

# NORME NF EN 12828 : BIEN DIMENSIONNER UN SYSTÈME D'EXPANSION

Comprendre les points clés de l'expansion, de l'air et des boues dans les circuits CVC, et savoir bien dimensionner un système d'expansion selon la norme NF EN 12828 sont des expertises non négligeables pour la pérennité des installations CVC. Cet article fait suite aux deux derniers webinaires organisés par IMI Hydronic (liens en conclusion).

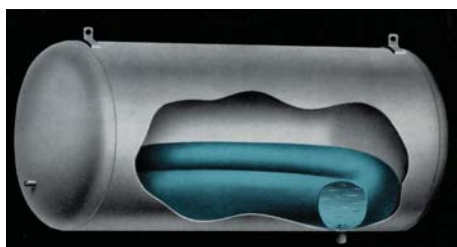
Par Jean Olivero, directeur technique d'IMI Hydronic (IMI Pneumatex, IMI TA, IMI Heimeier).



Toute installation hydraulique CVC en circuit fermé, avec comme fluide caloporteur de l'eau, ou de l'eau glycolée, doit être impérativement équipée d'un système d'expansion. Ce dernier devra être correctement dimensionné, installé dans les règles de l'art, raccordé au point neutre et mis en service selon les instructions du fabricant. Dans le cas contraire, toute cette installation hydraulique est en grand danger de corrosion.

## Introduction

Avant l'invention de Monsieur Stücklin en 1965 du système de maintien de pression par compresseur Pneumatex Automat PNA (Compresso Connect à ce jour), IMI Pneumatex se concentrait déjà sur l'importance des systèmes d'expansion dans les installations hydrauliques. A l'époque, dans les années 50, le vase statique à vessie Pneumatex faisait son apparition, ou plutôt avec chambre à air en Butyle !



La norme NF EN 12828 est le guide de dimensionnement des systèmes d'expansion. Elle est applicable pour les installations de chauffage.

Pour déterminer un système d'expansion, il est nécessaire de recueillir quelques informations précises de l'installation. Dans notre exemple ci-dessous, une chaufferie d'un bâtiment résidentiel ou tertiaire sera en sous-sol, voire au rez-de-chaussée.

- Puissance des générateurs : **316 kW**
- Volume total de l'installation : **Inconnu**
- Type d'émetteurs si le volume total est inconnu / volume ballon stockage : **Radiateurs panneaux acier / aucun**
- Type de fluide : **Eau sans additif**
- Température maxi départ/maxi retour : **80/60 °C**
- Hauteur Statique (Hst - Hauteur depuis la partie basse du vase jusqu'au point le plus élevé de l'installation hydraulique) : **15 m**
- Tarage et type de soupape générateur : **3 bar de type «H»**

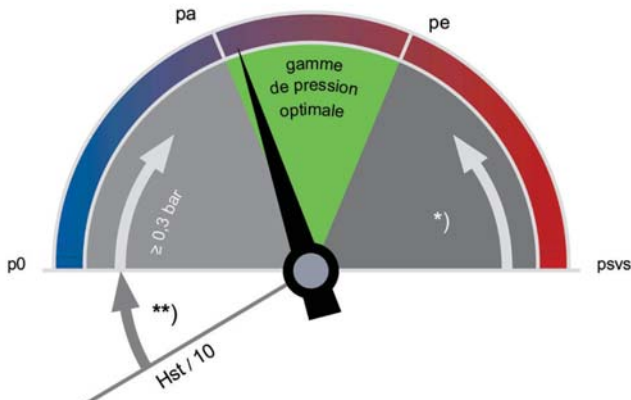
A l'aide du document IMI Pneumatex «Planification et calcul», où la norme NF EN 12828 est utili-

(Suite p. 54)

sée pour la détermination des systèmes d'expansion, nous allons détailler les diverses étapes de calcul\*.

