

# Dégazage des systèmes de chauffage et de climatisation

De la théorie à la pratique



Chers clients et confrères,

Qui ne connaît pas les fameux “problèmes d'air” des radiateurs froids, une circulation qui se fait mal, des gargouillements, l'embouage, la corrosion ... - et pas de solution en vue !.

C'est pour toutes ces raisons que, depuis 1995, nous menons conjointement, avec l'université et les instituts technologiques universitaires, des recherches sur le problème du “dégazage de systèmes véhiculant un liquide”.

Dès 1997, un premier rapport intermédiaire a été publié sous le titre “les gaz dans les installations de chauffage à eau, partie 1” /1/ qui abordait le thème suivant : “l'air dans les installations de chauffage à l'eau”.



Aujourd'hui, la publication “dégazage des systèmes de chauffage et de climatisation” regroupe les résultats pratiques mesurés dans presque 300 sites et dans différents systèmes de chauffage, de climatisation et de chauffage urbain.

**Résultat :**  
**Plus de la moitié des installations analysées souffrent de problèmes liés à la présence d'air**

Nous allons vous expliquer l'origine de ces problèmes et les solutions possibles à l'aide de deux exemples concrets.

Notre exposé s'appuie notamment sur le rapport final.  
“Les gaz dans les réseaux d'eau chaude de petite et moyenne dimension” /2/ Sujet de recherche du Groupe de travail de l'Association des centres de recherche industriels.

Soyez indulgents si nos explications sont quelque peu scientifiques ou trop longues. Cela n'a pas été facile, parmi la foule d'informations dont nous disposions, d'extraire les plus importantes.

Mais nous sommes à votre entière disposition pour vous fournir les explications et les renseignements dont vous auriez besoin. Votre avis sur ce thème nous intéresse, de même que vos expériences sur le terrain.

Dietrich Uhlmann  
Directeur marketing

<b>1. Un gaz, ce n'est pas forcément de l'air</b>	<b>4 - 5</b>
– Un thème à tiroirs	
<b>2. Comment les gaz arrivent-ils dans les installations fermées</b>	<b>6</b>
■ Des gaz sont dissous dans l'eau de remplissage et de réalimentation.	<b>6</b>
■ Lors de nouveaux remplissages ou de remplissages partiels, après des réparations, de l'air résiduel reste emprisonné	<b>6</b>
■ L'air peut pénétrer dans l'installation par l'intermédiaire des composants	<b>6 - 7</b>
■ Des réactions chimiques et la corrosion peuvent donner naissance à des gaz.	<b>7 - 8</b>
■ Si le maintien de pression n'est pas effectué correctement, de l'air peut pénétrer dans l'installation.	<b>8 - 10</b>
■ Les problèmes de gaz ont été renforcés par l'amélioration des techniques de pose.	<b>11</b>
<b>3. Solutions techniques de dégazage physique</b>	<b>12</b>
■ Dégazage à la pression de service	<b>12 - 13</b>
■ Dégazage à la pression atmosphérique	<b>13</b>
■ Dégazage sous vide	<b>14</b>
■ Comparaison entre différents systèmes de dégazage	<b>15</b>
■ Traitement du dégazage uniquement sur le papier	<b>15 - 16</b>
– Mauvaise interprétation de la loi de Henry	
<b>4. Résolution des problèmes à l'aide de deux exemples</b>	<b>17</b>
<b>5. Systèmes de maintien de pression et de dégazage Reflex</b>	<b>18</b>
<b>6. Aperçu des chapitres</b>	<b>19</b>

### Bibliographie

- /1/ Les gaz dans les installations de préparation d'eau chaude, partie 1, juillet 1997
- /2/ Université technique de Dresde, Institut pour l'énergie : "les gaz dans les réseaux d'eau chaude de petite et moyenne importance", rapport final coordonné, sujet de recherche de l'Association des centres de recherche industriels No 11103 B, novembre 1998.
- /3/ VDI 2035, p. 2 : Eviter les dommages dans les installations de chauffage à eau chaude, corrosion due à l'eau, Beuth Verlag GmbH., sept. 1998
- /4/ DIN 4726 : Tuyauteries en PVC pour chauffage par le sol à eau chaude. Exigences générales
- /5/ Rühlung, Preußer : Les gaz dans les systèmes de chauffage à eau chaude, rapport de recherche non publié, Université technique de Dresde, Institut pour l'énergie, chaire de gestion de l'énergie, 25-07-1996.
- /6/ DIN 4807, partie 2 : Vases d'expansion, vases d'expansion ouverts et fermés pour installations thermiques, exécution, exigence et essai, mai 1999
- /7/ Séminaire AGFW : "Technologie de l'eau dans le chauffage urbain", septembre 1998, Rostock/Warnemünde  
Dr. Kruse : Corrosion et protection anticorrosion
- /8/ Séminaire AGFW : "Technologie de l'eau dans le chauffage urbain", septembre 1998, Rostock/Warnemünde  
Hopp : Réseaux de chauffage urbain avec des eaux de qualité différente

## 1. Un gaz, ce n'est pas forcément de l'air – Un thème à tiroirs

Dans la pratique, ce thème est souvent réduit à la simple expression de “problèmes d'air” et il n'est pas rare que l'air soit assimilé, à tort, à l'oxygène. Ainsi, les “problèmes d'air” sont-ils dégradés au rang de “problèmes d'oxygène” et chaque problème d'air devient un problème de corrosion. Mais ce n'est malheureusement pas aussi simple que cela !

Dans la pratique, le problème des gaz apparaît sous deux formes :

Certains gaz, libres ou dissous, peuvent entraîner la corrosion de certains matériaux.

Le plus connu est l'oxygène qui est principalement responsable de la corrosion des matériaux à base de fer. La fig. 1 montre les valeurs mesurées sur des installations comportant de nombreux composants en acier. Le fait que presque tous les relevés (même sur les installations ouvertes) sont inférieurs à la valeur critique de 0,1 mg/l fixée par le fascicule VDI 2035, p. 2 /3/ (moins de 1% de la concentration naturelle dans l'eau potable) montre que l'oxygène est très réactif. Il est presque entièrement consommé par corrosion.

**C'est pourquoi il est vivement recommandé d'empêcher la pénétration de l'oxygène et de réaliser des installations fermées.**

- Réaliser uniquement des installations fermées

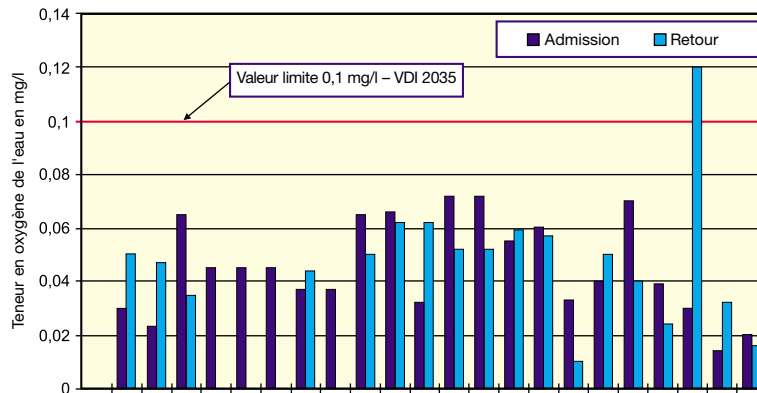


Fig. 1 : Mesures sur le terrain de la teneur en oxygène de l'eau de circulation de différents systèmes

- Relevés d'oxygène le plus souvent inférieurs à 0,1 mg/l, charge naturelle en eau = 11 mg/l

4

Les gaz peuvent se concentrer au-delà de la limite de solubilité dans l'eau et se transformer en bulles libres.

