

Les détendeurs

Depuis l'antiquité, l'homme, pour des raisons de curiosité ou des raisons pratiques, pêcheur de perles, d'éponges, récupérateur de cargaisons, a cherché à accroître son temps de séjour sous l'eau.

Une solution paraissant logique a dû être, au départ, de respirer l'air atmosphérique à l'aide d'un tuyau suffisamment long pour atteindre la surface. Malheureusement, cet air atmosphérique est à une pression de 1 bar, alors que la pression s'exerçant sur la poitrine de plongeur croît de 1 bar tous les 10 mètres. Les muscles respiratoires sont trop faibles pour combattre les différences de pression et la respiration devient impossible au-delà de quelques centimètres de profondeur.

La condition essentielle est donc de fournir au plongeur de l'air à une pression égale à celle qui s'exerce sur sa poitrine pour qu'il y ait **équipression**.

Le premier progrès a sans doute été la cloche de plongée de Haley en 1690, (celle-ci permettait d'amener deux personnes à 18 mètres de fond afin d'effectuer de nombreux travaux en milieu subaquatique (digues, piles de pont). Les plongeurs se trouvaient en équipression quelle que soit la profondeur où ils se trouvaient (application directe de la loi de Boyle Mariotte). Au 18^e siècle on faisait descendre vers la cloche des tonneaux d'air afin de renouveler l'atmosphère viciée de celle-ci.

L'inconvénient majeur de la cloche était son poids énorme, et, la technologie aidant, on mit la cloche sur la tête du plongeur et on l'alimenta en air sous pression à l'aide d'un tuyau et d'une pompe manœuvrée depuis la surface. **Le scaphandre pied lourd était né.**

On ne pouvait évidemment pas encore parler de scaphandre autonome dans la mesure où le plongeur n'était pas libre de ses mouvements.

C'est l'invention du détendeur, **matériel destiné à délivrer de l'air à la pression ambiante et à la demande**, qui donnera au plongeur toute son autonomie sous l'eau.

Le principe de la détente des gaz et donc du fonctionnement des détendeurs n'ayant pas évolué au cours des siècles, que les détendeurs soient à membrane ou à piston, qu'ils s'agissent d'un premier étage ou d'un deuxième étage, nous étudierons ces grands principes dans une première partie.

Certains aspects techniques particuliers, ainsi que certaines évolutions technologiques feront l'objet d'une deuxième partie.

Enfin, un récapitulatif - non exhaustif - des questions qui pourraient vous être posées lors de l'examen sera abordé en troisième partie.

I - LES GRANDS PRINCIPES

11 - Le principe de la détente des gaz

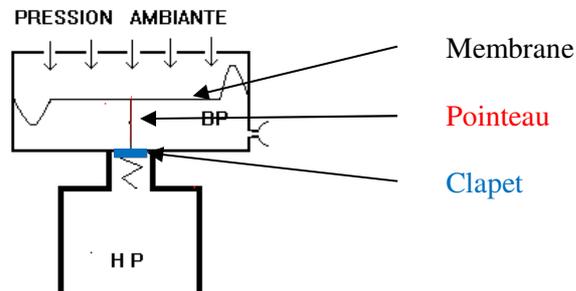
En 1863, deux ingénieurs, Messieurs Rouquayrol et Denayrouse, mettent au point un appareil conçu initialement pour l'atmosphère viciée des mines de charbon. Cet appareil comprend un réservoir d'air à 30 bar et un système de membrane et de clapet. Celui-ci délivre de l'air à la pression ambiante et à la demande.

Le scaphandre autonome était né. Son principe n'a pas évolué depuis lors et il s'impose aujourd'hui encore dans tous nos détendeurs.

La pression ambiante s'oppose à la pression de la bouteille par l'intermédiaire d'un **pointeau, d'un clapet et d'une membrane.**

Lorsque le plongeur inspire, il crée une dépression dans le détendeur et la membrane s'abaisse en poussant sur le pointeau qui pousse lui-même le clapet.

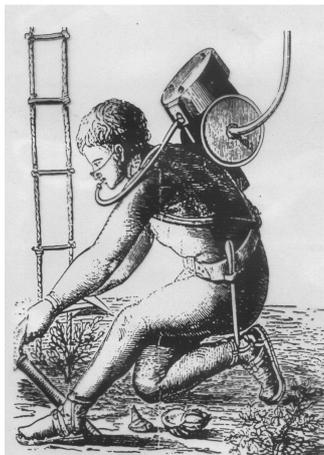
Le clapet quitte son siège et l'air passe



C'est le rapport de force existant de part et d'autre de l'orifice de passage d'air qui permet l'ouverture et la fermeture du clapet.

L'équilibre est atteint lorsque: **$HP \times \text{surface de l'orifice} = BP \times \text{surface de la membrane}$** .