**Nota :** Tout au long de nos explications, nous arrondirons certaines valeurs pour ne pas trop alourdir les calculs et prendrons comme relation mathématique entre les mètres de colonne d'eau (mCE) et la pression : **10 mCE = 1 bar**

Voici un graphe pour détailler les diverses pressions que nous allons calculer :

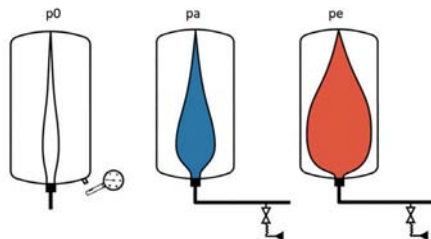


**p0 :** pression de gonflage en air du vase d'expansion (vide d'eau)

**pa :** pression d'eau lorsque que la réserve est totalement dans le vase

**pe :** pression d'eau maxi qui ne sera pas dépassée dans le vase d'expansion

**psvs :** pression de tarage de la soupape de sécurité



**Tableau 1**

ts <sub>max</sub>   tr	°C	90   70	80   60	70   55	70   50	60   40	50   40	40   30	35   28
Radiateurs fonte	vs litre/kW	14,0	16,5	20,1	20,6	27,9	36,6	-	-
Radiateurs panneaux acier	vs litre/kW	9,0	10,1	12,1	11,9	15,1	20,1	-	-
Convecteurs	vs litre/kW	6,5	7,0	8,4	7,9	9,6	13,4	-	-
Batteries	vs litre/kW	5,8	6,1	7,2	6,6	7,6	10,8	-	-
Chauffage au sol	vs litre/kW	10,3	11,4	13,3	13,1	15,8	20,3	29,1	37,8

**Tableau 2. Coefficient d'expansion**

t (TAZ, ts <sub>max</sub> , tr, ts <sub>min</sub> ), °C	20	30	40	50	60	70	80	90	100	105	110
<b>e Eau</b> = 0 °C	0,0016	0,0041	0,0077	0,0119	0,0169	0,0226	0,0288	0,0357	0,0433	0,0472	0,0513
<b>e % Poids MEG*</b>											
30 % = -14,5 °C	0,0093	0,0129	0,0169	0,0224	0,0286	0,0352	0,0422	0,0497	0,0577	0,0620	0,0663
40 % = -23,9 °C	0,0144	0,0189	0,0240	0,0300	0,0363	0,0432	0,0505	0,0582	0,0663	0,0706	0,0750
50 % = -35,6 °C	0,0198	0,0251	0,0307	0,0370	0,0437	0,0507	0,0581	0,0660	0,0742	0,0786	0,0830
<b>e % Poids MPG**</b>											
30 % = -12,9 °C	0,0151	0,0207	0,0267	0,0333	0,0401	0,0476	0,0554	0,0639	0,0727	0,0774	0,0823
40 % = -20,9 °C	0,0211	0,0272	0,0338	0,0408	0,0481	0,0561	0,0644	0,0731	0,0826	0,0873	0,0924
50 % = -33,2 °C	0,0288	0,0355	0,0425	0,0500	0,0577	0,0660	0,0747	0,0839	0,0935	0,0985	0,1036

## ETAPE 1 : CALCUL DU VOLUME DE L'INSTALLATION «Vs»

Si cette information n'est pas connue, nous pouvons estimer le volume de l'installation selon son régime de température. Ce volume sera déterminé selon notre longue expérience à l'aide des coefficients du **tableau 1 en bas de page** :

$$Vs = vs \times Q$$

«Q» étant la puissance, et « vs » le coefficient de volume en eau

$$Vs = 10,1 \times 316 = 3\,200 \text{ litres}$$

En plus de ce volume «Vs», il faut veiller à prendre en compte (Vhs) si tel est le cas, le volume des ballons de stockage (accumulation énergétique) ainsi que les conduites enterrées (chaufferie centralisée). Dans notre exemple, «Vhs» sera nul.

Il est également possible de connaître le volume total de l'installation via la méthode dite «Exploitant» en remplissant l'installation avec l'aide d'un compteur.

La méthode dite «Bureau d'études» comptabilise tous les mètres des tuyaux, les générateurs, ballon de stockage, émetteurs et les divers accessoires que composent l'installation, le tout en général majoré de 10 %.

