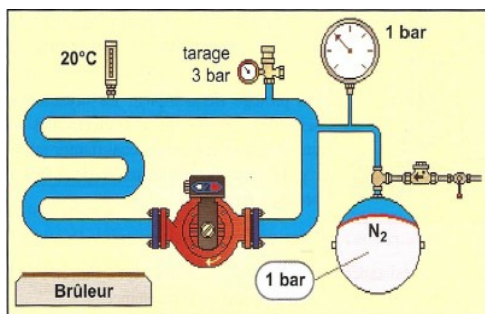


LES VASES D'EXPANSION

Dans un circuit hydraulique fermé, l'eau (ou l'eau glycolée) se dilate quand sa température augmente. **Entre 10°C et 90°C, 1 m³ d'eau se dilate d'environ 40 litres, soit 4% !** (dans les mêmes conditions, 1 m³ d'eau glycolée à 30% se dilaterait d'environ 60 litres).

Les pressions maximales de service de la plupart des échangeurs sont en général limitées à 4 bar. Comme les liquides sont incompressibles, les dilatations pourraient provoquer des pressions tellement importantes que les échangeurs et les tubes se déchireraient comme une feuille de papier s'il n'existait pas un système de compensation. **Le vase d'expansion, la soupape de sécurité, les purgeurs et le système de remplissage sont donc des organes obligatoires qui équipent tous les circuits hydrauliques fermés sous pression.**

COMMENT FONCTIONNE UN VASE D'EXPANSION FERMÉ A MEMBRANE ?

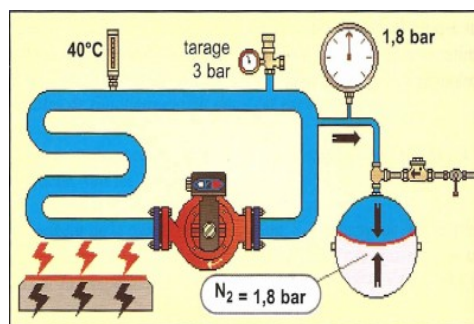


Prenons l'exemple d'un petit circuit hydraulique de chauffage rempli d'eau à 20°C sous une pression de 1 bar.

On dispose d'une soupape de sécurité tarée à 3 bar. Le vase d'expansion gonflé à l'azote (N₂) est légèrement rempli d'eau et de chaque côté de la membrane souple (qui sépare l'eau de l'azote), la pression est de 1 bar.

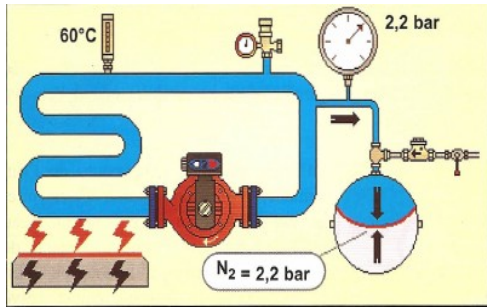
Lorsque l'on met en service le brûleur, la température de l'eau augmente rapidement et la dilatation commence.

Le volume d'eau en excès pénètre progressivement dans le vase d'expansion.



Simultanément, de l'autre côté de la membrane, le volume réservé à l'azote se réduit. La compression de l'azote provoque alors une augmentation de sa pression qui se répercute dans tout le circuit.

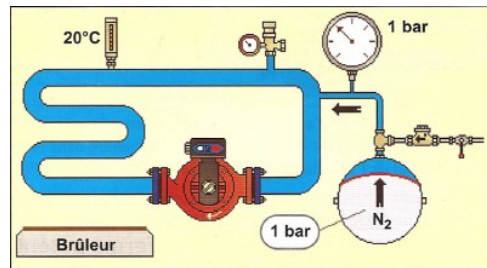
Lorsque l'eau atteint 40°C, l'azote sera comprimé à environ 1,8 bar. C'est pourquoi tout le circuit hydraulique se retrouve sous cette même pression de 1,8 bar.



Si on continue à chauffer l'eau, par exemple jusqu'à 60°C, la dilatation atteint 2% du volume total et la pression dans le vase d'expansion (ainsi que dans tout le circuit) augmente par exemple jusqu'à 2,2 bar.

Ainsi, plus la température de l'eau augmente et plus la pression devient importante dans le circuit.