Le plus connu est l'azote, l'un des principaux constituants de l'air. L'azote est un gaz inerte et n'est pas consommé dans des réactions chimiques

comme l'oxygène. Il peut donc se concentrer dans l'eau de l'installation (fig. 3). On a pu en mesurer jusqu'à 50 mg/l, soit 280% de plus que la concentration naturelle dans l'eau potable (18 mg/l). A ces concentrations, l'azote ne peut plus se dissoudre entièrement dans l'eau et prend la forme de bulles libres (fig. 2). Les bulles se regroupent dans les zones de calme relatif, entraînent des problèmes de circulation et interrompent l'écoulement. Les bulles libres dans le courant peuvent renforcer l'érosion, détacher les couches anticorrosion et **accélérer l'usure sur les pompes et les soupapes.**

La solubilité des gaz dans l'eau est décrite par la loi de Henry (fig. 4). Plus la température augmente et plus la pression chute, plus la solubilité augmente.

- L'azote est la principale cause des problèmes de circulation et de l'érosion



Fig. 2 : Eau de chauffage saturée en azote après le prélèvement

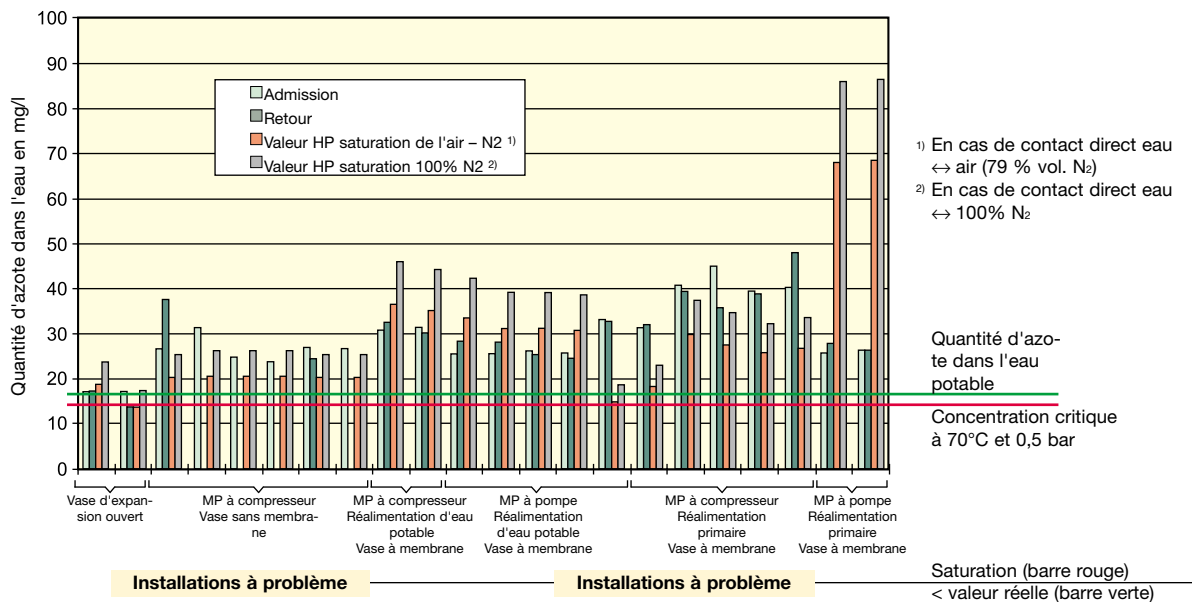


Fig. 3 : Mesures sur le terrain – Quantité d'azote contenue dans l'eau de circulation en présence de différents systèmes de maintien de pression avec des valeurs théoriques de saturation en azote au point le plus haut (HP) aux pressions et températures réelles

Cela explique p. ex. pourquoi les problèmes de circulation apparaissent surtout dans les corps de chauffe des étages supérieurs. Si, pour le maintien de pression, par rapport au point le plus haut, on part d'une surpression minimale de 0,5 bar, on obtient une solubilité de 15 mg/l d'azote pour une température d'admission de 70°C. La fig. 3 montre clairement que dans toutes les installations étudiées, la saturation réelle (barre rouge) est nettement supérieure à 15 mg/l. On peut donc partir du fait que les concentrations en azote  $\leq 15$  mg/l ne posent normalement aucun problème. Les dégazeurs atmosphériques permettent déjà d'obtenir ces concentrations  $\rightarrow$  p. 15.

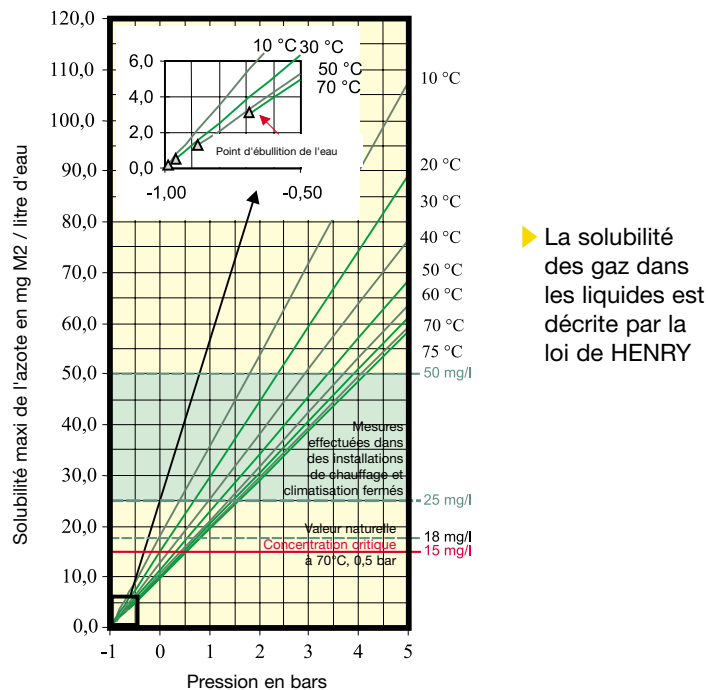


Fig. 4 : Solubilité maxi de l'azote contenu dans l'air sec selon HENRY

## Résumé chapitre 1

**L'oxygène** est un gaz hautement réactif, c'est la principale cause de corrosion dans le système. Il apparaît (presque) exclusivement dissous. Les concentrations en oxygène  $> 0,1$  mg/l indiquent un risque accru de phénomènes de corrosion /3/.

**L'azote** est un gaz inerte le plus souvent responsable de la formation d'écoulement biphasiques gaz/eau. Il se concentre en permanence dans le système et entraîne, par exemple, les problèmes connus de circulation. En règle générale, les concentrations en azote  $\leq 15$  mg/l sont inoffensives et peuvent être obtenues par de simples dégazeurs atmosphériques.

## 2. Comment les gaz pénètrent dans les installations fermées

### Des gaz sont dissous dans l'eau de remplissage et de réalimentation

Il arrive souvent que le remplissage et l'alimentation se fassent à l'eau potable. En règle générale, cette eau potable est "saturée en air". Selon HENRY, elle contient en théorie env. 11 mg/l d'oxygène et env. 18 mg/l d'azote. Par ailleurs, elle contient de faibles quantités de dioxyde de carbone dissous. La fig. 5 montre la concordance avec les valeurs obtenues en laboratoire. Il y aura bien sûr des variations locales. Il va de soi que l'étanchéité de l'installation est primordiale car ce sont 29 mg "d'air" (azote et oxygène) qui entrent dans le système avec chaque litre d'eau de réalimentation.