Autant dire que la surface de la membrane doit être importante
(HP très élevée x orifice très petit = Basse pression x surface très grande).
Le diamètre de la membrane était de 30 centimètres.

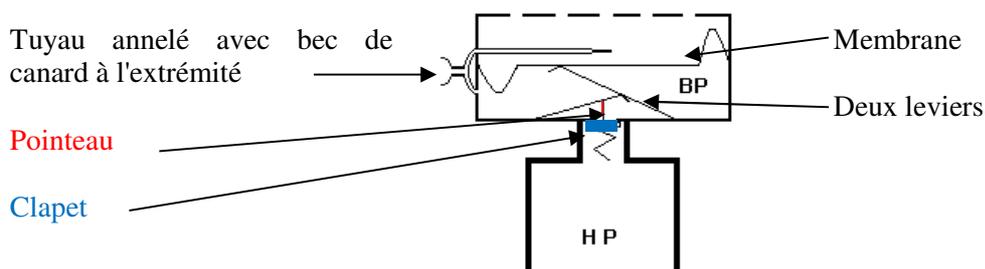


Du fait de son encombrement et de sa faible autonomie, ce détendeur à un étage de détente (HP → BP), sera peu utilisé en plongée sous-marine. **Le principe de la détente qu'il a créé est cependant la base de tous les détendeurs actuels.**

12 – L'évolution du Rouquayrole Denayrouse

Afin de réduire l'encombrement du Rouquayrole Denayrouse, il était nécessaire de diminuer la taille de la membrane et donc de démultiplier les forces agissant sur le clapet.

Avec l'aide d'Archimède ("donnez-moi un point d'appui et je soulèverai le monde"), messieurs Cousteau et Gagnan, en 1945, mirent au point le **premier véritable détendeur à un étage** en ajoutant deux leviers au Rouquayrole Denayrouse et en créant un circuit respiratoire qui renvoyait l'air expiré dans une partie du détendeur (avec des tuyaux annelés, non représentés sur le dessin ci-dessous).



Amélioré régulièrement ce détendeur à un étage est connu dans le monde entier et s'est imposé durant des décennies. Pour autant, il avait de nombreux défauts.

1 – En plongée, la HP diminue progressivement du fait de la respiration. Il y a donc besoin de moins en moins de force pour fermer le clapet ($HP \times \text{surface de l'orifice} = BP \times \text{surface de la membrane}$). En d'autres termes, moins il y a d'air dans la bouteille, plus c'est facile de respirer ! Cela ne constitue pas un gage de sécurité !

2 - Le bec de canard (ainsi nommé car il s'agit de deux membranes plaquées l'une sur l'autre qui ne s'ouvrent que lors de l'expiration) :

- devait être étanche, (exempt de grains de sable par exemple), faute de quoi le plongeur respirait de l'eau !
- devait être le plus près possible de la membrane : trop haut, il y aurait eu un débit continu, trop bas, l'expiration aurait été difficile (en raison de la différence de pression liée à la distance qui aurait existé entre le bec de canard et la membrane).

3 – Des espaces morts à mobiliser très importants (totalité du tuyau annelé).

4 – La position du plongeur était importante : sur le ventre, respiration difficile, sur le dos respiration facile ! (toujours la différence de pression, mais cette fois-ci entre la membrane et les poumons du plongeurs).

Le problème des espaces morts aurait pu être réglé en plaçant la "gamelle" du détendeur au niveau de la bouche du plongeur. Cependant, le risque qui consistait à amener de la haute pression près du visage du plongeur était trop grand et l'on imagina alors une pression diminuée dite **MOYENNE PRESSION** ou **PRESSION INTERMEDIAIRE**.

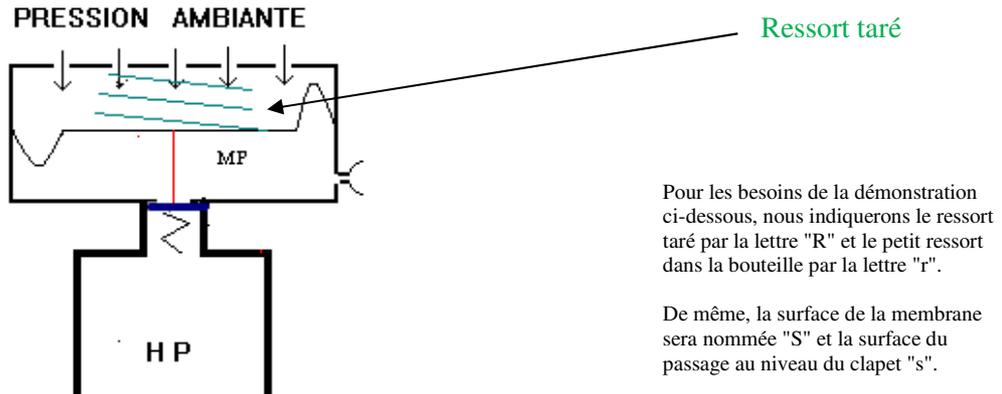
L'idée du détendeur à deux étages de détente que nous connaissons aujourd'hui venait de naître.