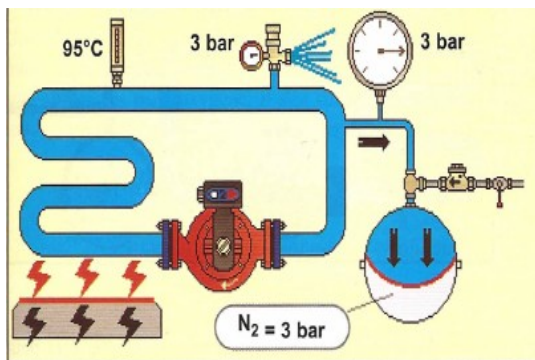
Par la suite, lorsque le circuit va se refroidir, l'eau va se contracter. L'azote sous pression repousse alors au fur et à mesure l'eau du vase vers le circuit.



L'azote retrouvant progressivement davantage de volume, sa pression diminue. Ainsi, la pression du circuit et celle du vase diminuent toutes les 2 au fur et à mesure de la diminution de température de l'eau.

A 20°C, les conditions de départ sont retrouvées et la pression dans tout le circuit est de nouveau égale à 1 bar.

EXERCICE N° 1



Si la température de l'eau devient accidentellement trop élevée, la pression risque de monter dangereusement dans le vase et dans tout le circuit.

Si la pression atteint 3 bar (pression de tarage de la soupape), celle-ci s'ouvre et libère de l'eau. Dès que la pression redescend en dessous de 3 bar, la soupape se referme.

Ainsi, la soupape permet de limiter dans tous les cas la pression maximale dans le circuit à 3 bar.

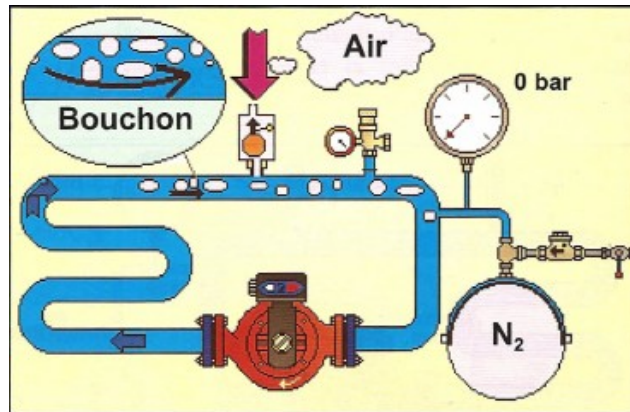
Mais ensuite, que va-t-il se passer quand la température du circuit redescendra à 20°C ?

.....

Quels problèmes la présence d'air dans un circuit Hydraulique fermé posent-ils ?

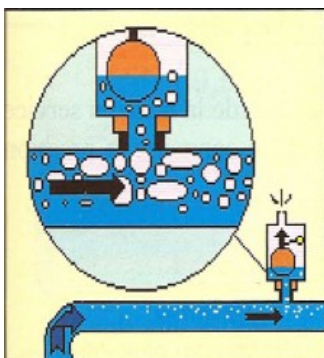
L'air étant nettement plus léger que l'eau, les bulles vont s'agglomérer dans les points hauts et former des poches gazeuses que l'eau en circulation devra traverser.

Ces poches peuvent parfois brutalement se détacher, entraînées par la vitesse de l'eau, et repartir : on peut alors entendre distinctement un «glou-glou» très caractéristique qu'il ne faut pas confondre avec le bruit de bétonnière qui pourrait résulter d'une pompe en cavitation.



Ces poches d'air provoquent une réduction du débit d'eau avec toutes les pannes que cela peut entraîner. Dans certains cas extrêmes, le débit dans la tuyauterie peut même devenir quasiment nul : **de l'air en excès dans un circuit hydraulique peut se comporter comme un véritable bouchon.**

En premier réflexe, on peut penser qu'il suffit de rajouter de l'eau dans le circuit pour le « gonfler » à nouveau afin de maintenir « à froid » une pression supérieure à la pression atmosphérique. Ainsi, l'air s'échappera par le purgeur automatique et le débit d'eau pourra se rétablir normalement.

