'effectuer le prélèvement d'un échantillon du liquide caloporteur, sous réserve qu'il soit prélevé dans une canalisation irriguée avec du débit et non sur un bras mort de l'installation. Cette vanne doit être positionnée au point le plus bas de l'installation afin de permettre la vidange complète du circuit. Suivant la configuration du circuit il faut prévoir également un point de vidange au niveau des capteurs.

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



Dans le cas des capteurs à tubes sous vide, la mise en œuvre du circuit primaire sera réalisée suivant les préconisations du fabricant qui permettent de définir les points suivants : – les accessoires de raccordement doivent prendre en compte les températures particulièrement élevées lors des phases de stagnation ; – il faut nécessairement protéger les capteurs des rayonnements solaires jusqu'à leur complet remplissage ; un choc thermique sur ces capteurs peut endommager le matériel (Perte du vide).

6.2.12. • Instruments de mesure et de contrôle

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

La boucle de captage est munie :

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

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

MISE EN ŒUVRE DU DISPOSITIF DE STOCKAGE

7



Deux familles de systèmes solaires combinés cohabitent :

- les systèmes indirects :
la chaleur produite par les capteurs solaires est stockée dans un ballon par l'intermédiaire d'un échangeur solaire ;
- les systèmes directs :
la chaleur produite par les capteurs est directement injectée (pas d'échangeur solaire) dans l'émetteur de chaleur (par exemple, la dalle épaisse de plancher chauffant). L'ensemble de l'installation est glycolé.

7.1. • *Le système solaire à charge directe*

7.1.1. • Avec ballon de stockage

Le ballon de stockage est mis en œuvre conformément aux préconisations du constructeur.

La chaudière (si l'appoint est intégré) assure le maintien en température du haut du ballon de stockage. L'appoint et le circuit solaire peuvent fonctionner simultanément ou indépendamment en fonction de la demande. La production d'eau chaude sanitaire est assurée par un échangeur à plaques extérieur. L'eau de départ du circuit de chauffage est prélevée en partie médiane du ballon de stockage. La hauteur du piquage permet de fournir une température de départ suffisante pour compenser les déperditions à la température extérieure de base.

Les Recommandations au chapitre (cf. 7.2) doivent être respectées.

7.1.2. • Sans ballon de stockage

Pour les systèmes solaires combinés à charge directe sans ballon de stockage, les préconisations constructeurs doivent être strictement respectées.

Lorsque le SSC est conçu pour fonctionner sans ballon de stockage, la boucle de captage solaire circule directement dans le circuit de chauffage : plancher chauffant, mur rayonnant ou radiateurs.

Le système à charge directe présente un intérêt, dès lors que la masse d'inertie accumulatrice (plancher) possède au minimum 4 à 6 heures de déphasage. Si ce n'est pas le cas, un système hybride (stockage en dalle et ajout d'un ballon tampon complémentaire) ou un système à charge indirecte doit être préconisé.

Commentaire

Il est préconisé dans l'habitat neuf une épaisseur de dalle comprise entre 5 et 8 cm (revêtement de sol compris, depuis le dessus de l'isolant inférieur jusqu'à la surface supérieure de la dalle).

Un ballon de stockage, disposant d'un échangeur noyé en partie basse et raccordé à l'installation solaire, permet de produire de l'eau chaude sanitaire solaire de manière indépendante.

Des appareils divisés, comme des poêles à bois et/ou des convecteurs électriques, assurent l'appoint de chauffage. L'appoint peut également être intégré à l'émetteur de chaleur.

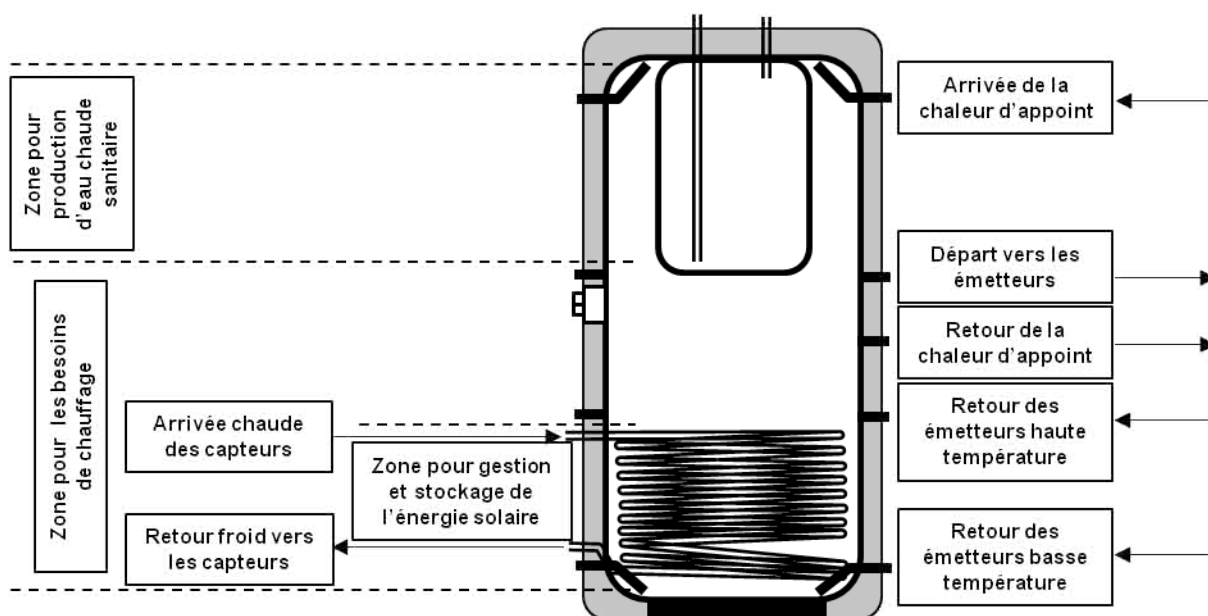
Ces systèmes à charge directe disposent d'un dispositif électronique de pilotage spécifique à l'application et mettant en œuvre les algorithmes de régulation et d'anticipation adaptés.

7.2. • Le système solaire à charge indirecte

Les ballons de stockage présentent différentes zones de température. On trouve :

- le tiers supérieur qui est réservé à la production d'eau chaude sanitaire (dans le cas où celle-ci est prévue) ;
- le tiers médian qui est utilisé pour les besoins de chauffage ;
- le tiers inférieur qui est consacré à la production solaire.

La (Figure 47) illustre les différentes zones et leurs utilisations associées.



▲ Figure 47 : Représentation des différentes zones d'utilisation d'un ballon de stockage stratifié



Lorsque l'appoint du SSC est réalisé par une chaudière bois ou une pompe à chaleur, le ballon de stockage permet le couplage hydraulique entre eux. Une attention particulière doit être portée aux choix des positions de raccordements pour éviter que les différentes énergies ne se perturbent. Les hauteurs des piquages retenues déterminent le volume spécifique de stockage accordé à chaque source.

