

Le vase d'expansion d'une installation solaire thermique collective



Introduction

Cette fiche technique vise à rappeler aux professionnels l'importance du système d'expansion dans une installation solaire thermique collective.

Elle rappelle ainsi son rôle, sa sélection, sa mise en œuvre et son bon dimensionnement.

Le rôle du système d'expansion

Un système d'expansion solaire a pour rôle de :

- Maintenir une pression suffisante dans le circuit
- Absorber la dilatation du liquide lors des montées en température ;
- Compenser la rétractation lors des baisses de température, en particulier en cas de gel, pour éviter les entrées d'air aux points qui sinon pourrait se retrouver en dépression
- Lorsqu'il est dimensionné pour cela : absorber le volume de fluide lié à la vaporisation dans les capteurs

Il est associé à une soupape de sécurité qui protège l'installation en cas de surpression.

On rappelle que conformément à la norme NF EN 12977-1 (Installations solaires thermiques et leurs composants - Installations assemblées à façon), le dispositif d'expansion des « petites installations » (capteurs < 30 m² ou stockage < 3 m³) doit être capable d'absorber la totalité du liquide contenu dans les capteurs en cas de vaporisation.

On rappelle également que le DTU 65-12 prévoit que l'installation solaire doit pouvoir redémarrer seule après un arrêt intempestif, par exemple par coupure de l'alimentation électrique.

Choix du système d'expansion

Pour les installations auto vidangeables, un dispositif d'expansion n'est pas nécessaire puisque le dispositif de vidange est conçu pour assurer ce rôle, en termes de volume, de température et de résistance à la pression.

Pour les installations avec capteurs remplis en permanence, le dispositif d'expansion à mettre en œuvre doit être constitué :

- d'un vase d'expansion à pression variable : à l'intérieur du vase, la séparation entre le liquide caloporteur du circuit et le gaz (généralement l'azote) est assurée soit par une membrane soit par une vessie ;
- ou d'un groupe de maintien de pression constante : il remplace les vases d'expansion sur des installations étendues (avec des volumes importants en fluide caloporteur) et/ou présentant des hauteurs statiques importantes, pour lesquelles l'encombrement des vases fermés devient une difficulté.

Par rapport aux vases d'expansions traditionnels, les vases d'expansion solaires doivent supporter des pressions de service maximales plus élevées et des concentrations en glycol plus importantes et nécessitent pour cela une membrane / vessie plus résistante. Il faut cependant prendre les mesures nécessaires pour éviter des températures élevées dans le vase afin de protéger la membrane (voir § « mise en œuvre du système d'expansion »).

Les critères de choix d'un vase d'expansion sont :

- Pression d'ouverture (décollement de la membrane lors du remplissage)
- Compatibilité au glycol de la membrane / vessie ;
- Perméabilité à l'air de la membrane / vessie (< 10% par an si possible) ;
- Pression de service du vase (10 bars pour une soupape à 6 bars) ;
- Pression maximale admise par la membrane/ vessie (6-7 bars) ;
- Température maximale admise par la membrane/ vessie (110°C).

Les vases à vessie en butyle et ceux à membrane en nitrile permettent de répondre à ces deux derniers critères

La mise en œuvre du système d'expansion

La mise en œuvre du vase d'expansion doit être conforme aux spécifications du NF DTU 65.11 P1-1. Les conditions de montage suivantes doivent être respectées :

Système Sous pression

Schéma de principe d'une installation solaire thermique sous-pression et positionnement du vase d'expansion (N2). Source : "Production d'eau chaude sanitaire solaire thermique collective - Schémas de principe"- SOCOL Décembre 2012.

- Le vase doit être placé sur le circuit de retour de la boucle de transfert (tuyauterie la plus froide) ;
- La conduite de raccordement, entre le circuit solaire et le vase d'expansion, doit être d'une longueur suffisante (par ex 5m d'inox annelé DN 25 mm) et non calorifugée ;
- Le vase doit si possible être raccordé par le haut pour éviter que la membrane ne soit endommagée si du fluide trop chaud pénètre dans le vase. .
- Pour limiter le volume de liquide transformé en vapeur, et donc protéger l'essentiel du liquide des surchauffes, il est nécessaire que les premiers litres de vapeur « chassent » le liquide du capteur par l'entrée et la sortie de celui-ci et l'envoient vers le vase. Pour que cela soit possible, le clapet anti thermosiphon doit être placé en amont du vase ; et ce, quelle que soit la position du clapet par rapport à la pompe.
- Le vase doit être accessible pour les opérations d'entretien et de maintenance ; il doit en particulier comporter un dispositif d'isolement et de vidange manœuvrable à l'aide d'un outil pour les opérations d'entretien.
- La pression de gonflage doit être notée sur le vase à l'aide d'un marqueur indélébile (avec la date de gonflage)