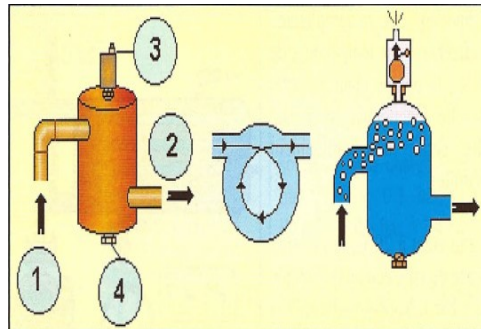


Mais, si la pompe fonctionne, les bulles d'air risquent de passer trop rapidement devant le purgeur pour être évacuées correctement. **C'est pourquoi, pour purger efficacement un circuit, il faut impérativement stopper les pompes.**

On démarre les pompes quelques secondes puis on les stoppe. Cette manoeuvre répétée plusieurs fois permet à l'air, petit à petit, de se diriger vers les purgeurs placés dans les points hauts, d'où il sera évacué.

A propos, notez le dispositif ci-contre très utilisé pour purger les circuits. L'eau entre par le haut de ce pot de purge (**repère 1**) et en ressort par le bas (**repère 2**).

Le purgeur automatique est installé en haut du pot (**repère 3**) et un bouchon démontable (**repère 4**) se trouve en bas. La sortie du pot se faisant en partie basse, les risques d'entraîner de l'air sont déjà très réduits.



De plus, l'entrée et la sortie dans le pot se font tangentiellement ce qui donne à l'eau un fort mouvement de rotation.

Avec la force centrifuge, l'eau reste plaquée contre la paroi et l'air se détache vers le centre du pot, où il peut monter dans la partie supérieure. Comme en plus le diamètre du pot est beaucoup plus important que celui de la tuyauterie, la vitesse de l'eau est réduite, ce qui favorise la séparation air-eau. Ces 2 actions conjuguées permettent de dégazer très efficacement l'eau.

De plus le pot constitue un magnifique piège pour toutes les impuretés en circulation (grains de soudure, petits morceaux de métal, etc.) : le bouchon 4 permettra donc de les enlever. Enfm, signalons qu'en référence au mouvement de rotation de l'eau, ce dispositif est souvent appelé un « cyclone ».

Un autre problème posé par l'air dans les installations provient du fait qu'il est composé d'azote mais également d'oxygène. Or, toutes les corrosions des parties métalliques (tubes et échangeurs) sont favorisées par l'oxygène. Il s'en suit la formation de boues qui colmateront les échangeurs, réduiront le débit et dans les cas les plus graves, provoqueront des percements et des fuites.

Effectuer des appoints d'eau systématiques dans une installation hydraulique fermée, c'est à coup sûr y introduire de l'air (et donc de l'oxygène) et développer les problèmes de corrosion, d'entartrage et d'embouage des circuits.

Si la soupape de sécurité crache à la température maximale de fonctionnement, avant d'envisager toute modification ou opération onéreuse, il faut contrôler tous les points suivants : le vase est-il correctement gonflé, trop petit, trop plein, isolé, mal placé, à l'envers, sa membrane est-elle percée ?

Ce n'est pas toujours évident, aussi allons-nous examiner tous ces problèmes en détails car si le vase d'expansion est un appareil très simple à première vue, son rôle est essentiel et il peut occasionner des pannes aussi importantes sur un circuit hydraulique que l'absence totale de débit ou même la destruction de la pompe.

A QUELLE PRESSION FAUT-IL REMPLIR LE CIRCUIT ?

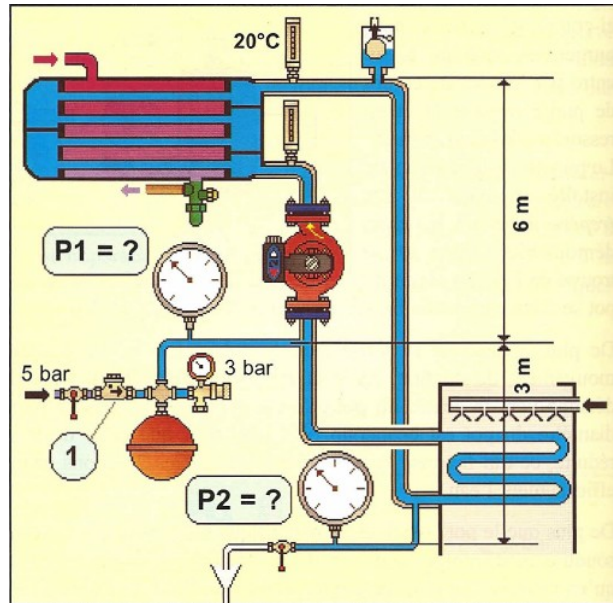
Avant toute chose, quand on doit remplir en eau un circuit hydraulique (lors de la mise en service de l'installation ou après une vidange pour travaux), il est indispensable de connaître la pression de remplissage que l'on doit maintenir dans le circuit.

