L’EXPANSION

Présentation

Le vase d’expansion ouvert

Le vase d’expansion fermé sous pression d’azote

Détermination d’un vase d’expansion fermé

Le vase d’expansion fermé à compresseur d’air

Le groupe de maintien de pression

Le groupe de maintien de pression avec bâche et vase d’expansion

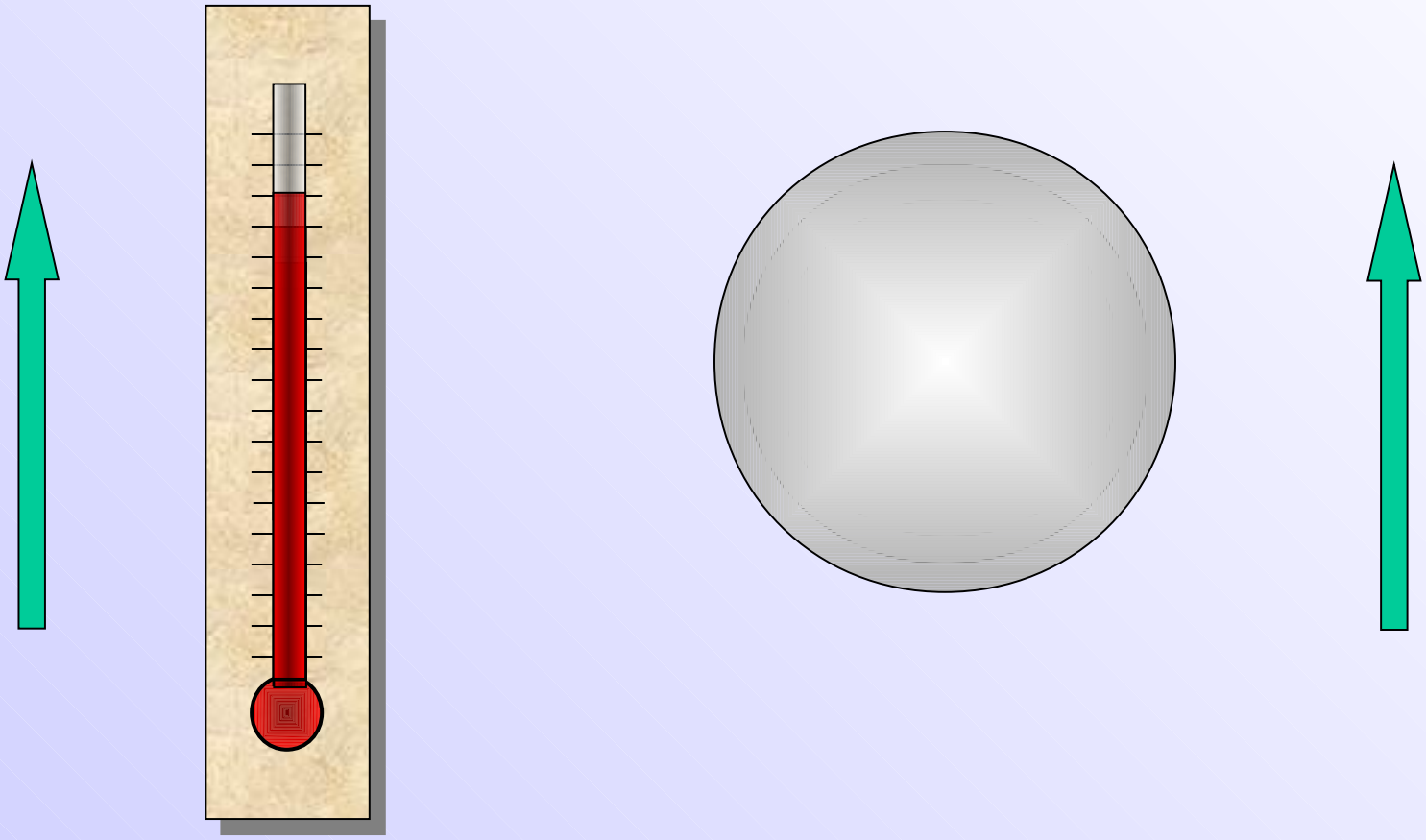
Soupapes de sécurité

Estimation du volume d’eau d’une installation

Détermination du coefficient d’expansion

Expansion de l’eau glycolée

L'augmentation de température d'un corps, quel que soit son état, entraîne une augmentation plus ou moins grande de son volume.



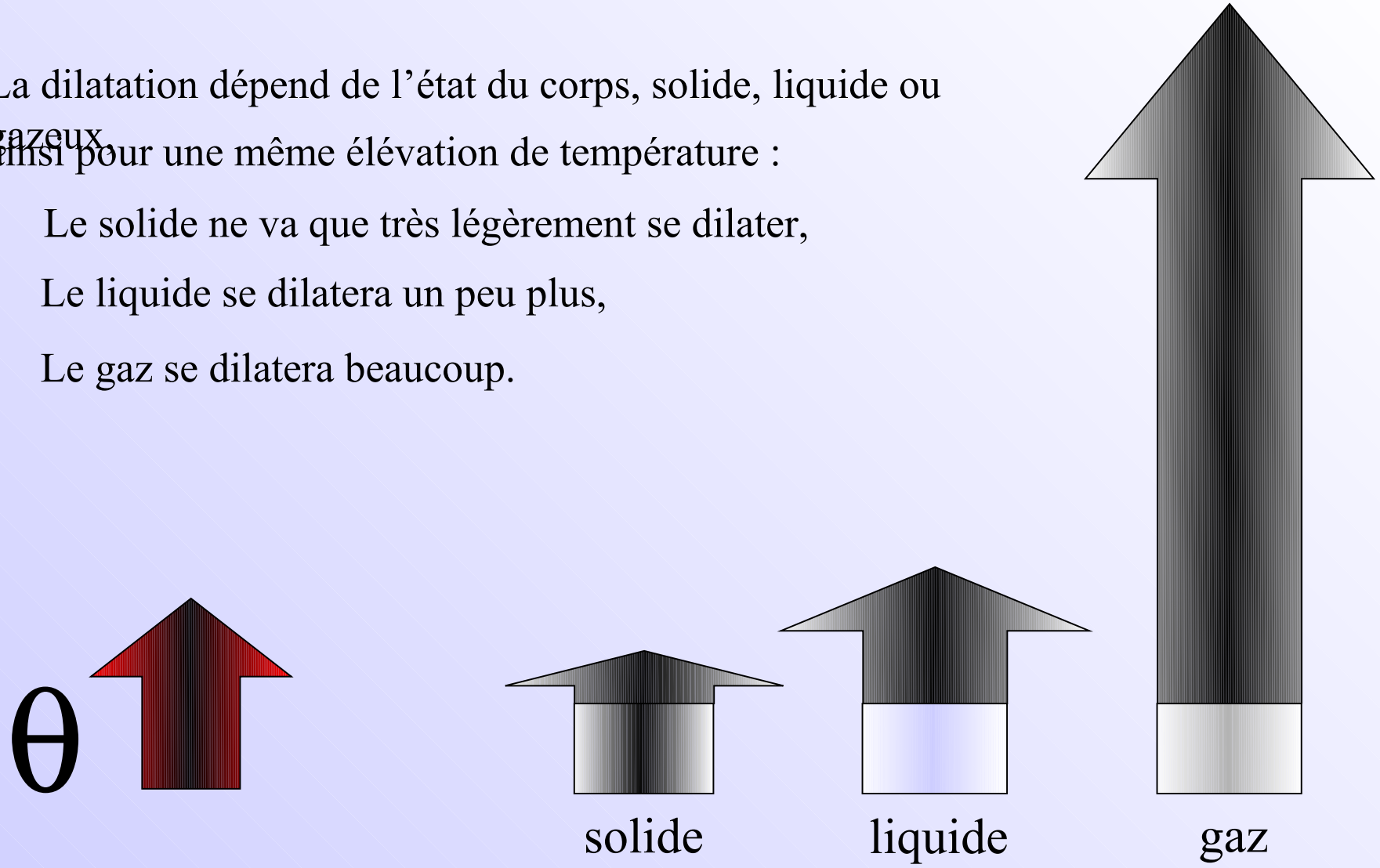
La dilatation dépend de l'état du corps, solide, liquide ou gazeux.

ainsi pour une même élévation de température :

Le solide ne va que très légèrement se dilater,

Le liquide se dilatera un peu plus,

Le gaz se dilatera beaucoup.



Le volume Vt d'un corps à la température t sera :

$$Vt = Vo\ (\ 1 + K\,.\,t\ )$$

Vo étant le volume du corps à 0 °C et K le coefficient de dilatation cubique du corps.

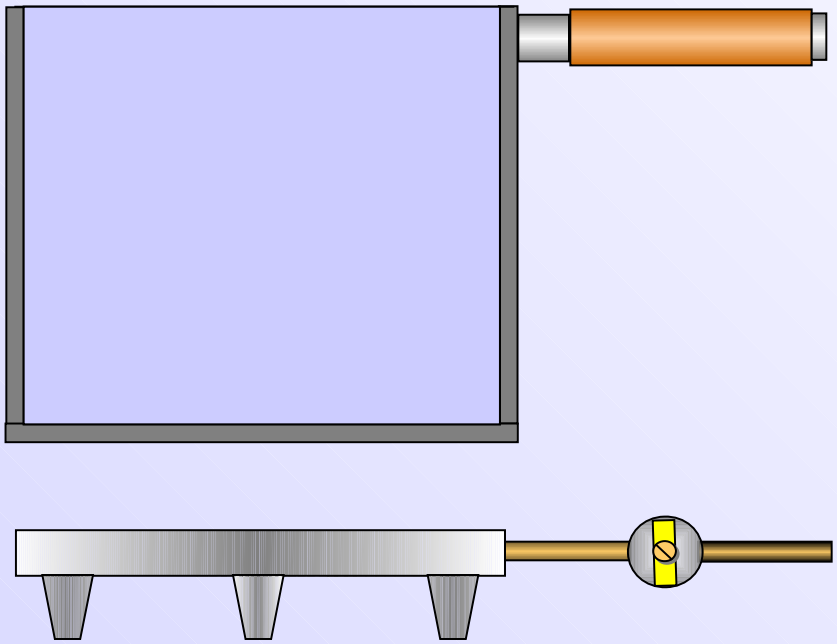
fer	**$34{,}5\ 10^{-6}$**	**eau**	**$0{,}52\ 10^{-3}$**
cuivre	**$49{,}5\ 10^{-6}$**	**alcool**	**$1{,}10\ 10^{-3}$**
plomb	**$84\ 10^{-6}$**	**mercure**	**$0{,}18\ 10^{-3}$**
zinc	**$87\ 10^{-6}$**		

On peut noter que la dilatation cubique des liquides est de 10 à 100 fois plus forte que celle des solides.

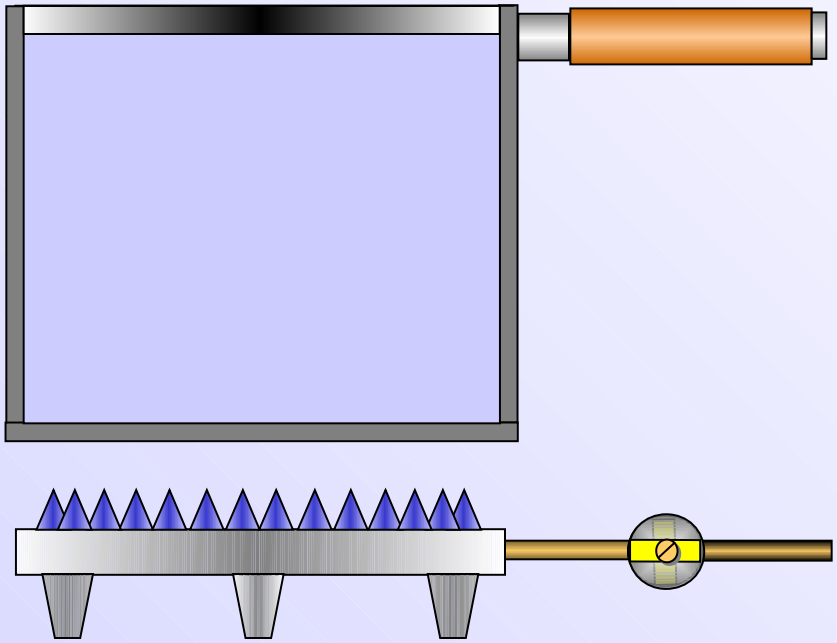
Prendre une casserole, et la remplir d'eau froide à ras bord.

La casserole et l'eau sont à la même température.

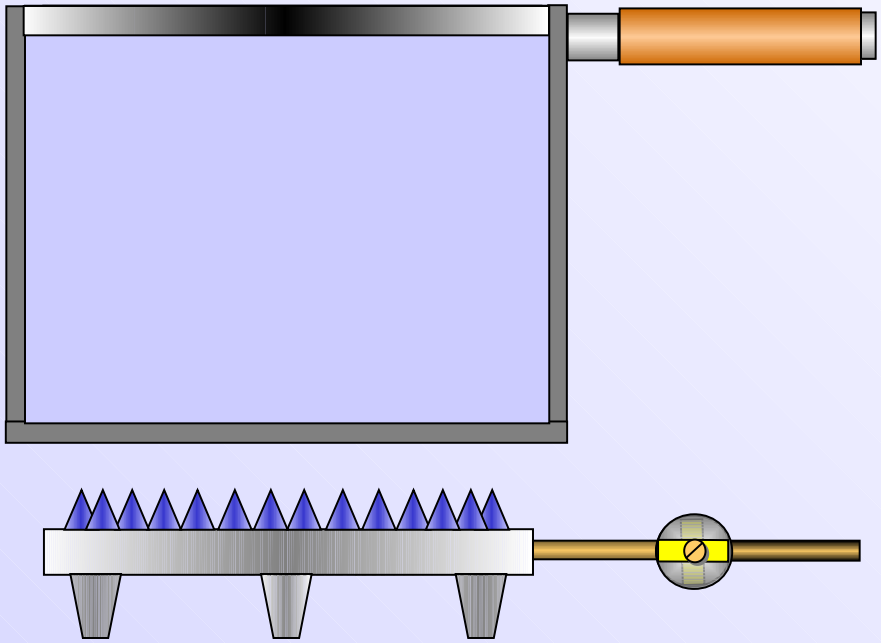
On place la casserole sur un réchaud.