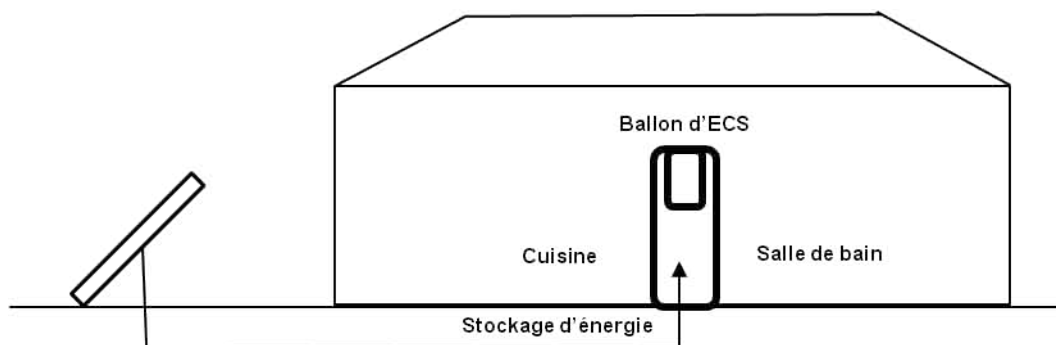
7.2.1. • Le local

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

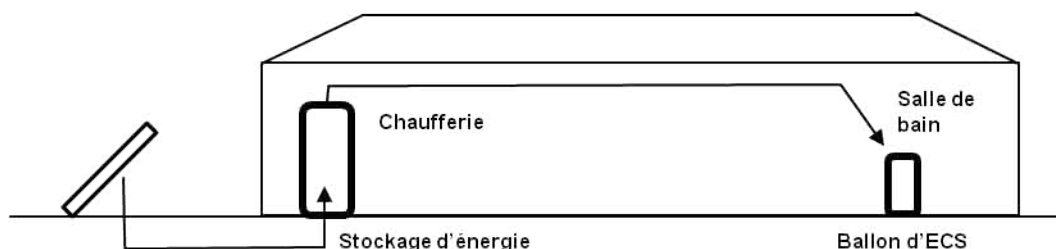
Il doit être pris en compte les différents ouvrants tels que les fenêtres, les portes-fenêtres ainsi que des ventilations existantes afin que chacun garde sa fonctionnalité première.

Comme illustré par la (Figure 48), afin de limiter les déperditions dans le circuit hydraulique primaire, le ballon de stockage doit être le plus près possible des capteurs solaires et le ballon de stockage d'énergie, surtout s'il assure la production d'eau chaude, proche des points d'utilisation (salle de bain et cuisine).

S'il est impossible de satisfaire ces deux conditions, notamment de par la configuration des lieux, un ballon d'eau chaude est installé près des points d'utilisation, comme vu (Figure 49). Celui-ci est raccordé au ballon de stockage d'énergie solaire.



▲ Figure 48 : Implantation du ballon de stockage solaire



▲ Figure 49 : Implantation du ballon de stockage solaire

La mise en place d'un SSC de type hydroaccumulation implique de disposer d'une surface au sol de plus de 2 m². Une surface suffisante doit également être disponible pour le petit appareillage (soit approximativement 2 m²)

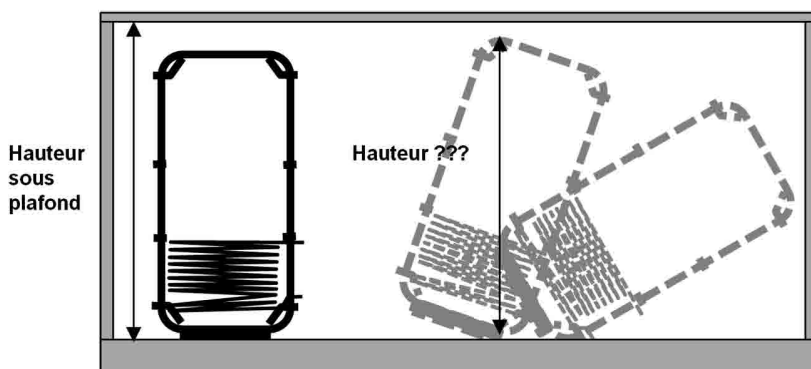
La mise en place d'un SSC à charge solaire directe ou hybride, implique une emprise au sol de 1 à 1,5 m² et une hauteur légèrement inférieure à 2 mètres.

Il faut s'assurer que la résistance mécanique des éléments porteurs recevant le ballon est suffisante pour supporter la surcharge (plancher, dalle, carrelage). La charge au sol peut atteindre facilement les 500 à 700 kg/cm². Il est conseillé de prévoir une plaque de la dimension du ballon permettant une meilleure répartition du poids sur le plancher.

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

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

Comme vu (Figure 50), il est nécessaire de vérifier que la hauteur sous plafond est supérieure à la diagonale du ballon afin de permettre son redressement du réservoir lors de la pose.



▲ Figure 50 : Contrôle de la diagonale du réservoir

La largeur des passages doit être prise en compte pour les accès et l'évacuation éventuelle du gros matériel. Les ballons de stockage sont généralement fournis non équipés de leur jaquette isolante, ceci permettant de les faire passer par des ouvertures standard jusqu'à 1000 litres. Au delà, il faut disposer de passages de plus de 90 cm de large. Pour des ballons de plus de 2000 litres, il est nécessaire de prévoir un accès dédié dans un local dont la hauteur sous plafond peut aller jusqu'à 3 mètres et l'accès en largeur jusqu'à plus de 2 mètres.

Commentaire

Un ballon de stockage de 1000 litres peut passer par une porte de 80 cm de large (sans sa jaquette isolante). Mis en place et équipé, son diamètre final atteint près de 1mètre sur une hauteur de 2,2 mètres. Pour un ballon de 1500 litres, le diamètre est de 1 m et 1,20 m respectivement sans et avec sa jaquette isolante.

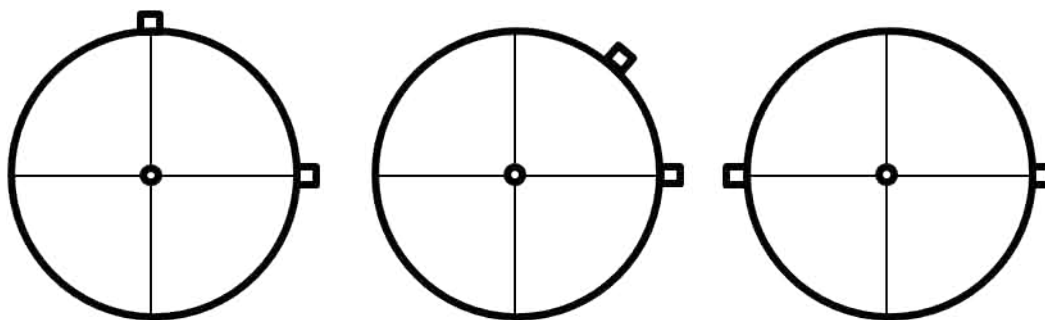
Lors de la création d'une ouverture pour accéder au local technique, il doit être proposé une porte à double battants de plus d'un mètre de libre passage. L'idéal est un accès direct depuis l'extérieur.

