

# GUIDE DE PALANQUEE – Niveau 4 (GP-N4)

*Mise à jour au 04 Mars 2019*

## **Fiches détenteurs**

(Voir les planches pédagogiques associées)

Les planches sont établies pour répondre à l'épreuve 14 du MFT 2019.

(Cette épreuve porte sur l'évaluation des connaissances en matériel à partir de planches, de dessins, ou d'éclatés)

Bien que les planches devraient être suffisantes, les fiches d'accompagnement constituent des aides destinées aux formateurs et membres du jury. Leur contenu est basé sur le MFT. Des informations complémentaires permettent d'en savoir un peu plus sur les sujets prévus.

Le jeu des Questions/Réponses ne va pas au delà de ce qui est exigé par le MFT. Les fiches permettent de vérifier la pertinence entre les réponses et les questions lors de l'évaluation des connaissances des candidats. (Voir les "Commentaires et évaluation" du MFT page suivante)

Vous pouvez également accéder aux différentes fiches en utilisant les liens ajoutés au MFT. (Ctrl + Fiche \*\*)

\*\*\*\*\*

**FFESSM - Commission Technique – Niveau 4 (GP-N4)** (MFT Edition 12-02-2019)

**EPREUVE 14 – Matériel de plongée :** (coefficient 2)

Cette épreuve porte sur l'évaluation des connaissances en matériel à partir de planches, de dessins, ou d'éclatés.

Connaissances	Commentaires et évaluation
Le compresseur.	<p>Connaître le principe de fonctionnement d'un compresseur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Savoir commenter un schéma de principe et décrire le fonctionnement des différents composants.</li> <li><input type="checkbox"/> Connaître la réglementation concernant le gonflage des blocs en toute sécurité</li> <li><input type="checkbox"/> Reconnaître les pannes courantes.</li> </ul>
Les blocs de plongée.	<p>Réglementation concernant l'inspection visuelle et la requalification.</p> <p>Le robinet de conservation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Savoir décrire son fonctionnement à partir d'un schéma de principe</li> <li><input type="checkbox"/> Précautions d'utilisation et d'entretien</li> </ul>
Les détendeurs.	<p>Connaître les notions élémentaires à la compréhension du fonctionnement d'un détendeur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Siège, clapet. <a href="#">Fiche 01</a></li> <li><input type="checkbox"/> Clapet amont, clapet aval. <a href="#">Fiche 01</a></li> <li><input type="checkbox"/> Haute pression, moyenne pression, pression intermédiaire et pression ambiante <a href="#">Fiche 02</a></li> <li><input type="checkbox"/> Principe de compensation. <a href="#">Fiche 03</a></li> </ul> <p>Savoir décrire, à partir d'un schéma de principe, le fonctionnement :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> D'un 1er étage à piston simple (non compensé). <a href="#">Fiche 04</a></li> <li><input type="checkbox"/> D'un 1er étage à piston équilibré (compensé). <a href="#">Fiche 05</a></li> <li><input type="checkbox"/> D'un 1er étage à membrane équilibrée (compensée). <a href="#">Fiche 06</a></li> <li><input type="checkbox"/> D'un 2ème étage simple (non compensé). <a href="#">Fiche 07</a></li> <li><input type="checkbox"/> D'un 2ème étage équilibré (compensé). <a href="#">Fiche 08</a></li> </ul> <p>Nb : Le candidat devra pouvoir décrire simplement les forces qui ouvrent et ferment le clapet. Aucune valeur chiffrée ni équation de fonctionnement n'est exigible.</p> <p>Décrire simplement les notions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> au 1er étage : surcompensation. <a href="#">Fiche 09</a></li> <li><input type="checkbox"/> au 2ème étage : réglage de l'effet Venturi <a href="#">Fiche 10</a>, effet Vortex. <a href="#">Fiche 11</a></li> </ul> <p>Nb : Le candidat devra pouvoir décrire simplement les avantages supposés de ces améliorations en s'appuyant éventuellement sur un schéma de principe. Aucune valeur chiffrée, ni équation de fonctionnement n'est exigible.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Givrage des détendeurs : facteurs favorisant et prévention. <a href="#">Fiche 12</a></li> </ul>
Le manomètre immergeable.	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Principe de fonctionnement.</li> </ul>
Le gilet stabilisateur.	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Différents modèles : enveloppantes, dorsales.</li> <li><input type="checkbox"/> Adaptation du gilet utilisé selon la pratique.</li> </ul>
L'ordinateur de plongée.	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Principes simples de fonctionnement. Aucune notion d'informatique ou d'électronique n'est exigible.</li> <li><input type="checkbox"/> Différences de calcul entre une table et un ordinateur (Nb : les différents algorithmes sont développés dans le chapitre décompression).</li> <li><input type="checkbox"/> Différents réglages et conséquences en plongée : durcissement, paliers spécifiques (paliers profonds, de principe, etc.), mode planification, utilisation de mélanges, affichage de la pression résiduelle du bloc, etc.</li> <li><input type="checkbox"/> Le candidat doit être capable de décrire les fonctions de son propre ordinateur et justifier ses critères de choix.</li> <li><input type="checkbox"/> Le candidat doit être capable de lire les écrans des ordinateurs courants.</li> </ul>