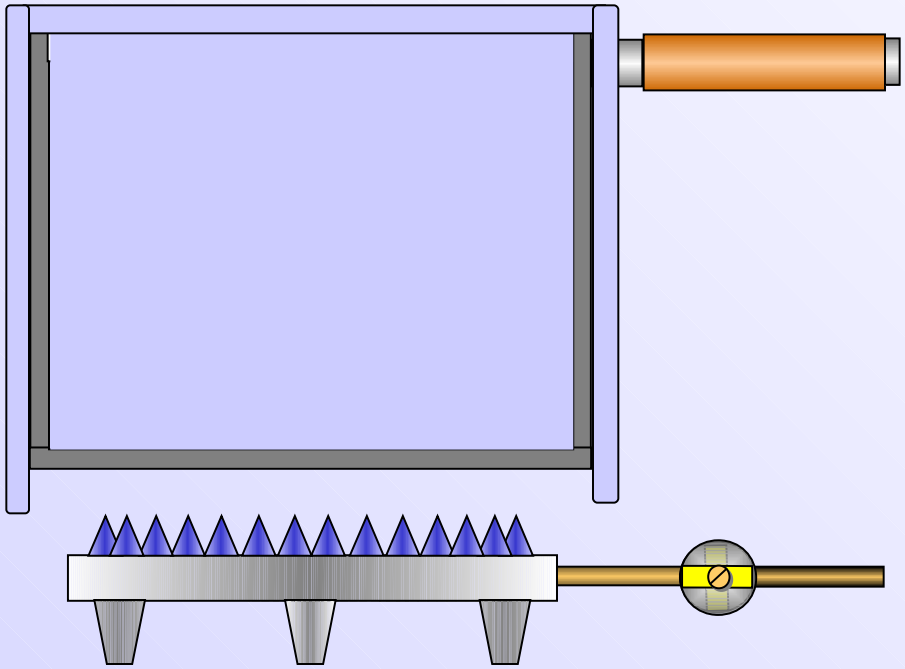
Si l'on chauffe l'ensemble, le niveau de l'eau descend !
En effet, le métal de la casserole a une chaleur massique plus faible que celle de l'eau. La casserole monte plus vite en température que l'eau et se dilate donc plus vite.



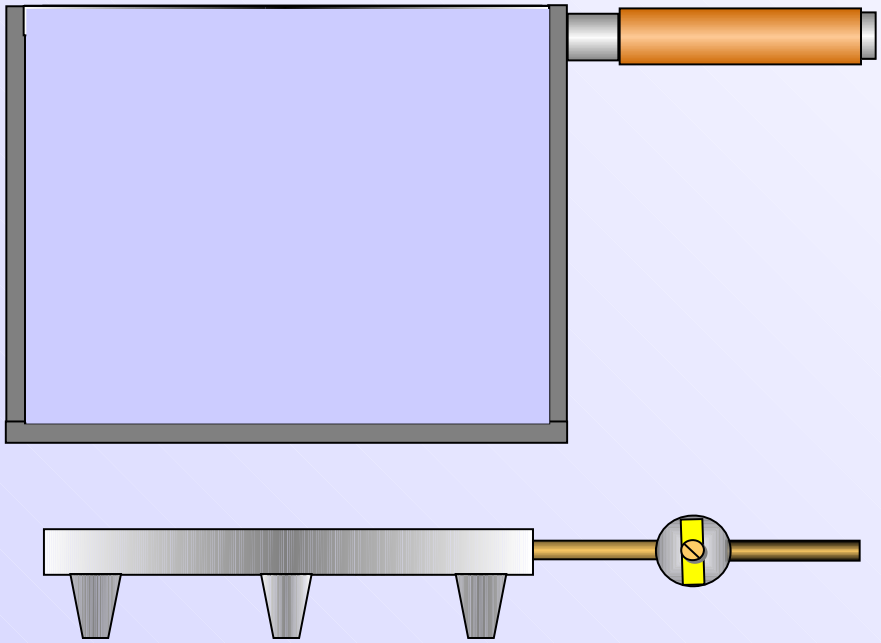
Si l'on chauffe l'ensemble, le niveau de l'eau descend !
En effet, le métal de la casserole a une chaleur massique plus faible que celle de l'eau. La casserole monte plus vite en température que l'eau et se dilate donc plus vite. La casserole a grandi…



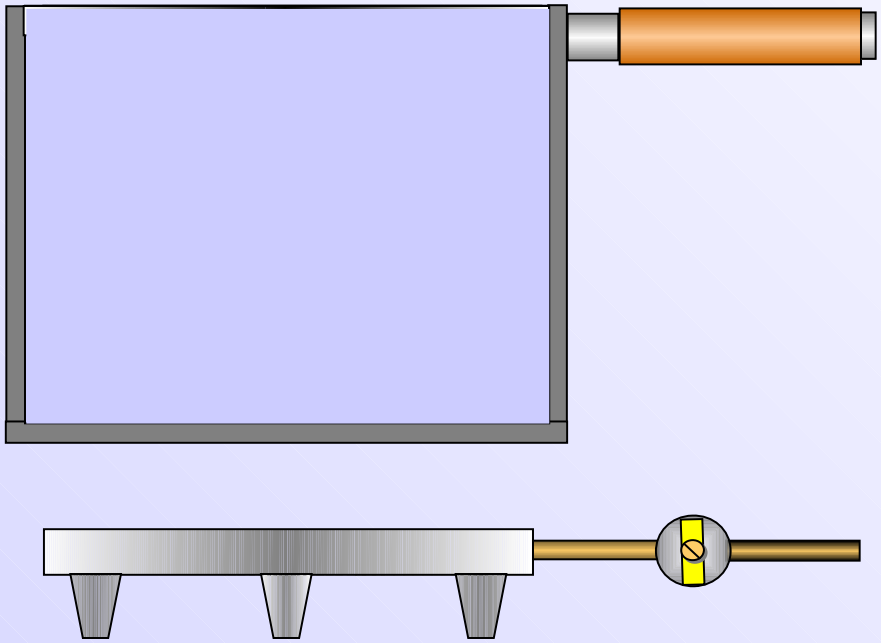
Peu de temps après, le niveau de l'eau remonte, l'eau monte en température et se dilate jusqu'à déborder.



Si on arrête de chauffer,



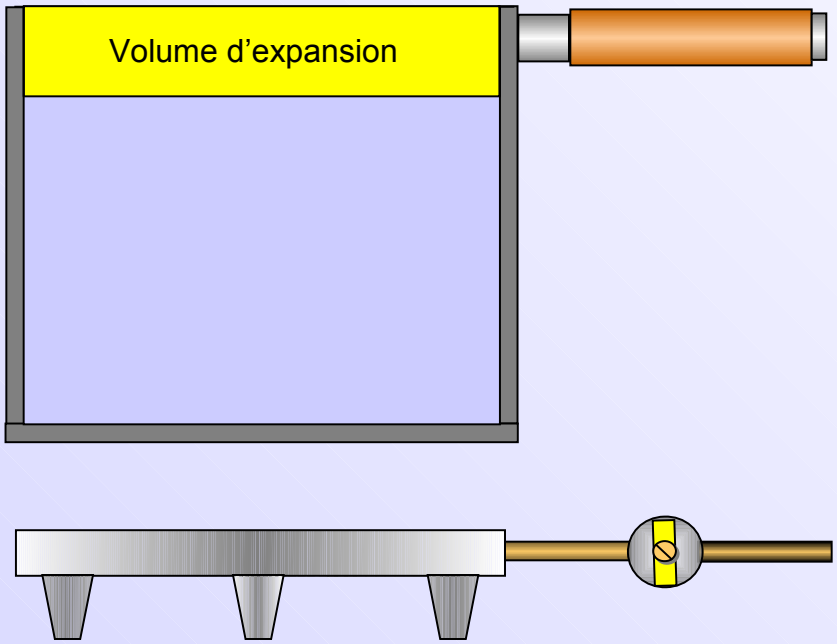
Si on arrête de chauffer, et qu'on laisse refroidir l'ensemble,



Si on arrête de chauffer, et qu'on laisse refroidir l'ensemble,

Le volume d'eau a diminué du volume d'eau qui a débordé.

C'est <u>le volume d'expansion</u> du système.



Il dépend du volume d'eau, du récipient et de la température maximale à laquelle on a porté l'ensemble.

Dans une installation de chauffage, tous les éléments constitutifs (tubes et appareils) et l'eau contenue ont une température qui varie constamment.

Ainsi, le volume intérieur de l'installation et le volume d'eau contenue qui sont initialement les mêmes, varient selon les mêmes lois mais avec des coefficients de dilatation cubique « K » différents.

L'eau passant de 0 à 100 °C se dilate d'environ 5 % alors que pour la même augmentation de température la dilatation du tube est négligeable.

L'eau étant incompressible, s'il n'existait pas de dispositif permettant la libre dilatation de l'eau, **le point le plus faible de l'installation éclaterait !**

Les installations comporteront donc toujours un dispositif permettant la libre dilatation de l'eau sans augmentation importante de la pression. Ces dispositifs sont appelés « vases d'expansion » ou « groupes de maintien de pression ».

Ce système appelé également « vase d'expansion à l'air libre » est le plus ancien et le plus simple.

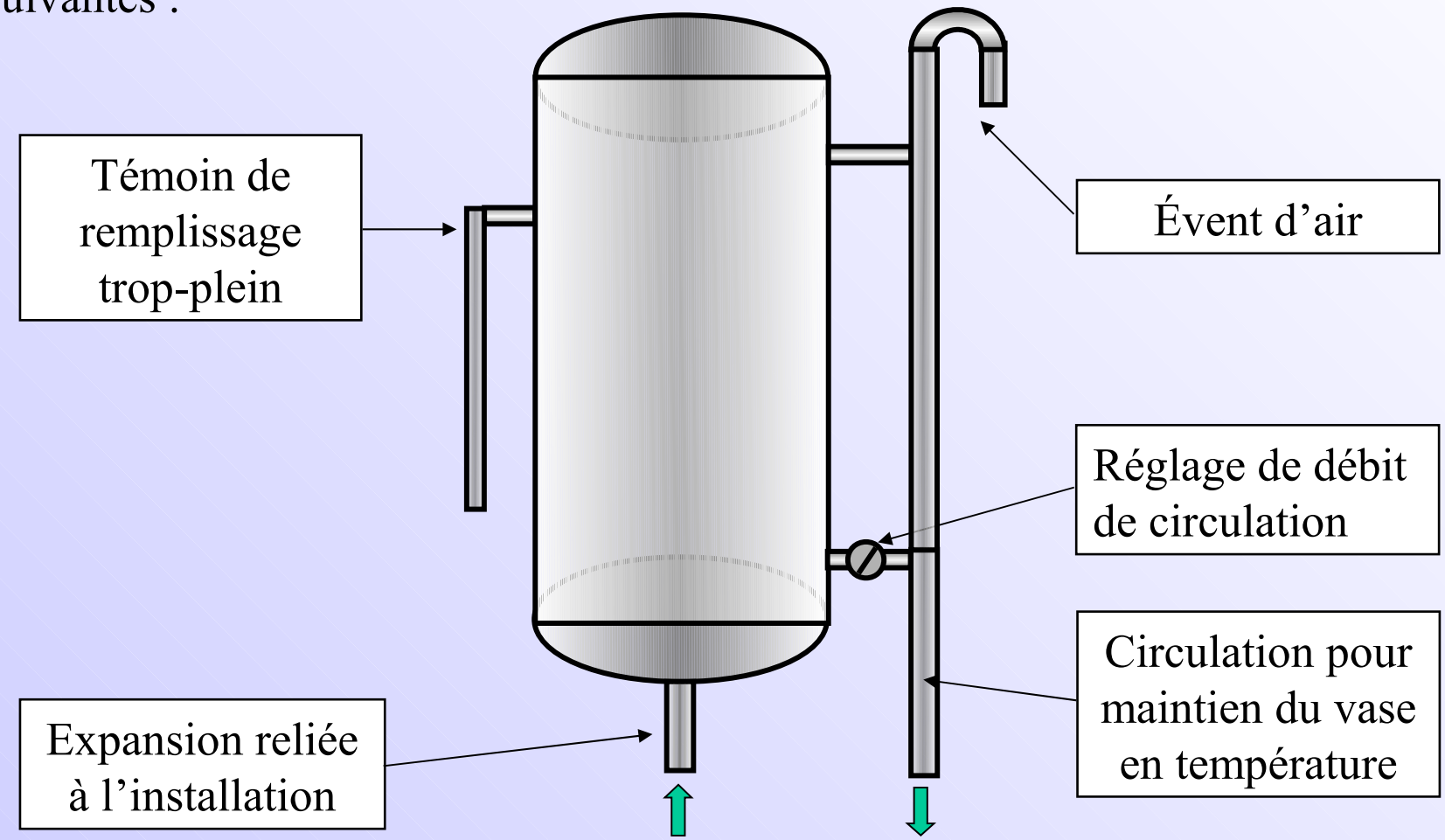
Il consiste à ajouter des « ridelles » à la casserole.

Il est placé au dessus de l'installation, dans les combles où en terrasse et est raccordé, sans vanne de barrage sur la tuyauterie départ de la chaudière.

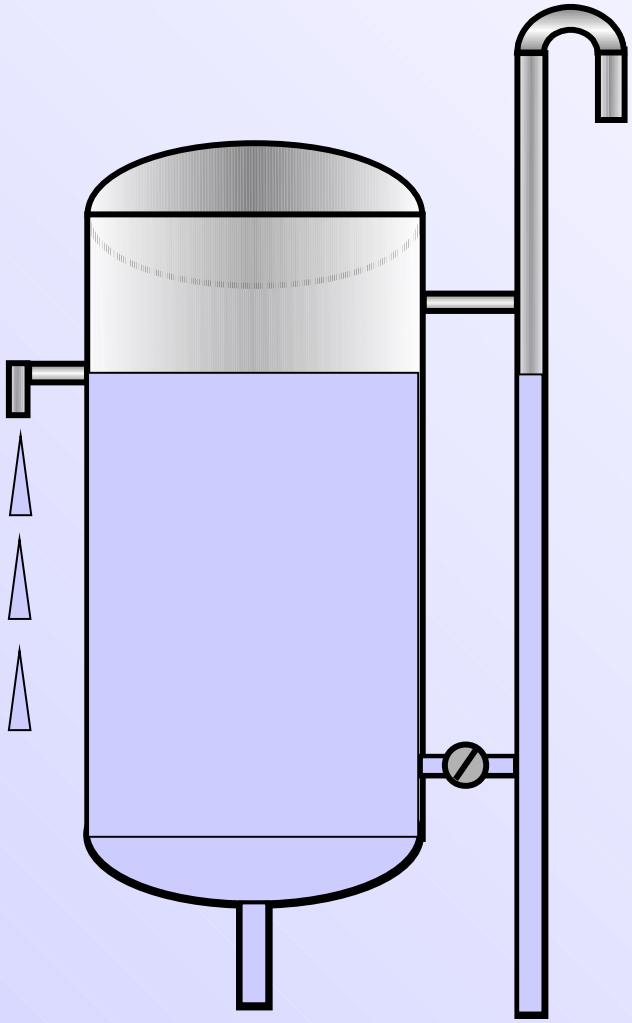
Son volume total est choisi égal à trois fois le volume d'expansion de l'installation, soit environ 15 % du volume d'eau de l'installation.