13 – Le détendeur à membrane à deux étages

131 – Le premier étage

Si l'on veut créer une moyenne pression dans le premier étage du détendeur que nous connaissons, il faut impérativement empêcher la membrane de remonter après l'équipression. Ce problème fut résolu en appliquant un ressort taré sur cette membrane.

Regardez bien les schémas, il ne s'agit que du Rouquayrol – Denayrouse avec un ressort!



L'équilibre dans le détendeur est atteint lorsque :
 $MP = \text{Force du ressort} + \text{Pression absolue ambiante.}$

Une constatation : Quand la haute pression diminue du fait de la respiration au cours de la plongée, la moyenne pression augmente légèrement.

Démonstration du Phénomène : Pour obtenir l'équipression dans ce détendeur, il faut que les forces qui tendent à ouvrir le clapet et celles qui tendent à le fermer s'annulent.

$$(HP \times s) + r + (MP \times S) = (Pabs \times S) + R + (MP \times s)$$

A profondeur constante, un certain nombre de valeurs s'annulent¹ et il reste

$$(HP \times s) + (MP \times S) = (MP \times s),$$
$$\text{d'où } (HP \times s) = MP (s-S)^2$$

On voit donc que si HP diminue, MP augmente.

Pour simplifier, moins il y a d'air dans la bouteille, plus il est facile de respirer ! Ceci n'est pas un gage de sécurité. Alors comment faire pour stabiliser la moyenne pression ?

Sans doute en imaginant un dispositif de compensation.

¹ Démonstration non rigoureuse pour les mathématiciens mais destinée à faire comprendre le phénomène au plus grand nombre.

² La valeur $MP (s-S)$ est négative car $S > s$.

La compensation

Nous venons de voir que dans les détendeurs de la première génération, la moyenne pression n'était pas stable et variait en fonction de la valeur de la haute pression. Pour la sécurité des plongeurs tout en leur conservant une aisance respiratoire, il fallait trouver un système dans lequel la moyenne pression devenait indépendante de la haute pression.



Dans le cas du schéma de gauche, les deux bouchons sont expulsés dès l'ouverture de la haute pression. Dans le cas du schéma de droite, la haute pression est sans influence sur les deux bouchons.

Ce dispositif a été intégré dans certains détendeurs. Dans ces derniers, les variations de la haute pression sont sans influence sur le clapet et donc sans effet sur la moyenne pression. Dans ces conditions, à profondeur constante, l'effort inspiratoire du plongeur est le même en début et en fin de plongée.

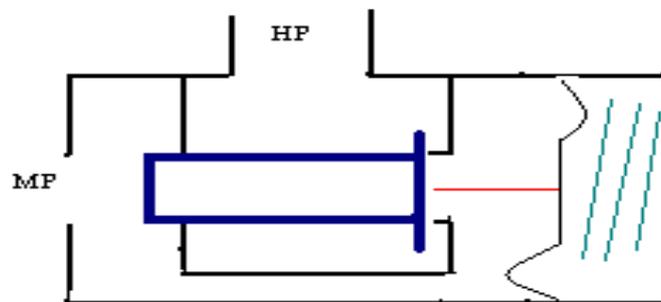


Schéma de principe du dispositif mis en place dans les détendeurs compensés à membrane.

Le premier étage et le deuxième étage peuvent être compensés

132 – Le deuxième étage

Le principe de fonctionnement du deuxième étage est identique à celui du premier étage. Pour s'en convaincre, il suffit de remplacer HP par MP et MP par BP sur les schémas précédents !

Rien de nouveau, toujours Rouquayrole – Denayrouse !

Quelques notions à connaître cependant

132-1 - Clapet amont / clapet aval : On parle ici de la position du clapet par rapport à son siège et par rapport au sens du flux d'air.



La première génération de détendeur avait installé le clapet du deuxième étage en amont de son siège (schéma de gauche). En cas de défaillance du ressort de moyenne pression du premier étage, cela pouvait provoquer une augmentation continue de la valeur de la moyenne pression et l'éclatement du tuyau reliant les deux étages de détente.

Pour pallier ce risque, les fabricants ont installés les clapets en aval de leur siège (schéma de droite). Dans ces conditions l'augmentation de la moyenne pression ne provoque qu'une fuite au niveau du deuxième étage. Il n'y a pas de risque d'éclatement.

132 - 2 – L'effet Venturi (aussi appelé effet de trompe)

" Pour éviter l'effet Venturi, la buse d'injection de l'air a été percée, etc.". Sans cesse nous entendons parler de cet effet physique portant le nom du physicien italien qui a mis au point la "tuyère des cônes divergents" et précisé, dans ces conditions, le déplacement des molécules d'air.

