

28 mai 2017

Notice « Maîtriser la stagnation en toutes circonstances »

Auteurs

Ralph Eismann, EPF Zurich
Bruno Schläpfer, Ernst Schweizer AG, Metallbau
Andreas Haller, Ernst Schweizer AG, Metallbau
Andreas Bohren, SPF, Haute école de Rapperswil
Daniel Ehrbar, Solarline-Güttinger AG
Jürg Marti, Marti Energietechnik
José Martin, Swissolar

Traduction

Nadine Mounir, Planair SA
Corinne Züger, tech traductions.

**Cette notice a été élaborée pour le compte de SuisseEnergie.
Les auteurs sont seuls responsables du contenu.**

Adresse

SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie OFEN
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Adresse postale : 3003 Berne
Infoline 0848 444 444. www.suisseenergie.ch/conseil
energieschweiz@bfe.admin.ch, www.suisseenergie.ch

L'introduction

Une installation solaire correctement planifiée et bien conçue résiste à la stagnation sans subir de dégâts. Cette notice concerne les installations sous pression qui fonctionnent avec un mélange eau/glycol. Basé sur le rapport « Maîtriser la stagnation en toutes circonstances¹ » (disponible uniquement en allemand), disponible également auprès de SuisseEnergie, cette notice présente les principales règles en matière de planification et d'exécution. Dans le texte, le mot « liquide » est utilisé pour désigner le mélange eau/glycol. Les termes importants sont en caractères gras. Les phrases-clés sont signalées par •.

Qu'est-ce que la stagnation ?

Lorsque les dispositifs de stockage d'une installation solaire sont chargés, la pompe du circuit solaire s'arrête et les capteurs ne peuvent plus fournir de chaleur utile. Cet état s'appelle la stagnation. La température de l'absorbeur augmente jusqu'à ce que la perte de chaleur soit équivalente à la puissance de rayonnement absorbée. Les capteurs plans à revêtement simple présentent une **température de stagnation** d'environ 200°C, tandis que les capteurs à tubes sous vide peuvent aller bien au-delà des 300°C suivant le modèle. Le mélange eau/glycol commence toutefois à bouillir dès 120-140°C. La vapeur produite vide en grande partie les capteurs en chassant le liquide dans les conduites du circuit solaire. Un volume de liquide correspondant est déplacé hors des conduites et poussé jusque dans le vase d'expansion. Une certaine **quantité résiduelle** de liquide reste toujours dans les capteurs solaires. Cette quantité résiduelle s'évapore au cours de la stagnation. Cet état d'un champ de capteurs s'appelle l'**ébullition sous vide**. La vapeur se propage dans les conduites, où elle se condense et réchauffe la paroi du tube. La longueur des conduites remplies de vapeur est nommée la **portée de la vapeur**. La portée maximale de la vapeur est atteinte lorsqu'il y a autant de liquide qui se condense dans les capteurs que dans les tuyaux. À ce moment, le **volume de vapeur** est également maximal.

Stagnation partielle – un état dangereux

En cas de stagnation partielle, seule une partie du champ de capteurs se trouve en état de stagnation. L'autre partie est en service et présente un écoulement ou une circulation lorsque la pompe du circuit solaire fonctionne. Les principales causes sont les suivantes :

- Air dans le circuit
- Chute de pression résultant d'une fuite
- Mauvaise position de la sonde du capteur

La stagnation partielle est par conséquent totalement différente de la stagnation normale. En cas de stagnation partielle, le risque est élevé que des bulles de vapeur provenant de la zone de stagnation parviennent dans la zone du champ de capteurs traversée par le liquide. Les bulles de vapeur s'y condensent brusquement, générant des **coups de bélier** nettement supérieurs à 10 bar. Des mesures techniques de régulation permettent d'éviter la stagnation partielle¹.

¹ Eismann, R. et al. (2017) Stagnation sicher beherrschen. Schlussbericht, EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie, Bern (en allemand)

Règles pour un comportement de stagnation favorable

Plus la vapeur générée peut chasser le liquide hors des capteurs, plus la **quantité résiduelle** de liquide restant dans les capteurs sera minime. Cette caractéristique du champ de capteurs est désignée par le terme **vidange**. Plus la quantité résiduelle est petite, plus le volume de vapeur maximal sera faible.