Commentaire

Certain fabricants de ballons proposent des modèles de forme ovale permettant l'installation dans de petites pièces.

7.2.2. • Les réservations

Les réservations doivent tenir compte de la conception propre du ballon de stockage et notamment de la position et du nombre de piquages, comme vu (Figure 51). Elles doivent également considérer l'emplacement du ballon dans le local, les arrivées et les départs des canalisations d'eau froide et d'eau chaude ainsi que tous les accessoires.



▲ Figure 51 : Différents positionnement de piquages (vue de dessus)

7.2.3. • La stratification

Afin de favoriser la stratification au sein du volume tampon, un rapport hauteur sur diamètre supérieur ou égal à 2 est conseillé. En deçà, on constate l'absence de stratification entre le bas et le haut du réservoir, au détriment des cycles de charge dont les températures de retour sont plus élevées. A volume identique, on préfère donc un réservoir haut et étroit.

Les arrivées des circuits dans le ballon doivent être équipées de brise-jet pour éviter le mélange des différentes couches de température existantes.

Il existe des systèmes de stratification, dits : « dynamiques », c'est-à-dire équipés d'accessoires, interne ou externe au ballon, qui permettent d'augmenter ce phénomène de mouvement de chaleur vers le haut du réservoir.

Comment faire

Pour le raccordement des ballons à stratification, il est impératif de suivre les préconisations du fabricant.

7.2.4. • Les déperditions du ballon

Les déperditions thermiques des ballons de stockage ne sont pas négligeables. Une isolation de qualité doit être mise en œuvre. 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.

Comme vu (Figure 52), toutes les étanchéités nécessaires pour les raccordements hydrauliques sont faites avec soin pour éviter les fuites,

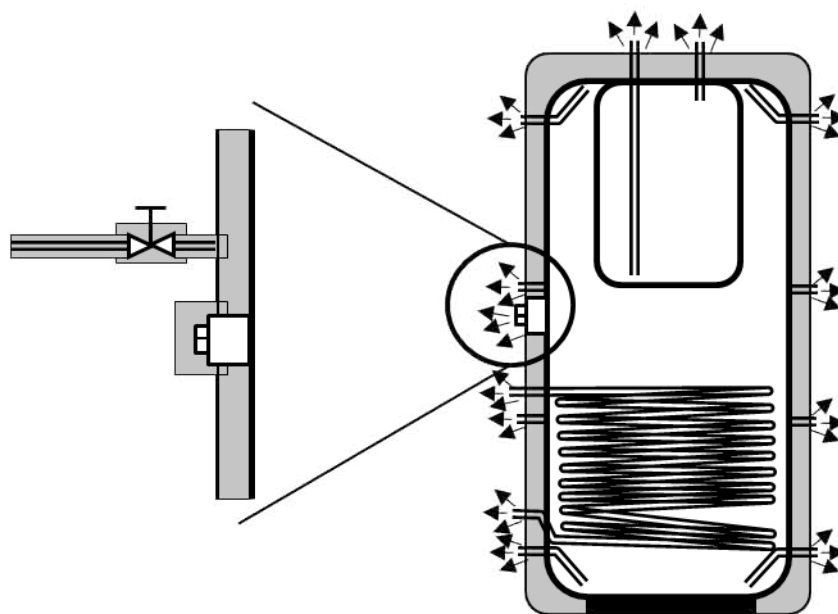
surtout les suintements, qui peuvent détériorer la qualité thermique de l'isolant très rapidement. Un ballon surélevé par une dalle béton est ainsi à l'abri des remontées d'humidité dans son isolant en cas de fuite dans le local.

Commentaire

La mise en œuvre pas toujours aisée de l'isolation en jaquette souple génère des courants convectifs non contrôlés (c'est à dire un effet de cheminée entre le ballon et l'isolant). Un courant d'air entre la cuve et l'isolant augmente considérablement les déperditions des parois verticales.

Les températures élevées du réservoir de stockage, notamment en période estivale (plus de 85°C), limite l'utilisation de certains matériaux isolants. On trouve :

- l'isolation en mousse de polyuréthane (PUR), aujourd'hui sans CFC ;
- les matelas de laine minérale, ceinturés par une feuille d'aluminium et recouverts d'un manteau en aluman ;
- les coquilles en polystyrène, recouvertes d'un manteau de tôle laquée, amovible (mais parfois limité à certaines températures).
- la résine de mélamine, nouveau matériau très résistant à la haute température et facilement dissociable du manteau extérieur.



▲ Figure 52 : Tous les piquages raccordés ou non doivent être isolés avec soin

7.2.5. • Raccordements hydrauliques

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.

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

Les matériaux constitutifs des canalisations doivent être également compatibles avec le liquide caloporteur (voir NF DTU 65.12 P1-2).

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

Concernant le raccordement d'eau sanitaire, et selon la NF C15-100-05 : « si la tuyauterie de distribution est en cuivre, un manchon en acier, en fonte ou en matière isolante doit être interposé entre la sortie eau chaude du chauffe-eau et cette tuyauterie. »

Les dispositifs de stockage doivent comporter les équipements permettant d'assurer les opérations d'entretien et de maintenance tels qu'un système de purge en point haut, une vanne en partie basse permettant de réaliser la vidange du réservoir et les chasses, une trappe de visite facilitant les opérations de contrôle et un thermomètre en partie haute pour le contrôle de la température.

Commentaire

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

Les canalisations aller et retour du circuit de chauffage peuvent être munies de vannes de d'arrêt, pour une maintenance facilitée notamment.

Ces vannes doivent être maintenues fermées en dehors des opérations de maintenance sur le circuit de chauffage. Les volants de ces vannes sont de préférence retirés.

Si les canalisations aller et retour du circuit de chauffage sont munies de vannes d'arrêt, une soupape de sécurité appropriée de dimensions adéquates doit être mise en œuvre au niveau du ballon d'hydroaccumulation.

La soupape de sécurité doit être installée à un endroit accessible à proximité immédiate du ballon de stockage. Il n'y a aucune vanne d'arrêt entre le ballon et la soupape de sécurité.

Le mitigeur thermostatique doit être équipé de clapet anti-retour homologué, conformément à la norme 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).

MISE EN ŒUVRE DU SYSTÈME DE RÉGULATION

8



8.1. • Paramétrages du régulateur

8.1.1. • Les valeurs de différentiels

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 10 K pour le Différentiel de Démarrage ;
- 2 à 4 K pour le Différentiel d'Arrêt.