- ▶ Env. 11 mg/l d'oxygène et 18 mg/l d'azote sont dissous dans l'eau potable

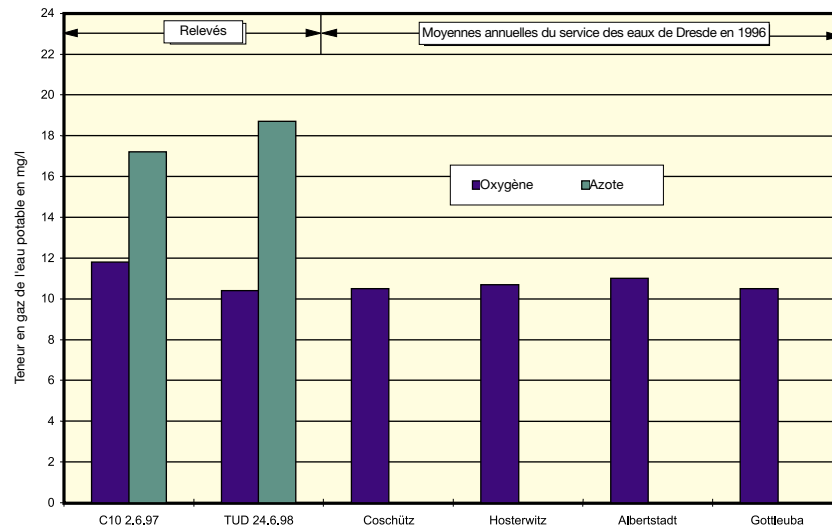


Fig. 5 : Charge en gaz de l'eau potable

### De l'air résiduel reste enfermé à chaque nouveau remplissage ou remplissage partiel

Si les différents composants de l'installation ne sont pas entièrement purgés, l'air résiduel emprisonné peut se dissoudre dans l'eau en circulation lorsque la pression s'élève. Des essais ont montré que la teneur en gaz est multipliée par deux après le remplissage ! Des observations montrent que des dysfonctionnements dus aux gaz apparaissent plus souvent après des interventions sur l'installation, même si la réalimentation a été faite avec de l'eau primaire sans gaz à partir d'un réseau de chauffage urbain ! Et ce quelle que soit la distance entre le lieu de la réparation et le lieu de formation de gaz libres (le plus souvent les points hauts), car les gaz dissous sont transportés par l'eau en circulation. Ce phénomène rend difficile la recherche des causes.

- ▶ Purger entièrement lors de la mise en service et après les réparations !
- ▶ Lors de la pose, veiller à l'inclinaison de la tuyauterie pour la purge !

### L'air peut diffuser par les composants de l'installation

C'est la différence de concentration des gaz dans l'eau (env. 78% de N<sub>2</sub>, 21% de O<sub>2</sub>) et dans l'eau qui favorise leur diffusion dans l'installation. La concentration de l'oxygène dans l'eau de chauffage étant pratiquement nulle pendant le fonctionnement (fig. 1), le potentiel de diffusion entre l'atmosphère et l'eau du réseau est accru. Alors que les matériaux métalliques comme l'acier et le cuivre présentent une perméabilité techniquement négligeable (perméabilité aux gaz), elle peut être très importante sur les matériaux non métalliques comme les plastiques, le caoutchouc et les matériaux d'étanchéité. C'est ainsi que, par exemple, la norme DIN 4726 /4/ fixe une valeur limite supérieure de 0,1 mg O<sub>2</sub> par litre d'eau et par jour pour les tuyaux étanches à l'oxygène.

- ▶ Dans les installations domestiques "modernes", les gaz diffusent davantage.

La fig. 6 montre une estimation de la quantité diffuse de O<sub>2</sub> sur différentes installations de chauffage. La quantité d'oxygène qui pénètre dans l'installation est 3 à 5<sup>10</sup> plus importante sur les chauffages par le sol en PVC que sur les installations classiques avec des tubes en cuivre ou en acier. C'est justement dans les chauffages par le sol dans les installations mixtes avec tubes en acier que cela peut entraîner des dommages par corrosion.

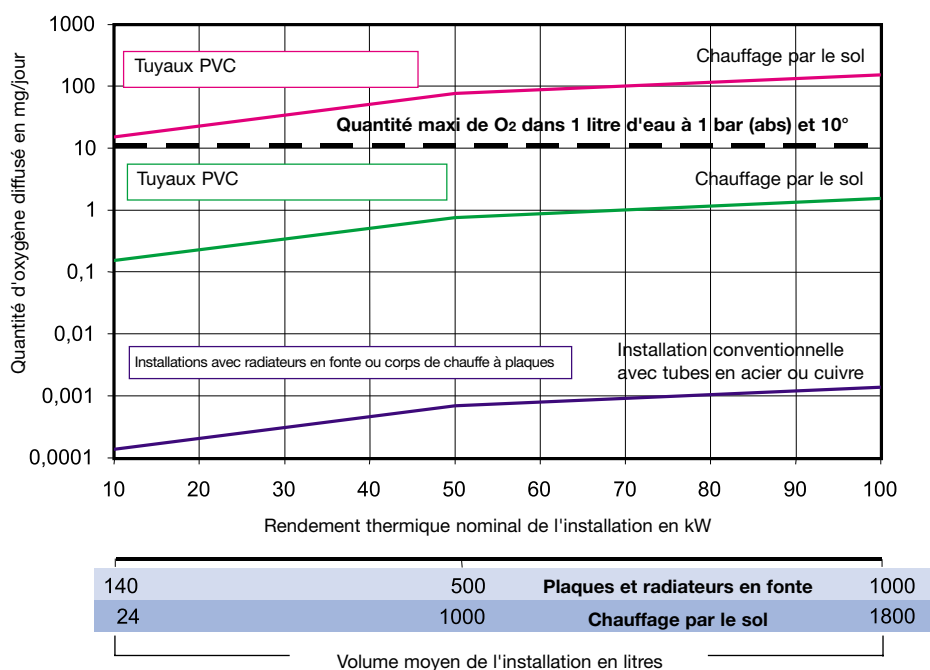


Fig. 6 : Evaluation des quantités de gaz diffusés en fonction du rendement thermique de l'installation

### Des réactions chimiques et la corrosion peuvent donner naissance à des gaz

Des gaz peuvent se former dans l'eau contenue dans l'installation dans de nombreuses situations : association de matériaux, qualité de l'eau, additifs chimiques, constituants, pression et température. Lors des essais réalisés sur le terrain, nous avons également constaté dans certaines installations, outre la présence de l'azote (provenant de l'air), la présence d'hydrogène et de méthane. Tous les mécanismes de formation de gaz à partir de réactions chimiques ne sont pas expliqués, certains sont seulement supposés. Mais il faut quand même agir.

Dans les installations contenant des matériaux à base de fer, l'**hydrogène H<sub>2</sub>** peut se former selon la réaction dite de "Schirkorr" et se concentrer jusqu'à la sursaturation. En présence de sulfure de sodium, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, il peut se former de l'acide sulfhydrique H<sub>2</sub>S /8/. Dans les installations comportant des matériaux à base de cuivre (faisceau de tubes d'échangeurs de chaleur, échangeurs de chaleur à plaques brasées au cuivre), l'H<sub>2</sub>S ainsi formé peut se transformer en sulfure de cuivre Cu<sub>2</sub>S par réaction avec l'oxyde de cuivre Cu<sub>2</sub>O. Contrairement au Cu<sub>2</sub>O, le Cu<sub>2</sub>S ne forme pas de couche protectrice.

Les phénomènes de corrosion et les dommages qui en résultent, souvent au bout de quelques années seulement, en sont la conséquence.

On suppose aussi que l'hydrogène résulte également de processus biologiques lors de la décomposition de graisses utilisées dans la fabrication de certaines tuyauteries.

► Attention lors de l'addition de sulfure de sodium dans les installations comportant des matériaux à base de cuivre



- ▶ Attention aux installations mixtes comportant des matériaux à base d'aluminium

Corrosion  
+  
bulles d'hydrogène libres

L'utilisation d'aluminium (par exemple corps de chauffe en aluminium) peut également s'avérer critique. Ceux-ci sont dotés d'une couche de protection suffisante dès leur fabrication. Les couches de protection naturelle n'étant stables que jusqu'à un pH de 8,5, les systèmes contenant des matériaux à base de fer peuvent fonctionner avec un pH supérieur à 8,5. Dans une installation comportant des corps de chauffe en aluminium, nous avons constaté des signes notables de corrosion alors que la teneur en hydrogène était de 3,2 mg/l. Cette charge entraîne la formation de bulles d'hydrogène libre à une température de 30°C seulement et une pression de 1 bar effectif.

La **formation de méthane**, CH<sub>4</sub>, est imputée, en général, à des composants donnant naissance à des bactéries et à des biogaz.