## ETAPE 2 : CALCUL DU VOLUME D'EXPANSION «Ve»

A l'aide du **tableau 2** nous pouvons trouver le coefficient d'expansion «e» selon la température maxi du fluide. Ici, nous avons de l'eau sans additif avec un départ maxi de 80 °C, soit e = 0,0288

$$Ve = e \times (Vs + Vhs)$$

$$Ve = 0,0288 \times (3200 + 0) = 92 \text{ litres}$$

## ETAPE 3 : CALCUL DE LA RÉSERVE «Vwr»

Afin de maintenir en permanence une pression positive en tout point de l'installation, une quantité d'eau doit être toujours présente dans le vase. Elle est définie selon un pourcentage de 0,5 % du volume total de l'installation

$$Vwr \geq 0,005 \times Vs$$

$$Vwr \geq 0,005 \times 3200 = 16 \text{ litres}$$

(Suite p. 56)

## ETAPE 4 : CALCUL DE LA PRESSION MINI «p0»

C'est la pression de gonflage du vase d'expansion vide d'eau. Elle permet lorsque la « première goutte d'eau » de la réserve entre dans le vase de maintenir une pression positive en tout point de l'installation. La hauteur statique «Hst» est prépondérante pour son calcul, mais pas seulement !

$$p_0 = Hst/10 + p_v + 0,2 \text{ bar} \geq p_z$$

«**p<sub>v</sub>**» correspond à la pression pour éviter la vaporisation du fluide à une température supérieure à 100 °C. Ici, elle est nulle.

«**p<sub>z</sub>**» est la pression mini de fonctionnement requise pour des équipements telles que les chaudières ou pompes. Cette pression mini est très critique lors de chaufferie en terrasse ou de pompes avec un NPSH élevé.

$$p_0 = 15/10 + 0 + 0,2 = \mathbf{1,7 \text{ bar}}$$

## ETAPE 5 : CALCUL DE LA PRESSION INITIALE «pa»

C'est la pression atteinte lorsque la totalité du volume d'eau de réserve est entrée dans le vase d'expansion. C'est une valeur mathématiquement simple à trouver, mais compliquée à obtenir lors du calcul final du vase d'expansion. Nous y reviendrons plus tard.

$$p_a \geq p_0 + 0,3 \text{ bar}$$

$$p_a \geq 1,7 + 0,3 = \mathbf{2,0 \text{ bar}}$$

## ETAPE 6 : CALCUL DE LA PRESSION FINALE «pe»

C'est la pression de la pleine fermeture de la soupape de sécurité après avoir été ouverte lors d'une surpression accidentelle. Elle dépend de la qualité des soupapes de sécurité. Nous prendrons deux types de soupapes CE : les types «H» et «DGH».

Avec les versions type «H», la pression de pleine fermeture est de l'ordre de 20 % en dessous de son tarage, tandis qu'avec les versions type «DGH», c'est plutôt 10 % maxi.

$$p_e \leq p_{svs} - d_{psvs}$$

«**p<sub>svs</sub>**» est la pression de tarage de la soupape de sécurité  
«**d<sub>psvs</sub>**» est la tolérance de la pression de fermeture de la soupape de sécurité

Avec une soupape type «DGH», comme dans la norme :

$$p_e \leq p_{svs} - 0,1 \times p_{svs}$$

Cependant, avec une soupape type «H» :

$$p_e \leq p_{svs} - 0,5 \quad \text{si } p_{svs} \leq 5 \text{ bar}$$

$$p_e \leq p_{svs} - 0,1 \times p_{svs} \quad \text{si } p_{svs} > 5 \text{ bar}$$

Ici, avec une soupape type «H» tarée à 3 bar :

$$p_e \leq 3 - 0,5 = \mathbf{2,5 \text{ bar}}$$

## ETAPE 7 : CALCUL DU VOLUME MINI DU VASE D'EXPANSION «VN» À L'AIDE DU FACTEUR DE PRESSION «PF»

Le facteur de pression nous permettra de dimensionner le vase d'expansion à partir du volume d'expansion «Ve» et de la réserve «Vwr».