- Les indications du fabricant concernant le montage des capteurs et les conduites de raccordement doivent être respectées.
- Toute utilisation des capteurs dépassant le cadre des spécifications est interdite.

Raccordement des capteurs

- Comme l'illustre la figure 1, la vidange dépend du raccordement hydraulique des capteurs.
- Pour les capteurs avec des tuyaux collecteurs intégrés, il convient de veiller à ce que **tous** les collecteurs et conduites de distribution présentent un écoulement ou une circulation, c.-à-d. qu'il n'y ait **aucune conduite morte**.

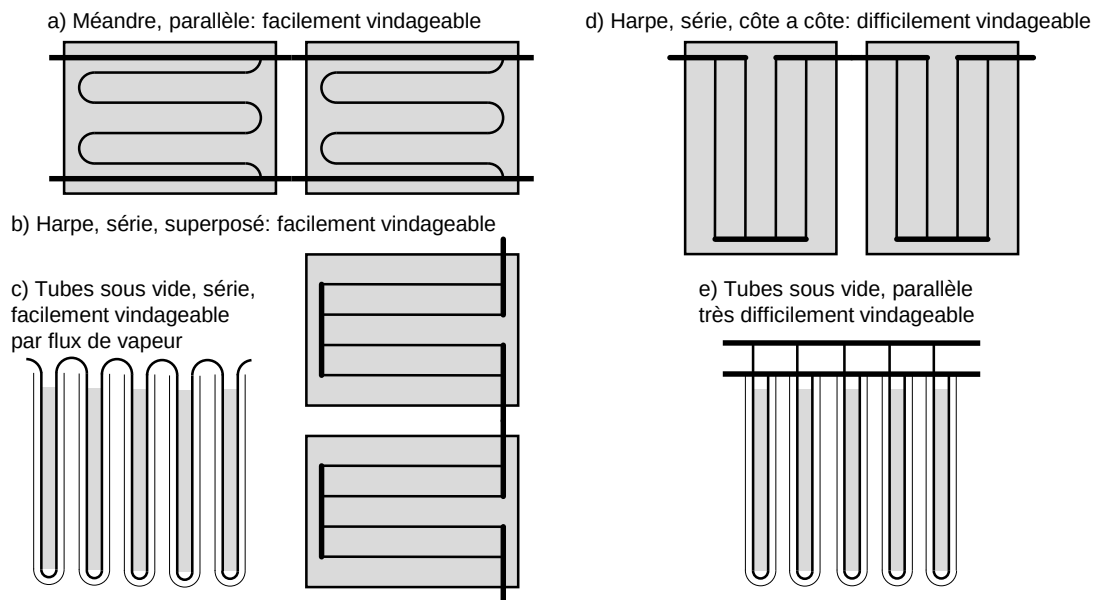


Figure 1 Vidange de différents champs de capteurs

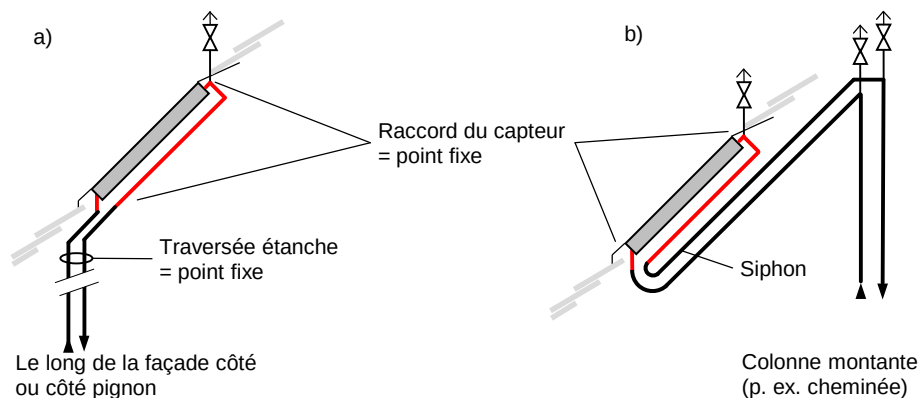


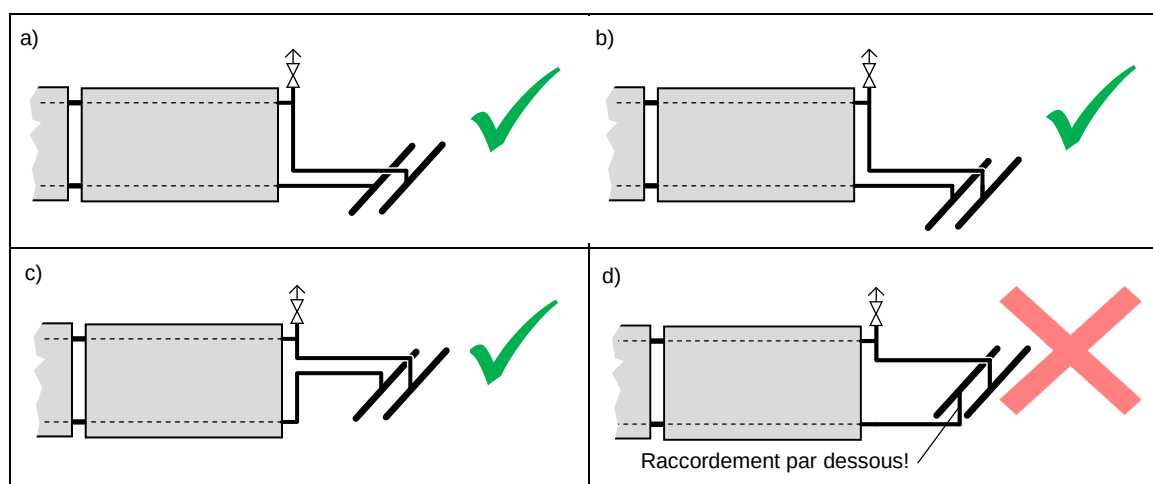
Figure 2 Tuyauterie dans les champs de capteurs intégrés au toit.

Champs de capteurs intégrés au toit