Le vase d'expansion ouvert 2/13

Il est constitué d'un récipient en acier ou en tôle galvanisée
Et est généralement équipé de quatre piquages permettant les fonctions suivantes :

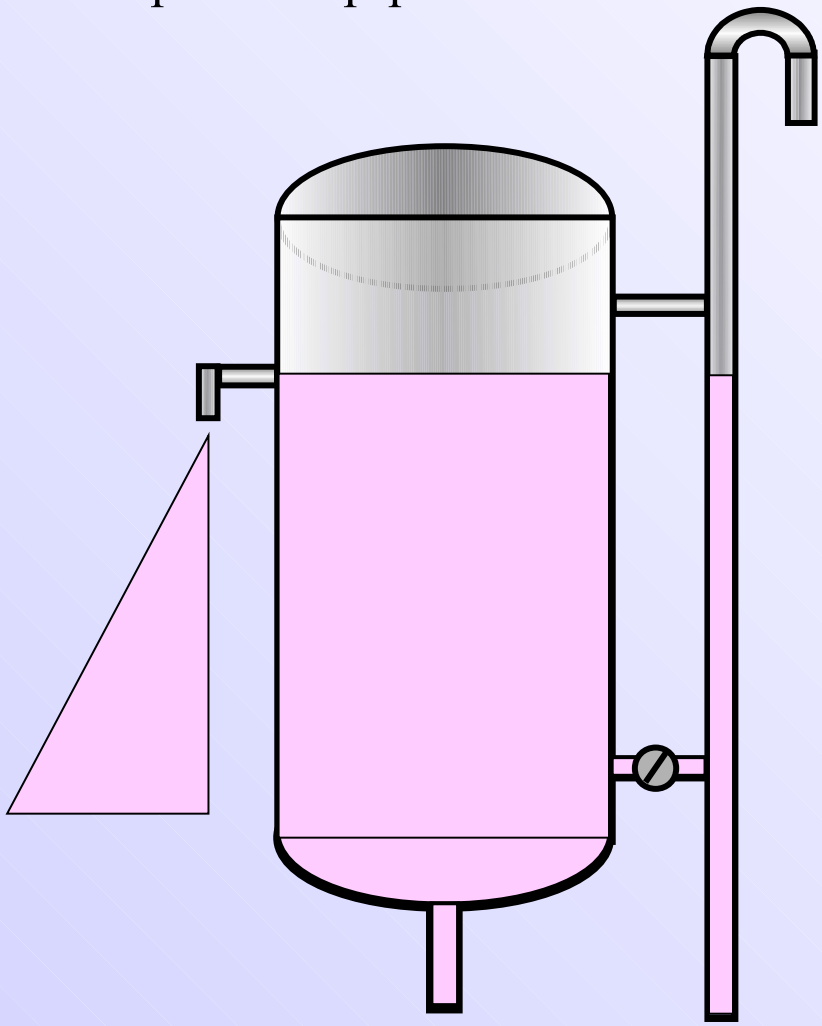


Remplissage de l'installation: le trop-plein sert de témoin de remplissage.



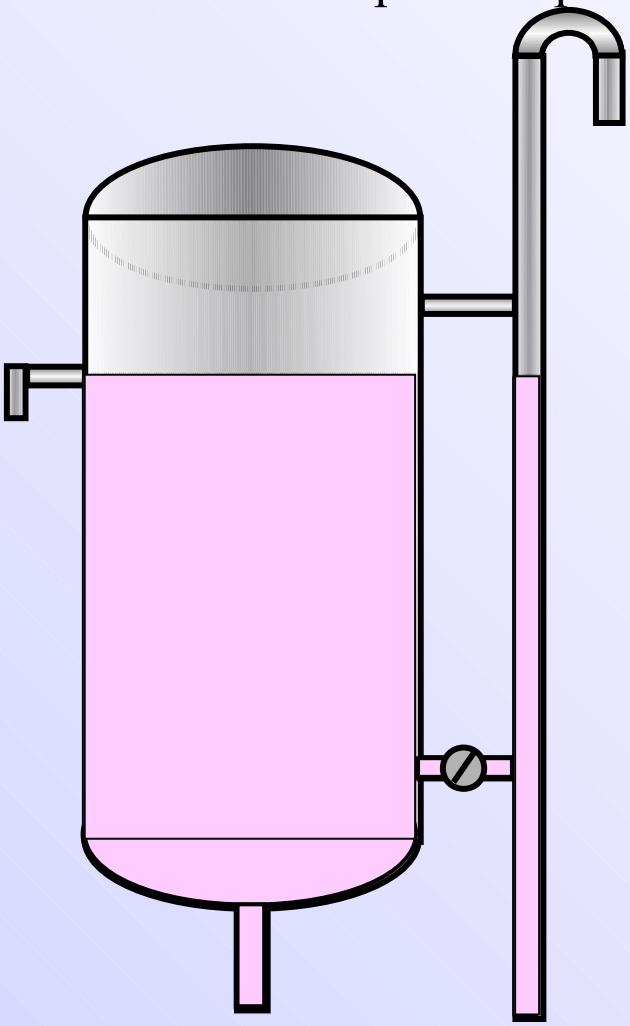
Le vase d'expansion ouvert 4/13

Lors de la montée en température de l'installation, le volume d'expansion de l'installation déborde par le trop-plein.



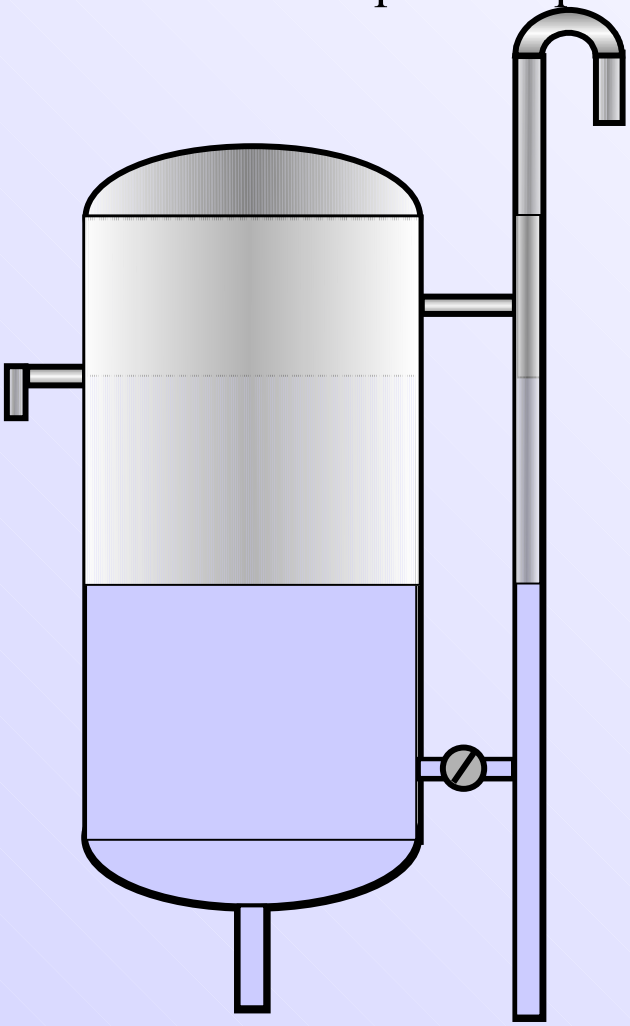
Le vase d'expansion ouvert 5/13

Lorsque la température de l'installation va redescendre, le niveau du vase va baisser du fait de la perte du volume d'expansion par le trop-plein.



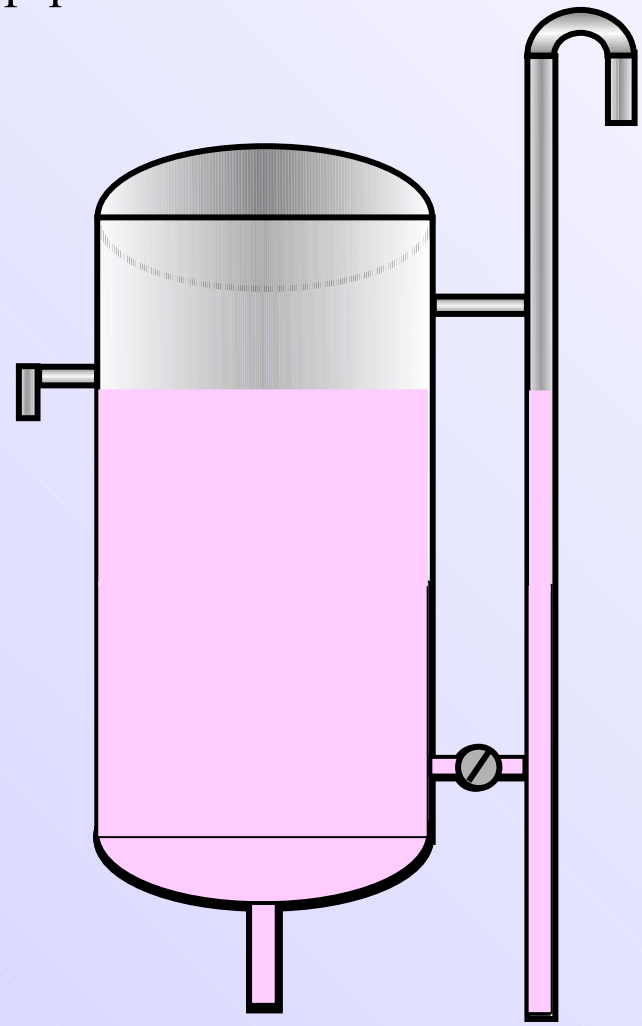
Le vase d'expansion ouvert 6/13

Lorsque la température de l'installation va redescendre, le niveau du vase va baisser du fait de la perte du volume d'expansion par le trop-plein.



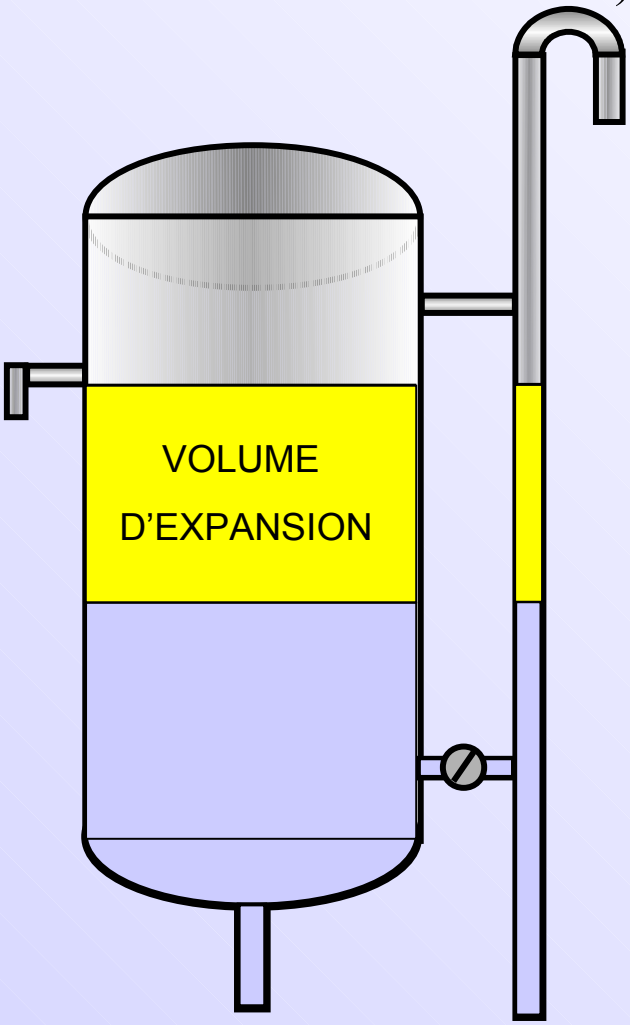
Le vase d'expansion ouvert 7/13

Lorsque la température de l'installation va remonter, le niveau va remonter, sans déborder par le trop-plein.



Le vase d'expansion ouvert 8/13

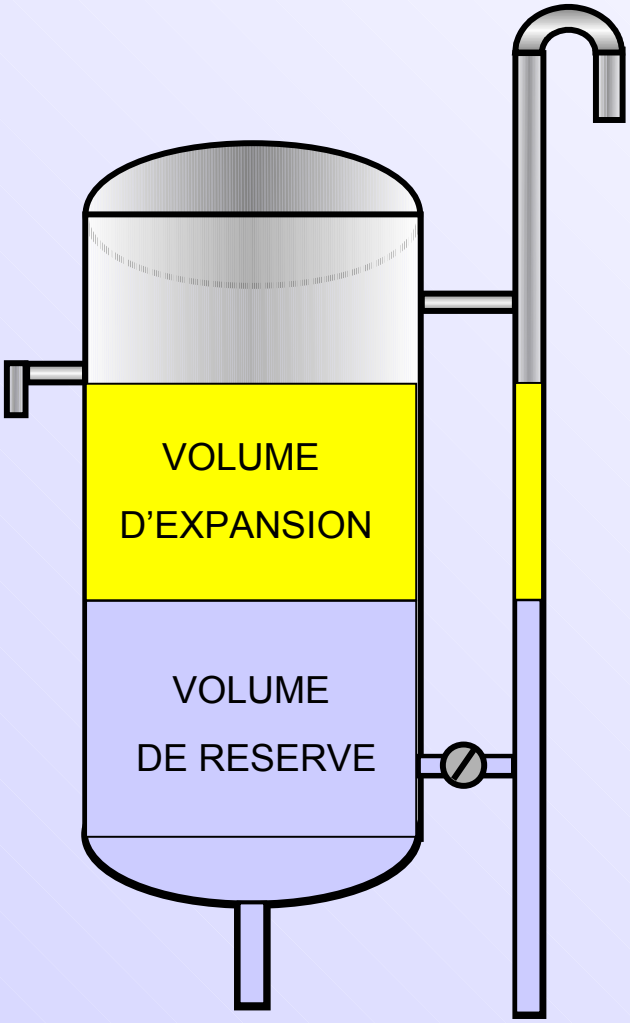
Ce volume dans lequel le niveau varie en fonction de la température est appelé volume d'expansion (5% du volume de l'installation)