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

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

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

8.1.2. • La consigne de chargement du ballon

Le paramétrage doit permettre d'éviter une surchauffe du ballon. Si le ballon de stockage atteint dans sa partie inférieure (au niveau de l'échangeur) la température maximale programmée (généralement 60 °C), le circulateur est arrêté. Un redémarrage est possible à partir

d'une température (généralement 3 K) en dessous de la température maximale du ballon de stockage.

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

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

8.1.3. • Les fonctions les plus fréquentes

Température maximale du capteur solaire

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

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

Fonction capteurs à tubes

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

Fonction antigel

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

Comment faire

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

Fonction refroidissement nocturne (vacances)

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

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

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

8.2. • Les sondes de température

8.2.1. • Les sondes de températures d'eau

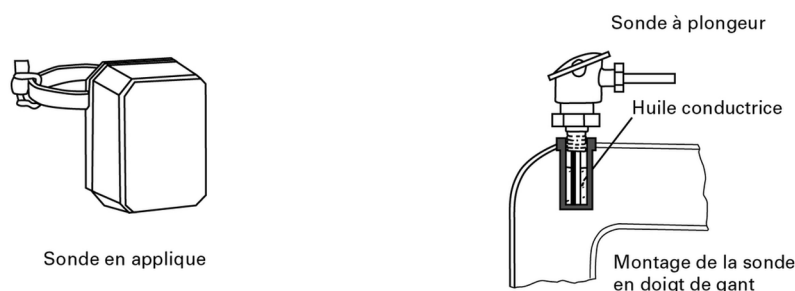
Les sondes de température d'eau sont propres à chaque régulateur, elles ne sont donc pas interchangeables entre deux régulateurs de marque ou de type différents.

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

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

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

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



▲ Figure 53 : Les différents types de sonde de mesure de température d'eau

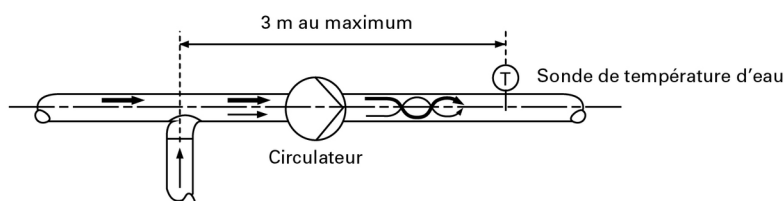
La sonde est éloignée des points où la température dans la tuyauterie risque de ne pas être homogène : en sortie d'un ballon qui peut être stratifié et en particulier en aval d'un mélange.

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.

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

Comme vu en (Figure 54), pour un temps de réponse correct, une distance maximale de 3 m entre la sonde et la vanne est recommandée.



▲ Figure 54 : Montage de la sonde de température d'eau en cas de mélange en amont

La sonde d'applique

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

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

Commentaire

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

La sonde à plongeur

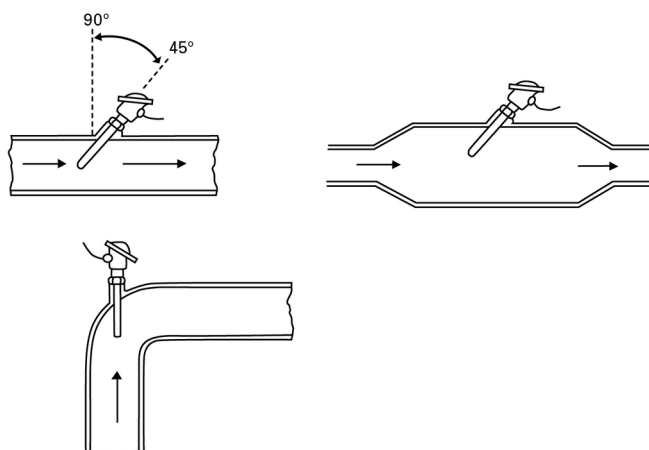
Elle s'installe dans les conditions suivantes :

- 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 55 : Exemples 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.

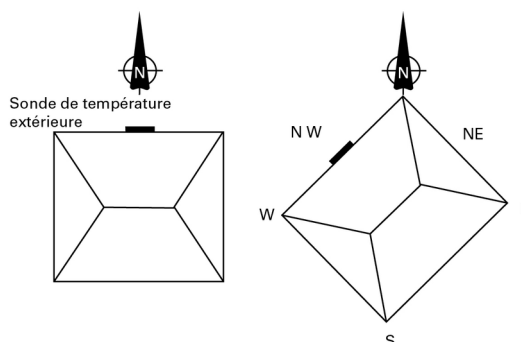
Lors de ces interventions, en cas de modification de la position de la sonde, il convient de reconstituer l'intégrité du calorifuge.

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

8.2.2. • Sonde de température extérieure

La sonde de température extérieure doit être placée à l'abri de l'ensoleillement, sur une paroi nord. S'il n'existe pas de paroi nord, elle est installée sur une paroi nord-ouest.

Elle doit être hors de portée et éloignée des sources de chaleur parasites : cheminée, sortie d'air du bâtiment notamment.

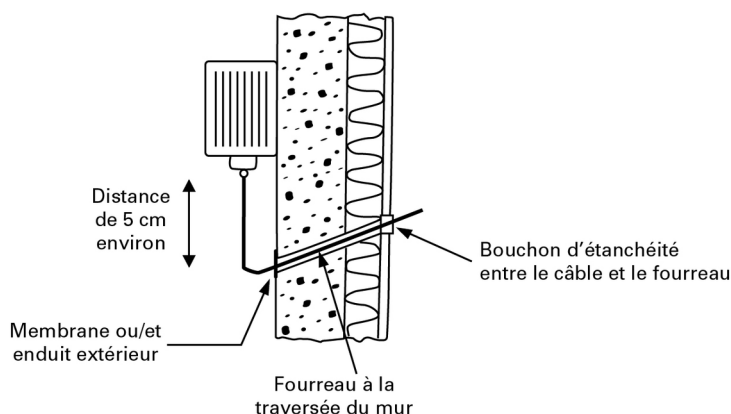


▲ Figure 56 : Emplacement de la sonde de température extérieure

La sonde de mesure de température extérieure placée contre le mur du bâtiment est fixée à l'aide de vis accessibles de l'extérieur ou bien de l'intérieur du capot ou du boîtier après son ouverture.

Leur positionnement doit être conforme aux prescriptions de la notice technique. En particulier, le presse-étoupe ne doit jamais être dirigé vers le haut afin d'éviter les infiltrations d'eau dans le bâtiment.

Le passage du câble de raccordement de la sonde doit obéir à quelques règles illustrées par la (Figure 57).



▲ Figure 57 : Exemple de mise en œuvre de la sonde de température extérieure

Les opérations sont les suivantes :

- percer le mur de façon à ce que le câble soit incliné vers l'extérieur, évitant tout risque d'écoulement d'eau de pluie dans le bâtiment ;
- passer le câble dans un fourreau sur toute l'épaisseur du mur ;
- poser la sonde à une distance suffisante (4 à 5 cm) du point de traversée du mur. Cette précaution permet de minimiser l'échauffement de la sonde par l'arrivée d'air chaud en provenance du bâtiment s'il est en surpression et d'éviter l'accumulation d'eau à proximité de la sonde.