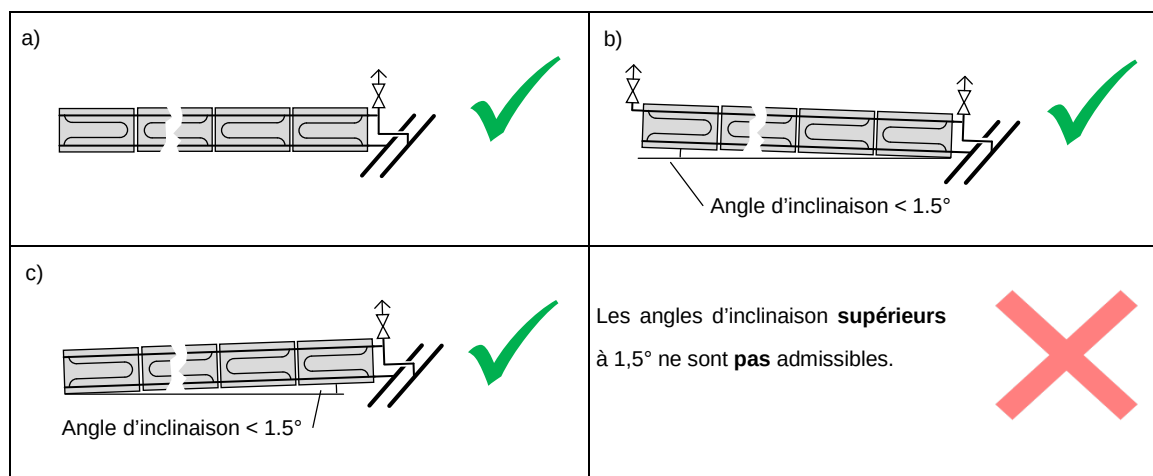
- La conduite de raccordement supérieur du capteur doit suivre le tracé indiqué dans la figure 2 a) et b) en empruntant le chemin le plus court possible au niveau du raccordement inférieur du capteur.
- Si l'extrémité supérieure de colonnes montantes est plus haute que le raccordement inférieur du capteur, le raccordement supérieur du capteur doit être relié à la conduite montante comme indiqué dans la figure 2 b) via un **siphon**.
- La section du siphon doit être choisie de manière à ce que la vitesse d'écoulement en service soit d'au moins 1 m/s. Les tuyaux en acier et en acier inoxydable sont particulièrement adaptés. Les tuyaux ondulés sont inadaptés (vibrations), de même que le cuivre (corrosion par érosion), en cas de vitesses d'écoulement supérieures à 1 m/s.