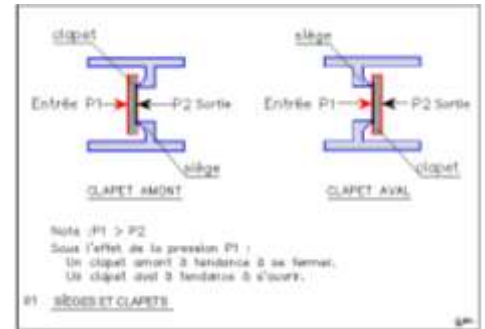
## Fiche 01 - Siège et Clapets

Ils constituent le cœur des détendeurs. Ils sont destinés à commander le passage de l'air suivant la demande.

Par définition, le siège est la partie fixe, le clapet est la partie mobile. (Selon le Larousse)

### Fonctionnement des clapets : amont, aval

(P1 plus grand que P2 dans le dessin)



- "**Clapet amont**": La différence de pression de part et d'autre de ce clapet a tendance à le fermer. En principe, un ressort de maintien n'est pas nécessaire mais il peut s'avérer utile, pour assurer un minimum de pression et vaincre les frottements.

- "**Clapet aval**": La différence de pression de part et d'autre de ce clapet a tendance à l'ouvrir. Son intérêt est de protéger le tuyau MP en cas de surpression en amont. Un ressort de maintien est toujours nécessaire pour le maintenir fermé.

### Forces en présence

Pressions agissant de part et d'autre du clapet sur les surfaces correspondantes.

#### Remarques :

- Les clapets comportent une pastille de matériau semi-souple destinée à absorber les imperfections d'usinage. (Sous l'effet de la pression, le siège s'imprime dans cette partie ce qui constitue la principale cause de détérioration)

### Questions / Réponses

- Quelle est la différence entre un clapet amont, un clapet aval et un clapet compensé ?

*Sous l'action de la pression, le clapet amont se ferme, le clapet aval s'ouvre. La pression est sans effet sur un clapet compensé.*

- À quoi sert la partie semi souple du clapet ?

*À absorber les imperfections d'usinage.*

- Quelle est la partie la plus sujette à une fuite ?

*La partie semi-souple car elle se détériore à la longue et à l'usage.*

- Quel est l'avantage d'un clapet aval ?

*Au repos, au 1er étage il reste ouvert et n'abîme pas la partie semi-souple du clapet.*

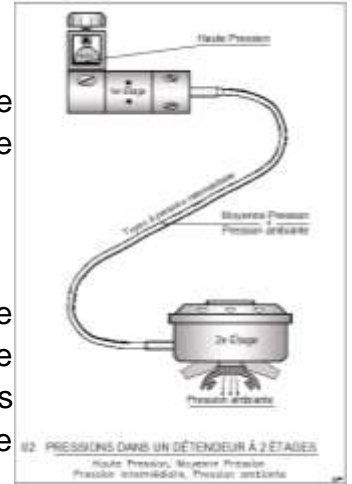
\*\*\*\*\*

## Fiche 02 - Haute Pression, Moyenne Pression, Pression intermédiaire et Pression ambiante.

En général, toutes les pressions sont relatives à la surface à laquelle le plongeur est sensé revenir et où la pression ambiante est supposée égale à zéro.