L'étanchéité à l'air sur tout le pourtour du fourreau ainsi qu'à l'intérieur doit être respectée.

Une étanchéité en adéquation au support est mise en place sur l'épaisseur du percement mural.

Commentaire

Le produit utilisé peut être sous les différentes formes suivantes : – mousse expansive à structure à cellules fermées ; – mastic utilisé comme joint ; – mortier résistant aux intempéries et à l'eau.

RACCORDEMENTS ÉLECTRIQUES



La mise en œuvre de l'installation doit être réalisée conformément aux prescriptions de la norme NF C 15-100 qui s'applique aussi bien aux installations en très basse tension qu'en basse tension.

Une protection différentielle de 30 mA est obligatoire.

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



MISE AU POINT ET MISE EN SERVICE

10



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

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

Dans le cas d'un système solaire combiné, ces deux opérations peuvent être menées conjointement.

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

Pour exemple, un tel tableau est fourni en (Figure 58).

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.

10.1. • *Rinçage et essais d'étanchéité*

L'installation ne doit pas être rincée et remplie par temps ensoleillé ou s'il y a des risques de gel.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10.2. • Remplissage

Avant le remplissage, le vase d'expansion doit être remis en place et sa vanne d'isolement ouverte.

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

10.3. • *Purge et dégazage*

Installation avec un point de purge en sortie des capteurs

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

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

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

Installation sans purgeur en sortie des capteurs

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

L'avantage de cette solution est un remplissage et une purge réalisés en une seule étape.

10.4. • *Mise sous pression*

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

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

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

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

10.5. • *Réglage du débit*

Le débit est réglé à froid (30 – 40 °C). Si le circulateur 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, généralement placée dans le clapet anti retour, doivent être ouvertes.

La mise en marche du circulateur doit être forcée (voir la notice du régulateur).

Le débit sur le débitmètre à flotteur doit être contrôlé.

Pour le préréglage du débit : le commutateur du circulateur 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.

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

Si le débit indiqué n'est pas atteint avec la vitesse de rotation maximale de la pompe, il faut vérifier la longueur des conduites et les dimensions préconisées pour l'usage du circulateur et si nécessaire, utiliser un circulateur plus puissant.

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

10.6. • *Réglages de la régulation*

Les régulateurs sont livrés avec des valeurs de paramétrage pré-réglées. 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 les différentiels utilisés.

La consigne de chargement du ballon doit être vérifiée.

Les paramètres permettant la gestion de l'appoint doivent être vérifiés.

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

10.7.1. • Organes hydrauliques

La soupape de sécurité

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

Les purgeurs

Les purgeurs automatiques peuvent être activés pour vérifier leur fonctionnement.

Le vase d'expansion

Sa pression de gonflage est contrôlée avant son montage. Si non, l'isoler, le vider et mesurer sa pression de gonflage.

Le groupe de sécurité

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

Le circulateur

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

10.7.2. • Organes de mesure

Les seuils de pression basse et haute doivent être notés sur le manomètre. Cela permet de faire un contrôle facile et fréquent du bon remplissage de l'installation, y compris par l'utilisateur.

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

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

Le tableau de la (Figure 58) recense les opérations de contrôles et de vérifications qui doivent être menées durant la mise en service et la mise au point de l'installation. Ces données constitueront les valeurs de référence pour les opérations futures d'entretien ou de maintenance.



PROTOCOLE DE MISE EN SERVICE

Client :		Entreprise :			
Description de l'installation : Capteurs : Marque : _____ Type : _____ Nombre : _____ Surface : _____ [m²] Ballon de stockage : Nombre : _____ Capacité : _____ [l] Fonctionnement : Hydroaccumulation / Dalle épaisse si hydroaccumulation raccordement : mixte / série					
Travaux de mise en service, d'inspection et d'entretien	Méthode	Mise en service	Dates des visites		
MISE EN SERVICE GÉNÉRALE					
Tuyaux de départ et de retour mis à la terre	Visuel	OUI ☐	OUI ☐	OUI ☐	OUI ☐
Absence de fuite	Visuel	OUI ☐	OUI ☐	OUI ☐	OUI ☐
État de la vanne en amont du purgeur capteur	Visuel	FERMEE ☐	FERMEE ☐	FERMEE ☐	FERMEE ☐
Pression de gonflage du vase d'expansion	Mesure	___[bar]	___[bar]	___[bar]	___[bar]
Absence d'air dans l'installation solaire	Manipulation	OUI ☐	OUI ☐	OUI ☐	OUI ☐
pH du fluide antigel	Mesure				
Niveau de protection contre le gel	Mesure	___[°C]	___[°C]	___[°C]	___[°C]
CIRCUIT SOLAIRE					
Pression de service	Relevé	___[Bar]	___[Bar]	___[Bar]	___[Bar]
Température au moment de la mesure	Relevé	___[°C]	___[°C]	___[°C]	___[°C]
Débit à froid	Relevé	___ [l/min]	___ l/min	___ l/min	___ l/min
Réglage de la pompe solaire (1/2/3)	Visuel				
Mitigeur thermostatique réglé	Mesure	___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]
CHAMP DE CAPTEURS SOLAIRES					
État général des capteurs	Visuel				
Sonde de température de capteur correctement positionnée, insérée dans le doigt de gant	Visuel	OUI ☐	OUI ☐	OUI ☐	OUI ☐
Contrôle du montage des capteurs	Visuel	BON ☐	BON ☐	BON ☐	BON ☐
Contrôle étanchéité (fixations, traversées)	Visuel	BON ☐	BON ☐	BON ☐	BON ☐
Contrôle de l'isolation des conduites	Visuel	BON ☐	BON ☐	BON ☐	BON ☐
Propreté des capteurs	Visuel	BON ☐	BON ☐	BON ☐	BON ☐
BALLON DE STOCKAGE					
État de la jaquette d'isolation	Visuel	BON ☐	BON ☐	BON ☐	BON ☐
Absence de fuite	Visuel	OUI ☐	OUI ☐	OUI ☐	OUI ☐
Groupe de sécurité en état	Visuel	OUI ☐	OUI ☐	OUI ☐	OUI ☐
Courant sur l'anode de protection	Mesure	___ [mA]	___ [mA]	___ [mA]	___ [mA]
Réglage du démarrage de l'appoint	Manipulation	___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]

RÉGULATION					
Vérification du fonctionnement de la pompe dans les positions (Marche/Arrêt/Automatique) ?	Manipulation	BON ☐	BON ☐	BON ☐	BON ☐
Différentiel de Démarrage	Lecture	___ [K]	___ [K]	___ [K]	___ [K]
Différentiel d'Arrêt	Lecture	___ [K]	___ [K]	___ [K]	___ [K]
Indicateurs de température des sondes	Lecture	___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]
Sortie capteur		___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]
Sortie échangeur		___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]
Sonde complémentaire		___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]
Seuil de protection des capteurs	Lecture	___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]
Consigne de chargement du ballon	Lecture	___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]	___ [°C]

▲ Figure 58 : Exemple de protocole de mise en service



RÉCEPTION

11



La réception des travaux est une étape importante qui consiste à vérifier si tous les travaux ont été correctement réalisés. Cette réception se matérialise par un document : le procès-verbal de réception des travaux.