### Si le maintien de pression n'est pas effectué et entretenu correctement, de l'air peu pénétrer dans l'installation

Le plus souvent, les "problèmes de gaz" constatés dans les petites installations équipés de vases d'expansion à membrane sous pression sont toujours dus à un maintien de pression insuffisant. C'est la raison pour laquelle nous en vous rappelons les principes les plus importants.

**Le maintien de pression doit garantir l'absence de dépression, de vapeur, de cavitation ou qu'il n'y a pas de dégagement de gaz en tout point du réseau, au repos (pompes de circulation arrêtées) et en mode circulation. Il faut particulièrement surveiller les points hauts de l'installation, les pompes et les soupapes de sécurité.**

- ▶ Anomalies les plus fréquentes :

#### Mise en service incorrecte, maintenance insuffisante

En particulier sur les vases d'expansion à membrane sous pression, les pressions de prégonflage  $p_0$  et les pressions de remplissage  $p_F$  ne sont pas adaptées aux conditions de fonctionnement de l'installation. Ce n'est que très rarement que la révision annuelle avec contrôle de la pression de prégonflage, exigée par la norme DIN 4807, partie 2, est effectuée. Le plus souvent, les organes d'isolement sécurisés nécessaires à cette opération sont même absents.

Quelques enquêtes ont montré que les pressions de prégonflage  $p_0$  sont souvent trop élevées et que les pressions de remplissage  $p_F$  (eau présente dans l'installation) sont souvent trop faibles.

Ces expériences sont déjà prises en compte dans notre logiciel de calcul permettant le dimensionnement des vases d'expansion à membrane sous pression : nous avons intégré une pression de remplissage mini  $p_F$  de 0,3 bar au-dessus de la pression de prégonflage.



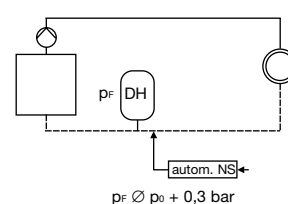
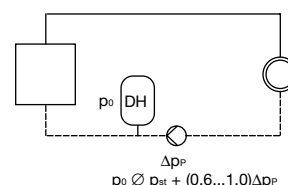
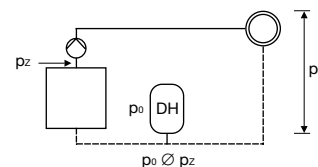


### ► Pression trop faible dans l'installation

- Dans les installations de chauffage où les pressions statiques  $p$  sont faibles (constructions de plein pied, chaufferie de toiture) la pression de prégonflage  $p_0$  doit être adaptée aux composants fortement sollicités du point de vue hydraulique (pompes, soupape de réglage). pour éviter les dégagements de gaz et la cavitation.

Le maître-mot est le suivant : Pression d'admission  $p_z$  mini pour pompes de circulation selon les indications du constructeur.

- En ce qui concerne le maintien de la pression finale, contrairement au maintien de la pression de prégonflage (maintien de la pression d'aspiration), il faut utiliser une partie de la pression de la pompe (selon l'installation, entre 60 et 100 %) pour déterminer la pression de prégonflage  $p_0$ , sinon il existe un risque de dépression, en règle générale sur les points hauts.



### ► Réalimentation d'eau insuffisante

Aucun système de maintien de pression ne peut fonctionner sans eau (dans les installations de chauffage  $\geq 0,5$  % du volume de l'installation). Si les pertes d'eau naturelles ne sont pas compensées, les problèmes, notamment une dépression, sont inévitables. Sur les installations fonctionnant sans surveillance, un système automatique de réalimentation contrôlée est indispensable ( $\rightarrow$  voir chapitre 5).

Sur les vases d'expansion à membrane sous pression, la pression de remplissage  $p_F$  devrait être au moins supérieure de 0,3 bar à la pression de prégonflage.

La parution du fascicule VDI 2035, p. 2 /3/ en 1998 a relancé la discussion sur l'absorption de gaz et, en particulier d'oxygène, via les installations de maintien de pression.

Les fig. 1 et 2 montrent les quantités d'oxygène et d'azote mesurées dans l'eau de circulation. Les installations sont équipées de systèmes de maintien de pression très différents. Il apparaît tout d'abord que la quantité de gaz contenue dans l'eau de circulation dépend moins du type de maintien de pression que d'autres vecteurs. On peut mal l'interpréter, surtout en ce qui concerne la quantité d'oxygène ! Dès le 1er paragraphe, il est dit que l'oxygène est consommé très rapidement par le biais de la corrosion. Par ailleurs, il se raréfie beaucoup en se mélangeant à l'eau de circulation et d'expansion. Il est alors très difficile de le mesurer dans l'eau de circulation. Les conduites d'expansion très rouillées des vases d'expansion ouverts témoignent cependant de sa présence. Les mesures faites dans les vases d'expansion ouverts ont révélé des valeurs comprises entre 4 et 6 mg/l /5/.

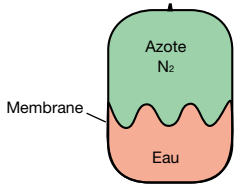
### C'est pourquoi, tous les spécialistes s'accordent à dire qu'il faut refuser les vases d'expansion directement reliés à l'atmosphère.

Les vases d'expansion conformes à l'état de la technique sont des vases à membranes qui séparent le coussin de gaz et la chambre qui contient l'eau. Cela ne change cependant rien au fait que le marché propose aussi des vases d'expansion ouverts avec production extérieure de pression (commandée par pompe) pour dégazer l'eau (voir aperçu page 10). Ces vases d'expansion, comme autrefois les installations ouvertes avec vase d'expansion en hauteur, peuvent réduire la concentration d'azote dans le système évitant ainsi les problèmes de circulation. Mais ils absorbent 4 à 6 mg/l d'oxygène par le vase d'expansion ouvert ! /5/. C'est très mauvais, c'est un retour en arrière, on ne peut l'accepter ! Malheureusement, force est de constater qu'il n'existe pas aujourd'hui de procédure normalisée pour déterminer, en conditions réelles, la perméabilité aux gaz des membranes des vases d'expansion de sorte qu'on ne peut faire de déclarations fondées sur l'étendue acceptable de cette perméabilité.

► Les vases d'expansion fermés sont conformes à l'état actuel de la technique.

Voici les principaux modèles de vases d'expansion utilisés :

### Vases d'expansion sous pression fermés avec coussin de gaz fixe (maintien de pression statique)

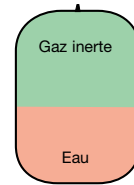


#### Avec membrane

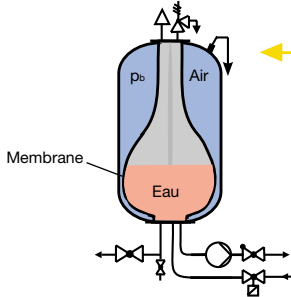
C'est le vase d'expansion le plus utilisé. Une membrane, située entre le coussin de gaz et la chambre contenant l'eau, réduit la diffusion du gaz. Le modèle fermé est le plus sûr.

#### Sans membrane

Courant autrefois, aujourd'hui seulement dans les grandes installations. Le gaz est de la "vapeur" ou de l'azote. Inconvénient : L'azote se diffuse dans l'eau en créant des "problèmes de gaz" et doit être complété régulièrement.



### Vases d'expansion à membrane fermés avec production externe de pression (maintien de pression dynamique) Séparation du coussin d'air et de la chambre contenant l'eau par une membrane

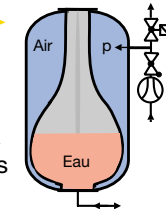


#### Commande par pompe Vase d'admission sans pression

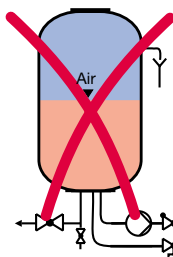
La différence de pression partielle entre le coussin de gaz et la chambre contenant l'eau étant faible, le gaz se diffuse à peine à travers la membrane. Ce type de vase peut également servir au dégazage.