Aujourd'hui les plongeurs utilisent des détendeurs à 2 étages.

Le premier étage est alimenté par la haute Pression (qui peut s'écrire HP) Elle est fournie par un bloc de plongée gonflé à une pression de service maximum qui peut être de 200 - 230 ou 300 bars suivant les blocs utilisés. (Les 176 bars ne se fabriquent plus mais il en existe encore)



Au cours de son utilisation le plongeur doit éviter que la HP ne descende en dessous d'une certaine valeur qu'on appelle pression de réserve. (*Souvent 50 bars, à préciser par le DP suivant les caractéristiques de la plongée*)

Le premier étage d'un détendeur fournit une Moyenne Pression constante, qui peut s'écrire (MP) et qui s'ajoute à la Pression ambiante variable avec la profondeur et qui peut s'écrire (Pa). La pression (MP + Pa) qu'on appelle Pression intermédiaire (Pi) alimente le 2<sup>e</sup> étage.

Celui-ci fournit à la demande une pression égale à la pression ambiante dans la zone d'évolution. Cette Pa est celle à laquelle le plongeur peut respirer sans effort car elle est la même que celle à laquelle travaillent ses muscles respiratoires.

### Questions / Réponses

- Qu'est ce qu'une pression relative.

C'est une pression par rapport à celle régnant à un endroit donné où la pression est supposée être égale à zéro et à laquelle le *plongeur est sensé revenir*. (*Souvent la surface de la mer*)

- Quelles sont les pressions maximum qui alimentent les 1<sup>er</sup> étages des détendeurs.

*Ce sont les pressions de service fournies par les blocs de plongée. (Entre 200 et 300 bars)*

- Quelle est la pression fournie par le premier étage ?

*C'est la Moyenne Pression fixe, ajoutée à la Pression ambiante variable avec la profondeur. (MP + Pa) appelée Pression intermédiaire (Pi).*

- Quelle est la pression délivrée par le 2<sup>e</sup> étage ?

*C'est la Pression ambiante. (Celle qui peut être respirée sans effort)*

- Qu'est-ce que la pression de réserve ?

*C'est la pression que le plongeur doit conserver par sécurité. (Souvent 50 bars, à préciser par le DP suivant les caractéristiques de la plongée)*

- Pourquoi la pression de sortie du 2<sup>e</sup> étage est-elle nécessairement égale à la Pression ambiante ?

*Parce que c'est la pression à laquelle le plongeur peut respirer sans effort.*

\*\*\*\*\*

### Fiche 03 - Principe de compensation

Le but de la compensation des détendeurs est de rendre leurs performances indépendantes de la variation de la Haute Pression pour le premier étage et de la Pression Intermédiaire pour le deuxième. (HP et Pi)

Pour les détendeurs haut de gamme, bien que le premier étage soit déjà compensé, il est nécessaire de compenser le deuxième étage pour tenir compte des chutes de pression qui ne manquent pas de se produire dans le tuyau d'alimentation.

La compensation consiste à équilibrer les forces dues aux pressions qui s'exercent sur un clapet de façon à rendre son fonctionnement indépendant de la pression d'alimentation.

Il existe 2 principaux types de compensation :

- Par une buse mobile : surtout utilisée au premier étage. La haute pression qui appuie sur la buse n'a que des composantes opposées perpendiculaires à son axe et qui s'annulent. Il n'existe théoriquement aucune composante dans l'axe qui tendrait à ouvrir ou fermer ce type de clapet.
- Par une chambre de compensation : utilisée aussi bien au 1er qu'au 2e étage. La pression d'alimentation a tendance à ouvrir le clapet mais elle le traverse pour aboutir dans une chambre fermée où elle exerce une pression inverse qui a tendance à le fermer. Sous réserve que les surfaces soient égales la force résultante tendant à ouvrir ou à fermer ce clapet est nulle.

#### Remarques :

- Contrairement à ce que l'on écrit trop souvent, ce n'est pas une membrane qui est compensée, mais c'est toujours un clapet.
- La pression intermédiaire ne dépend plus que de la pression ambiante.
- Un 2e étage compensé est généralement alimenté par un 1er étage compensé.