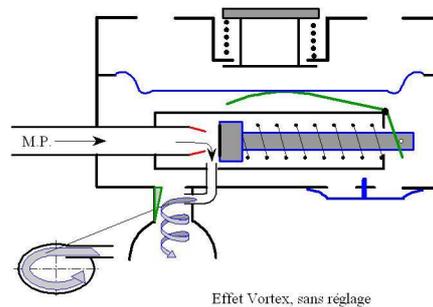
	<p>Lorsque le flux d'air franchit le col formé les cônes divergents, il entraîne les molécules d'air qui ne se trouvent pas directement sur sa trajectoire et crée ainsi un phénomène d'aspiration.</p> <p>Cette théorie physique est couramment employée pour le fonctionnement des avions (profil des ailes) où pour les instruments de musique à vent (trompe).</p>
--	--

En plongée, ce phénomène serait plutôt pénalisant. En effet, l'aspiration créée dans un deuxième étage aurait pour conséquence de maintenir la membrane en position basse en provoquant le débit continu du détendeur en raison de l'ouverture permanente du clapet.

Pour remédier à ce type de dysfonctionnement, les industriels percent la buse d'injection du côté de la membrane pour faciliter sa remontée (voir les schémas en deuxième partie).

132-3 - L'effet VORTEX

Pour améliorer la stabilité d'un détendeur tout en lui demandant un grand débit, on peut réduire l'effet Venturi en dirigeant la buse de façon à faire tourner l'air dans l'embout sans passer par la chambre sèche. C'est l'effet "VORTEX" dit aussi effet tourbillon.



Le débit d'air à la sortie de la buse est ainsi très élevé bien que la composante axiale de sa vitesse vers l'embout soit faible et ne provoque donc qu'une faible aspiration de l'air sous la membrane.

4 - Le détendeur à piston à deux étages

Il s'agit d'une troisième génération de détendeur. Les constructeurs s'étant aperçu que la membrane pouvait être à l'origine de certains incidents, fuite, entrée d'eau, etc. décidèrent de la remplacer par un piston.

Le piston n'est en fait qu'une membrane, un pointeau et un clapet soudés ensemble et dont l'étanchéité avec le corps du détendeur est assurée par des joints toriques.

Tout ce qui vient d'être dit sur le principe de fonctionnement des détendeurs à membrane s'applique intégralement aux détendeurs à piston. L'usinage de ces détendeurs est certes différent comme nous le verrons en deuxième partie.

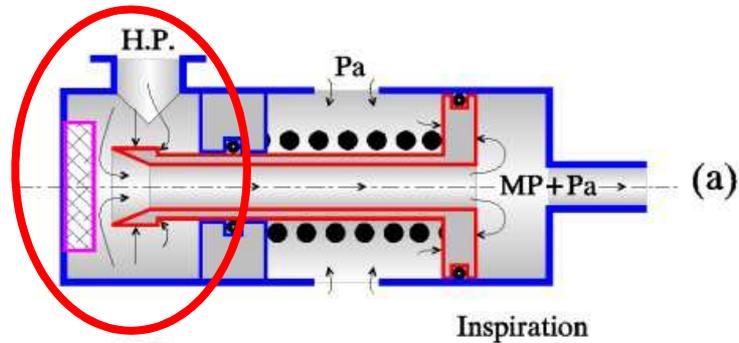
5 - Une nouveauté dans les détendeurs à membrane et à piston : La surcompensation

Les explications techniques :

La pression ambiante au niveau du deuxième étage varie avec la profondeur jusqu'à plus de 6 fois. Avec la pression, l'air devient plus visqueux et nécessite un peu plus d'effort de la part du plongeur au moment de l'inspiration. La surcompensation lie la pression ambiante avec la moyenne pression de manière à l'augmenter légèrement avec la profondeur pour faciliter l'inspiration.

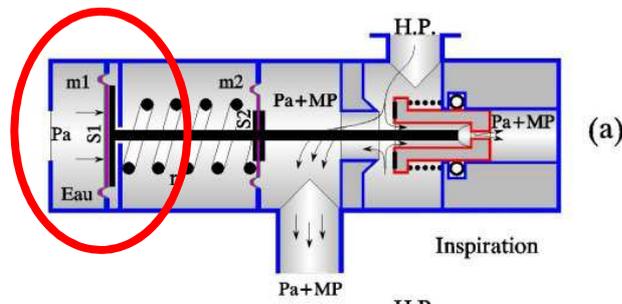
Deux techniques existent actuellement

La technique SCUBAPRO avec piston : Elle consiste à augmenter la pression intermédiaire en fonction inverse de la haute pression. Il en résulte une diminution du travail respiratoire en fin de plongée. C'est une sur compensation pneumatique des effets de la haute pression.