Champs de capteurs en surélévation

- La conduite de raccordement entre la conduite de distribution et les raccords du capteur doit être posée de manière à ce qu'aucun liquide ne puisse s'écouler de la distribution vers le capteur rempli de vapeur.

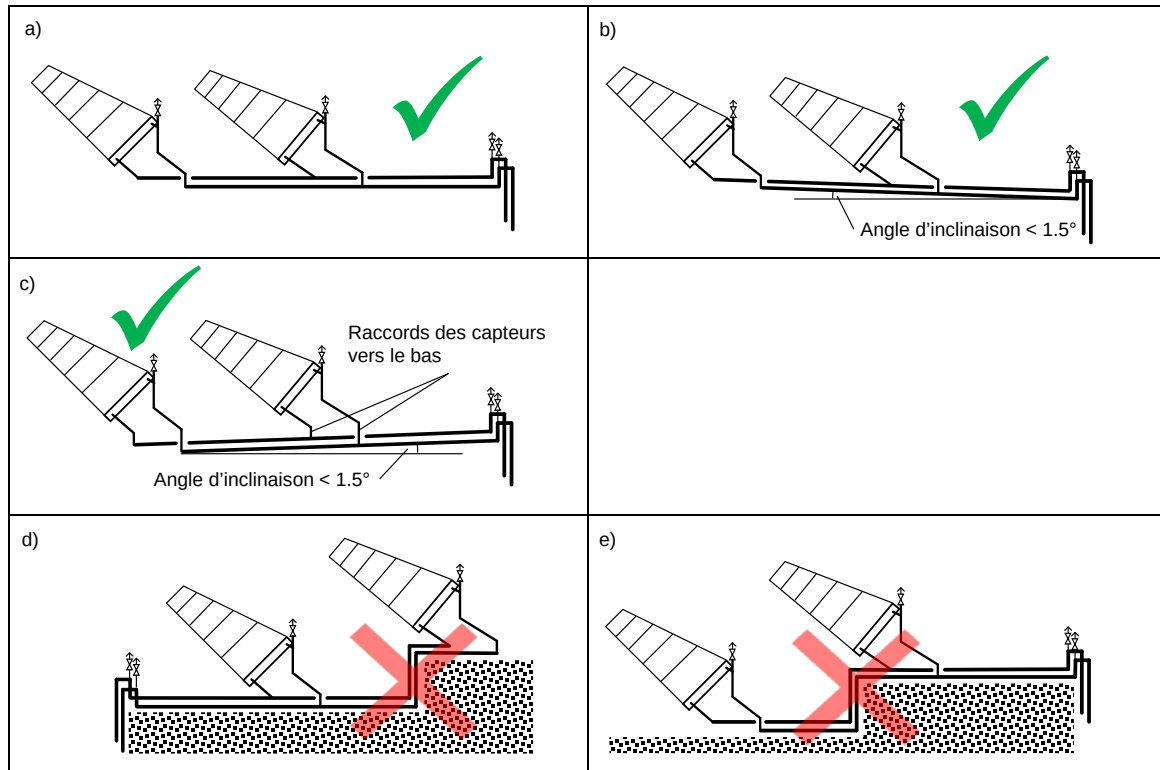


- L'inclinaison maximale des rangées de capteurs ne doit pas dépasser $\pm 1,5^\circ$.



Champs de capteurs à plusieurs rangées

- Dans les champs de capteurs à plusieurs rangées, les capteurs doivent être agencés sur un même niveau.
- L'inclinaison de la tuyauterie d'écoulement ne doit pas dépasser $\pm 1,5^\circ$.



Séparateur d'air dans la zone de vapeur

- Les séparateurs d'air doivent être isolés du circuit par un robinet d'arrêt
- ou se verrouiller automatiquement avant que la température n'atteigne 100°C .