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

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

La réception est le moment de la remise du Dossier client pour une Intervention Ulérieure sur l'Ouvrage (D.I.U.O). La présentation de ce dossier, avec une visite de l'installation, constitue la phase de mise en main à l'utilisateur.

11.1. • *Explication générale de l'installation*

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

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

Dans le cas d'un système solaire combiné, les contrôles que peut effectuer un néophyte sont simples et peu nombreux :

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

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

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

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

Sur ce type d'installation, trois garanties existent :

- la Garantie Décennale a une durée de 10 ans : elle concerne les défauts qui compromettent la solidité du bien et ceux qui le rendent impropre à son usage tels que... effondrement, défaut d'étanchéité d'une toiture, défauts des biens d'équipement indissociables de l'ouvrage (gainés, conduits encastrés dans les murs et sols...) dont le démontage ne peut s'effectuer sans détériorer une partie de la construction ;
- la Garantie de Parfait Achèvement a une durée d'un an : pendant la première année qui suit la réception de l'installation, le client peut exiger des entrepreneurs ou de constructeur la réparation des malfaçons qui ont fait l'objet de réserves ainsi que la réparation des désordres constatés dans l'année quelle que soit la nature des problèmes : vices de construction ou défaut de conformités.
- La Garantie Biennale de Bon Fonctionnement des Équipements a une durée de 2 ans : elle s'applique aux équipements et éléments qui peuvent être remplacés sans endommager le gros œuvre : Volets, portes, fenêtres, moquettes, revêtement de sol et mural, robinetterie... Elle ne s'applique donc pas aux équipements indissociables : ascenseur, escalier, chauffage central... qui bénéficient ainsi de la garantie décennale, ils sont assimilés au bâti. Mais, si des équipements défectueux dissociables de la maison la rendent inhabitable, vous pouvez mettre en jeu la garantie décennale du professionnel, plus tôt que la garantie biennale de bon fonctionnement.

11.3. • *Remplissage des documents administratifs de description d'installation (Tous les documents nécessaires)*

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

11.4. • *Obligations d'entretien et de maintenance*

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 bois 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.

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.

ANNEXES

12



[ANNEXE 1] : EXEMPLE DE FICHE D'AUTOCONTRÔLE

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



ANNEXE 1 : EXEMPLE DE FICHE D'AUTOCONTRÔLE

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

Fiche d'autocontrôle de fin de chantier Points à vérifier	La réponse doit être :
LOCAUX ET ACCESSIBILITE	
1. Les différents points de mesure sont accessibles (sondes, manomètres, compteurs...)	☐ oui
2. Une aération suffisante est prévue dans le local technique	☐ oui
3. Le schéma de principe est respecté et affiché à proximité de l'installation solaire	☐ oui
ELEMENTS EXTERIEURS	
CAPTEURS SOLAIRES	
1. Les capteurs solaires sont accessibles : une distance minimum de 1,50 mètre entre le champ de capteurs et tous les bords du toit permet un accès facile pour toute intervention d'entretien	☐ oui
2. L'orientation et l'inclinaison sont optimisées ou conformes à la demande du client	☐ oui
3. Les éventuels masques sont pris en compte	☐ oui
4. La charpente a été adaptée à l'ajout de capteurs (renforcement prévu si nécessaire...)	☐ oui
Surimposition	
1. La mise en œuvre des capteurs est réalisée selon les recommandations du fabricant	☐ oui
2. La fixation des capteurs sur leur support est réalisée selon les recommandations du fabricant	☐ oui
3. La fixation des supports des capteurs est réalisée selon les recommandations du fabricant	☐ oui
4. Les fixations sont ancrées à la structure porteuse (charpente, mur porteur, ...)	☐ oui
5. La visserie de fixation est adaptée aux conditions extérieures	☐ oui
6. Il n'y a aucun contact acier/aluminium (couple électrolytique)	☐ oui
7. L'implantation dans la couverture existante est réalisée dans le respect des recommandations du fabricant (si existantes) ou dans le respect des DTU concernés	☐ oui
8. La ventilation de la couverture est inchangée (attention à l'emplacement, voire le déplacement des chatières...)	☐ oui
Intégration	
1. Le système d'intégration est mis en œuvre selon les recommandations du fabricant et de l'évaluation technique le cas échéant	☐ oui
2. La fixation des capteurs sur leur support est réalisée selon les recommandations du fabricant	☐ oui
3. La fixation des supports des capteurs est réalisée selon les recommandations du fabricant	☐ oui
4. Les fixations sont ancrées à la structure porteuse (charpente, mur porteur, ...)	☐ oui
5. La visserie de fixation est adaptée aux conditions extérieures	☐ oui
6. Il n'y a aucun contact acier/aluminium (couple électrolytique)	☐ oui
7. L'implantation dans la couverture existante est réalisée dans le respect des recommandations du fabricant (si existantes) ou dans le respect des DTU concernés	☐ oui
8. La cohérence des abergements est vérifiée	☐ oui