### Questions / Réponses

- Pourquoi est-il nécessaire de compenser les clapets.

*Pour les rendre indépendants des variations de leur pression d'alimentation.*

- En quoi consiste la compensation d'un détendeur ?

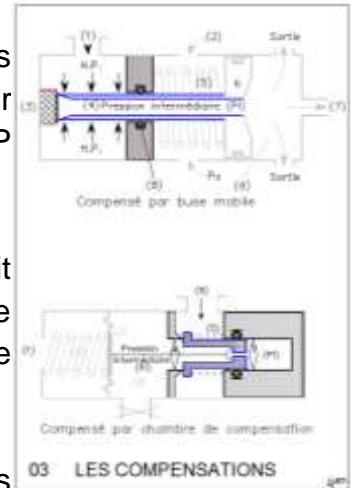
*À équilibrer les forces dues aux variations de pression qui agissent sur le clapet.*

- Pourquoi est-il parfois nécessaire de compenser le 2<sup>e</sup> étage d'un détendeur.

*Pour que le 2<sup>e</sup> étage ne subisse pas les chutes de pression dans le tuyau.*

- Pourquoi est-il impropre d'écrire "Détendeur à membrane compensée"

*Parce que c'est toujours un clapet et jamais une membrane pas plus qu'un piston qui est compensé.*



\*\*\*\*\*

## Fiche 04 - Premier étage à piston simple – Clapet aval non compensé

### Phases du fonctionnement

- 1) Au repos, bouteille fermée, le ressort repousse le piston et maintient le clapet ouvert.
- 2) À l'ouverture de la bouteille, l'air passe dans la chambre arrière du piston où la pression monte jusqu'à ce qu'elle soit suffisante pour que le piston referme le clapet.  $P_i = MP + P_a$
- 3) À l'inspiration la  $P_s$  diminue, le ressort repousse le piston avec le clapet. L'air, haute pression, pénètre à nouveau dans la chambre sèche et derrière le piston jusqu'à obtenir l'équilibre des forces en présence. Le clapet se ferme.
- 4) En descente en profondeur, la  $P_a$  augmente, le clapet s'ouvre jusqu'à un nouvel équilibre.
- 5) Pendant l'expiration : Le clapet est fermé, la pression à la sortie  $P_i = MP + P_a$ .

### Forces en présence à l'équilibre

Celles qui ont tendance à ouvrir le clapet :

- Dans la chambre humide, la force  $F_r$  du ressort appuie sur le piston.
- Dans la chambre humide, la pression  $P_a$  appuie sur la surface  $Sp_1$  du piston.
- La Haute Pression appuie sur la surface  $Sc$  du clapet.

Celle qui a tendance à le fermer :

- Dans la chambre arrière, la pression venant de la chambre sèche appuie sur la surface  $Sp_2$ .

### Remarques :

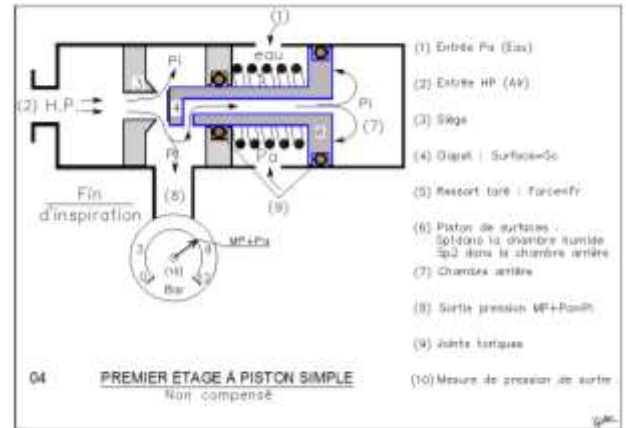
- Pour simplifier, on a considéré que  $Sp_1 = Sp_2$ . L'erreur n'est que de quelques %.
- Un mauvais état du siège ou du clapet ou leur usure peut se traduire par une fuite.
- La HP tend à ouvrir le clapet. Si elle diminue, il y a besoin de moins de MP pour le refermer.

*(Les performances du 2<sup>e</sup> étage diminuent donc en fin de plongée)*

- Le réglage de la MP se fait en réglant la force du ressort.
- En stockage, le clapet reste ouvert ce qui évite le marquage du siège.