#### Commande par processeur, Vase d'admission sous pression

La pression partielle dans le coussin d'air étant élevée, Reflex utilise des membranes spéciales en butyl particulièrement étanches à la diffusion. Ces membranes sont beaucoup moins perméables aux gaz que les membranes EPDM couramment utilisées.



### Vases d'expansion ouverts avec production externe de pression Liaison directe entre le coussin d'air et la chambre contenant de l'eau

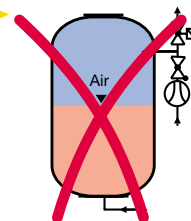


#### Vase collecteur sans pression, commandé par pompe, contact direct eau/air

Ces vases sont proposés, paradoxalement, comme "dégazeurs". En réalité, ils ne font qu'injecter de l'oxygène.

#### Commande par compresseur

On les trouve encore dans les installations anciennes. Le vase sous pression est soumis à une corrosion extrême à cause de l'apport régulier d'oxygène.



### Les problèmes de gaz ont été renforcés par l'amélioration des techniques de pose.

Alors qu'autrefois, les installations de chauffage étaient réalisées avec des tuyauteries en acier et un répartiteur **supérieur**, avec un désaéragement centralisé, avec un nombre "modeste" de pompes et de robinetteries, aujourd'hui la situation est toute autre.

- ▶ Des répartiteurs **inférieurs** et horizontaux commandent de nombreux points de désaéragement décentralisés et en partie difficilement accessibles.
- ▶ Il est difficile de désaérer les chauffages horizontaux et les plafonds réfrigérants ainsi que les répartiteurs horizontaux avec les méthodes conventionnelles.
- ▶ L'utilisation de matériaux tels que les plastiques et le caoutchouc ainsi que le nombre accru de surfaces d'étanchéité font que la quantité d'air qui se diffuse dans les installations est plus importante. → p. 6/7
- ▶ Les installations mixtes utilisant différents métaux favorisent, dans certaines conditions, la formation de gaz. → p. 7/8

Actuellement, la situation est la suivante : d'un côté, les installations modernes favorisent la formation de gaz, de l'autre, les dispositifs de "purge" traditionnels sur de nombreux points décentralisés sont le plus souvent trop sollicités et ne peuvent résoudre les problèmes.

## Résumé chapitre 2

**Le dispositif de maintien de pression** joue un rôle décisif dans les problèmes de gaz. Il doit être fermé pour empêcher surtout l'arrivée de l'oxygène de l'atmosphère et il doit éviter la dépression et la cavitation. Nombreux sont les vases d'expansion à membrane sous pression qui sont mal réglés, surtout dans les petites installations ; de plus, ils ne sont pas révisés comme le préconise la norme DIN 4808, partie 2 /6/. Il existe, dans ce domaine, un grand besoin de clarté et d'action.

**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, l'érosion et la corrosion. Le dégazage doit être une voie à sens unique : sortie du gaz, mais pas d'entrée d'air.**

## 3. Solutions techniques de dégazage physique

Les solutions sont nombreuses, les résultats sont tout aussi différents.

La méthode la plus fastidieuse mais aussi certainement la plus efficace est le dégazage thermique à la vapeur, c'est celle qui est utilisée, p. ex., dans les centrales. Mais nous ne retiendrons que des méthodes techniquement réalisables pouvant être appliquées à une plage de températures  $< 100^{\circ}\text{C}$  et en domotique.

Malheureusement, il n'existe aucune méthode normalisée pour évaluer les systèmes de dégazage. Cela ouvre la porte à des déclarations certes efficaces sur le plan publicitaire mais non explicites.

C'est ainsi que l'on trouve, dans la presse, des séparateurs d'air pouvant évacuer tout l'air présent dans les installations. Cet air est-il de l'oxygène et de l'azote ? 'Tout l'air' veut-il dire aussi l'air dissous ?

Ou, dans une publicité d'un fabricant de groupes de maintien de pression avec détendeur atmosphérique intégré dans un vase d'expansion ouvert, on peut lire notamment :

Citation : "de nouveaux concurrents soulignent le fait que ... de l'oxygène pénètre dans l'eau de l'installation par le vase d'expansion ouvert. C'est en partie vrai, mais secondaire parce que l'eau sans pression ne peut absorber que peu d'oxygène."

La dernière phrase contient trois déclarations erronées :

1. C'est vrai que de l'oxygène pénètre dans l'installation
2. Ce n'est pas secondaire car
3. L'eau sans pression peut très bien absorber beaucoup d'oxygène, à  $10^{\circ}\text{C}$  env.  $11\text{ mg/l}$ , à  $70^{\circ}\text{C}$  encore plus de  $5\text{ mg/l}$ . C'est 50 fois plus que la quantité recommandée par le fascicule VDI 2035 qui est de  $0,1\text{ mg/l}$  !

C'est la raison pour laquelle nous allons décrire l'efficacité de quelques méthodes physiques utilisées dans le domaine de la gestion technique du bâtiment. Trois facteurs agissent essentiellement sur cette efficacité.

- Température du fluide
- Pression du fluide
- Principe d'action

### Dégazage à la pression de l'installation

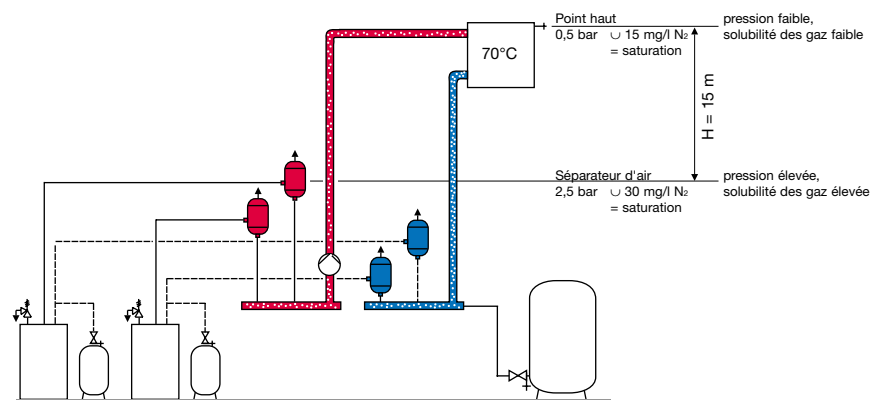


Fig. 7 : Schéma de principe d'un système de chauffage avec séparateurs d'air conventionnels et vase d'expansion

De nombreux circuits de chauffage et de refroidissement utilisent seulement des séparateurs d'air dits mécaniques pour le dégazage. Ceux-ci ne peuvent séparer que des gaz libres, mais pas les gaz dissous. Il existe différents principes d'action. Tous les types de séparateurs ont en commun le fait qu'ils sont soumis à la pression de l'installation (solubilité élevée des gaz) et que leur efficacité est fortement influencée par leur lieu d'implantation (point haut, points bas, admission, retour, distance par rapport à la chaudière et à la pompe).

- ▶ Les séparateurs d'air mécaniques ne fonctionnent que sur les points hauts absolus.

Seule leur installation directe sur les points hauts de l'installation permettrait d'éviter les "problèmes d'air". Etant donné le fait qu'aujourd'hui, en règle générale, les installations sont conçues avec un répartiteur inférieur, ils sont installés dans des endroits bas défavorables. Leur efficacité est alors très limitée, si ce n'est discutable. C'est ainsi que dans l'exemple de la fig. 7, la teneur en azote n'a pu être abaissée que jusqu'à 30 mg/l env., il aurait fallu 15 mg/l pour éviter avec certitude les séparations de gaz sur le point haut. Les purgeurs mécaniques n'ont aucune action sur la teneur en gaz dissous ainsi que sur la corrosion.