Tuyauterie et robinetterie dans le local technique

- Si la vapeur peut pénétrer jusque dans le local technique, la portée de la vapeur doit être limitée comme l'illustre la figure 3 a) par un condenseur ou b) par un vase tampon (VT). Afin de protéger la pompe, la conduite d'expansion doit être raccordée **côté pression**.
- Comme l'illustre la figure 3 c), le vase d'expansion (VEM) doit **impérativement** être raccordé au circuit du côté de l'aspiration de la pompe dans la mesure où ni la vapeur, ni les condensats chauds ne puissent atteindre la pompe.
- Les clapets anti-retours doivent être installés de manière à ce que la vapeur puisse vider le champ de capteurs simultanément au niveau du départ **et** du retour.

Maintien de la pression

- Le volume du vase d'expansion à membrane (VEM), la pression de pré-gonflage et la pression du système doivent être déterminés dès la planification.

- Au niveau du raccordement du côté « pression » (standard pour les installations solaires), la pression de remplissage doit être plus élevée qu'au niveau du raccordement côté aspiration et ce d'une valeur équivalente à la pression de la pompe de circulation.
- Choisir un volume de VEM généreux augmente la sécurité de fonctionnement.
- En cas de maintien de la pression par vase d'expansion équipé de compresseur, la pression doit être supérieure de 2 bar à la pression initiale minimale en cas de maintien de la pression par vase d'expansion à membrane. Les pressions moins élevées entraînent des portées de vapeur plus importantes qu'avec un vase d'expansion à membrane.
- Si le vase tampon (VT) ne peut pas être dimensionné mathématiquement, le volume du vase tampon doit correspondre au minimum à celui des capteurs.
- Le raccordement supérieur du vase tampon est raccordé au circuit et le raccordement inférieur au vase d'expansion.
- La perméabilité au gaz de la membrane augmente proportionnellement à la température. La température du fluide dans le vase d'expansion à membrane doit par conséquent rester en-dessous de 50°C.

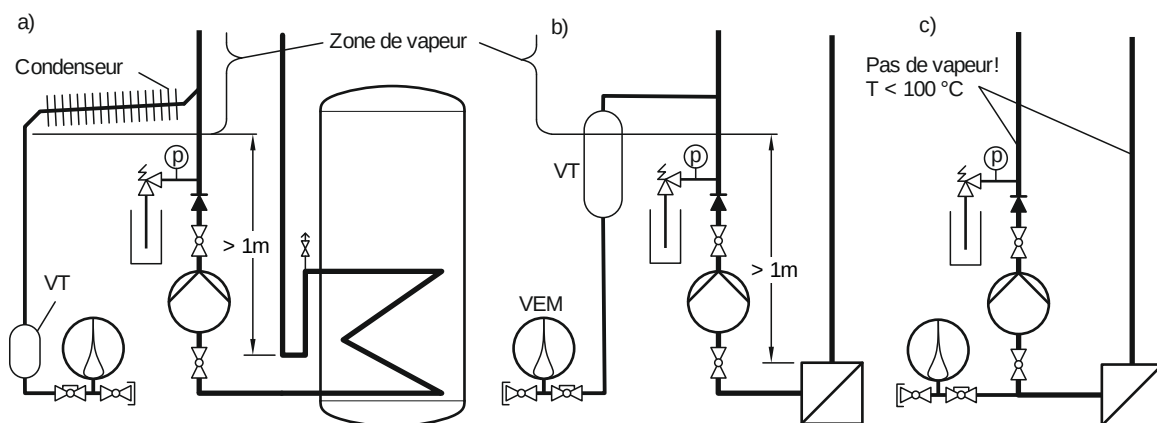


Figure 3 Tuyauterie et robinetterie dans le local technique.

Mélange eau/glycol

- Utiliser exclusivement des mélanges eau/glycol agréés pour les installations solaires.
- Observer les températures de service et les températures maximales admissibles stipulées dans la fiche technique.
- En cas de capteurs à tubes sous vide traversés directement, la stagnation doit être évitée autant que possible, par exemple par le biais de mesures de refroidissement en fonctionnement normal (réchauffeur d'air, radiateur de refroidissement, transmission de chaleur à l'eau de refroidissement)

Référence : Eismann, R. et al. (2017) Stagnation sicher beherrschen. Schlussbericht, EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie, Bern – <https://www.energieschweiz.ch/home> (en allemand)