Par rapport au principe de la chambre de compensation que nous connaissons, on constate que le piston n'est pas lisse à son extrémité mais qu'il présente un renflement. Nous avons vu que les effets de la haute pression s'annulaient autour du clapet (ou du piston) dans un détendeur compensé. Dans le cas présent, la haute pression appuie légèrement sur le piston, nécessitant une augmentation de la moyenne pression pour lui permettre de quitter son siège.

La technique AQUALUNG avec membrane : Elle consiste à augmenter la moyenne pression en fonction directe de la profondeur, pour pallier l'augmentation des pertes de charge. C'est une compensation des effets de la Pression ambiante.

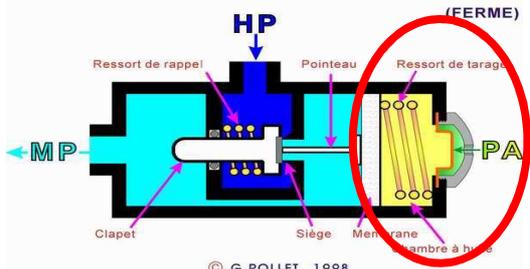
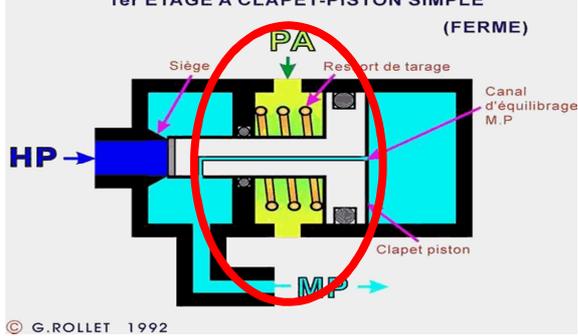
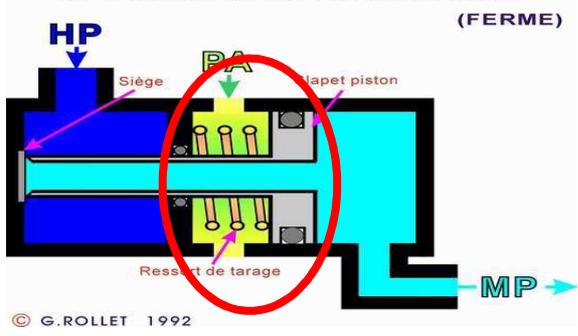
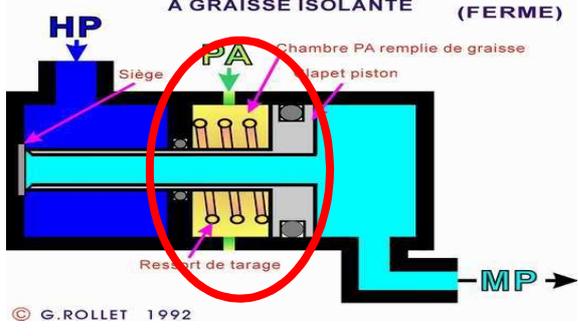


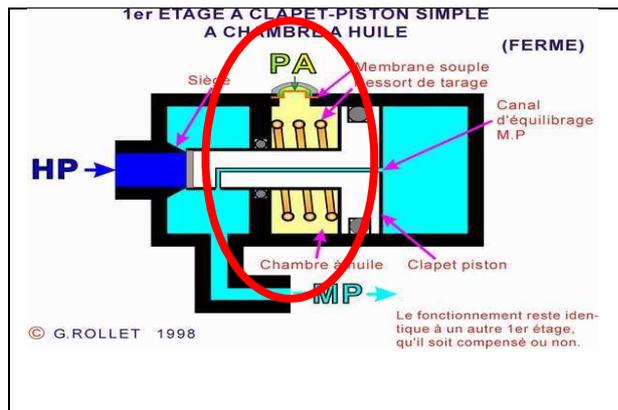
On remarque que la surface de la membrane **S1** qui reçoit la pression ambiante P_a est plus grande que la surface de la membrane **S2** qui reçoit la moyenne pression. Entre ces deux membranes règne P_a , la pression enfermée au montage du détendeur. (*Les pressions sont des pressions absolues*)
 Remarque : Si l'espace entre les 2 membranes était rempli d'huile, sans le lien rigide, la pression reçue par la membrane **M2** serait la même que celle de la membrane **M1**. En mettant une partie rigide entre les deux membranes, c'est la force qui est transmise ce qui donne une prépondérance à la membrane la plus grande. (**M1**)