Fiche d'autocontrôle de fin de chantier Points à vérifier	La réponse doit être :
9. Si présence d'un écran de sous toiture, le passage des éléments de support du cadre est conforme	☐ oui
10. Les condensats peuvent être évacués (soit par un écran de sous-toiture jusqu'à l'égout ou la gouttière, soit par le dispositif assurant l'étanchéité sous le capteur)	☐ oui
<i>Raccordement d'étanchéité aux éléments de couverture :</i>	
1. Le raccordement en tête de capteur est conforme aux préconisations constructeur et à la procédure d'Avis Technique le cas échéant (exemple : bavette supérieure fixée au capteur et renvoyant les eaux d'écoulement soit sur le plan du capteur, soit sur des couloirs latéraux)	☐ oui
2. Le recouvrement des éléments de couverture sur la bavette est conforme aux prescriptions des DTU de la série 40	☐ oui
3. 2 rangées de tuiles (ou 3 rangs d'ardoises ou tuiles plates) sont conservées en tête du raccordement	☐ oui
4. Les techniques de raccordement et de maintien permettent la libre dilatation des pièces d'abergements	☐ oui
5. Le raccordement latéral est traité comme une pénétration continue (exemple : ardoise ou tuiles plates : noquets métalliques)	☐ oui
6. Un espace de la rive au raccordement latéral est prévu (environ 2 rangées de tuiles)	☐ oui
7. Si l'étanchéité est réalisée par une sous-couche (bacs par exemple), une bavette en pied de capteur assure la reconduction des eaux d'écoulement sur les éléments de couverture inférieure (en respectant les recouvrements nécessaires)	☐ oui
8. Si l'étanchéité est assurée par le capteur, le raccordement en pied de capteur est traité comme une rive de tête	☐ oui
9. La ventilation de la couverture est inchangée (attention à l'emplacement, voire le déplacement des chatières...)	☐ oui
PURGE D'AIR	
Cas des installations avec purge d'air	
1. Les batteries de capteurs sont équipées d'un dispositif de purge	☐ oui
2. Les points hauts du circuit hydraulique sont équipés d'un dispositif de purge	☐ oui
3. Le purgeur si automatique est isolé par une vanne maintenue fermée	☐ oui
Cas des installations sans purge d'air	
1. Un séparateur d'air est présent	☐ oui
2. Une vanne de remplissage et une vanne de vidange sont présentes	☐ oui
3. Le remplissage est adapté (vitesse et pression sont suffisantes)	☐ oui
RÉSEAU HYDRAULIQUE EXTÉRIEUR	
1. Le raccordement hydraulique entre capteurs est conforme aux instructions du constructeur	☐ oui
2. Le raccordement hydraulique entre les capteurs et le groupe de transfert est conforme aux instructions du constructeur	☐ oui
3. Les raccords et les joints d'étanchéité sont adaptés (niveaux de température, présence de glycol...)	☐ oui
4. L'ensemble du réseau (y compris les points singuliers comme les coudes) est isolé thermiquement avec une isolation d'une parfaite tenue aux températures élevées (armaflex HTA, fibres minérales,...)	☐ oui
5. L'isolation extérieure est résistante aux intempéries, aux rayonnements solaires ultraviolets, aux attaques des becs des oiseaux et aux morsures des rongeurs.	☐ oui



Fiche d'autocontrôle de fin de chantier Points à vérifier	La réponse doit être :
Cas des installations autovidangeables	
1. L'architecture hydraulique des capteurs permet leur vidange complète (capteurs à échelles)	☐ oui
2. Aucun coude, cintrage, contre-pente ou accidents quelconques contrariant la vidange des capteurs et des tubulures risquant le gel	☐ oui
3. Les liaisons hydrauliques entre circulateur – entrée capteurs et sortie capteurs – bouteille de récupération respectent une pente suffisante garantissant la vidange totale des capteurs et des canalisations dès l'arrêt du circulateur	☐ oui
4. La bouteille de récupération est en zone hors gel	☐ oui
5. Le point le plus haut de la bouteille se situe sous le point le plus bas des capteurs	☐ oui
6. La hauteur entre la sortie du capteur et le piquage de la bouteille est inférieure à la hauteur manométrique de la pompe à débit nul	☐ oui
7. Le point le plus bas de la bouteille se situe au-dessus de la pompe (hauteur entre piquage bas et pompe > à la pression d'aspiration minimale de la pompe)	☐ oui
8. Le niveau de l'eau dans les canalisations est en deçà du circulateur (éviter le désamorçage)	☐ oui
9. Le volume de la bouteille de récupération est au moins égale au volume total des capteurs, majoré de 50%	☐ oui
10. Si les conditions des points 41 à 49 ne sont pas remplies, le circuit fonctionne en fluide antigel prêt à l'emploi	☐ oui
SONDE DE TEMPÉRATURE	
1. L'emplacement des sondes est conforme aux prescriptions du constructeur	☐ oui
2. Si sondes à plongeur, les doigts de gant sont placés face à l'écoulement du fluide sans gêner son passage et remplis de pâte thermique	☐ oui
3. Si sondes d'applique, elles sont recouvertes d'une pâte thermique, d'un isolant thermique et protégées des intempéries	☐ oui
4. Les câbles de sondes sont correctement fixés	☐ oui
BOUCLE DE CAPTAGE	
LIQUIDE CALOPORTEUR	
1. Le type et la marque d'antigel utilisé sont affichés sur l'installation	☐ oui
2. Les caractéristiques de l'antigel sont affichées sur l'installation (concentration et pH)	☐ oui
3. Un bidon d'appoint de fluide, de même type et de même marque, est disponible à proximité de l'installation	☐ oui
4. Le réservoir de récupération est de capacité suffisante (au moins égale au volume contenu dans les capteurs)	☐ oui
CANALISATIONS ET ISOLATION	
1. L'utilisation de tuyauterie, robinetterie, raccords en acier galvanisé ou matériaux synthétiques est proscrite	☐ oui
2. Les raccords et les joints d'étanchéité sont adaptés (niveaux de température, présence de glycol...)	☐ oui
3. Les conduites sont tirées de manière à éviter les contre-pentes favorisant la formation de poches d'air et à garantir une purge totale (essentiel pour les installations à thermosiphon).	☐ oui
4. La libre dilatation des canalisations est possible	☐ oui
5. L'ensemble du réseau (y compris les points singuliers comme les coudes) est isolé thermiquement avec une isolation d'une parfaite tenue aux températures élevées (armaflex HTA, fibres minérales,...)	☐ oui

Fiche d'autocontrôle de fin de chantier Points à vérifier						La réponse doit être :
VASE D'EXPANSION						
1. Les dispositifs de purge et de vidange sont présents et fermés						☐ oui
2. La vanne d'isolement, placée entre le vase et le circuit solaire, est ouverte et son volant retiré						☐ oui
3. La conduite de raccordement est non calorifugée et suffisamment longue (>1m)						☐ oui
4. Le vase est placé sur le retour des capteurs, en amont du circulateur						☐ oui
5. Le vase est raccordé par le haut						☐ oui
1. Le volume du vase est suffisant	Superficie des capteurs		Volume net du vase		☐ oui	
	Jusqu'à 5 m²		18 litres			
	Jusqu'à 7 m²		25 litres			
	Jusqu'à 10 m²		35 litres			
	Jusqu'à 18 m²		60 litres			
	Jusqu'à 25 m²		80 litres			
2. La pression de gonflage est correcte	Pression de tarage de la soupape	3 bar	6 bar	6 bar	☐ oui	
	Pression de pré-gonflage du vase	1.2 bar	2.5 bar	3.5 bar		
	Pression de fonctionnement	1.5 bar	3 bar	4 bar		
SOUPAPE DE SÉCURITÉ						
1. Aucune vanne d'arrêt n'isole la soupape des capteurs						☐ oui
2. La soupape est placée sur le retour capteurs, en aval du circulateur						☐ oui
3. Raccordement au réservoir de récupération						☐ oui
4. La décharge de la soupape est sécurisée (tuyauterie d'échappement rigide)						☐ oui
5. La conduite de d'évacuation qui prolonge la soupape a un diamètre au moins égal à celui de l'orifice de sortie de la soupape						☐ oui
6. La soupape est accessible pour les actions d'entretien et de maintenance						☐ oui
POMPE DE CIRCULATION						
1. Des vannes d'isolement sont présentes						☐ oui
2. Le circulateur est placé sur le retour capteurs						☐ oui
3. Les sens de la flèche sur le corps de la pompe correspond à celui de l'écoulement du fluide dans la canalisation						☐ oui
4. Le choix de la vitesse de circulation est conforme aux prescriptions du constructeur						☐ oui
5. La pompe est accessible pour les actions d'entretien et de maintenance						☐ oui
CLAPET ANTI-THERMOSIPHON						
1. Le clapet est placé sur le retour capteurs, en aval du circulateur						☐ oui
2. Le clapet est accessible pour les actions d'entretien et de maintenance						☐ oui
BALLON SOLAIRE						
1. Le local dans lequel est placé le ballon est en zone hors gel et hors courant d'air						☐ oui
2. Un dégagement suffisant permet la réalisation de toutes les tâches d'entretien et de maintenance						☐ oui
3. Si l'appoint est séparé, il est placé en série en aval du ballon solaire						☐ oui