$$VN = (Ve + Vwr) \times PF$$

Ce facteur de pression «PF» fait appel à la loi de Boyle-Mariotte

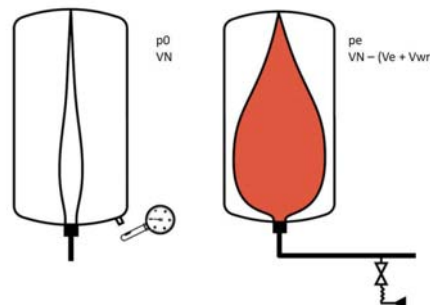
$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = \text{Constante}$$

où la température du gaz sera considérée comme constante, afin de simplifier les calculs.

**Nota :** en réalité, cela engendre environ une minoration de l'ordre de 15 à 20 % sur la taille du vase d'expansion. Pour compenser cette erreur, la température maxi de départ

sera choisie dans notre calcul, plutôt que la température moyenne, rétablissant ainsi «l'égalité».

Nous utiliserons la pression de gonflage «p<sub>0</sub>», la pression finale «pe» et le volume du vase recherché «VN», comme suit :



On peut donc écrire la relation suivante et isoler «VN» :

$$p_0 \times VN = pe \times (VN - (Ve + Vwr))$$

$$p_0 \times VN = pe \times VN - pe \times (Ve + Vwr)$$

$$p_0 \times VN - pe \times VN = - pe \times (Ve + Vwr)$$

$$VN (p_0 - pe) = - pe \times (Ve + Vwr)$$

$$VN (pe - p_0) = pe \times (Ve + Vwr)$$

$$\mathbf{VN = (Ve + Vwr) \times pe / (pe - p_0)}$$

**Nota :** ne pas oublier que dans cette loi, les pressions utilisées sont absolues. Pour l'appliquer correctement avec les pressions lues sur les manomètres en chaufferie, il faut ajouter la pression atmosphérique, pour utiliser des pressions relatives, soit :

$$VN = (Ve + Vwr) \times (pe + 1) / (pe + 1 - (p_0 + 1))$$

$$VN = (Ve + Vwr) \times (pe + 1) / (pe - p_0)$$

$$\mathbf{VN = (Ve + Vwr) \times PF}$$

$$\text{Donc } \mathbf{PF = (pe + 1) / (pe - p_0)}$$

$$\mathbf{PF = (2,5 + 1) / (2,5 - 1,7) = 4,4}$$

Nous pouvons donc en déduire la valeur mini du vase d'expansion «VN»

$$VN \geq (Ve + Vwr) \times PF$$

$$\mathbf{VN \geq (92 + 16) \times 4,4 = 475 \text{ litres}}$$

Le choix se portera sur un vase de 500 litres supportant une pression de 3 bar maxi, soit un SU 500.3

Cependant, nous devons vérifier que la valeur « pa » soit bien conforme à la norme NF EN 12828, soit :

$$p_a \geq p_0 + 0,3$$

$$p_a \geq 1,7 + 0,3 = \mathbf{2,0 \text{ bar}}$$

## ETAPE 8 : VÉRIFICATION DE LA PRESSION «pa»

Voici la formule pour calculer la pression «pa» réelle avec un vase de 500 litres.

$$p_a = [VN \times (p_0 + 1) / (VN - Vwr)] - 1$$

Auparavant, il faut prendre en compte un nouveau volume pour la réserve car celle que nous avons calculée de 16 litres était pour un vase d'expansion de 475 litres, or celui sélectionné est de 500 litres. Comme le volume d'expansion ne change pas, nous allons pouvoir obtenir une réserve «Vwr» plus élevée.

$$\mathbf{Vwr = (VN / PF) - Ve}$$

$$\mathbf{Vwr = (500 / 4,4) - 92 = 22 \text{ litres}}, \text{ au lieu des 16 avec un vase de 475 litres}$$

$$p_a = [500 \times (1,7 + 1) / (500 - 22)] - 1 = \mathbf{1,82 \text{ bar}}$$

Nous pouvons remarquer que **pa = 1,82 < 2,0 bar**

Le vase est donc trop petit. Nous sélectionnons donc la

taille au-dessus, un 600 litres (SU 600.3)

$V_{wr} = (600 / 4,4) - 92 = 44$  litres, au lieu des 22 avec un vase de 500 litres

$p_a = [600 \times (1,7 + 1) / (600 - 44)] - 1 = 1,91$  bar

Nous avons un « $p_a$ » encore en dessous des 2,0 bar !