II - ASPECTS TECHNIQUE ET EVOLUTIONS PARTICULIERES

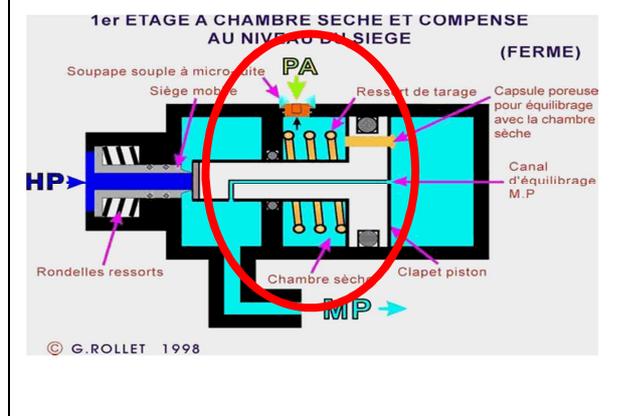
Le premier étage

<p>1er ETAGE A CLAPET-MEMBRANE SIMPLE (FERME)</p> <p>© G.ROLLET 1992</p>	<p>Premier étage à membrane classique. Application stricte du principe de la détente.</p> <p>Le plongeur inspire, la membrane s'incurve, pousse le pointeau qui pousse le clapet, l'air passe</p>
<p>1er ETAGE A MEMBRANE A CLAPET COMPENSE (FERME)</p> <p>© G.ROLLET 1992</p>	<p>Premier étage à membrane compensé. Application stricte du principe de la détente</p> <p>La HP n'a aucun effet sur le clapet.</p>
<p>1er ETAGE A MEMBRANE A CLAPET COMPENSE A CHAMBRE SECHE (FERME)</p> <p>© G.ROLLET 04/1998</p>	<p>La chambre sèche est un dispositif anti-givre qui consiste à isoler la partie fonctionnelle du détendeur de l'environnement extérieur.</p> <p>La pression ambiante est transmise à la membrane par l'intermédiaire d'un piston non métallique.</p>
	<p>La chambre à huile est un dispositif anti-givre qui consiste à isoler la partie fonctionnelle du détendeur de l'environnement extérieur.</p> <p>L'huile est un liquide, donc incompressible. La pression qui s'exerce sur la membrane au contact de l'eau est transmise à la membrane</p>

<p>1er ETAGE A MEMBRANE A CLAPET COMPENSE A CHAMBRE A HUILE (FERME)</p>  <p>© G.ROLLET 1998</p>	<p>principale.</p> <p>Le dispositif ne fonctionne que si la chambre à huile est parfaitement remplie. Dans le cas contraire, le niveau du liquide bougerait dans la chambre à huile sans mobiliser la membrane principale.</p> <p>Le détendeur fonctionnerait alors comme si la Pabs n'existait pas (voir les questions).</p>
<p>1er ETAGE A CLAPET-PISTON SIMPLE (FERME)</p>  <p>© G.ROLLET 1992</p>	<p>Premier étage à piston classique. Application stricte du principe de la détente</p>
<p>1er ETAGE A CLAPET-PISTON COMPENSE (FERME)</p>  <p>© G.ROLLET 1992</p>	<p>Premier étage à piston compensé. Application stricte du principe de la détente</p>
<p>1er ETAGE A CLAPET-PISTON COMPENSE A GRAISSE ISOLANTE (FERME)</p>  <p>© G.ROLLET 1992</p>	<p>La chambre à graisse est un dispositif anti-givre qui isole le piston de l'eau.</p>



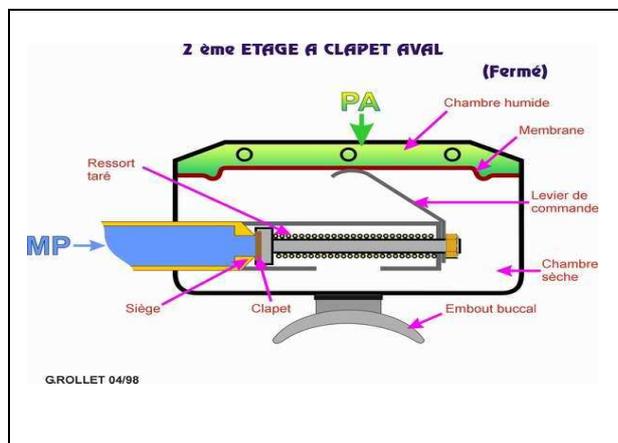
La chambre à huile est un dispositif anti-givre qui consiste à isoler la partie fonctionnelle du détendeur de l'environnement extérieur.



La chambre humide devient sèche grâce à une membrane souple (soupape à micro fuite) qui empêche l'eau de rentrer dans le détendeur et isole ainsi thermiquement le 1^{er} étage de l'eau froide.

L'action de la Pabs est remplacée par une micro fuite de l'air MP vers la chambre sèche via une capsule poreuse permettant de calibrer la fuite.