EXERCICE n° 2

Considérons l'installation ci-dessous, de type tour de refroidissement indirecte.

Admettons que le remplissage s'effectue à une température de 20°C, la pompe étant à l'arrêt (si elle fonctionnait sans eau, elle serait très rapidement détruite).

L'eau étant à 20°C, la pression d'eau de ville étant par exemple de 5 bar, devons-nous remplir le circuit à 0,5 bar, à 1 bar, à 3 bar, à 5 bar ? **En fait, que devrait indiquer le manomètre P1 après remplissage?**



Le circuit étant rempli, quelle sera la pression P2 mesurée au point le plus bas de l'installation, près de la vanne de vidange ?

Remarque. Le clapet de retenue ou le disconnecteur (repère 1) est obligatoire. Si la pression d'eau de ville venait à baisser, il empêcherait l'eau du circuit hydraulique de retourner dans le circuit d'eau potable et donc de polluer dangereusement!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

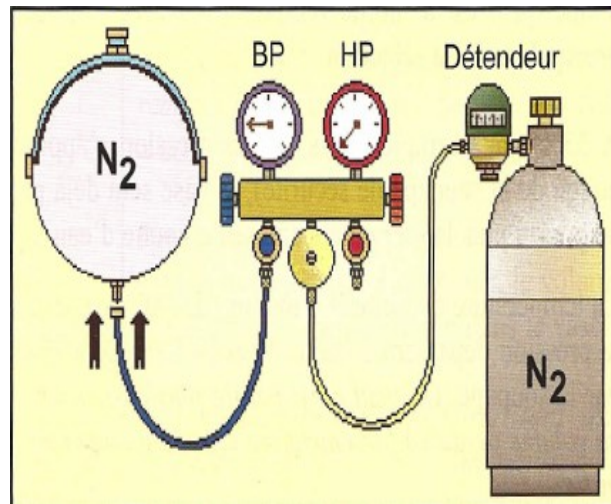
.....

.....

ET SI LE VASE D'EXPANSION N'EST PAS ASSEZ GONFLÉ ?

La pression de remplissage d'un circuit fermé à l'arrêt est égale à la différence de niveau entre le manomètre et le point le plus haut de l'installation + une marge de sécurité de 5 mètres. En divisant cette hauteur totale par 10, on obtient la pression de remplissage en bar.

Imaginons que le vase d'expansion arrive d'usine gonflé à 0,3 bar. A l'aide d'une bouteille d'azote ou d'air comprimé on peut régler la pression dans le vase à la valeur désirée. Côté azote on dispose d'une prise de pression identique à une valve de pneu. Si l'on n'a pas de manomètre de «garagiste» on peut très bien se débrouiller avec un jeu de manos de frigoriste.



A l'aide d'un flexible muni d'un « embout schrader » on appuie fermement l'embout sur la valve pour lire la pression de l'azote sur le mano BP. On peut alors gonfler ou dégonfler le vase.

A NOTER : *les membranes des vases ne sont jamais totalement étanches. Elles peuvent perdre jusqu'à 20% par an du volume d'azote pour les membranes en latex (vases de premier prix), et moins de 1,2% par an pour des membranes en Butyl IIR (vases de meilleure qualité).*