### Questions / Réponses

- Décrivez l'une des phases du fonctionnement au repos, à l'inspiration, à l'expiration...  
*Exemples : À l'inspiration, la pression intermédiaire  $P_i$  diminue, l'équilibre des forces est rompu. Le ressort repousse le piston, le clapet s'ouvre, la pression de sortie augmente jusqu'à rétablir l'équilibre des forces.*  
*À l'expiration, le 1<sup>er</sup> étage n'est pas sollicité, le clapet reste fermé.*
- Quelles sont les forces en présence à l'équilibre.  
*La HP appuie sur la surface du clapet et tend à l'ouvrir.*  
*Le ressort et la  $P_a$  appuient sur la surface du piston et tendent à ouvrir le clapet.*  
*La pression  $P_i$  appuie sur la face  $Sp_2$  du piston et maintient le clapet fermé.*
- Comment peut-on régler la moyenne pression ?  
*En ajustant la force du ressort.*
- De quel type est le clapet : amont ou aval ?  
*Du type aval*
- Quelle conséquence cela entraîne t-il sur le fonctionnement ?  
*Quand la HP diminue, la MP diminue d'où perte de performance au 2<sup>e</sup> étage.*
- Comment détecte t-on une petite fuite à un premier étage ?  
*À l'ouverture de la bouteille, la fuite apparaît avec un léger retard au deuxième étage le temps que la pression intermédiaire dépasse  $MP + P_a$ .*

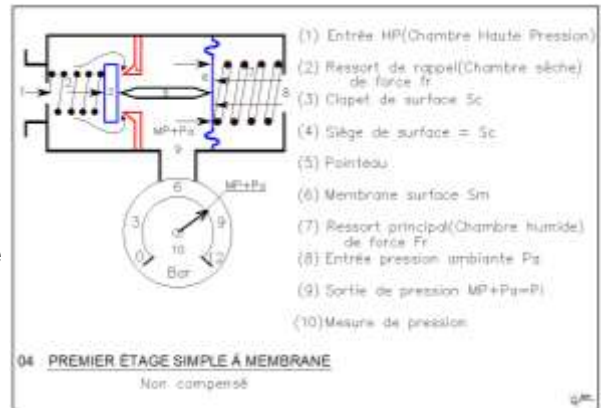


\*\*\*\*\*

## Fiche 04 - Premier étage à membrane – Clapet amont non compensé

### Phases du fonctionnement

- 1) Au repos, bouteille fermée, le ressort de force  $F_r$  repousse la membrane et maintient le clapet ouvert.
- 2) Quand on ouvre la bouteille, l'air passe dans la chambre sèche où la pression monte jusqu'à ce qu'elle soit suffisante pour que la membrane referme le clapet en s'opposant dans la chambre humide à la force du ressort et à la Pression ambiante.
- 3) A l'inspiration, la pression de sortie diminue, le ressort et la pression ambiante repoussent la membrane ce qui ouvre le clapet. L'air, haute pression pénètre à nouveau dans la chambre sèche jusqu'à obtenir l'équilibre des forces en présence.
- 4) À la descente, la  $P_a$  augmente, le clapet s'ouvre laisse passer l'air pour rétablir l'équilibre.



### Forces en présence à l'équilibre

Celles qui ont tendance à ouvrir le clapet :

- La force  $F_r$  du ressort (7) appuie sur la membrane (6). (*Dans la chambre humide (8)*)
- La pression  $P_a$  appuie sur la surface  $S_m$  de la membrane (6). (*Dans la chambre humide (8)*)
- La Haute Pression (1) appuie sur la surface  $S_c$  du clapet.

Celle qui a tendance à le fermer :

- La pression de sortie  $P_i$  appuie sur la face  $S_m$  de la membrane. (*Dans la chambre sèche (9)*)

### Remarques :

- Un mauvais état du siège ou du clapet peut se traduire par une fuite.
- La HP tend à fermer le clapet, si elle diminue, il faut plus de MP pour le refermer.  
(*Les performances du 2<sup>e</sup> étage augmentent*)
- Le réglage de la MP se fait en réglant la force du ressort. (*Par vissage d'un écrou*)
- En stockage, le clapet est ouvert, ce qui en protège la partie souple.