Informations complémentaires :

Il est possible d'installer un volume tampon intermédiaire entre le vase d'expansion et l'installation, on parle alors de vase amont ou pré vase. Il permet, grâce à un volume de fluide tampon à plus basse température, de protéger le vase d'expansion de la surchauffe en cas de stagnation.

Dans certaines installations de grandes dimensions, le volume des vases d'expansion peut être très important. Dans ce cas, il est possible de recourir à la mise en place d'un Groupe de Maintien de Pression (GMP) à bêche fermée. Son dimensionnement s'effectue comme un vase d'expansion de facteur de pression égal à 1.

Néanmoins, le recours à ce type de matériel de type actif (contrairement aux vases classiques qui sont des matériels passifs) induit une obligation de vérification périodique de son bon fonctionnement et donc un coût d'entretien supérieur à la solution standard.

Le dimensionnement du système d'expansion

Le dimensionnement d'un vase d'expansion consiste à déterminer sa pression de gonflage et sa capacité totale.

La méthode de dimensionnement peut varier selon la taille de l'installation. En effet, conformément à la norme NF EN 12977-1 :

- **Pour les « petites installations » (capteur < 30 m² ou stockage < 3 m³) :** le dispositif d'expansion de la boucle de capteur doit être dimensionné de telle sorte que, même après une interruption de l'alimentation électrique de la pompe de circulation installée dans la boucle de capteur lorsque l'éclairement énergétique solaire est maximal, le fonctionnement puisse reprendre automatiquement après rétablissement de l'alimentation et remplissage de l'absorbeur de liquide, c'est-à-dire que la vapeur s'est recondensée. Le vase d'expansion doit être en mesure de compenser la dilatation thermique dans la totalité de la boucle plus le volume de fluide caloporteur contenu dans la totalité du champ de capteurs, y compris les canalisations de raccordement entre les capteurs, plus 10 %. Un avertissement doit être intégré aux instructions d'utilisation dans l'éventualité où le fonctionnement ne reprendrait pas automatiquement après stagnation. Les instructions du constructeur doivent être suivies.
- **Pour les « grandes installations » :** aucune exigence n'est stipulée, cependant, il est recommandé que les dispositifs d'expansion soient conçus en tenant compte de « toute dilatation thermique potentielle ».

La norme ne préjuge pas de l'architecture hydraulique du champ de capteurs solaires ; or lorsqu'il y a plusieurs batteries de capteurs, il n'est pas exclu qu'en cas de stagnation il y ait une répartition non homogène de la vapeur. C'est pourquoi certains acteurs préfèrent opter pour une gestion de la surchauffe par arrêt de l'installation plutôt que par le vase d'expansion.

Outils logiciels disponibles pour le calcul d'un vase d'expansion solaire **PRENANT EN COMPTE** la vaporisation :

Outil Vesth de l'INES : <http://e-learning.ines-solaire.org/course/view.php?id=134>

Outils logiciels disponibles pour le calcul d'un vase d'expansion solaire **NE PRENANT PAS** en compte la vaporisation :

Pour ceux qui souhaiteraient réaliser leur propre outil de calcul ou calculer « à la main », voir les fiches techniques correspondantes.

Les industriels proposent leurs propres outils de calcul donnant des résultats indicatifs qui doivent être vérifiés par le BE dans tous les cas.

Respect de la réglementation et critères de qualité :

- Le circuit qui inclura le vase sera du type "sans communication avec l'atmosphère", conformément au DTU 65-11.
- Le vase devra être marqué CE en conformité avec la directive 2014/68/UE.