5 %

Le vase d'expansion ouvert 9/13

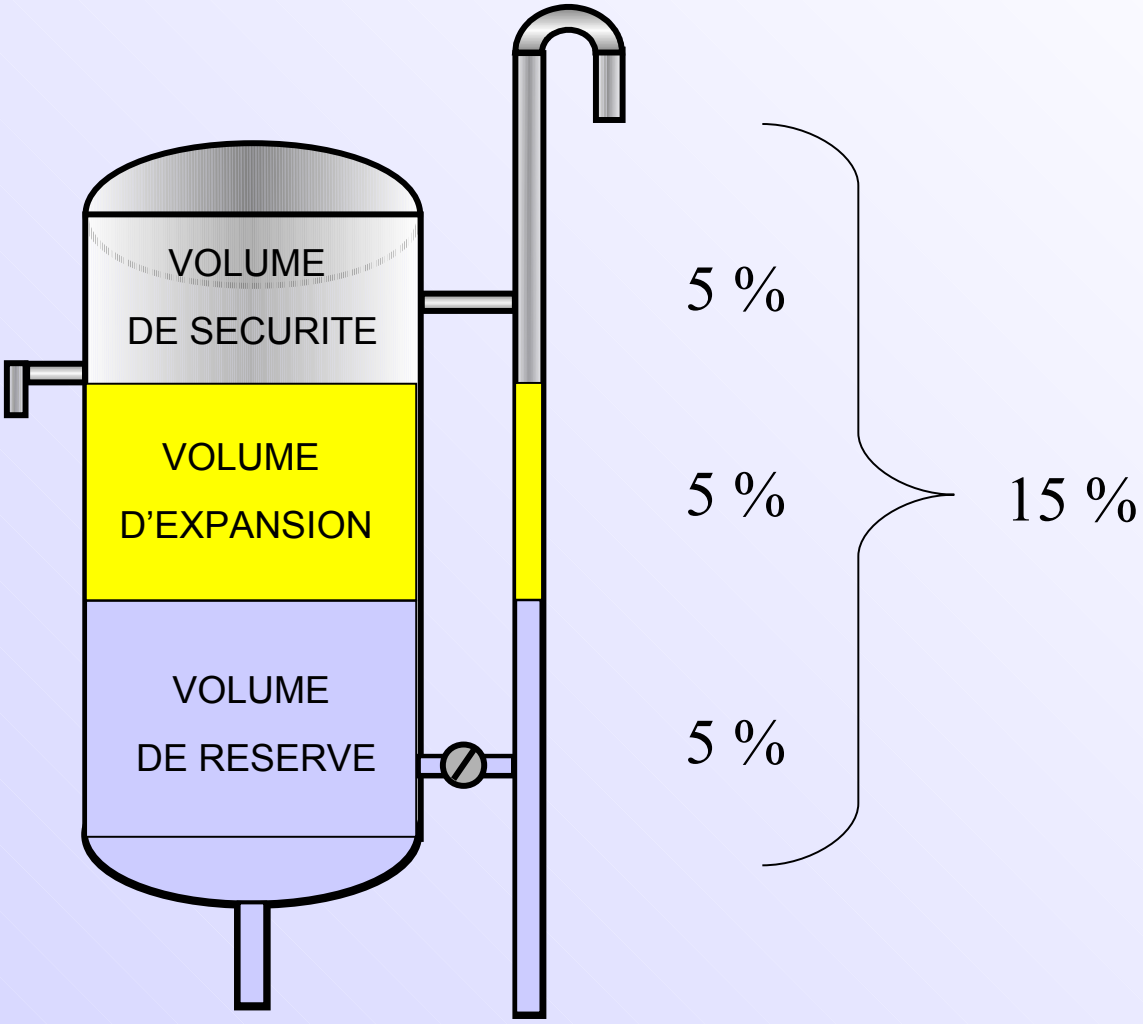
Le volume inférieur du vase est appelé volume de réserve.

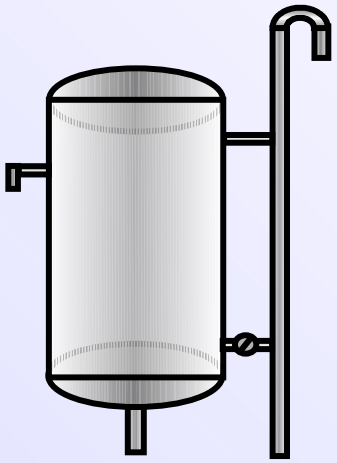


5 %

5 %

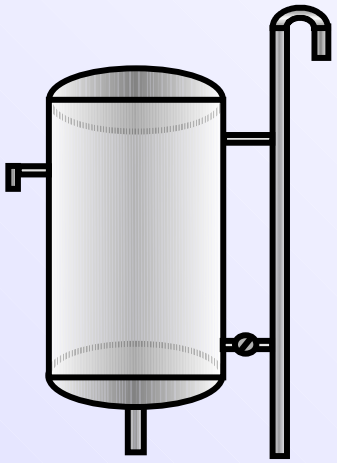
Le volume supérieur du vase est appelé volume de sécurité.





AVANTAGES

- l'augmentation de pression dans l'installation est très faible,
- le vase sert de dégazeur permanent,
- même si la température augmente plus que prévu, la pression n'augmente pas,
- on voit que le remplissage ou l 'appoint d'eau est terminé quand l'eau sort par le trop plein.



INCONVENIENTS

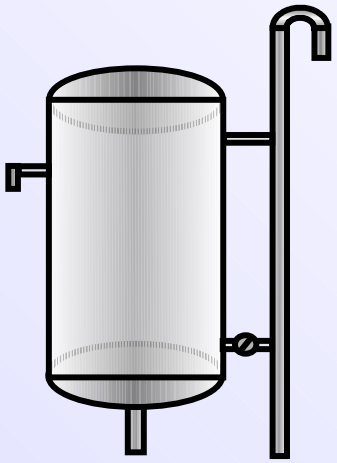
- en raison du volume important du vase et de l'obligation de l'installer en partie haute de l'installation, il est souvent installé dans un local non chauffé (combles, terrasse…),

- il faut donc éviter les pertes thermiques et calorifuger soigneusement le vase,

- il faut éviter le gel (le calorifugeage n'évite pas le gel) en mettant le vase en circulation,

- l'eau est au contact de l'air, elle va donc s'oxygéner et s'évaporer,

- la pression dans l'installation (liée à la hauteur) est faible.



CONCLUSION

Compte tenu de l'évolution des techniques, l'utilisation de ce type de vase est pratiquement limitée aux installations équipées de chaudières à combustibles solides (bois, charbon…) où, en cas d'arrêt intempestif de la pompe de circulation, le « coup de feu » à la chaudière peut provoquer une vaporisation partielle de l'eau. Le vase d'expansion à l'air libre, raccordé sur le départ de la chaudière, permettra l'évacuation de la vapeur produite.

Le vase d'expansion fermé sous pression d'azote 1/10

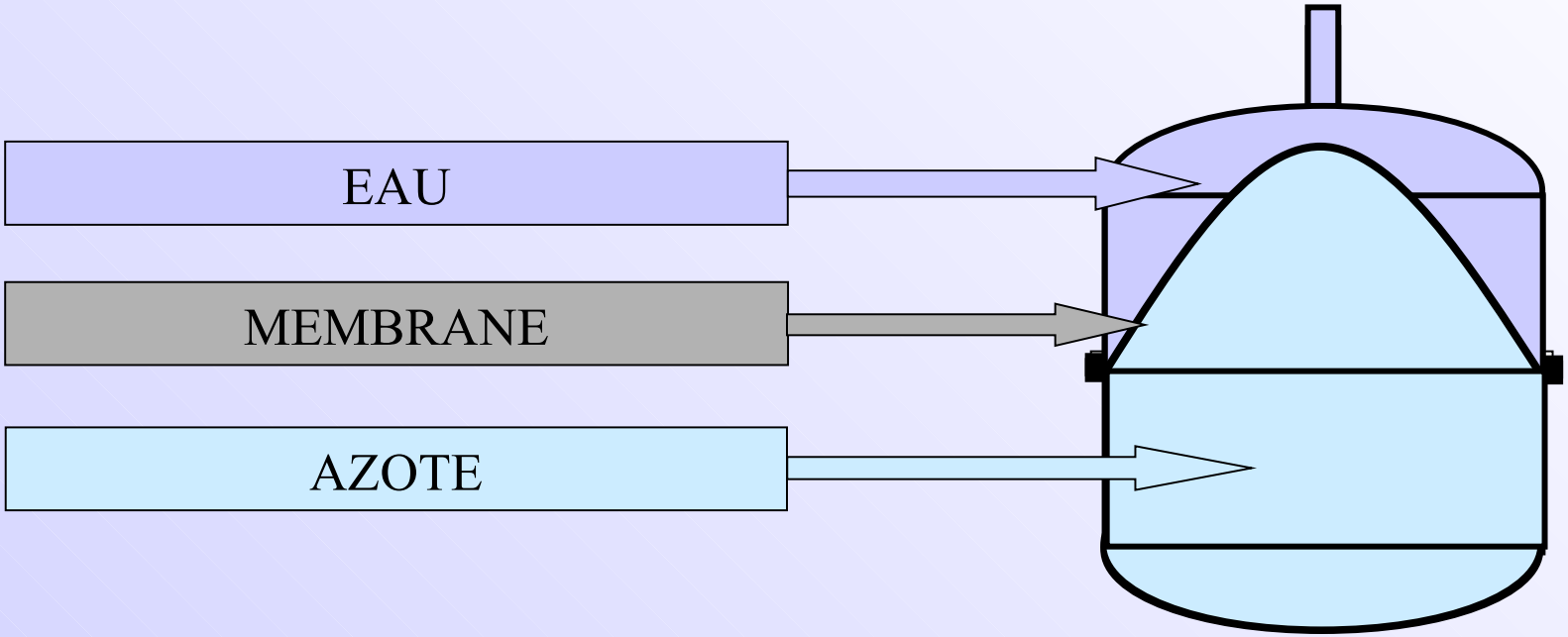
Ces vases d'expansion se présentent sous la forme d'une sphère ou d'un cylindre comportant d'un côté un orifice de raccordement, de l'autre côté une valve et en partie médiane un sertissage.

La partie haute est raccordée directement à l'installation et est donc remplie d'eau.

Les deux parties du vase sont séparées par une membrane souple.

La partie basse où se situe la valve renferme du gaz sous pression (air ou azote).

Le vase d'expansion fermé sous pression d'azote 2/10

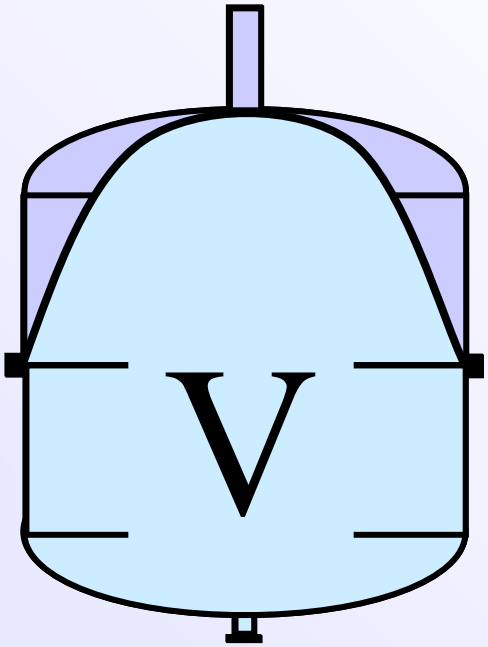


Le vase d'expansion fermé sous pression d'azote 3/10

La pression de prégonflage de l'azote est égale à la pression de l'eau à froid.

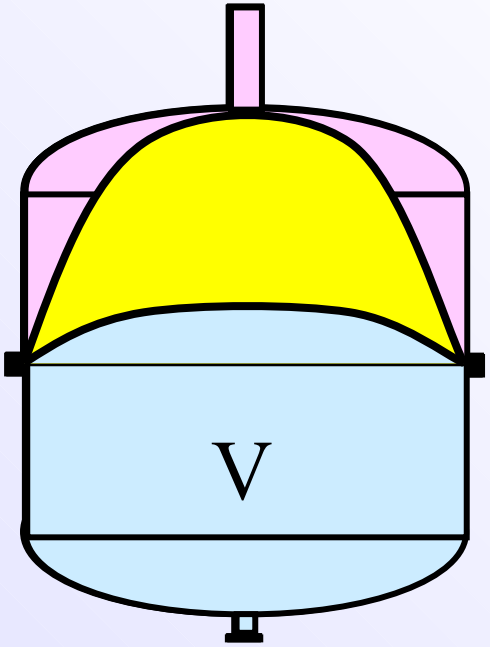
Avant remplissage de l'installation, la membrane du vase est en haut et le volume d'azote est maximal.

Lors du remplissage de l'installation, la membrane du vase reste en haut et le volume d'azote demeure maximal.



Le vase d'expansion fermé sous pression d'azote 4/10

Sitôt que l'installation commence à monter en température, l'eau se dilate et le volume d'expansion (représenté en jaune), entre dans le vase en poussant la membrane.

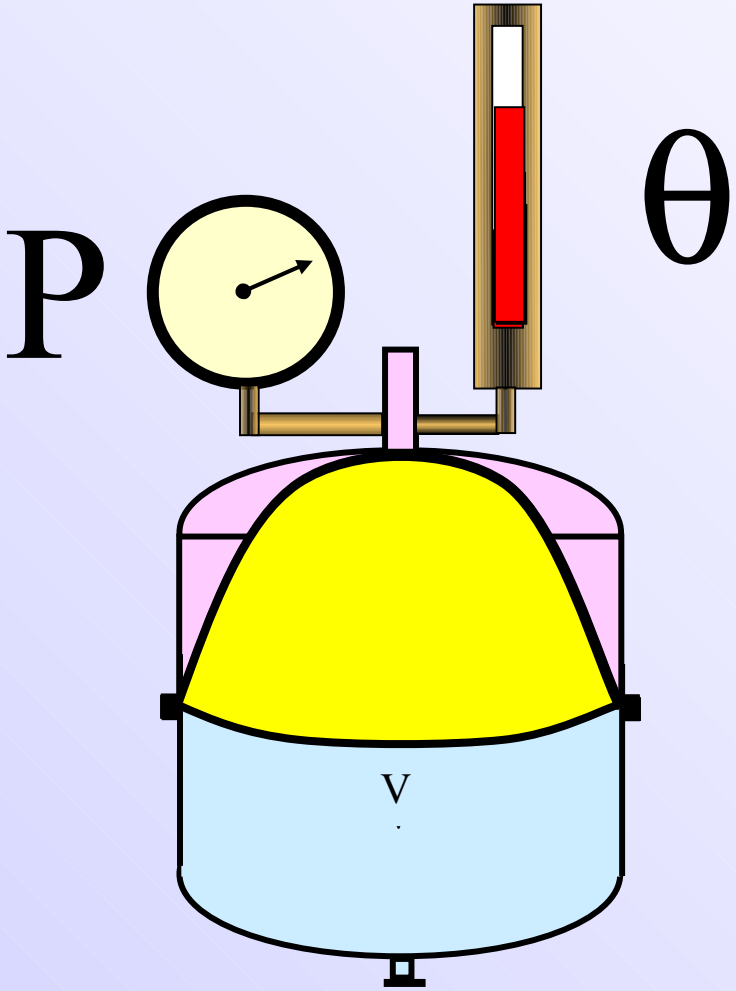


Le volume disponible pour l'azote se réduit.

La pression de l'azote va augmenter (loi de Mariotte)

La pression de l'eau augmentera de la même façon.

Le vase d'expansion fermé sous pression d'azote 5/10



Le vase doit être posé partie gaz en bas et être raccordé au réseau, sans organe de barrage, à un point où les pompes n'influencent pas ou peu la pression statique et où le vase ne risque pas trop de monter en température.

Il est généralement installé sur le retour de la ou des chaudières.

----§----

Le vase sous pression d'azote est défini par son volume et la pression relative de prégonflage de la partie gaz.

Exemple : vase 35 / 0,5

Volume total = 35 litres, pression de prégonflage = 0,5 bar

Les volumes des vases du commerce varient de 1,5 à 300 litres.

La détermination du vase en volume et en pression de prégonflage doit faire appel à un calcul très précis.