### Dégazage à la pression atmosphérique

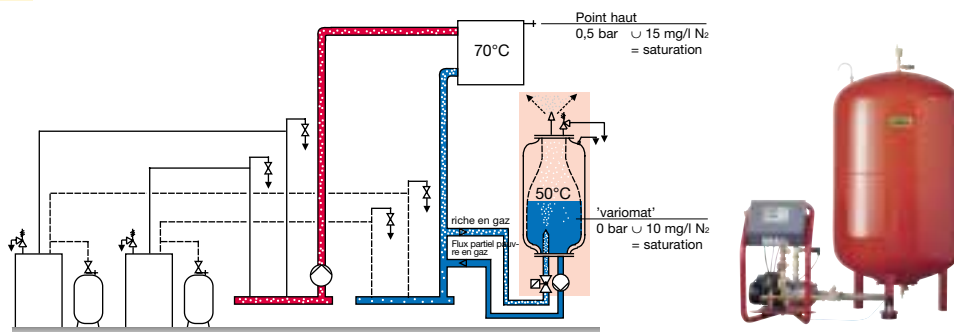


Fig. 8 : Schéma de principe d'un système de chauffage avec une unité multifonctionnelle "variomat" reflex qui maintient la pression, dégaze et réalimente, avec mode continu et discontinu et collecteur à membrane fermé

Les stations de maintien de pression commandées par l'eau stockent l'eau d'expansion dans un collecteur sans pression. Celui-ci peut être utilisé en même temps comme dispositif de dégazage centralisé. Un flux partiel de l'eau passe par le collecteur sans pression. En théorie, la détente à la pression atmosphérique peut p. ex. être abaissée à env. 10 mg/l dans tout le système (diagramme de HENRY : 0 bar, 50°C). C'est inférieur à la concentration critique au point haut, de sorte qu'aucune bulle libre ne peut plus être séparée → figure 4. Les dégazeurs atmosphériques satisfont ainsi, au sens vrai du terme, les exigences appliquées à un "dispositif de purge" centralisé classique. La circulation "sans bulles" permet en outre de réduire le risque d'érosion et de ne pas perturber la formation d'une couche protectrice. Plus besoin de procéder à un post-désaéragage fastidieux sur les nombreux points de purge.

- ▶ Les vases de dégazage et collecteurs doivent être fermés.
- ▶ "Fonction de purge" centralisée correcte dans le dégazeur atmosphérique

**Bien sûr, il faut que le vase collecteur soit fermé.** → Paragraphe 2, page 10

Les dégazeurs atmosphériques ont une action limitée sur la teneur en gaz dissous (ce qui correspond à la solubilité à la pression atmosphérique selon HENRY). La teneur en oxygène de l'eau de réalimentation pourrait tout juste être réduite de 11 mg/l à 7 mg/l dans le cas d'une alimentation dans un vase collecteur sans pression à 40°C.

## Dégazage sous vide

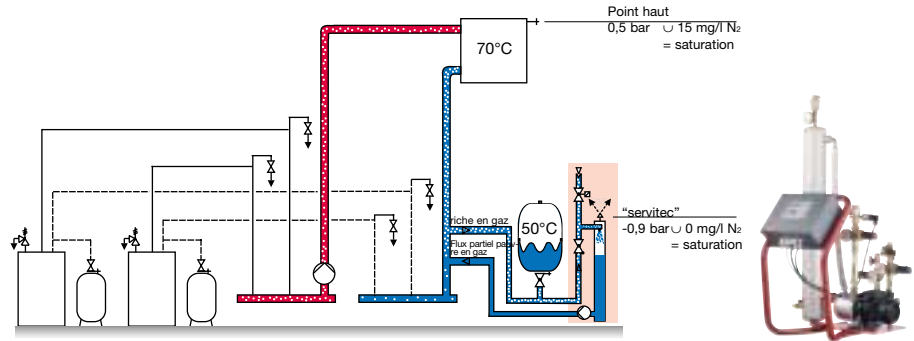


Fig. 9 : Schéma de principe d'un système de chauffage avec un dégazeur dynamique sous vide "servitec" de reflex destiné au dégazage de l'eau du circuit et de réalimentation

Les dégazeurs sous vide dégazent une partie de l'eau contenue dans l'installation. Sous vide, la solubilité des gaz est pratiquement nulle. Malgré tout, le dégazage sous vide statique immobile est très passif et lent (→ fig. 10). Il n'y a qu'une dynamisation, par exemple par atomisation de l'eau sous vide (→ fig. 11) qui garantisse de bonnes performances de dégazage.

14

► Performance de dégazage trop faible sous vide statique



Fig. 10 : Dégazage sous vide statique



Fig. 11 : Dégazage sous vide dynamique sur le banc d'essai "servitec"

► Les dégazeurs sous vide peuvent éliminer les gaz réactifs et inertes.

Les dégazeurs sous vide dynamique sont particulièrement efficaces car ils réduisent de beaucoup la formation de bulles de gaz libres ainsi que la teneur en gaz dissous et ceci indépendamment des conditions de pression dans le réseau. Ceci permet d'éliminer les gaz réactifs (p. ex. H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) et de réduire la corrosion. Un avantage significatif du dégazage sous vide par rapport aux procédés chimiques c'est l'élimination sans compromis de tous les gaz, y compris des gaz inertes qui se soustraient à une liaison chimique ! Les mesures effectuées ont montré que, p. ex., la teneur en azote de l'eau de circulation peut être abaissée jusqu'à 3 mg/l env. avec un dégazeur sous vide "servitec". Ceci correspond approximativement aux valeurs mesurées après des dégazeurs thermiques. Le dégazage partiel dans les tuyauteries en acier classique n'a qu'une action limitée sur la teneur en oxygène de l'eau contenue dans le réseau. Si le flux partiel est trop faible, l'oxygène se soustrait à une séparation centralisée en raison de sa rapidité de réaction. C'est le problème de tous les dégazeurs à flux partiel !

Le dégazage de l'eau de réalimentation et de remplissage, dont la teneur en oxygène peut être réduite d'env. 80%, est cependant très efficace.

## Comparaison entre différents systèmes de dégazage

Pour illustrer l'efficacité de différents systèmes de dégazage, voici la quantité d'azote minimale physiquement et techniquement possible contenue dans l'eau du réseau en fonction des conditions de pression sur le site → fig. 12. L'azote sert donc de "gaz de mesure" car, en tant que gaz inerte, il n'est pas consommé dans des réactions auxiliaires, le résultat des mesures n'est donc pas faussé.

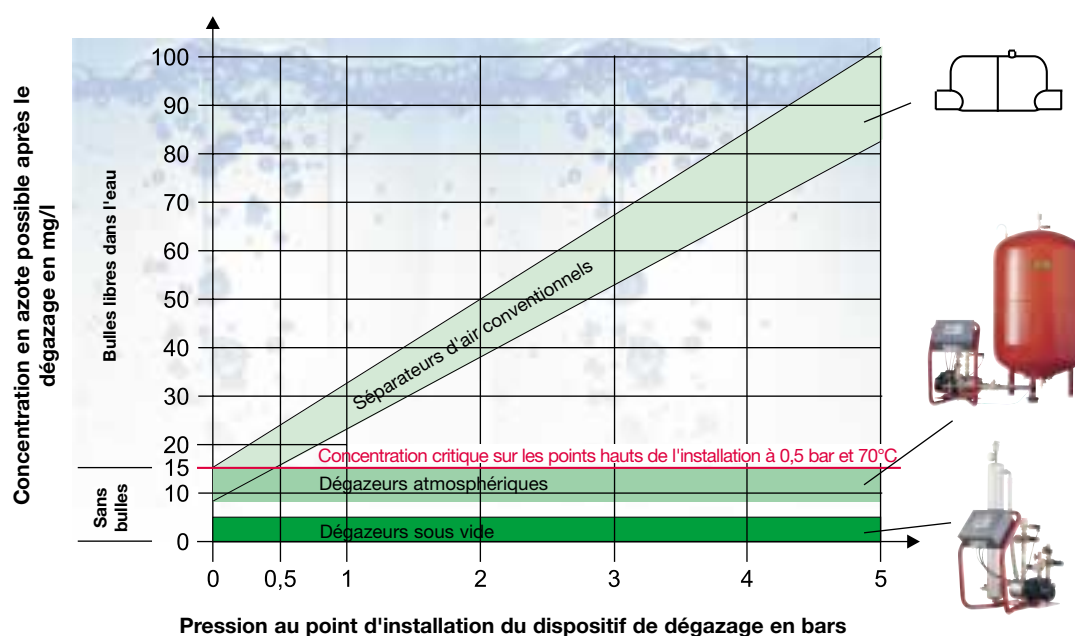


Fig. 12 : Comparaison entre différents systèmes de dégazage à une température minimale du fluide de 50°C.