Quelques textes de référence :

- NF DTU 65.11 Dispositifs de sécurité des installations de chauffage central concernant le bâtiment ;
- NF DTU 65.12 Installations solaires thermiques avec des capteurs vitrés ;
- Recommandations professionnelles RAGE ;
- Directive CE97/23 du Parlement Européen et du Conseil du 29 mai 1997, relative au rapprochement des législations des Etats membres concernant les équipements sous pression ;
- Fiche CLAP n°197i – orientation 2/23 – AFNOR – 31/03/2006 ;
- "Production d'eau chaude sanitaire collective par énergie solaire - Guide de conception des installations", ADEME.
- Recommandations professionnelles RAGE du programme PACTE

**Méthode de dimensionnement pour les « petites installations »
(capteurs < 30 m² ou stockage < 3 m³ selon la norme NF-EN 12977-1)
OU pour les « grandes installations » en prenant en compte le volume de
vaporisation :**

La détermination de la pression de gonflage et de la capacité du vase nécessite de connaître :

- La contenance en liquide caloporteur de l'installation (capteurs, tuyauteries, échangeur)
- Le type de liquide caloporteur et sa concentration en glycol
- La température maximale de fonctionnement notée (Tmax), que l'on fixe généralement entre 100 et 130°C
- La hauteur statique de l'installation notée (H) : la pression statique équivaut à la hauteur d'eau de l'installation, depuis le vase d'expansion jusqu'au point le plus élevé du circuit. Sachant que 1 m de colonne d'eau équivaut à 0,1 bar
- La pression de tarage de la soupape de sécurité
- La température de remplissage

1- Détermination de la pression de gonflage initiale du vase (Pgonflage)

La pression de gonflage est la pression nécessaire pour combattre la hauteur statique du bâtiment et assurer une pression suffisante en tout point du circuit en toute circonstance. Elle est donnée par la relation suivante :

$$P_{\text{gonflage}} = H/10 + P_{\text{min}} + P_{\text{vaporisation}}$$

Avec :

- Pmin est la marge de sécurité nécessaire pour être certain que la pression relative, en haut des capteurs, ne soit jamais inférieure à la pression de vaporisation, y compris en cas de grand froid ; elle est en générale fixée à 1,5 bars.
- P_{vaporisation}, la pression de vaporisation à la température maximale de fonctionnement (en pression relative). Elle est donnée ci-dessous pour différentes températures maximales de fonctionnement.

Température (°C)		Plage usuelle			
		100	110	120	130
Pression de vaporisation (en bar)	30 % de teneur en glycol	0	0,3	0,8	1,4
	40 % de teneur en glycol	0	0,2	0,6	1,2

Pression de vaporisation de l'eau glycolée (pression relative)

Ex : si H = 15 m et que Tmax est choisie à 120°C avec un fluide à 40% de glycol, alors
Pgonflage = 15/10 + 1,5 + 0,6 = 3,6 bars

2- Détermination du volume du vase (Vvase) :

Le volume du vase est donné en litres par la relation suivante :

$$V_{vase} = (V_{dilatation} + V_{r\acute{e}serve} + V_{capteurs} * 1,1) * \frac{P_{finale} + 1}{P_{finale} - P_{gonflage}}$$

Attention les pressions sont exprimées en pressions relatives (pression relative de 1,5 bar correspond à 2,5 bars de pression absolue).

Avec :

- $V_{r\acute{e}serve}$, le volume de réserve (en litres) : afin de maintenir la pression en point haut, prévoir une réserve d'eau dans le vase de 0,5% de la contenance du réseau. A minima, une réserve de 3 litres est conseillée (le fluide est déjà dilaté au moment du remplissage du vase à température ambiante d'où la possibilité d'un manque de fluide, en hiver par exemple). On a donc : $V_{r\acute{e}serve} = \max(3 ; V_{r\acute{e}seau} \times 0,005)$ avec $V_{r\acute{e}seau}$ (en litres) ;
- $V_{capteurs} * 1,1$, le volume des capteurs (en litres) majoré de 10% : le volume du capteur est pris en compte dans le calcul du vase afin d'absorber l'éventuelle vaporisation lors d'un arrêt de l'installation (stagnation, coupure électrique, problème sur le circulateur...). Lors du refroidissement des capteurs, la totalité du fluide contenu dans ces derniers avant la surchauffe doit leur être restituée. En effet, si le vase est de contenance trop faible, les effets de surpression provoquent l'ouverture des soupapes de sécurité et un complément de fluide est à prévoir. Il est conseillé de prévoir une majoration de 10% de la contenance des capteurs.
- $V_{dilatation}$, le volume de dilatation (en litres) : il est fonction du volume du réseau (y compris les capteurs) et de la dilatation du fluide caloporteur à température maximale de fonctionnement. On a : $V_{dilatation} = V_{r\acute{e}seau} \times \text{Coeff d'expansion}$ (en l/m^3) avec $V_{r\acute{e}seau}$ en m^3 .
- P_{finale} (en bar) : pression finale du vase fixée en général à $0,9 \times$ pression de tarage des soupapes de sécurité (afin que celles-ci ne s'ouvrent pas en fonctionnement normal de l'installation) ;
- $P_{gonflage}$ (en bar) : pression de gonflage du vase, calculée plus haut.