Nous sélectionnons donc la taille au-dessus, un 800 litres (SU 800.3)

$V_{wr} = (800 / 4,4) - 92 = 90$  litres, au lieu des 44 avec un vase de 600 litres

$p_a = [800 \times (1,7 + 1) / (800 - 90)] - 1 = 2,04$  bar

$p_a \geq 2,0$  bar, donc nous avons trouvé le bon vase d'expansion, le SU 800.3

Naturellement, avec une sélection par ordinateur via le logiciel IMI «HySelect» ou par le téléphone, via l'application IMI «HyTools», la sélection du vase d'expansion sera immédiate, sans tous ces calculs intermédiaires !

## ETAPE 9 : DÉTERMINER LA PRESSION «pfill»

Lorsque l'on remplace un vase d'expansion, l'installation peut être en fonctionnement dont la température départ est ajustée selon la température extérieure. Calculer la pression «pfill» permet de mettre en service le vase d'expansion avec introduction de la quantité d'eau de réserve  $V_{wr}$  ainsi que celle d'expansion « $V_{e\text{fill}}$ ». De ce fait, son fonctionnement sera optimum.

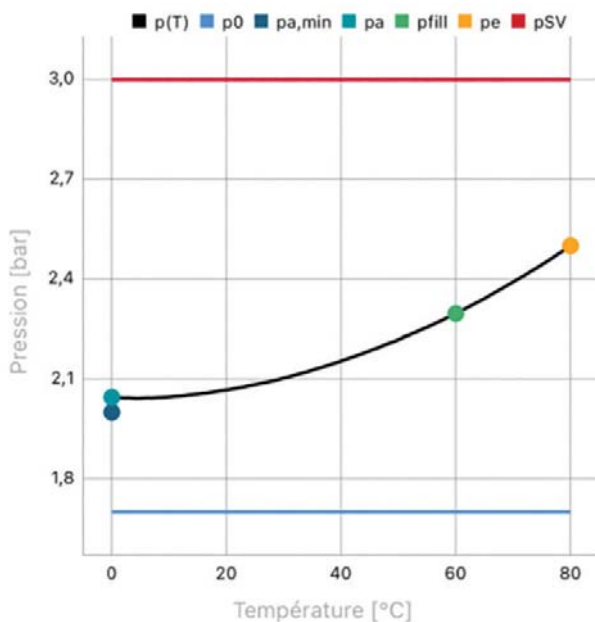
Pour cela, calculons la dilatation de l'eau de l'installation à la température départ rencontrée lors du remplacement du vase d'expansion. Nous prendrons 60 °C.

$V_{e\text{fill}_{60}} = e_{60} \times (V_s + V_{hs})$

$V_{e\text{fill}_{60}} = 0,0169 \times (3200 + 0) = 54$  litres

$P_{\text{fill}} = VN \times (p_0 + 1) / (VN - V_{e\text{fill}_{60}} - V_{wr}) - 1$

$P_{\text{fill}} = 800 \times (1,7 + 1) / (800 - 54 - 90) - 1 = 2,29$  bar



Dans le cas où le facteur de pression «PF» est très élevé, cela engendre des vases d'expansion «très grands» ; le choix technique se portera donc soit sur un système d'expansion par compresseur, soit par pompe. Naturellement, connaissant les problèmes de corrosion lorsque l'eau est en contact de l'air, une vessie en Butyle sera indispensable dans ces deux systèmes.