Le vase d'expansion fermé sous pression d'azote 7/10

AVANTAGES par rapport au vase ouvert :

- le vase est placé en chaufferie ou dans la chaudière pour les générateurs muraux,
- il n'a pas besoin d'être calorifugé,
- l'eau de l'installation n'est pas en contact avec l'air,
- la pression de l'installation peut être plus forte,
- le raccordement au réseau est beaucoup plus facile à réaliser.

INCONVENIENTS par rapport au vase ouvert :

- pas de dégazage de l'installation par le vase,
- pas d'évacuation de la vapeur pouvant être produite par la chaudière,
- surpression inévitable si la partie gaz est vide,
- surpression inévitable si la température de l'installation monte à une valeur supérieure à celle pour laquelle le vase a été déterminé,
- pas de repère de fin de remplissage.

Le vase d'expansion fermé sous pression d'azote 9/10

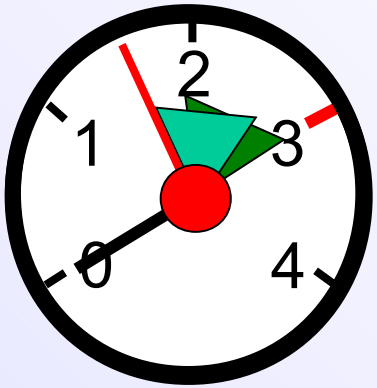
Pour pallier ces inconvénients, il sera <u>obligatoire</u> d'installer :

- des purgeurs d'air manuels ou automatiques aux points hauts de l'installation,

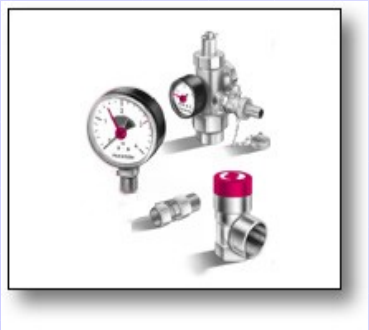
- un dispositif de sectionnement du remplissage,

- un dispositif de vidange de l'installation,

- un manomètre permettant :
  - l'étalonnage de la pression de remplissage par l'aiguille d'un secteur mobile,
  - le repérage de la zone des pressions d'expansion sur la plage du secteur mobile,
  - le repérage de la pression maximale à ne pas dépasser.



- une ou plusieurs soupapes de sécurité (pour évacuer la vapeur…).



Remarque: les fournisseurs proposent des appareils monobloc soupape+manomètre à secteur mobile (prescomano, prescor…)

Remarques :

Le vase doit être installé côté « gaz » en bas.

Le vase doit être raccordé directement au réseau. (pas de robinet)

Les installations à combustibles solides (chaudières à bois ou à charbon, inserts de cheminée …) équipées de ce type de vase doivent obligatoirement être munies d'une soupape thermique (qui s'ouvre en cas de dépassement de température) et d'un dispositif de « réalimentation » automatique en eau froide.

Pour choisir ou contrôler le bien-fondé du choix d'un vase il faut connaître les grandeurs suivantes :

Pour déterminer la pression de prégonflage :

- la pression de l'eau en fonctionnement à l'endroit du vase,

Pour déterminer le volume minimum du vase :

- le volume de l'installation,
- la température moyenne maximale à laquelle peut monter l'installation,
- la pression de l'eau en fonctionnement à l'endroit du vase,
- l'altitude des soupapes de sûreté par rapport à l'axe du vase,
- la pression de tarage des soupapes.

Pression de prégonflage :

Cette pression de prégonflage doit être égale à la pression de l'eau au niveau du vase quand l'installation est froide et la ou les pompes en fonctionnement.

Si le vase est situé au point neutre du circuit, comme il est recommandé de le faire, la pression à son niveau n'est pas influencée par le fonctionnement des pompes.

Sa pression de prégonflage sera alors la pression statique de l'installation à son niveau (pression d'eau au niveau du vase après remplissage), soit souvent la hauteur du point haut de l'installation au dessus du vase plus 5 mCE.

Exemple :

Le point haut de l'installation est situé à 10 m au dessus du vase

La pression d'eau au niveau du vase sera de 10 m + 5 m = 15 m

La pression de prégonflage sera de 15 mCE soit 1,5 bar

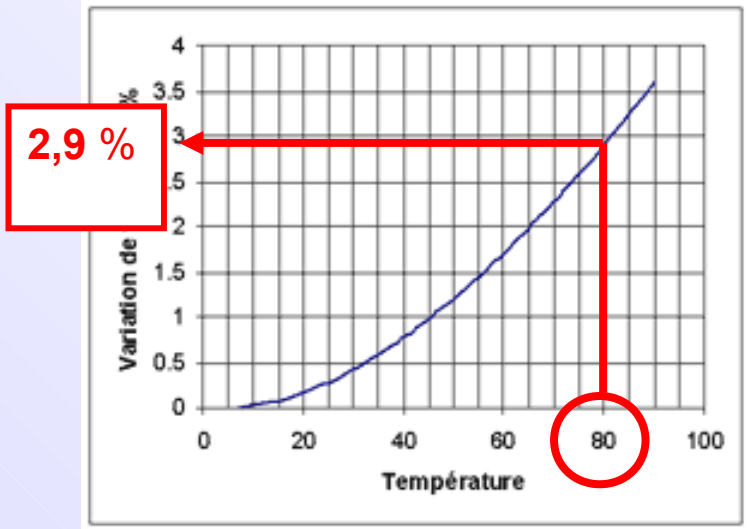
Pour éviter que la membrane du vase colle à la paroi lorsque l'installation est froide, et comme le vase sera toujours surdimensionné, il est préférable que la pression de prégonflage soit légèrement inférieure à cette valeur (- 0,1 bar).

Volume minimum du vase :

Ce volume minimum est le volume d'expansion divisé par le rendement du vase.

Le volume d'expansion est le volume de l'installation multiplié par le coefficient d'expansion.

$$V_{exp} = V_{instal} \cdot n$$



Suite de l'exemple :

Le volume de l'installation est de 2 m³, la température maxi moyenne est de 80 °C

Le pourcentage de variation de volume est de 2,9 % , donc n = 0,029

Le volume d'expansion est de 2000 L . 0,029 = <u>58 L</u>

Volume minimum du vase :

Le volume minimum du vase est le rapport du volume d'expansion par le rendement du vase.

$$V_{mini} = \frac{V_{exp}}{rd_{vase}}$$

Le rendement du vase est le rapport de l'augmentation maximale de pression dans le vase sur la pression absolue maximale c'est à dire :

$$rd_{vase} = \frac{(P_2 - P_1)}{P_2}$$

$$P_1 = p_{prégonflage} + 1{,}013 \text{ bar}$$

$$P_2 = p_{tarage} + 1{,}013 \text{ bar} \pm (z / 10{,}2)$$

Volume minimum du vase :

La formule développée globale est :

$$V_{mini} = n \cdot V_{instal} \cdot \frac{P_2}{(P_2 - P_1)}$$

V_{mini} : *volume minimum du vase d'expansion fermé*

n : *coefficient d'expansion dépendant de l'élévation de température*

V_{instal} : *volume de l'installation à froid sans compter le vase*

P_2 : *pression absolue maximale dans le vase (pression relative au vase qui fera « cracher » les soupapes +* P_{atm}*)*

P_1 : *pression absolue de prégonflage du vase (pression relative de remplissage d'eau au niveau du vase +* P_{atm}*)*

Volume minimum du vase :

Suite de l'exemple :

La soupape, tarée à 3 bar est située 2 m au dessus de l'axe du vase.

V_{exp} : 58 L

P_1 : 1,5 bar + 1,013 bar = 2,513 bar

P_2 : 3 bar + 1,013 bar + (1 m / 10,2 m/bar) = 4,11 bar

rd_{vase} : (4,11 – 2,513) / 4,11 = 0,389

V_{mini} : 58 L / 0,389 = <u>149 L</u>

Le vase prégonflé à 1,5 bar devra avoir un volume <u>minimum</u> de 149 litres.

Mais si le volume réel du vase était strictement de 149 litres, la pression au niveau de la soupape atteindrait la pression de tarage aussitôt que la température moyenne du réseau atteindrait 80 °C !

Le volume <u>réel</u> du vase devra donc impérativement être supérieur à ce volume minimum calculé.

Volume minimum du vase :

Remarques :

S'il est prévu un ajout d'antigel, il faut alors majorer de 10 à 20 % la contenance de l'installation selon la protection souhaitée (-10°C à -20°C) car le mélange glycol-eau a un coefficient de dilatation un peu plus élevé que l'eau pure.

Détermination directe du vase pour les installations individuelles

Hauteur manométrique de l'installation (pression d'eau au niveau du vase)	Températures puissance kW* / volume litres			Type de vase litres / Bars
	75°C	90°C	100°C**	
1 à 5 m CE	19,6 / 275	15,7 / 220	13,2 / 185	12 / 0,5
	29,2 / 410	23,5 / 330	19,6 / 275	18 / 0,5
	40,7 / 570	32,5 / 455	27,1 / 380	25 / 0,5
	57,8 / 810	45,7 / 640	37,8 / 530	35 / 0,5
5 à 10 m CE	15,7 / 220	12,5 / 175	10,3 / 145	12 / 1
	23,5 / 330	18,5 / 260	15,7 / 220	18 / 1
	32,5 / 455	26 / 365	21,7 / 305	25 / 1
	45,7 / 635	36,4 / 510	30,3 / 425	35 / 1
	65 / 910	52,1/730	43,5 / 610	50 / 1
10 à 15 m CE	33,9 / 475	27,5 / 385	22,8 / 320	35 / 1,5
	48,5 / 680	39,2 / 550	32,5 / 455	50 / 1,5
	78,5 / 1100	62,8 / 880	52,1 / 730	80 / 1,5

* La détermination à partir de la puissance est approximative (14 L/kW).

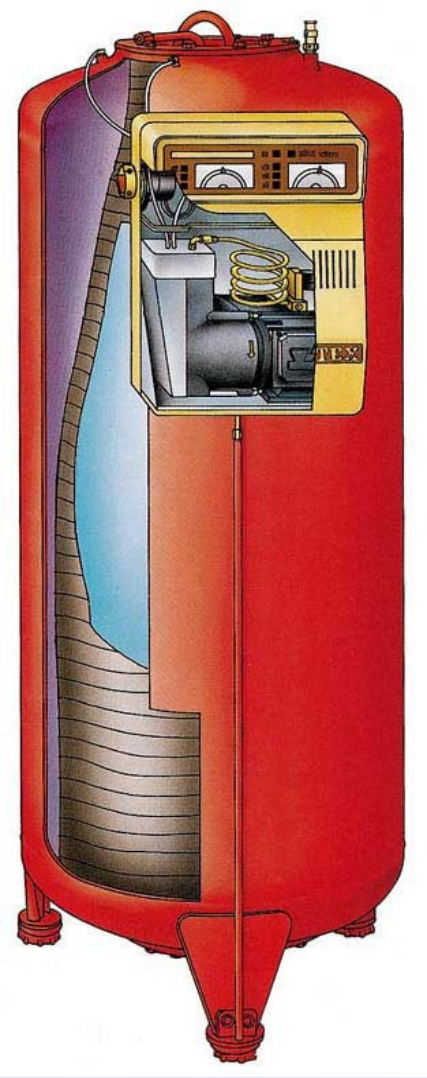
** Pour les chaudières à combustible solide (bois ou charbon)

Le vase d'expansion fermé à compresseur d'air 1/5

Ce vase se présente sous la forme d'un cylindre vertical posé sur trois pieds et sur lequel est fixé, entre autres, un coffret renfermant un compresseur d'air, une électrovanne, des pressostats et la commande électrique.

Le vase d'expansion fermé à compresseur d'air 2/5

Ce vase se présente sous la forme d'un cylindre vertical posé sur trois pieds et sur lequel est fixé, entre autres, un coffret renfermant un compresseur d'air, une électrovanne, des pressostats et la commande électrique.



A l'intérieur du vase, la membrane souple en Butyl d'une vessie sépare l'eau (à l'intérieur) et l'air (à l'extérieur).

C'est l'espace contenu entre le vase et la vessie que l'on viendra « gonfler » à l'aide du compresseur si la pression chute,

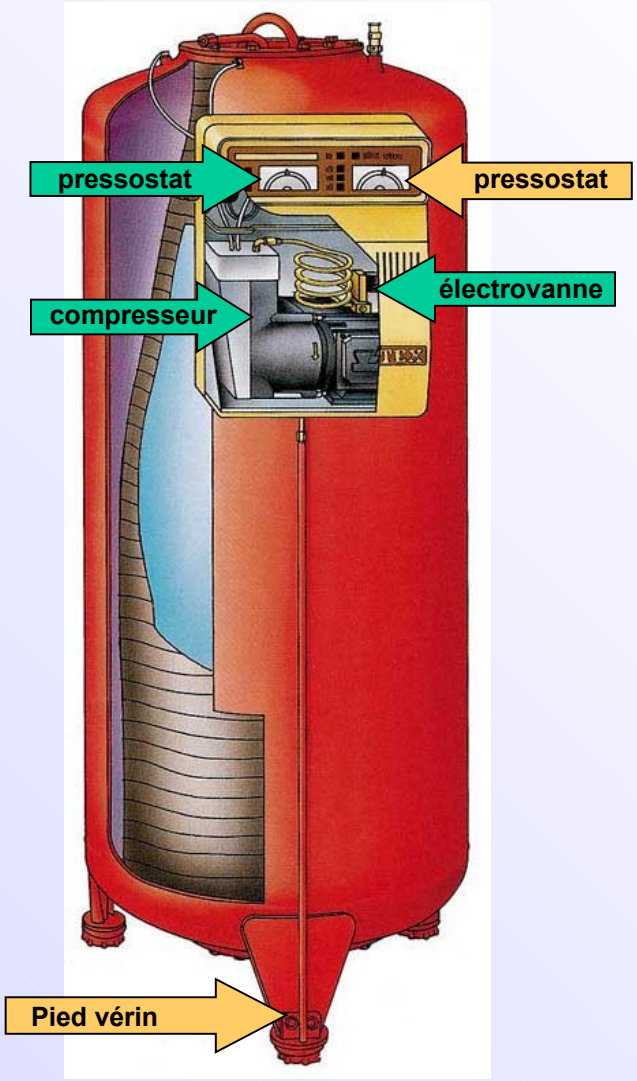
ou « dégonfler » en chassant de l'air par l'électrovanne, si la pression augmente.

Le vase d'expansion fermé à compresseur d'air 3/5

Un pressostat assure la commande du compresseur et de l'électrovanne.

Le pied situé à l'avant est en fait un vérin hydraulique qui va, en fonction du poids du vase et donc de sa contenance en eau, actionner un pressostat qui pourra signaler le manque d'eau.

Pour que le vérin puisse bien « peser » le vase, celui-ci doit être libre. C'est pourquoi le vase est raccordé au réseau au moyen d'un flexible.