### Questions / Réponses

- A l'équilibre, quelles sont les forces en présence ?

*Le ressort et la  $P_a$  appuient sur la membrane et tendent à ouvrir le clapet.*

*La HP appuie sur la surface du clapet et a tendance à le fermer.*

*La pression de sortie,  $MP+P_a$  appuie sur la face opposée de la membrane et tend à le fermer.*

- Comment peut-on régler la moyenne pression ?

*En ajustant la force du ressort. (Cela ne doit se faire qu'au cours de l'entretien)*

- De quel type est le clapet : amont ou aval ?

*Du type amont.*

- Quelle conséquence cela entraîne-t-il sur le fonctionnement ?

*Quand la HP diminue, la MP augmente d'où augmentation de performance du 2<sup>e</sup> étage.*

- Comment détecte-t-on une petite fuite à un premier étage ?

*À l'ouverture de la bouteille, la fuite apparaît avec un léger retard au deuxième étage, le temps que la Pression intermédiaire dépasse  $MP+P_a$ .*

- Décrivez le fonctionnement de ce 1<sup>er</sup> étage à l'inspiration et à l'expiration.

*À l'inspiration, la pression de sortie diminue, l'équilibre des forces est rompu. Le ressort repousse la membrane, le clapet s'ouvre, la pression de sortie augmente jusqu'à ce que l'équilibre des forces soit rétabli.*

*À l'expiration, le 1<sup>er</sup> étage n'est pas sollicité, le clapet reste fermé.*

\*\*\*\*\*

## Fiche 05 - Premier étage à piston

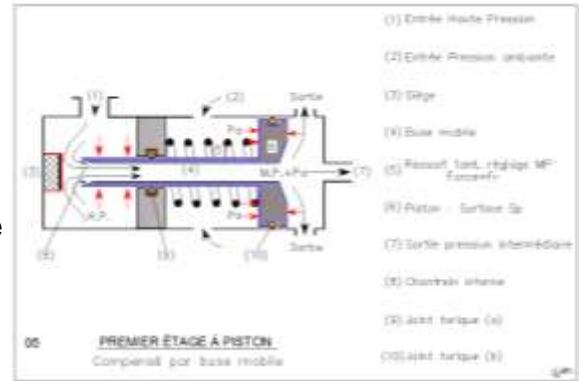
(Compensation par buse mobile)

### Principe du fonctionnement

Dans ces détendeurs l'air arrive à travers le clapet. Celui-ci a la forme d'une buse mobile (tuyau cylindrique de faible longueur) qui, lorsqu'elle s'écarte du siège, permet à l'air de la traverser (4).

On voit que la pression s'exerce autour et perpendiculairement à la buse et, quelle que soit cette pression, il n'existe aucune force suivant son axe tendant à l'ouvrir ou à la refermer. L'effort pour fermer ou ouvrir ce type de clapet est donc nul.

À l'inspiration la force due à la pression intermédiaire diminue, le ressort repousse le piston et le clapet s'ouvre.



### Forces en présence à l'équilibre

- Les forces dues à la HP sur la buse s'annulent.

Celles qui tendent à ouvrir le clapet :

- La force du ressort.

- Dans la chambre humide, la Pression ambiante sur la surface du piston.

Celle qui tend à fermer le clapet :

- La pression intermédiaire de sortie  $P_i = MP + P_a$  qui agit sur la surface du piston

### Avantage :

Il n'y a pas d'espaces confinés. Le flux d'air qui traverse la buse élimine l'eau et les dépôts qui peuvent s'y introduire. Ces détendeurs sont donc auto-nettoyants.

### Inconvénients :

- La buse traverse l'eau ambiante qui peut geler sous l'effet de la détente de l'air. (Dans sa version la plus simple, ce type de détendeur est très sensible au givrage)

- L'accès au réglage du ressort qui détermine la MP est difficile. Elle se règle au montage par des cales d'épaisseur.

- Lorsque le premier étage est immergé sans protection, lors d'un rinçage de l'eau peut pénétrer dans la chambre HP et même parfois jusqu'au 2<sup>e</sup> étage.