La comparaison faite sur la fig. 12 montre clairement que seul le dégazage atmosphérique et sous vide satisfait les exigences appliquées à un dispositif centralisé de "purge" et de dégazage.

L'efficacité des séparateurs d'air mécaniques baisse énormément lorsque la pression augmente. Les extracteurs de gaz sur les points hauts sont inévitables, en particulier lorsque les séparateurs sont installés sur les points bas.

Si l'on ne veut pas seulement "purger" mais aussi combattre efficacement la corrosion, l'eau ne doit pas contenir de gaz. Ceci ne peut se faire que par dégazage thermique ou dégazage sous vide dynamique.

► L'efficacité des séparateurs d'air conventionnel sur les points bas n'est pas démontrée physiquement

## Traitement de dégazage uniquement sur le papier – Mauvaise interprétation de la loi de Henry

Nous souhaitons attirer l'attention sur la mauvaise interprétation qui est faite de la loi de Henry dans la pratique. Les puissances de dégazage apparemment démontrées sur le papier n'existent pas dans la pratique.

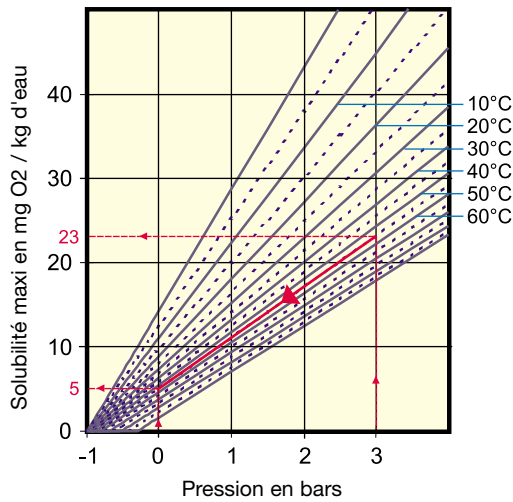


Fig. 13 : Solubilité maxi de l'oxygène issu de l'atmosphère

### Suppositions basées sur le diagramme de HENRY → fig. 13

23 mg/l d'oxygène sont dissous dans une installation de chauffage à une température d'admission de 55°C et une pression de 3 bars. Lorsque la pression descend à 0 bars dans le dégazeur, l'eau du chauffage ne peut plus dissoudre que 5 mg/l. Par conséquent,  $23 \text{ mg/l} - 5 \text{ mg/l} = 18 \text{ mg/l}$  d'oxygène sont dissous dans le dégazeur.

**Cet argument est faux !  
Pourquoi ?**

1. HENRY ne décrit pas la quantité d'oxygène réelle contenue dans l'eau mais "ce qui pourrait être dissous au maximum si l'oxygène de l'air était en contact suffisamment longtemps avec la surface de l'eau". Ce contact n'existe pas ni dans un système ouvert ni dans un système fermé.
2. L'oxygène est un gaz réactif. Autrement dit, il est consommé relativement vite lors de la corrosion ou de la réaction avec d'autres gaz. Comme le montre la fig. 1, la quantité d'oxygène était inférieure à 0,1 mg/l dans presque toutes les installations étudiées, même sans dégazeur.
3. Une réduction de la quantité d'oxygène à 5 mg/l dans l'eau de circulation serait un résultat insuffisant, car le fascicule VDI 2035, p. 2, préconise une valeur  $< 0,1 \text{ mg/l}$ .

L'exemple montre l'importance de formuler également des règles homogènes d'évaluation pour les dégazeurs. La situation actuelle n'est pas du tout satisfaisante, mais des déclarations théoriquement peu fondées et non démontrées dans la pratique sont faites tous les jours. Elles ne sont pas adaptées à l'importance croissante qu'occupe ce sujet et ne peuvent que déstabiliser le marché.

## Résumé du chapitre 3

Les **bouches d'aérage mécaniques** ne peuvent fonctionner efficacement que lorsqu'elles sont installées sur les points hauts.

Les **dégazeurs atmosphériques** peuvent empêcher les bulles de gaz libres dans l'eau de circulation. Ce sont des dispositifs de purge parfaits mais pas pour séparer l'oxygène de manière ciblée. Ils permettent d'éviter largement l'érosion grâce à un écoulement biphasique.

Les **dégazeurs sous vide** permettent de réduire pratiquement à zéro la teneur totale en gaz. Ils permettent de combattre aussi bien la corrosion (gaz réactifs) que l'érosion (gaz inertes). Les dégazeurs sous vide dynamique permettent un taux de séparation élevé.

La **loi de HENRY** ne décrit pas la teneur réelle en gaz mais la teneur maxi possible en gaz de la solution.



## 4. Résolution des problèmes à l'aide de deux exemples

Nous avons étudié le problème des gaz sur des installations de chauffage dans des immeubles d'habitation, des chauffages de pelouses de stades de football, de même que des installations de chauffage urbain. Nous avons également étudié des circuits d'eau de refroidissement contenant des mélanges eau/glycol.

La sursaturation en gaz, le plus souvent en azote, constitue un problème important pour l'exploitant. Les corps de chauffe froids et remplis de gaz au dernier étage et les bruits de gargouillement sont suffisamment bien connus. Mais les analyses de la teneur en gaz et des études de la chimie de l'eau montrent que dans certaines installations la teneur accrue en gaz (p. ex. H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) s'accompagne à l'évidence d'un problème de corrosion. Les dommages qui en résultent apparaissent le plus souvent au bout de quelques années.

Deux exemples pratiques nous ont permis d'éclaircir ce sujet et de présenter les solutions possibles

► Dans plus de 90% des installations à problèmes étudiées, l'azote provoque des problèmes de circulation.

### Réseau de chauffage de la ville de Halle

Plusieurs bâtiments d'habitation, dont des immeubles de 14 étages, sont raccordés à un réseau de chauffage urbain secondaire du réseau de distribution de Halle d'une contenance de plus de 100 m<sup>3</sup> et d'une puissance d'env. 14 MW.

La séparation du circuit de chauffage primaire par l'installation d'un échangeur de chaleur a entraîné des problèmes – il y avait toujours de "l'air" dans les immeubles, il fallait purger sans cesse chaque radiateur du dernier étage. La mise en place d'aérateurs et de désaérateurs automatiques sur certains radiateurs n'a pas apporté d'amélioration significative.

Telle était la situation lorsque nous avons testé le premier dégazeur sous vide 'servitec'. Après sa mise en service, la quantité d'azote a pu être abaissée de 45 mg/l à 5 mg/l au bout de 40 heures. Les "problèmes d'air" étaient résolus, les locataires satisfaits. Le mode de fonctionnement sous-saturé en gaz ( $\leq 5$  mg/l) a permis d'exclure toute extraction de gaz, même sur les points extrêmes (points hauts, pompes, soupapes de régulation) et de réduire le risque de corrosion.



Fig. 14 :  
Installation pilote  
"servitec" sur un réseau  
de l'EV de Halle

### Centre Konrad Zuse à Berlin

Au centre Konrad Zuse de Berlin, le chauffage (7,3 m<sup>3</sup>) et le circuit d'eau froide (30 m<sup>3</sup>) connaissaient des problèmes de circulation accompagnés de pannes des radiateurs et des climatiseurs.

Ces deux installations présentaient de trop fortes valeurs d'azote. De plus, des quantités accrues de méthane ont été constatées sur l'installation de chauffage, elles étaient probablement dues à l'utilisation d'un inhibiteur. Après la mise en place d'un dégazeur sous vide standard "servitec", ces installations ont fonctionné parfaitement. L'eau de chauffage ne contenait plus de méthane.



Fig. 15 :  
Installation standard  
"servitec" au centre  
Konrad Zuse de Berlin.