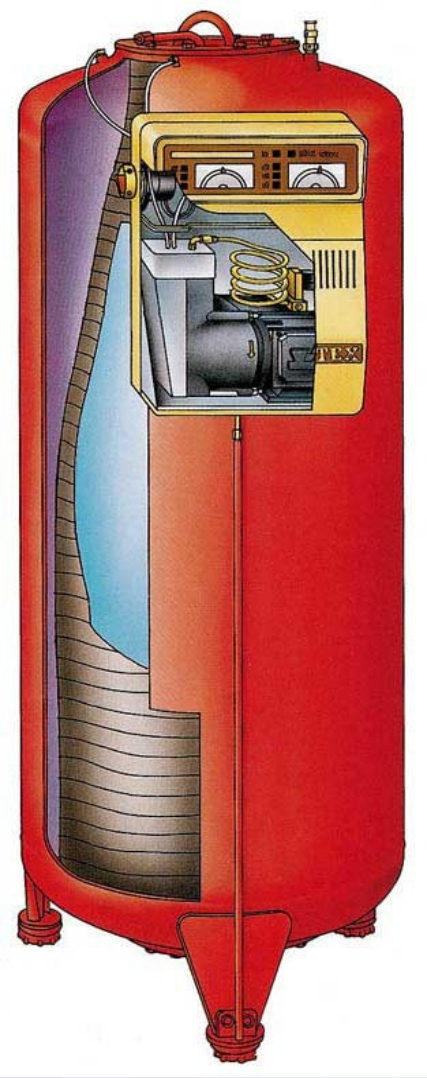
Le vase d'expansion fermé à compresseur d'air 4/5

Fonctionnement :

Le vase est rempli à environ 1/3 de sa capacité en eau, la pression du réseau a été établie grâce au compresseur.

La température monte, le volume d'eau augmente, le volume d'air diminue, la pression augmente, le pressostat enclenche l'ouverture de l'électrovanne qui chasse de l'air pour abaisser la pression.

La température baisse, le volume d'eau se rétracte, le volume d'air augmente, la pression diminue, le même pressostat enclenche la mise en route du compresseur qui va « regonfler » le vase pour remonter la pression.



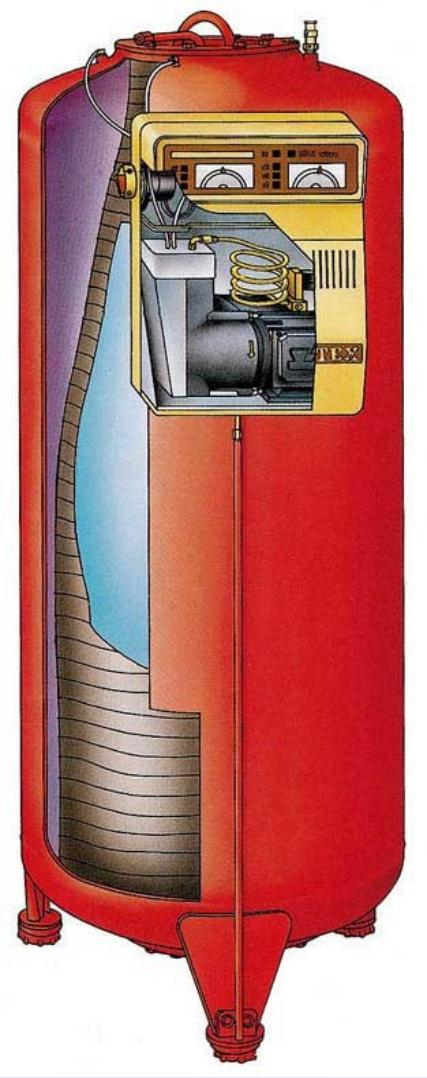
Le vase d'expansion fermé à compresseur d'air 5/5

Avantages du système :

- encombrement réduit,
- peu de variation de pression,
- pas de contact eau-oxygène.

Inconvénients du système :

- procédures de mise en service et d'entretien complexes,
- système bruyant,
- fonctionnement par un moyen électrique,
- n'assure que l'expansion (le système n'assure pas seul l'appoint d'eau automatique).



Le groupe de maintien de pression 1/5

Le principe de ce système est de :

- retirer le volume d'expansion du réseau lorsque la pression augmente,

- stocker ce volume,

- le réintroduire dans le réseau lorsque la pression diminue.

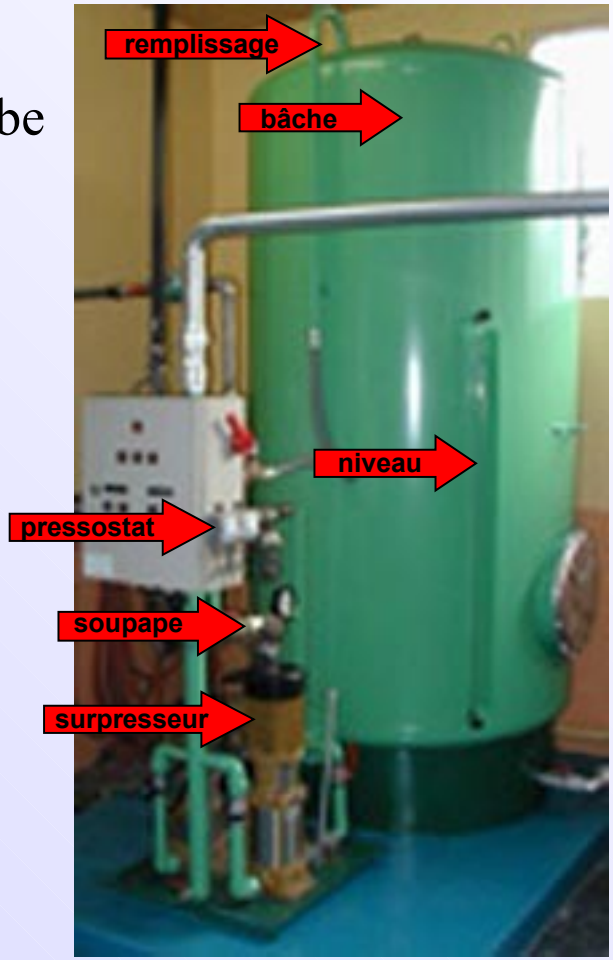
Le groupe de maintien de pression 2/5

Ce système est constitué :

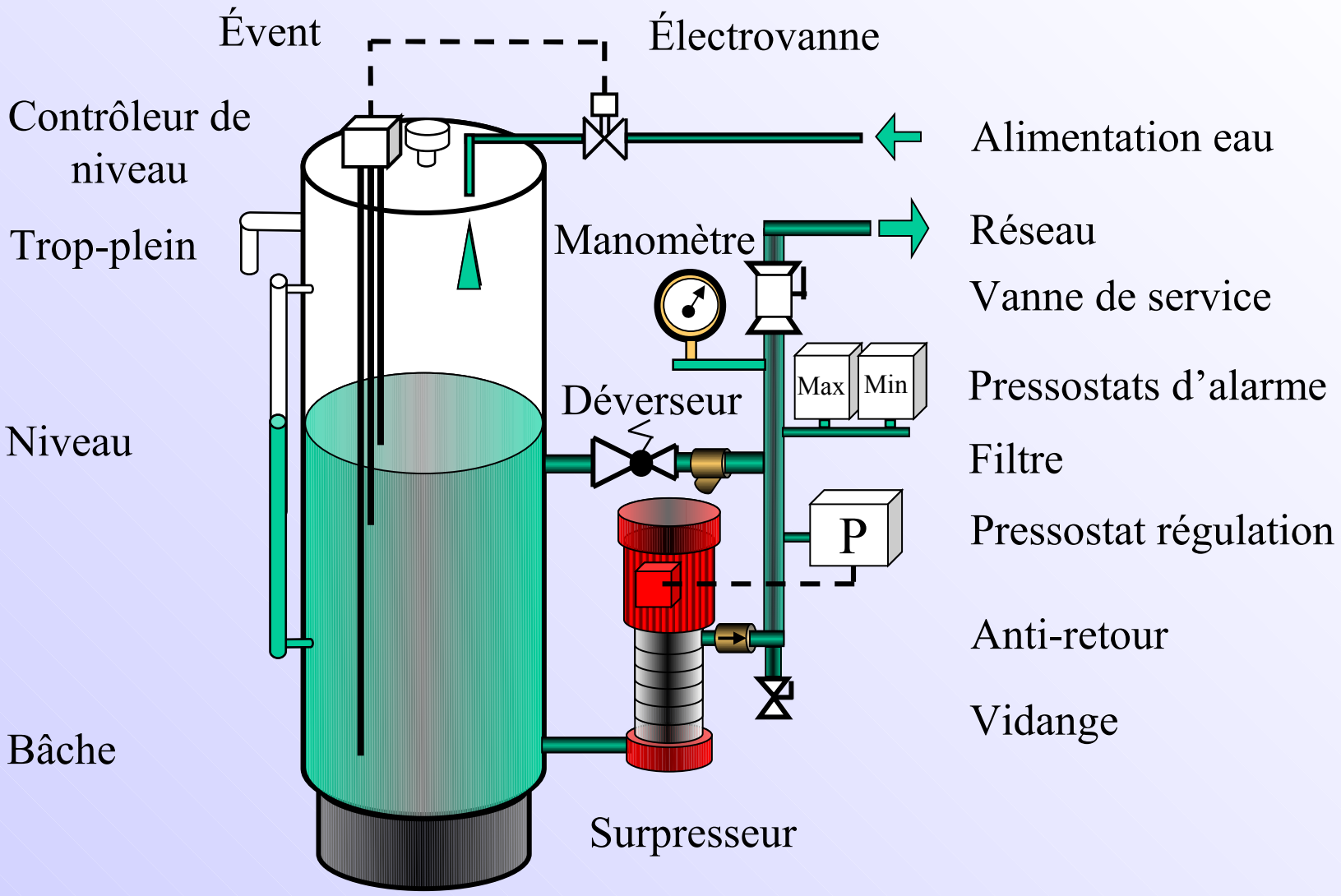
d'une bâche alimentaire, équipée d'un niveau à tube et d'un système de remplissage automatique,

d'un ou plusieurs surpresseurs, commandés par un pressostat qui enverront de l'eau de la bâche vers le réseau si la pression du réseau chute,

et d'une ou plusieurs soupapes de décharge qui enverront de l'eau du réseau à la bâche, si la pression du réseau augmente.



Le groupe de maintien de pression 3/5



Avantages du système :

- permet les appoints d'eau, même en cas de fuite sur le réseau,

- le remplissage de la bâche étant sur-verseur, il n'y a pas de risque de pollution du réseau eau de ville par le réseau chauffage,

- le système s'applique bien aux installations de moyenne puissance équipées de pompes à presse-étoupe fuyards.

Inconvénients du système :

- l'eau est en contact avec l'air, elle va s'oxygéner dans la bâche,

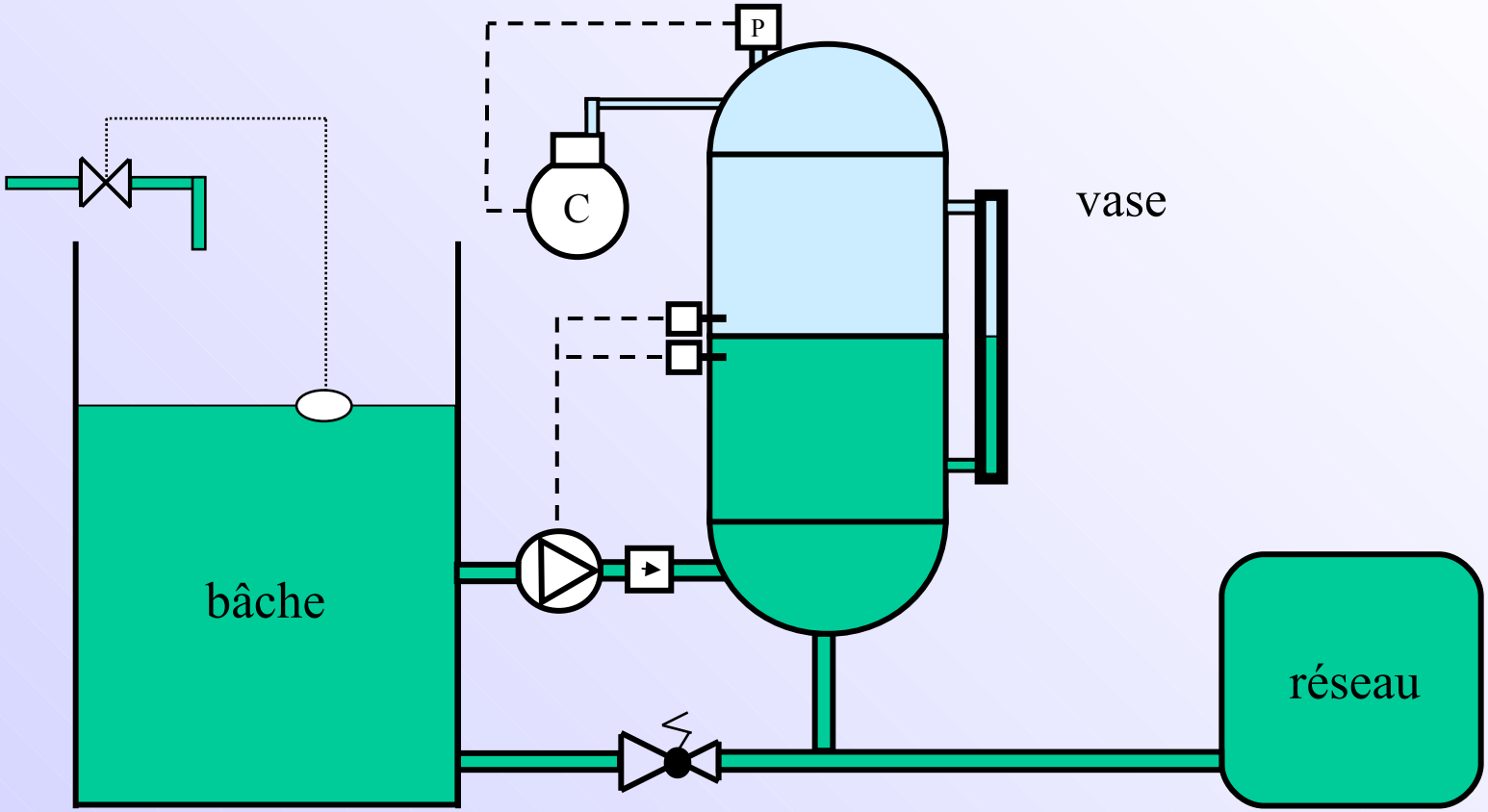
- pour limiter ce problème, il peut être nécessaire de réchauffer l'eau dans la bâche,

- la montée en pression nécessite un moyen électrique.