Fiche d'autocontrôle de fin de chantier Points à vérifier	La réponse doit être :
INSTRUMENTS DE MESURE ET DE CONTRÔLE	
1. Un manomètre de contrôle 0-10 bar est présent sur le circuit solaire	☐ oui
2. Un dispositif de mesure de débit est prévu sur le circuit solaire	☐ oui
3. Un indicateur d'écoulement est présent aux bornes de l'échangeur solaire (températures en entrée et sortie d'échangeur)	☐ oui
4. Un dispositif de prélèvement du liquide caloporteur est prévu	☐ oui
RÉGULATION	
1. Le boîtier de régulation est accessible	☐ oui
2. Les paramètres d'entrée (différentiel de démarrage et d'arrêt du circulateur, température limite de sécurité du ballon...) sont réglés comme indiqué sur la notice d'utilisation du fabricant	☐ oui
3. Le raccordement des sondes et voyants est conforme à la notice du fabricant	☐ oui
LIAISONS ELECTRIQUES	
1. Les câbles électriques, les câbles des sondes sont passés dans les endroits prévus à cet effet et fixés à l'aide de serre câbles ou disposés de telle manière que: - ils n'exercent pas de pression sur les connecteurs de la régulation ou des différents appareils électriques, - ils ne soient pas en contact avec les canalisations brûlantes, - tout risque d'arrachage soit évité.	☐ oui
2. Les appareils électriques de l'installation sont reliés à la terre	☐ oui
3. Les câbles électriques de sondes sont installés séparément des câbles de 230V	☐ oui
4. Les câbles (régulation et alimentation) à proximité des presses étoupes du régulateur et de la pompe de circulation sont courbés en une boucle d'écoulement pour dériver les gouttes qui pourraient tomber et les protéger ainsi contre l'eau de ruissellement	☐ oui
LIAISONS EQUIPOTENTIELLES	
1. Le circuit solaire est relié à la terre	☐ oui
2. Une liaison équipotentielle est réalisée au niveau du ballon	☐ oui
CIRCUIT DE CHAUFFAGE	
1. Les conditions de condensation des fumées sont satisfaites	☐ oui
2. Le raccordement hydraulique est conforme aux prescriptions et schémas du fabricant	☐ oui
3. La capacité du vase d'expansion existant prend en compte un volume tampon	☐ oui
4. Le fonctionnement à basse température des émetteurs a été recherché	☐ oui

ANNEXE 2 : EXEMPLE DE FICHE DE DEVOIR DE CONSEIL

(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 :

Les précautions et matériels à prendre sont les suivants :

- 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		
1. Heures de relevés		
2. Conditions atmosphériques		
3. Température du stockage solaire		___ °C
4. Température d'entrée du fluide primaire (Te1)		___ °C
5. Température de sortie du fluide primaire (Ts1)		___ °C
6. Température de consigne de l'appoint		___ °C
7. Température de départ ECS		___ °C
8. Pression du circuit primaire		___ bar
9. Pression de gonflage du vase d'expansion		___ bar
10. Débit		___ l/min
11. Relevé du compteur d'énergie (si présent)		___ kWh
VÉRIFICATIONS ET CONTRÔLES		
1. État des capteurs et des supports		
2. Fonctionnement des vannes d'arrêt		
3. Vanne d'isolement fermée si purgeur automatique		
4. État de la protection mécanique du calorifuge extérieur		
5. État du calorifuge		
6. vérification l'étanchéité de tous les raccords et des joints		
7. Contrôle du liquide (teneur en antigel et pH)		
8. Contrôle visuel du bon fonctionnement (bruit, échauffement, vibration)		
9. Contrôle de la sélection de la vitesse de circulation		
10. Absence de fuite ou de corrosion		
11. Vérification du paramétrage de la régulation (DD, DA...)		
12. Contrôle de la bonne tenue des sondes (position et connexions électriques)		
13. Vérification du fonctionnement des sondes (vérification de la valeur de température donnée par la sonde)		
14. Réalisation de chasses		
15. Contrôle de l'état de la jaquette isolante		
16. Contrôle de l'étanchéité des piquages		
17. Contrôler la soupape de sécurité		
18. Serrage des connexions		
19. Recherche d'échauffements et de bruits anormaux		
20. État des contacteurs et des câbles		
21. Fonctionnement des organes de coupure et de protection		
22. Vérification de la consigne et de la programmation du système d'appoint		
23. Vérification du bon fonctionnement et du réglage du ou des mitigeurs thermostatiques		

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

Je soussigné *[nom maître de l'ouvrage]*, confirme avoir pris connaissance des obligations d'entretien et de maintenance susmentionnées, présentées par *[nom de la personne mandatée]*, mandaté par *[nom de l'entreprise]*, à réaliser à compter de la réception de mon installation

pour en assurer le fonctionnement efficace, en maintenir les performances et la pérennité.

A [lieu], le [date]

Signatures :

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

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

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération 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.





Dans l'habitat individuel existant, la mise en place d'un Système Solaire Combiné (SSC) doit être adaptée à l'état initial de l'installation de production de chauffage et d'eau chaude sanitaire.

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

Les solutions techniques adaptées aux contraintes de la rénovation et les schémas hydrauliques types associés sont présentés. La pose de chacun des composants est décrite et illustrée. L'implantation des capteurs solaires est largement traitée avec notamment les points sensibles que constituent les raccordements d'étanchéité des capteurs solaires aux éléments de couverture et les remontées d'étanchéité pour les traversées de l'écran de sous-toiture.

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

Ces Recommandations professionnelles se veulent pratiques, elles sont illustrées par près de 60 figures. Elles mettent à disposition des outils à usage de l'entreprise permettant de fiabiliser les pratiques : fiches d'autocontrôle, protocole de mise en service, fiche de devoir de conseil.



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