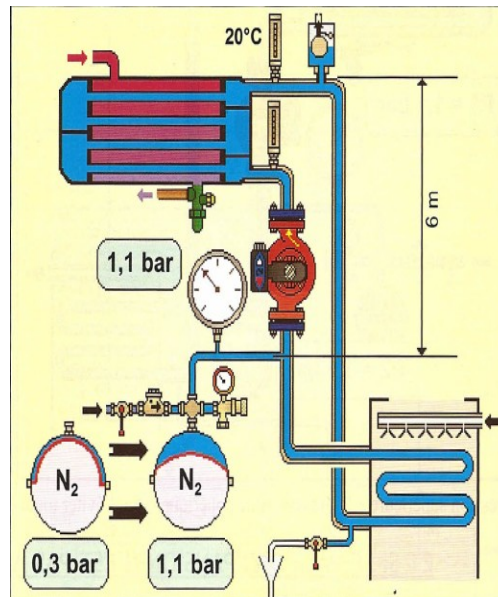
Pour celui qui serait tenté de gagner du temps, il n'est pas recommandé d'utiliser du fluide frigorigène ou de l'oxygène pour gonfler un vase : on risquerait quelques problèmes et la membrane peut ne pas apprécier !

Mais, revenons à notre vase qui arrive d'usine gonflé à 0,3 bar. Quand on le sort du carton, le vase est vide et sa membrane est collée contre la paroi par la pression de l'azote. On installe alors le vase.

Plus tard, lorsque le technicien va remplir le circuit d'eau, la pression qu'il ajustera doit être égale à la hauteur géométrique de l'eau au dessus du manomètre + la marge de sécurité.

Dans notre exemple, la pression de l'eau à 20 °C devra être de 1,1 bar.

L'eau pénètre donc dans l'installation, mais comme la pression d'azote n'est que de 0,3 bar, elle entre aussi dans le vase et comprime l'azote.



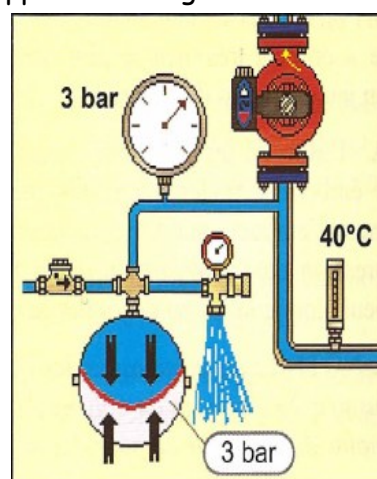
La pression de l'azote, va donc monter progressivement jusqu'à atteindre 1,1 bar, ce qui est absolument normal.

Mais, ce qui est moins normal, c'est que nous ne sommes qu'à 20°C et que le vase d'expansion est déjà rempli presque à la moitié de sa contenance.

Lorsque l'installation sera en fonctionnement, la température va augmenter et l'eau va se dilater. L'eau en excès va alors pénétrer dans le vase. S'il n'a pas été largement surdimensionné, étant donné qu'il est à moitié rempli, le vase ne pourra absolument pas absorber la quantité d'eau prévue lors de sa sélection.

A 35°C par exemple, alors que la pression s'approche dangereusement de 3 bar (pression de tarage de la soupape de sécurité), le vase sera déjà plein et il ne pourra plus laisser entrer une seule goutte d'eau !

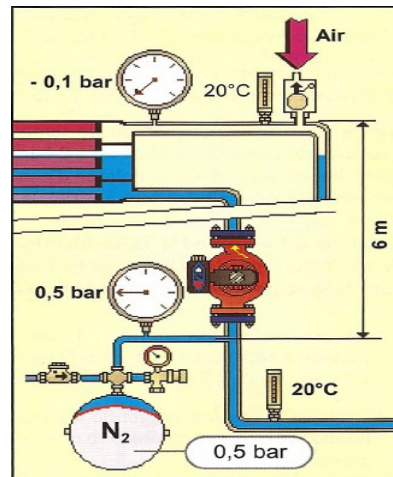
La température continuant à monter, dès 40°C (par exemple), la pression dépassera 3 bar et l'excès d'eau sera alors libéré par la soupape. On peut ainsi perdre plusieurs litres d'eau et ce volume perdu va forcément manquer à un moment ou à un autre.



En effet, lorsque la température de l'eau va redescendre à 20°C, attendu que plusieurs litres d'eau vont manquer, la pression va obligatoirement descendre en dessous des 1,1 bar réglés à l'origine.