Solution au problème de l'oxygénation de l'eau :

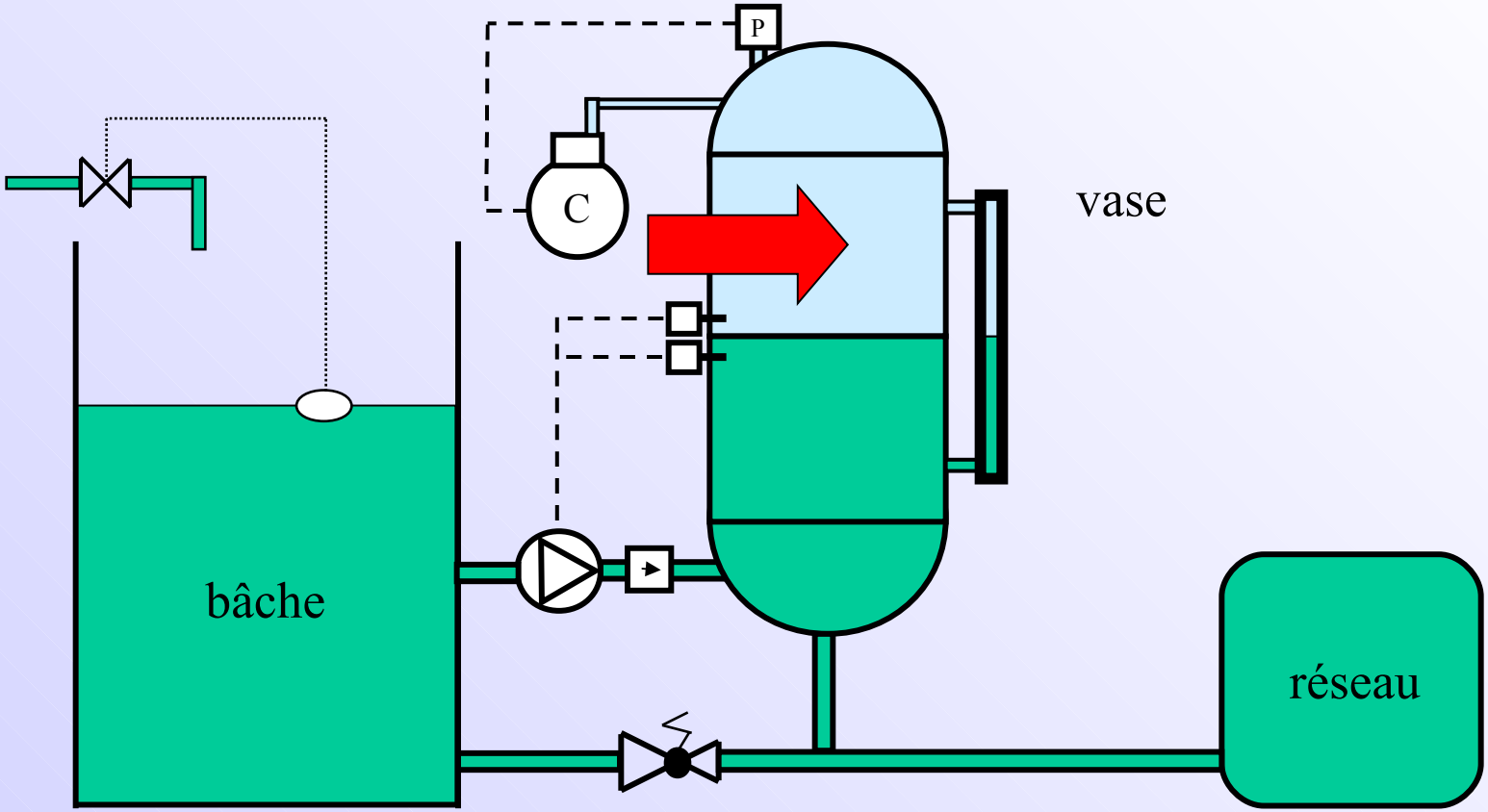
La bâche est à la pression atmosphérique mais est équipée d'une vessie étanche qui permet de stocker l'eau à l'abri de l'air. *(système PNEUMATEX TRANSFERO)*

Le groupe de maintien de pression avec bâche et vase d'expansion 1/6



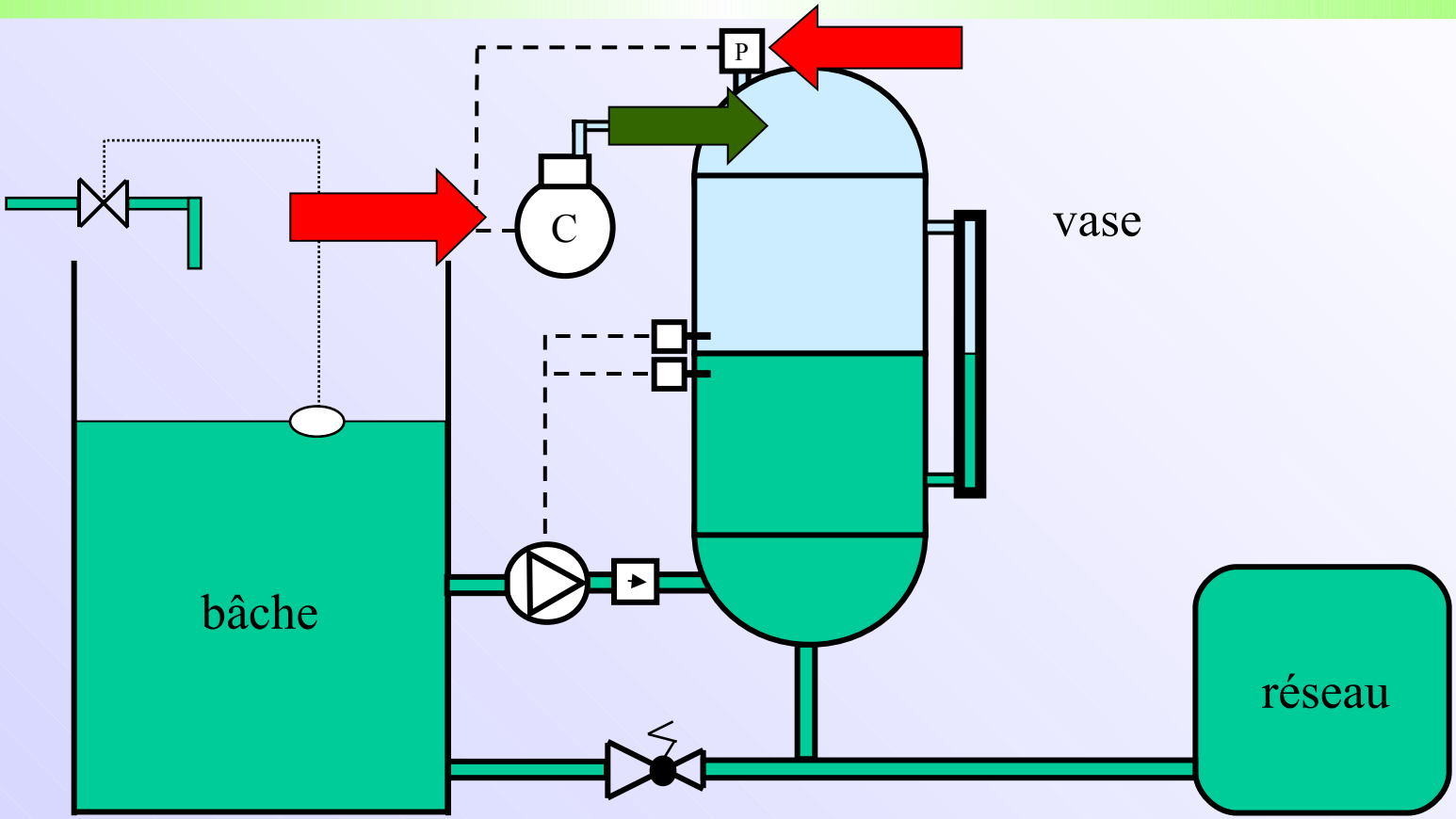
Le principe de fonctionnement de ce système est un amalgame des systèmes présentés précédemment.

Le groupe de maintien de pression avec bâche et vase d'expansion 2/6



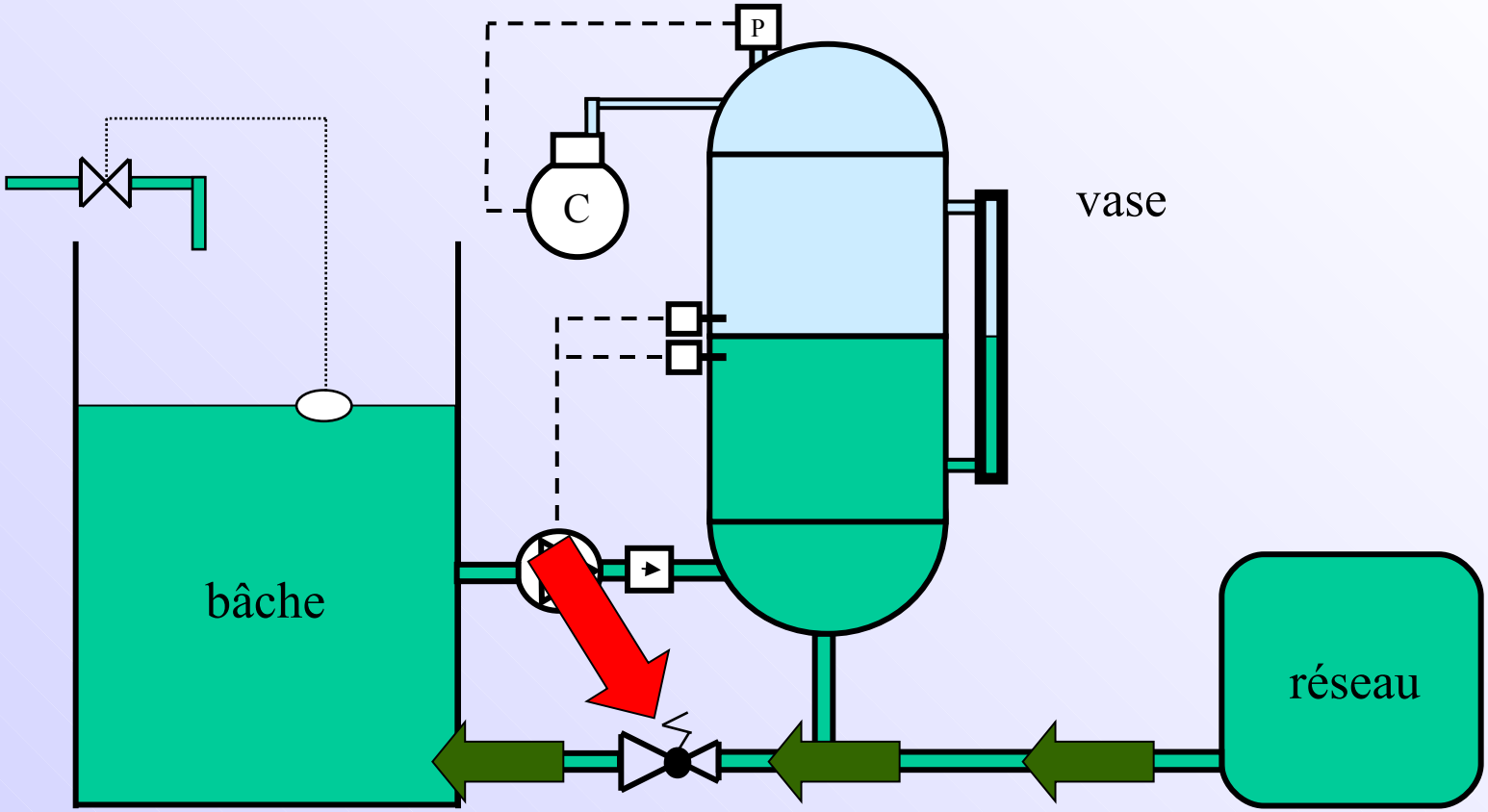
Un matelas d'air ou d'azote est maintenu au dessus du niveau d'eau dans le vase (comme dans un vase d'expansion fermé).

Le groupe de maintien de pression avec bâche et vase d'expansion 3/6



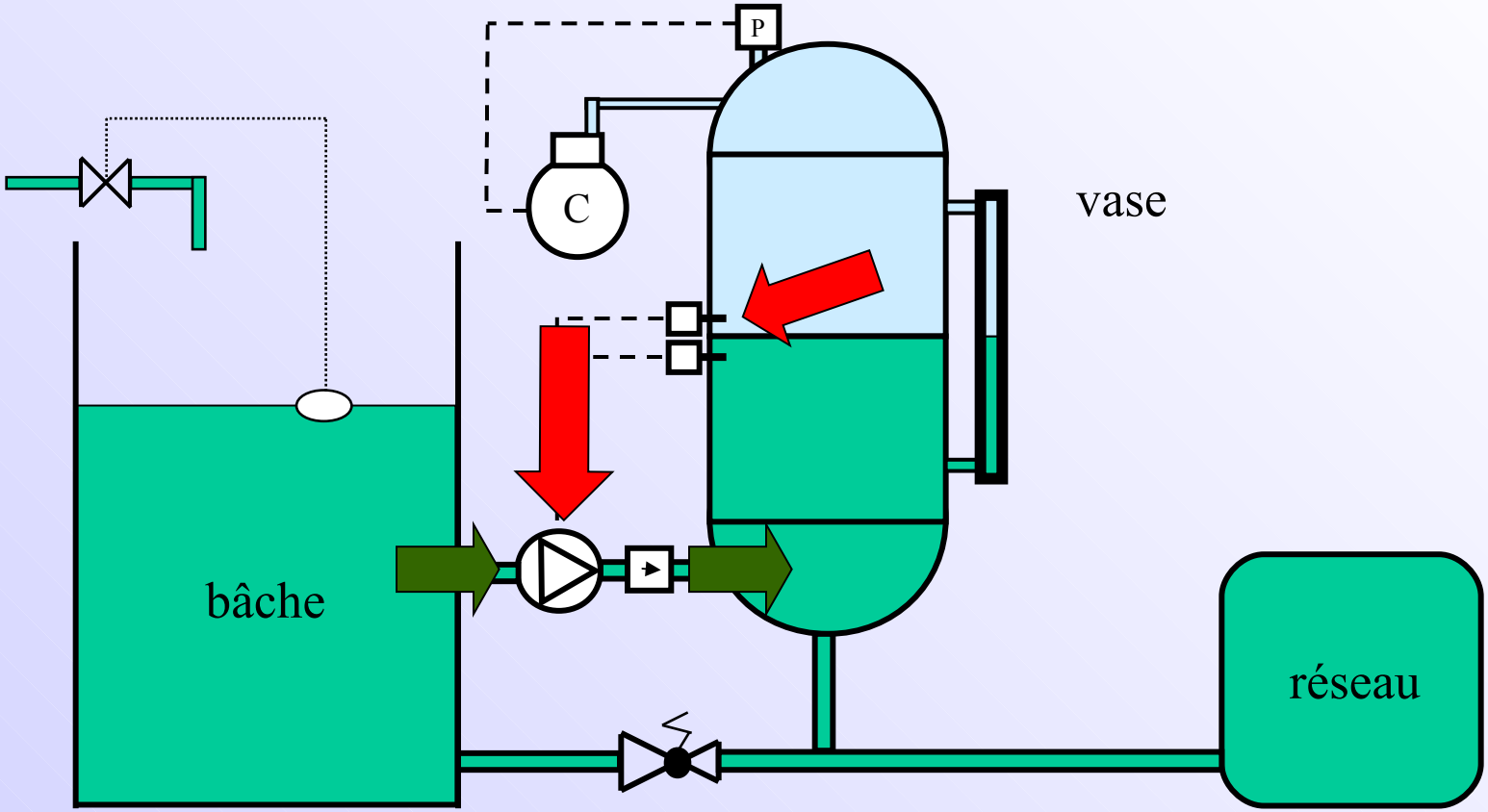
Si la pression chute, le pressostat commandera l'introduction d'air ou d'azote dans ce matelas (comme dans un vase d'expansion à compresseur d'air).