Pour calculer la taille du vase, il suffit simplement d'appliquer cette formule :

$VN \geq (V_e + V_{wr}) \times 1,1$

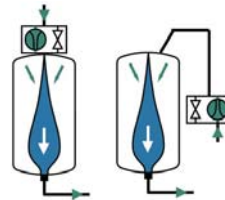
$VN \geq (92 + 16) \times 1,1 = 119$  litres

Le coefficient de majoration «1,1» équivaut à la somme des volumes des niveaux «bas» et «haut» (5 % + 5 % = 10 %), non utilisables car ce sont des situations où le système d'expansion est en alarmes basse ou haute.

Dans ce cas, nous pourrions sélectionner un Simply Compresso avec 2 vases de 80 litres.



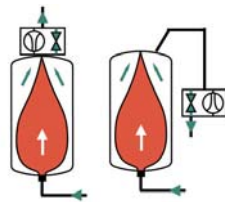
**Fonctionnement d'un maintien de pression par compresseur :**



**Compresso**

Démarrage du compresseur lorsque la pression devient inférieure à  $p_a$ .

$p_a = p_0 + 0,3$



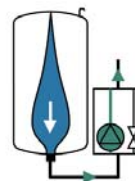
**Compresso**

Ouverture de l'électrovanne de décharge côté air lorsque la pression devient supérieure à  $p_e$ .

$p_e = p_a + 0,2$

La pression dans l'installation sera comprise entre les valeurs « $p_a$ » et « $p_e$ », soit un différentiel de +/- 0,1 bar.

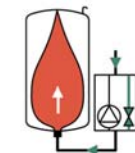
**Fonctionnement d'un maintien de pression par pompe :**



**Transféro**

Démarrage de la pompe lorsque la pression devient inférieure à  $p_a$ .

$p_a = p_0 + 0,3$



**Transféro**

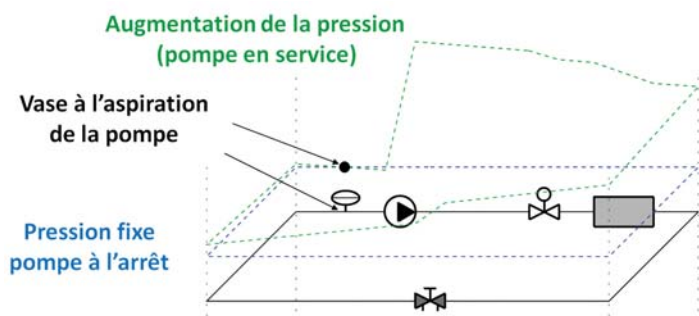
Ouverture de l'électrovanne de décharge côté eau lorsque la pression devient supérieure à  $p_e$ .

$p_e = p_a + 0,4$

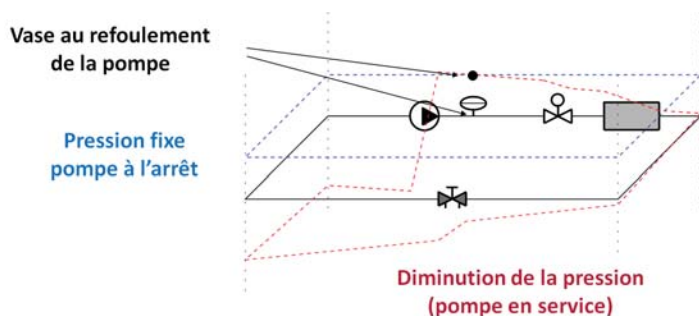
La pression dans l'installation sera également comprise entre les valeurs « $p_a$ » et « $p_e$ », soit un différentiel de +/- 0,2 bar. Avec le maintien de pression par pompe, l'ajout d'un vase «tampon» évite les courts-cycles et crée un **point neutre**. Il est indispensable, car toute installation hydraulique doit avoir également un référentiel pour les pressions dynamiques.