La pression au niveau du vase avec de l'eau à 20°C sera donc comprise entre 0,3 bar et 1,1 bar. Elle dépendra bien sûr du volume d'eau perdu mais dans tous les cas elle sera insuffisante.

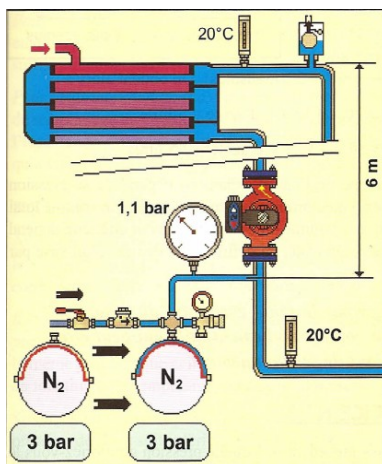
dans notre exemple imaginons qu'elle soit de 0,5 bar (soit 5 mCE). Cela signifie que 6 m plus haut, la pression ne sera plus que de -1 mCE (soit -0,1 bar), c'est à dire inférieure à la pression atmosphérique.



Ainsi, l'eau qui a été expulsée par la soupape va maintenant manquer au point haut de l'installation dans lequel la pression va descendre en dessous de la pression atmosphérique, avec les risques d'entrée d'air que cela suppose.

Cette présence d'air va gêner l'irrigation normale de l'échangeur, provoquer un manque de débit et la chaudière risque à coup sûr de couper en sécurité.

ET SI LE VASE D'EXPANSION EST TROP GONFLÉ ?



Imaginons que le vase d'expansion arrive d'usine gonflé à 3 bar. Comme précédemment, le vase est vide d'eau et la membrane est collée contre la paroi par la pression d'azote. Lorsque le technicien va remplir d'eau le circuit hydraulique à 1,1 bar l'eau va entrer dans l'installation mais, comme la pression d'azote est de 3 bar, elle ne pourra pas du tout pénétrer à l'intérieur du vase.

A 20°C, l'installation est alors parfaitement remplie à 1,1 bar. Mais, le vase est vide d'eau !

Par la suite, lorsque la température va monter et que l'eau va se dilater, le volume d'eau en excès devrait entrer dans le vase.

Mais impossible d'y pénétrer tant que la pression de l'eau reste inférieure à la pression de l'azote, c'est à dire 3 bar !

L'eau étant incompressible et le volume de dilatation ne pouvant entrer dans le vase, la pression dans le circuit augmente très rapidement. **A 25°C par exemple, la pression montera donc brutalement à 3 bar et la soupape se mettra à cracher !**

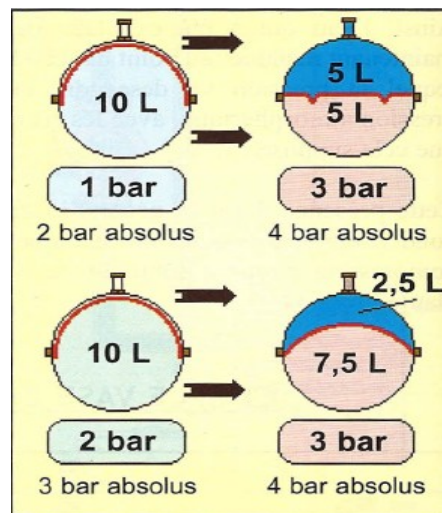
En fait, l'installation réagit exactement comme s'il n'existait pas de vase d'expansion : la moindre dilatation provoque aussitôt une forte augmentation de la pression !

Notez que le même phénomène se produirait avec un vase gonflé par exemple à 2 bar. En effet, au moment du remplissage à 1,1 bar, l'eau à 20°C ne pourra pas pénétrer à l'intérieur du vase.

Dès la première augmentation de température, par exemple jusqu'à 25°C, la pression dans le circuit va monter très rapidement à 2 bar. Ensuite, l'eau va rentrer progressivement dans le vase et comprimer l'azote. Mais le volume d'eau qui pourra pénétrer le vase sera obligatoirement réduit et par exemple, quand l'eau sera à 30°C, la soupape commencera déjà à cracher.

En effet, si l'on prend 2 vases identiques, par exemple de 10 litres, regardons la quantité d'eau qui doit entrer dans le vase pour faire monter la pression à 3 bar.