## 5. Systèmes de maintien de pression et de dégazage de Reflex

### “magcontrol” de reflex

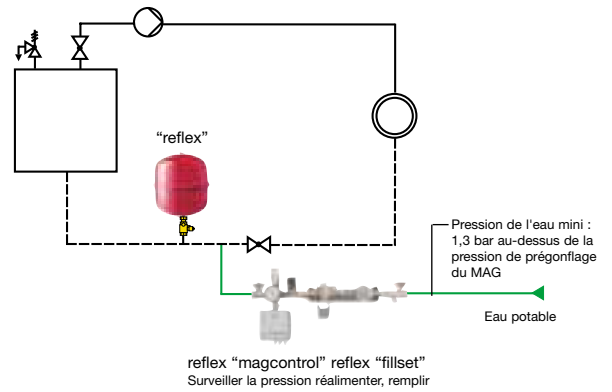
Surveillance de la pression de vases d'expansion avec réalimentation contrôlée intégrée

Pression o.k.



Certes, le 'magcontrol' de reflex ne peut dégazer, mais il automatise et il surveille le fonctionnement de vases d'expansion à membrane sous pression – une condition importante pour empêcher la pénétration directe d'air → chapitre 2

Exemple : installation de chauffage



### “variomat” de reflex

Dégazage atmosphérique avec maintien de pression intégré et réalimentation

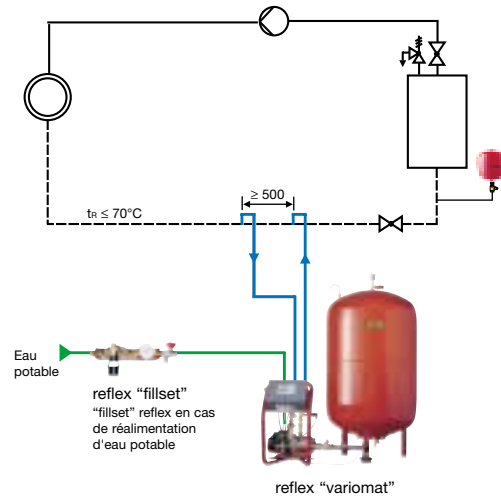
Pression o.k.

Plus d'air



L'association d'un maintien de pression commandé par l'eau et d'un dégazage atmosphérique dans un système fermé a fait ses preuves à maintes reprises. Autrement dit, la pression est bonne et les “problèmes d'air” appartiennent désormais au passé. Plus de purge décentralisée fastidieuse. → chapitre 3

Exemple : Installation 1 chaudière



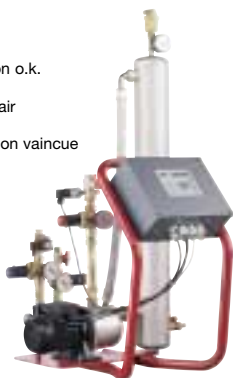
### “servitec” de reflex

Dégazage sous vide dynamique avec surveillance de la pression intégrée et réalimentation

Pression o.k.

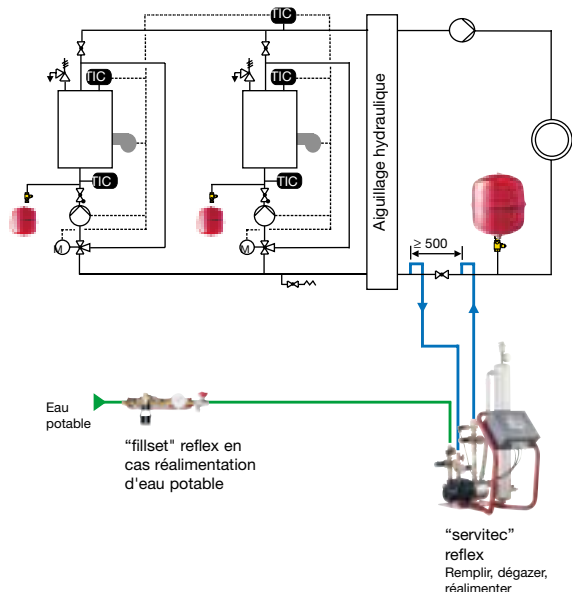
Plus d'air

Corrosion vaincue



L'eau de l'installation et de réalimentation, que ce soit dans les systèmes de chauffage, de chauffage urbain ou de refroidissement, est dégazée sous vide. La quantité de gaz dans l'eau de circulation est pratiquement réduite à zéro. Cela signifie plus de “problèmes d'air” et abaissement du risque de corrosion. De plus, le fonctionnement des vases d'expansion sous pression peut être surveillé. Le “servitec” peut être installé sans problème sur les installations existantes → chapitre 4

Exemple : Installation à plusieurs chaudières



## 6. Aperçu des chapitres

### Résumé chapitre 1

L'**oxygène** est un gaz hautement réactif, c'est la principale cause de corrosion dans le système. Il apparaît (presque) exclusivement dissous. Les concentrations en oxygène  $> 0,1$  mg/l indiquent un risque accru de phénomènes de corrosion /3/. L'**azote** est un gaz inerte le plus souvent responsable de la formation d'écoulement biphasiques gaz/eau. Il se concentre en permanence dans le système et entraîne, p. ex., les célèbres problèmes de circulation. En règle générale, les concentrations en azote  $\leq 15$  mg/l sont inoffensives et peuvent être obtenues par de simples dégazeurs atmosphériques.

### Résumé chapitre 2

**Le dispositif de maintien de pression** joue un rôle décisif dans les problèmes de gaz. Il doit être fermé pour empêcher surtout l'arrivée de l'oxygène de l'atmosphère et il doit éviter la dépression et la cavitation. Nombreux sont les vases d'expansion à membrane sous pression qui sont mal réglés, surtout dans les petites installations ; de plus, ils ne sont pas révisés comme le préconise la norme DIN 4808, partie 2 /6/. Il existe, dans ce domaine, un grand besoin de clarté et d'action.

**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, l'érosion et la corrosion. Le dégazage doit être une voie à sens unique : sortie du gaz, mais pas d'entrée d'air.**

19

### Résumé chapitre 3

Les **bouches d'aérage mécaniques** ne peuvent fonctionner efficacement que lorsqu'elles sont installées sur les points hauts.

Les **dégazeurs atmosphériques** peuvent empêcher les bulles de gaz libres dans l'eau de circulation. Ce sont des dispositifs de purge parfaits mais pas pour séparer l'oxygène de manière ciblée. Ils permettent d'éviter largement l'érosion grâce à un écoulement biphasique.

Les **dégazeurs sous vide** permettent de réduire pratiquement à zéro la teneur totale en gaz. Ils permettent de combattre aussi bien la corrosion (gaz réactifs) que l'érosion (gaz inertes). Les dégazeurs sous vide dynamique permettent un taux de séparation élevé.

La **loi de HENRY** ne décrit pas la teneur réelle en gaz mais la teneur maximale possible en gaz de la solution.

### Résumé des chapitres 4/5

**Le fonctionnement des systèmes de dégazage de Reflex** a été démontré sur des circuits de chauffage, de chauffage urbain et de refroidissement par de nombreuses séries de mesures réalisées par l'Université technique de Dresde.

**La fonction décentralisée de purge et de dégazage** rend inutile l'installation de séparateurs d'air mécaniques décentralisés. La purge fastidieuse sur de nombreux points de purge est elle aussi inutile.

# Reflex- Prend en compte l'environnement

Les nouveaux produits développés par Reflex ne sont pas uniquement destinés à simplifier la vie de leurs utilisateurs, mais ils prennent en compte l'environnement dans lequel ils sont installés. Nous intégrons cette donnée à tous les stades de la vie du produit. Le choix des matériaux et les procédés de fabrication, sont les facteurs prépondérants de notre contribution à cette cause majeure.



Siège Principal  
**reflex Winkelmann GmbH + Co. KG**  
Gersteinstrasse 19  
D-59227 Ahlen  
Allemagne  
Tel. +49 23 82/70 69-0  
Fax +49 23 82/70 69-558  
[www.reflex.de](http://www.reflex.de)