Le groupe de maintien de pression avec bâche et vase d'expansion 4/6



Si la pression augmente, la soupape de décharge s'ouvre et envoie une partie de l'eau du réseau à la bâche (comme dans un groupe de maintien de pression avec bâche).

Le groupe de maintien de pression avec bâche et vase d'expansion 5/6



Si le niveau d'eau baisse dans le vase, la ou les pompes alimentaires pilotées par le contrôleur de niveau, introduisent de l'eau de la bâche dans le vase.

Avantages :

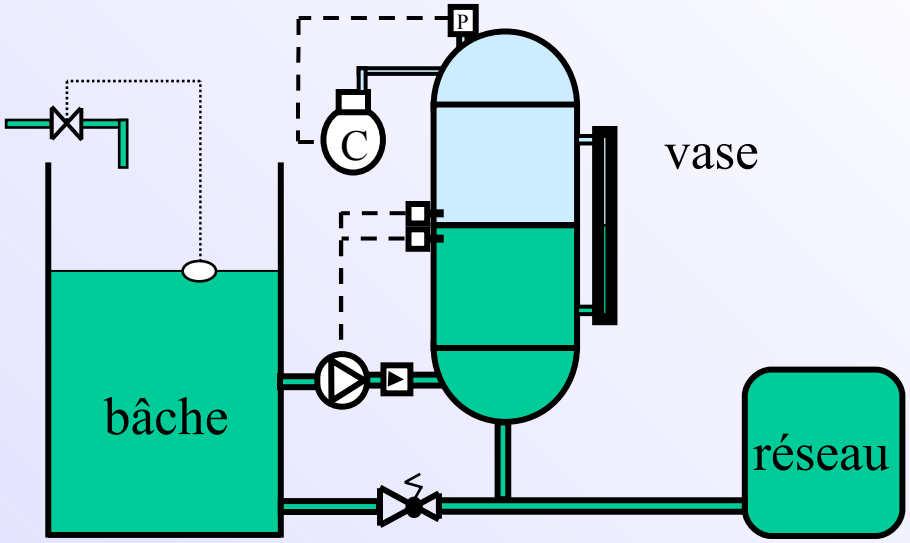
- permet de maintenir de hautes pressions,

- peut être utilisé sur des réseaux de grand volume.

Inconvénients :

- oxygénation de l'eau dans la bâche,

- système compliqué.



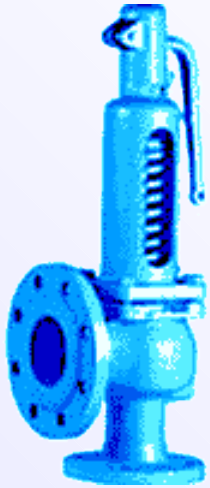
Conclusion :

Ce système est surtout rencontré dans les installations de chauffage urbain utilisant de l'eau surchauffée produite par des chaudières noyées.

Elles ont deux rôles :

- assurer par leur ouverture automatique une pression maximale dans tout le réseau inférieure à la pression maximale de service (PMS) des appareils et des accessoires constitutifs,

- assurer l'évacuation continue de la vapeur pouvant être produite par la ou les chaudières qu'elles protègent.



La valeur de la pression de début d'ouverture (PDO) aussi appelée pression de tarage de la soupape permet de garantir le premier rôle (PDO < PMS),

le diamètre, le nombre de soupapes et leur emplacement permettent de garantir le second.

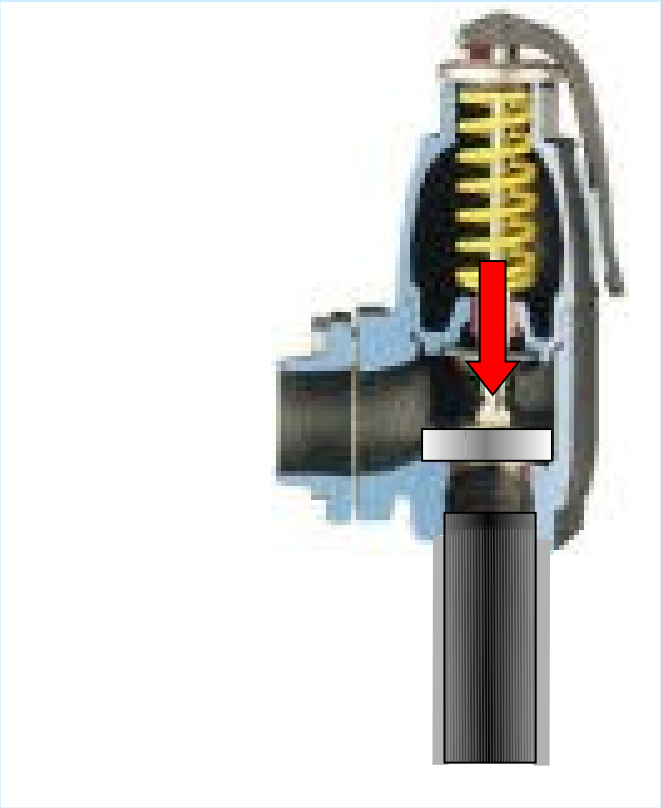
Elles peuvent être :

à ressort

ou à contrepoids

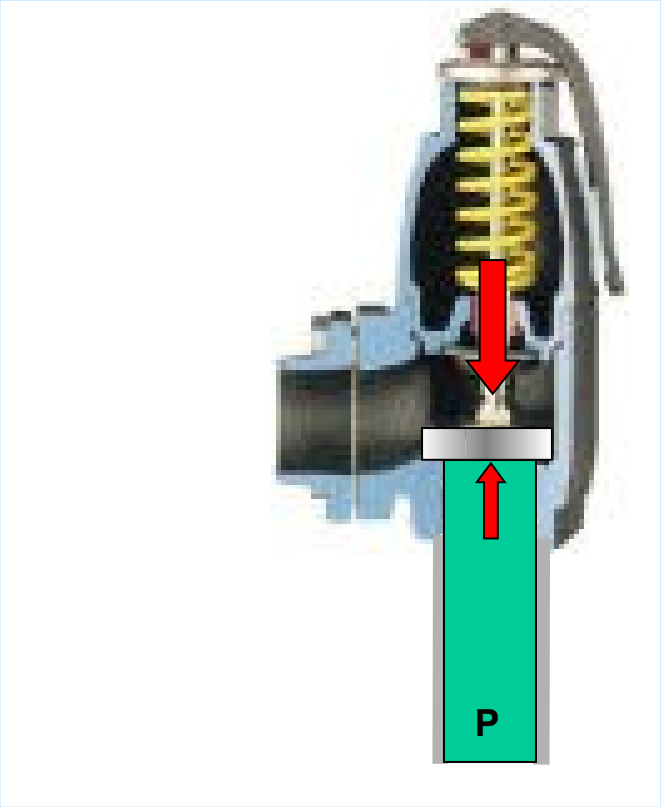
Fonctionnement :

La force exercée par le ressort maintien le clapet sur son siège.

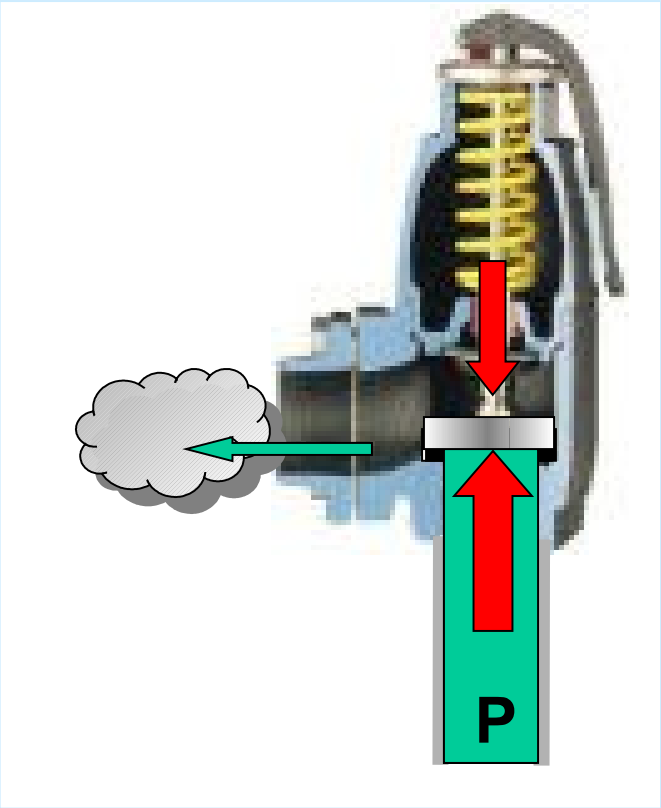


Fonctionnement :

En fonctionnement normal la pression P exerce une force sous le clapet inférieure à celle du ressort, le clapet est fermé.

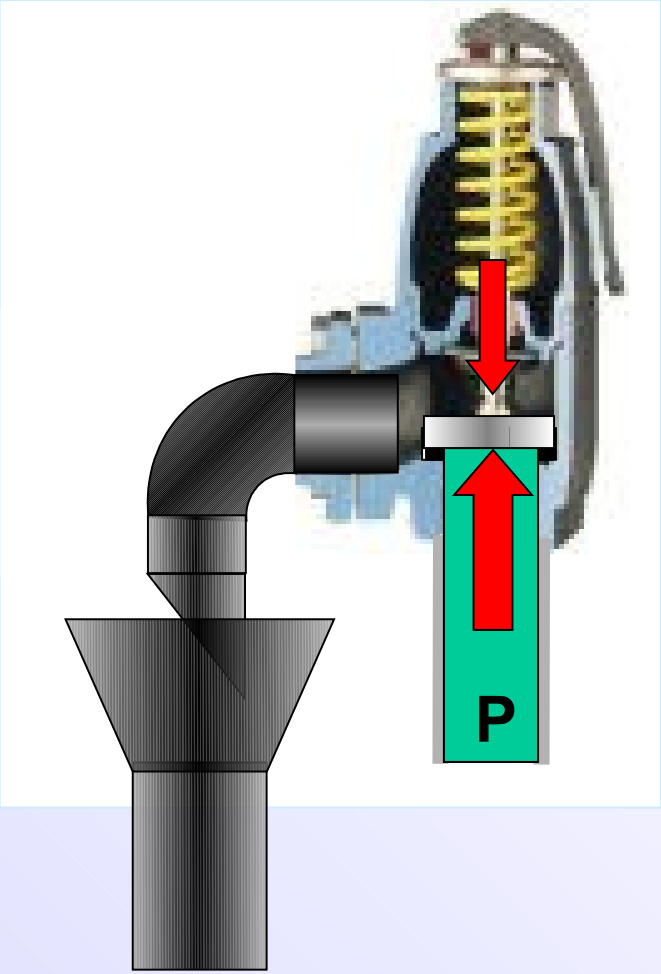


Fonctionnement :



Si la pression P augmente trop, la force exercée sous le clapet devient supérieure à celle du ressort et le clapet se soulève laissant échapper du fluide ce qui fera redescendre la pression.

Fonctionnement :



L'évacuation du fluide par la soupape devra être canalisée.

Remarques :

Si la pression d'eau augmente du fait d'un remplissage abusif, par exemple, la soupape va se mettre à battre.

Une soupape qui a « craché » peut devenir fuyarde du fait que le clapet n'est peut-être pas bien retombé sur son siège ou du fait que la portée du siège est sale. Il faut alors forcer la soupape à s'ouvrir manuellement par à-coups pour rincer le siège ou repositionner le clapet.

L'évacuation de la soupape doit se faire dans un entonnoir raccordé à l'égout par une tuyauterie de diamètre supérieur à celui de la soupape.

Remarques :

Pour les installations de production d'eau chaude sanitaire, le groupe de sécurité (obligatoire) comporte une soupape qui crachera un peu à chaque montée en température de l'accumulateur.

Pour éviter ce phénomène qui peut entraîner une détérioration du groupe de sécurité, on peut installer un vase d'expansion sanitaire qui pourra absorber le volume de dilatation sans faire cracher la soupape.

Ces vases ont un principe de fonctionnement et un mode de détermination analogue à ceux des vase de chauffage mais leur construction et les matériaux employés les autorisent à être utilisés sur les réseaux d'eau potable.

Estimation du volume d'eau d'une installation en fonction de la puissance installée et de la nature des éléments chauffants.

Type de chauffage	Volume estimé pour 100 kW de puissance installée
Panneaux de sol	1,7 m^3
Radiateurs fonte	1,3 m^3
Radiateurs acier	1,1 m^3
Batteries	0,9 m^3

Détermination du coefficient d'expansion

$$n = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}$$

n : coefficient d'expansion de l'eau

ρ_1 masse volumique de l'eau à la température de remplissage

ρ_2 masse volumique de l'eau à la température maximale de fonctionnement

Temp. en °C	p en kg/m³	Temp en °C	p en kg/m³
0	999.79	51	987.55
1	999.84	52	987.06
2	999.88	53	986.58
3	999.92	54	986.19
4	999.97	55	985.70
5	999.92	56	985.22
6	999.88	57	984.73
7	999.84	58	984.67
8	999.79	59	983.18
9	999.72	60	983.13
10	999.65	61	982.70
11	999.55	62	982.22
12	999.44	63	981.64
13	999.32	64	981.06
14	999.19	65	980.48
15	999.05	66	979.91
16	998.90	67	979.33
17	998.74	68	978.85
18	998.56	69	978.28
19	998.36	70	977.70
20	998.16	71	977.13
21	997.96	72	976.56
22	997.74	73	975.99
23	997.50	74	975.41
24	997.25	75	974.84
25	996.99	76	974.27
26	996.74	77	973.70
27	996.48	78	973.14
28	996.20	79	972.47
29	995.90	80	971.81
30	995.59	81	971.25
31	995.29	82	970.59
32	995.97	83	969.93
33	994.65	84	969.27
34	994.33	85	968.61
35	994.98	86	967.96
36	993.64	87	967.30
37	993.28	88	966.65
38	992.93	89	965.99
39	992.55	90	965.34
40	992.17	91	964.69
41	991.78	92	964.04
42	991.39	93	963.39
43	990.99	94	962.64
44	990.57	95	961.90
45	990.16	96	961.26
46	989.75	97	960.52
47	989.33	98	959.78
48	988.90	99	959.04
49	988.45	100	958.40
50	988.04	101	957.67

Expansion de l'eau glycolée

Expansion arrondie en L/m³ en fonction de la teneur en glycol et de la température.

	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	100 °C	110 °C
0 %	2	4	8	12	17	23	29	36	43	52
10 %	5	7	11	15	20	26	32	39	46	55
20 %	8	11	14	18	23	29	35	42	49	58
30 %	10	13	16	21	26	31	38	44	52	60
40 %	15	17	21	25	30	36	42	49	56	64
50 %	18	20	24	28	33	39	45	52	59	67