- Si le vase est prégonflé à 1 bar, admettons qu'un volume de dilatation de 5 litres fasse monter la pression à 3 bar.
- Mais, si le vase est prégonflé à 2 bar, la quantité d'eau nécessaire pour atteindre 3 bar serait obligatoirement plus faible.



En fait, il rentrera 2 fois plus d'eau dans le vase prégonflé à 1 bar que dans celui prégonflé à 2 bar.

C'est une simple application de la loi de Mariotte appliquée à la pression d'azote : $P_1V_1 = P_2V_2 = \text{constante}$ (attention, les pressions doivent être exprimées en valeur absolue, c'est à dire que 1 bar lu au mano correspond à : $1 + 1 = 2$ bar absolus). On obtient alors :

$$\text{Cas n°1 : } (1+1) \times 10 = (3 + 1) \times V \text{ on a } 20 = 4 V \text{ alors } V \text{ d'azote} = 5 \text{ litres}$$

$$\text{Cas n°2 : } (2+1) \times 10 = (3 + 1) \times V \text{ on a } 30 = 4 V \text{ alors } V \text{ d'azote} = 7,5 \text{ litres}$$

Ainsi, la capacité d'un vase à contenir le volume de l'eau d'expansion dépend de sa pression initiale de gonflage. En fait, un vase d'expansion à membrane possède 2 volumes : le volume total (V_t) est gravé sur le vase par le fabricant alors que le volume utile (V_u), nettement inférieur, dépend des valeurs de la pression vase vide et vase plein. Du reste, on définit le rendement d'un vase par le rapport V_u / V_t .

EXERCICE N° 3

- A) Pour faire la synthèse de toutes les réflexions précédentes, à quelle pression gonfleriez-vous le vase sur notre fameuse installation de la page 7 ? Expliquez.

- B) Comment effectueriez-vous le contrôle de la pression de gonflage d'un vase déjà installé ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

EXERCICE N° 4.

Vous arrivez en dépannage sur l'installation de la page 7 qui fonctionnait correctement depuis plusieurs années. Vous constatez que la pression de l'eau au niveau du vase est de 0,5 bar.

La hauteur géométrique entre le vase et le point le plus haut étant de 6 m, vous rajoutez de l'eau jusqu'à 1,1 bar (comme vous n'êtes pas un débutant, vous tenez compte de la marge de sécurité de 0,5 bar).

A la mise en service, la température augmente mais la soupape crache très rapidement. Quelle peut bien être la panne ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

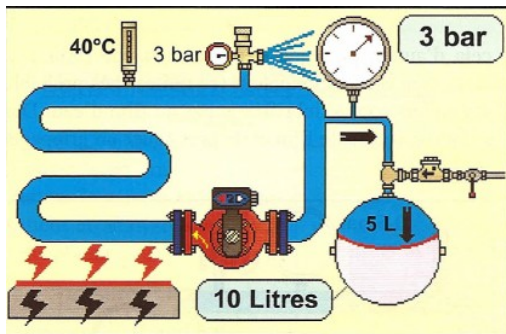
.....

.....

.....

.....

ET SI LE VASE EST TROP GRAND OU TROP PETIT ?

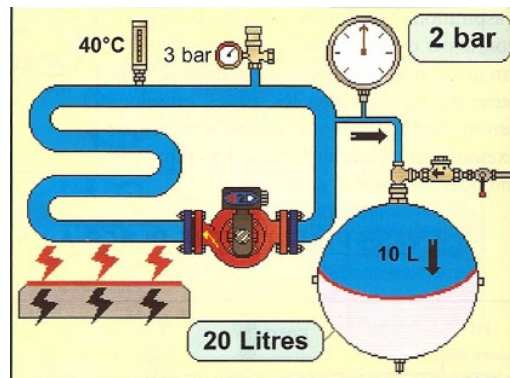


Sur l'installation ci-contre, il est prévu que l'eau puisse chauffer jusqu'à 60°C mais dès 40°C, la pression atteint 3 bar et la soupape crache.

Vous avez tout vérifié. Le remplissage en eau, la pression de gonflage du vase, son raccordement et même sa membrane : tout est absolument correct.

Quand la température monte à 40°C la soupape crache alors qu'on désire de l'eau à 60°C: L'hypothèse la plus vraisemblable est un vase trop petit.