(Suite au dos)

**Point neutre :** vase à l'aspiration des pompes de circulation (à prescrire)



**Point neutre :** vase au refoulement des pompes de circulation (à proscrire)

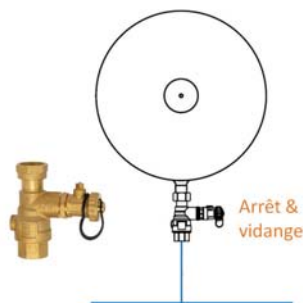


Après avoir correctement sélectionné le système d'expansion, il est primordial de l'installer au bon endroit pour que toute l'installation soit en pression positive (pointillés verts), quel que soit le fonctionnement de la pompe.

Dans la NF EN 12828, au paragraphe E.2.9.1, il est noté : «Il convient que les soupapes de sécurité ne deviennent pas inopérantes du fait des dispositifs d'isolation. L'installation de soupapes alternatives ou de dispositifs d'arrêt est permise, lorsque la conception du dispositif garantit que la section de refoulement exigée reste libre même lorsque la commutation s'opère».

Cela nous permet d'installer une vanne d'arrêt avec vidange pour entretenir le vase d'expansion chaque année pour qu'il puisse continuer à «protéger» l'installation de l'apport d'oxygène massif.

A contrario, dans le paragraphe 4.6.2.2.1, il est stipulé qu'il est strictement interdit d'avoir un organe d'isolation sous les soupapes de sécurité ! «Les soupapes de sécurité doivent être installées à un endroit accessible à proximité immédiate de la conduite de départ du générateur de chaleur. Il ne doit y avoir aucune vanne d'arrêt entre le générateur de chaleur et la ou les soupapes de sécurité.»



## CAS PARTICULIERS D'EXPANSION :

### Chaufferie terrasse :

- La pression  $p_0$  ne dépendra plus de la hauteur statique du bâtiment « Hst », mais de la pression mini pour les chaudières ou du NPSH des pompes.
- Le tarage soupape devra prendre en compte «négativement» la Hst du bâtiment afin qu'elle protège également les éléments les plus «fragiles» en point bas. Exemple : une soupape tarée à 3 bar en chaufferie terrasse pour une Hst de 20 m, engendre une pression de 5 bar sur les radiateurs du rez-de-chaussée, à sa pression d'ouverture. Prêter bien attention à ceci lors des rénovations !

### Remplacement d'un vase à l'air libre :

- Une installation avec vase à l'air libre a toujours fonctionné avec une pression presque constante. Si l'on remplace ce système, bien veiller à limiter fortement les amplitudes de pression pour ne pas générer de potentielles fuites par la suite, à cause d'une pression bien plus élevée qu'avant !
- Limiter au maximum la pression le tarage de soupape et utiliser une soupape type « DGH » pour limiter son hystérésis.
- Préférer dans ce cas-ci un système par compresseur, à pression constante.

## CONCLUSION

La norme NF EN 12828 permet de réglementer le dimensionnement des systèmes d'expansion. Les bureaux d'études thermiques peuvent donc demander son application dans leur projet, au même titre que toute autre norme, afin de garantir une longévité de tous les éléments hydrauliques.

Les systèmes d'expansion fermés à vessie sont les garants d'installations pérennes, mais, dans certains cas, le dégazage s'avère également nécessaire. ●

\* Ce document peut être envoyé directement ; pour cela, il suffit de faire une demande par mail à [info.france@imi-hydronic.com](mailto:info.france@imi-hydronic.com) ou sur le site <https://www.imi-hydronic.com/sites/fr/fr-fr/Nous-contacter/Pages/default.aspx>

## POUR ALLER PLUS LOIN

Pour poursuivre sur ce sujet, prochain rendez-vous webinaire d'IMI Hydronic :

**#4 - La gestion de l'air dans les installations hydrauliques, le jeudi 30 septembre 2021 de 11h à 12h.**

Lien d'inscription :

<https://register.gotowebinar.com/register/7538461043214789901>

Retrouvez cet article sous forme de deux webinaires en replay vidéo :

**#2 - Les points clés de l'expansion, de l'air et des boues dans les circuits CVC**

<https://youtu.be/geLd26M59yk>

**#3 - Comment bien dimensionner un système d'expansion selon NF EN 12828 ?**

<https://youtu.be/ysl4CwBRyau>