Le tableau ci-dessous donne le coefficient d'expansion en l/m^3 en fonction du pourcentage de glycol et de la température maximale de fonctionnement.

Coefficient d'expansion (l/m^3)																
Teneur en glycol (%)	Températures ($^{\circ}C$)															
	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
0			0	1	2	4	8	12	17	23	29	36	43	52	60	69
10			1	3	5	7	11	15	20	26	32	39	46	55	63	73
20			2	5	8	11	14	18	23	29	35	42	49	58	67	76
30		1	4	7	10	13	16	21	26	31	38	44	52	60	69	78
40	4	7	10	13	15	17	21	25	30	36	42	49	56	64	73	82
50	6	9	12	15	18	20	24	28	33	39	45	52	59	67	76	85

Coefficient d'expansion exprimé en l/m^3

**Méthode de dimensionnement sans prendre en compte le volume de vaporisation, à réserver aux « grandes installations »
(Capteurs > 30 m² ou stockage > 3 m³ selon la norme NF-EN 12977-1) :**

La détermination de la pression de gonflage et de la capacité du vase nécessite de connaître :

- La contenance en liquide caloporteur de l'installation (capteurs, tuyauterie, échangeur) notée (Vréseau) ;
- Le type de liquide caloporteur et sa concentration en glycol ;
- La température maximale de fonctionnement notée (Tmax), que l'on fixe généralement entre 100 et 130°C ;
- La hauteur statique de l'installation notée (H) : la pression statique équivaut à la hauteur d'eau de l'installation, depuis le vase d'expansion jusqu'au point le plus élevé du circuit. Sachant que 1 m de colonne d'eau équivaut à 0,1 bar ;
- La pression de tarage de la soupape de sécurité notée (Ps) : elle est déterminée à la pression de remplissage du liquide au niveau de la soupape majorée de 3 bars minimum et dépendant de la hauteur des capteurs par rapport à cette soupape.
- La pression minimale au point le plus haut de l'installation (Pmin), soit en général 1,5 bars au-dessus de la pression statique de l'installation permettant d'avoir une pression résiduelle suffisante à l'irrigation des capteurs

Choix de la pression de gonflage initial du vase (P0) :

La pression de gonflage est la pression nécessaire pour combattre la hauteur statique du bâtiment. Elle est donnée par la relation suivante :

$$P0 = H/10 + Pmin - 0,5 \text{ bar}$$

Cette valeur de 0,5 bar correspond à la nécessité que, lors du remplissage, une partie du vase soit remplie en fluide.

Volume utile du vase d'expansion (Vut) :

Le volume utile est déterminé pour compenser la variation de volume du fluide primaire entre 0 et 120°C (8,5% pour fluide composé de 40% de monopropylène-glycol + eau) :

$$Vut = Vdilatation$$

Pression de remplissage à froid de l'installation (P1) :

Lors du remplissage de l'installation (à froid), la pression de remplissage P1 sera définie de telle sorte que la pression résiduelle dans les capteurs soit égale à Pmin :

$$P1 = H/10 + Pmin$$

Calcul du facteur de pression du vase :

$$Fp = (Ps - P1) / (Ps + 1)$$

Volume nominal du vase (Vn) :

$$Vn = Vut / Fp * 1,5$$

Ce facteur de sécurité de valeur 1,5 correspond à la marge prise pour intégrer :

- La différence entre la pression de gonflage du vase et la pression du fluide au remplissage de l'installation,
- Le risque de vaporisation partielle dans les capteurs,
- Le vieillissement de la membrane du vase.