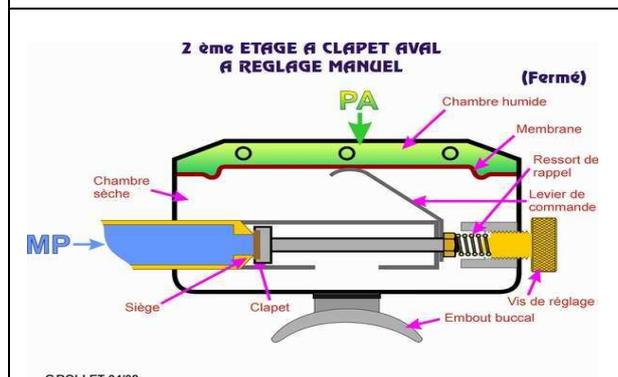
Le deuxième étage



Deuxième étage classique.

Lorsque le plongeur inspire, la membrane s'abaisse et agit sur le levier de commande qui "tire" le clapet vers la droite du schéma.

Le clapet quitte son siège et la MP se diffuse dans la gamelle du détendeur. Le clapet se repositionne sur son siège lorsque la valeur de la BP est égale à celle de la pression ambiante.



Dans ce détendeur, le ressort qui apparaissait sur le clapet du schéma précédent et qui avait pour effet de pousser le clapet vers son siège a disparu.

En fait, il a été déplacé et positionné au bout d'une vis de réglage et en appui sur le clapet.

En agissant sur la vis de réglage accessible pour le plongeur, ce dernier peut assouplir (en dévissant) ou rendre plus dur (en vissant) son détendeur.

<p style="text-align: center;">2 ème ETAGE A CLAPET AVAL A BUSE D'INJECTION</p> <p style="text-align: right;">(Fermé)</p> <p style="text-align: left;">MP →</p> <p style="text-align: left;">GROLLET 04/98</p>	<p>La buse d'injection canalise le flux d'air directement dans la bouche du plongeur à l'inspiration. Ainsi, l'espace mort que constitue le volume du deuxième étage est diminué et permet d'obtenir de l'air à la pression ambiante et plus rapidement.</p>
<p style="text-align: center;">2 ème ETAGE A CLAPET AVAL A BUSE D'INJECTION et REGLAGE MANUEL</p> <p style="text-align: right;">(Fermé)</p> <p style="text-align: left;">MP →</p> <p style="text-align: left;">GROLLET 04/98</p>	<p>Idem au précédent mais avec un réglage manuel supplémentaire.</p> <p>Ce réglage manuel permet de "jouer" sur la surface de l'orifice tourné vers la membrane. En réduisant cette surface, on envoie plus d'air directement dans la buse d'injection et vice et versa.</p>
<p style="text-align: center;">2 ème ETAGE A CLAPET AVAL ET SIEGE MOBILE</p> <p style="text-align: right;">(Fermé)</p> <p style="text-align: left;">MP →</p> <p style="text-align: left;">GROLLET 04/98</p>	<p>Ce détendeur correspond au détendeur de base avec un siège mobile pour éviter son usure résultant de la pression exercée sur lui par le clapet lorsque le détendeur n'est pas sous pression.</p> <p>Dans les détendeurs de base, le clapet est toujours en appui sur son siège, poussé par son ressort, y compris lorsqu'il n'est pas sous pression.</p> <p>Le siège mobile ne vient en appui sur le clapet que lorsque le détendeur est mis sous pression. Il est poussé par la MP.</p>

III - LES QUESTIONS COURANTES

Existe-t-il une réglementation en ce qui concerne les détendeurs ?

Rep : OUI .

Les détendeurs sont considérés comme des EPI (Equipement de protection individuelle) et doivent répondre à certaines obligations.

Une Directive 89/686/CEE modifiée du 21 décembre 1989, entrée en application le 1er juillet 1992, transposée dans le **Code du travail** et dans le **Code du sport** impose le **suivi des EPI**, et notamment la conservation de la **notice papier du fabricant**, la création

d'une fiche de gestion individuelle avec en informations obligatoires (pas d'obligation de forme : cahier, feuille, fichier excel,...) :

1. Description EPI (n° série, modèle, marque, n° interne,...)
2. Date de fabrication (marqué sur tout EPI)
3. Date de première utilisation, date d'achat,... et en découle l'éventuelle date de péremption si le produit est soumis à vieillissement.
4. **Entretiens ou surveillances annuels ou plus, éventuelles réparations.**
5. Contrôles Périodiques (les EPI plongée sauf les bouteilles n'y sont pas soumis).
6. Procédure hygiène et désinfection si nécessaire.
7. Date finale de sortie du stock et destination (vente, rebut,...).

En ce qui concerne l'entretien et la surveillance, les textes ne parlent pas d'un diplôme ou d'une formation type. Il est juste écrit (arrêté du 22/10/2009) : "***maintien en état de conformité: la nature et la périodicité des inspections réalisées suivant les instructions figurant sur la notice du fabricant, la nature des réparations réalisées, la nature et la date des incidents survenus sur l'équipement, l'indication datée du remplacement d'éléments interchangeables ;*** ».