Pour comprendre le problème, reprenons les 2 schémas ci-contre : chaque vase a été pré-gonflé à 1 bar mais la capacité du premier est de 10 litres alors que celle du second est de 20 litres (dans les 2 cas, la soupape de sécurité est tarée à 3 bar).



Refaisons le petit calcul déjà utilisé page 9 qui utilise la loi de Mariotte :
 $PV = \text{constante}$ (les pressions devant être exprimées en valeurs absolues).

Calculons le volume utile du premier vase:

$$(1+1) \times 10 = (3+1) \times V \Rightarrow V \text{ d'azote} = 20 / 4 = 5 \text{ litres.}$$

$$\text{Volume utile du second vase : } (1+1) \times 20 = (3+1) \times V \Rightarrow V \text{ d'azote} = 40 / 4 = 10 \text{ litres.}$$

Ainsi, le second vase pourra contenir 10 litres d'eau de dilatation avant d'atteindre une pression de 3 bar (qui fera cracher la soupape), alors que le premier sera à 3 bar dès que le volume de dilatation atteindra 5 litres, soit 2 fois moins! C'est à l'évidence le problème de notre installation. Le volume de dilatation atteint déjà 5 litres à 40°C, la pression monte à 3 bar, ce qui fait cracher la soupape: le vase est bien trop petit !

On voit nettement que plus le vase est surdimensionné, plus sa capacité utile est grande et moins il y a de risques de rencontrer un problème quand l'eau monte en température. En résumé, un vase d'expansion n'est jamais trop grand.

Comment éviter ce genre d'erreur ?

- a) Si la contenance totale en eau du circuit a été sous estimée, le volume d'expansion calculé sera trop faible. Il faut comptabiliser absolument toutes les contenances : échangeurs, tubes, bouteilles, etc., ce qui est long et fastidieux. Notez qu'un très bon moyen de connaître la contenance en eau d'une installation est de relever le compteur d'eau de ville avant et après le remplissage.

D'ailleurs la nouvelle réglementation sur les vases demande de rajouter au volume de dilatation un volume de réserve au minimum de 0,5% du volume de l'installation. Par exemple si le volume d'eau de l'installation est de 300 litres, il faudra rajouter 1,5 litres au volume de dilatation. C'est la réserve d'eau minimale du vase que l'on rajoutera au remplissage du circuit.

- b) Si la température maximale de fonctionnement est sous estimée, le volume d'expansion sera calculé trop faible. Par exemple si l'on considère un échauffement maximum à 40°C pour le calcul du vase et que les conditions de fonctionnement nous amènent parfois jusqu'à 60°C, le vase installé sera beaucoup trop petit car la dilatation augmente très rapidement avec la température.
- c) Si le circuit fonctionnait avec de l'eau pure et qu'ensuite, pour se protéger du gel, on rajoute du glycol. Le volume de dilatation du mélange se trouve augmenté d'environ 20%, selon la concentration en glycol, et le vase devient trop petit !

Bien connaître le fonctionnement du vase d'expansion (cet appareil à la fois si simple et si compliqué), comprendre les pannes qui sy rattachent, c'est à coup sûr éviter beaucoup d'ennuis répétitifs sur les circuits hydrauliques : manque de débit, coupures des compresseurs en Hp, BP ou antigel, cavitation et destruction des pompes, corrosions diverses, entartrage, embouage, etc.

EXERCICE DE CALCUL D'UN VASE D'EXPANSION

Pour terminer, calculons le vase d'expansion de notre installation à tour indirecte, sachant que : Contenance en eau du condenseur = 40 litres. Contenance de l'échangeur de la Tour = 60 litres. Il y a au total 40 m de tube de diamètre 80 / 90 mm. La température maximale de fonctionnement = 60°C (l'eau étant glycolée à 30%, la dilatation entre 20°C et 60°C sera = à 2,6% de la contenance totale). La soupape est tarée à 3 bar mais elle est installée 5 m en-dessous du vase (Nota : d'après la nouvelle réglementation, une soupape tarée à 3 bar s'ouvre à environ 3 bar, mais se referme vers 2,5 bar. Cela est dû à la sensibilité de la soupape. C'est cette pression de fermeture qui sera prise en considération dans le calcul du volume du vase).