Position retenue par la DGCCRF pour ses contrôles : « La personne qui a été désignée et formée pour » doit donc pouvoir nous justifier de sa connaissance des EPI qu'elle gère et surveille par tout moyen que ce soit : diplôme sportif, certificat de formation chez le fabricant, ancienneté dans le métier, formation interne validée par le président de l'association). En outre, elle enregistre sa surveillance en notant son nom, la date et sa signature (engagement que la surveillance est faite correctement).

Puis-je plonger avec un détendeur qui ne répond pas aux exigences de la norme européenne ?

Rep : OUI

La norme EN 250 s'applique aux industriels pour la mise en vente sur le marché de leurs matériels. Des détendeurs anciens ne répondant pas aux exigences de la norme peuvent être utilisés. Cela dit, il vaut mieux - dans les clubs - avoir des détendeurs récents car la "dureté" d'un détendeur, s'il est la cause d'un accident, peut engager la responsabilité du président du club. Il en est de même pour les détendeurs de secours s'ils ne peuvent aider les personnes déjà en difficulté (pour autant, il s'agit là d'une simple supposition, aucune condamnation depuis 1991 n'a été prononcée dans ce genre d'affaire).

Si je modifie mon détendeur, répond t-il toujours à la norme.

Rep :NON

Toute modification d'un détendeur (tuyau moyenne pression plus long que celui d'origine par exemple) a pour effet de sortir le détendeur de la norme

Pourquoi les détendeurs givrent-ils parfois ?

Rep : Certains détendeurs givrent lors des plongées en eau froide. Les causes de ce givrage sont multiples mais on peut notamment faire les remarques suivantes :

- On peut atteindre - 80/100°C dans la chambre de moyenne pression lors de la détente de l'air. Donc eau froide + air humide = glace.
- les soupapes d'expiration - dans un souci de confort du plongeur - sont de plus en plus larges et facilitent l'expiration alors qu'auparavant l'effort expiratoire réchauffait la "gamelle" métallique des détendeurs et limitait la formation de glace.
- Le givrage sur les membranes n'est pas instantané et peut donc se gérer à la différence des givrages sur piston.

Les détendeurs dit "anti givre" et le respect de la norme "eau froide" ne garantissent pas de ne pas avoir de givrage. Un air humide, une respiration forte, l'utilisation d'un direct system branché sur le détendeur destiné à la respiration sont autant de facteurs favorisant l'arrivée d'un givrage.

Un détendeur dont le 1er étage ne serait pas en contact avec la Pabs peut-il fonctionner ?

Rep : Oui.

Cependant, il sera limité en profondeur car c'est l'ajout permanent de la Pabs au tarage du ressort de MP qui permet de maintenir la valeur de la MP à toute profondeur. Si la Pabs n'agit pas, le détendeur fonctionnera jusqu'à la limite du tarage de son ressort moins les forces de frottements.

On voit parfois des ailettes sur les tuyaux moyenne pression où à l'entrée des "deuxième étage", à quoi servent-elles?

Rep : Il s'agit de radiateurs ! La surface métallique des ailettes prend la température de l'eau pour réchauffer de détendeur, y compris en eau froide.

Les pannes courantes de premiers étages

Entrée d'eau	Membrane crevée..... Joint torique du piston HS.....	La changer Le changer
Débit insuffisant (dur)	MP insuffisante..... Pointeau émoussé..... Ressort de clapet trop puissant..... Ressort de la membrane trop faible ou cassé..... Filtre obturé.....	Comprimer ou changer le ressort Le changer Le changer Le changer Le changer
Débit continu	MP trop forte..... Clapet ou pointeau coincé..... Siège usé (rare)..... Pastille d'étanchéité du clapet usée..... Ressort du clapet usé ou affaibli.....	Changer le ressort MP ou le détendre s'il est réglable Nettoyer et graisser Le changer Le changer ou le retourner Le changer

Bon nombre de ces réparations ne peuvent être faites que par des professionnels
(en rouge, celles que vous pouvez faire facilement)

Les pannes courantes des deuxième étages

Entrée d'eau	Soupape d'expiration pliée, creusée ou déchirée..... Membrane BP percée..... Embout détérioré.....	La remettre en place après nettoyage ou la changer La changer Le changer
Débit insuffisant (dur)	Ressort du clapet trop puissant..... Levier déformé.....	Le détendre ou le changer Le redresser ou le changer
Débit continu	Ressort du clapet trop faible..... Levier déformé..... Siège usé..... Pastille d'étanchéité du clapet usée.....	Le changer ou le comprimer s'il est réglable Le détendre ou le changer Le changer La changer ou la

	Bouton de surpression coincé.....	retourner Le nettoyer ou le changer
Expiration difficile, bruyante ou impossible	Soupape d'expiration collée	La décoller ou la changer

Bon nombre de ces réparations ne peuvent être faites que par des professionnels
(en rouge, celles que vous pouvez faire facilement)