### Questions / Réponses

- Comment ce 1<sup>er</sup> étage est-il compensé

La HP ne s'exerce que perpendiculairement à l'axe de la buse mobile. Il n'y a donc pas de force suivant son axe qui pourraient ouvrir ou fermer ce clapet.

- Comment peut-on régler la MP ?

Elle se règle au montage par des cales d'épaisseur.

\*\*\*\*\*

## Fiche 06 - Premier étage à membrane – Compensé (Compensation par chambre de compensation)

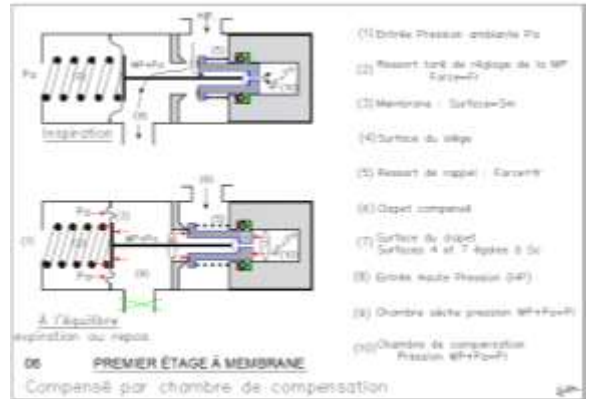
### Principe du fonctionnement

Il consiste à introduire la pression de sortie  $P_i$ , à travers l'axe du clapet, dans une chambre dite de compensation (10) située à l'arrière du clapet où elle exerce une force égale et opposée à celle reçue sur la face avant.

Le clapet est ainsi compensé aussi bien en position

fermée qu'en position ouverte. *(Il ne subit donc pas les variations de la HP)*

À l'inspiration la force due à la  $P_i$  diminue, le ressort repousse la membrane et le clapet s'ouvre.



### Forces en présence à l'équilibre

Les forces dues aux pressions sur les surfaces égales du clapet s'annulent.

Celles qui tendent à ouvrir le clapet :

- Dans la chambre humide, la force  $F_r$  du ressort (2).
- Dans la chambre humide, l'augmentation de la  $P_a$  sur la surface de la membrane.

Celles qui tendent à fermer le clapet :

- La force du ressort  $f_r$  de rappel (5)
- À l'équilibre, la  $P_i$  sur surface de la membrane.

### Avantages :

- La MP étant constante, les performances du 2<sup>e</sup> étage sont plus stables.
- L'accès au réglage du ressort qui détermine la MP est facile. *(Par vissage d'un écrou)*

### Inconvénients :

- La chambre de compensation constitue un espace confiné dans lequel peuvent s'accumuler des dépôts pouvant nuire au fonctionnement.
- Lorsque le premier étage est immergé sans protection, le clapet est ouvert et de l'eau peut polluer la chambre HP, la chambre de compensation et parfois atteindre le 2<sup>e</sup> étage.
- Le joint torique entraîne des frottements qui nécessitent des pièces de très bonne finition.

### Questions / Réponses

- Quelles sont les forces en présence à l'équilibre ?

*Le ressort (2) et la  $P_a$  sur la membrane (3) tendent à ouvrir le clapet.*

*Le ressort de rappel (5) et la pression de sortie sur la membrane (3) tendent à le fermer.*

- Comment est réalisée la compensation ?

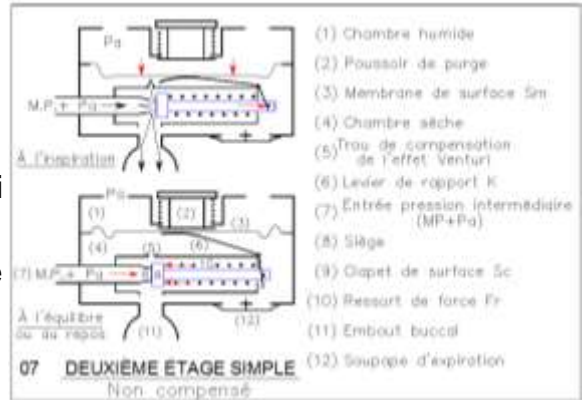
*Par la pression de sortie  $P_i$  qui est appliquée des 2 cotés du clapet.*

\*\*\*\*\*

## Fiche 07 - Deuxième étage simple – Non compensé

### Phases du fonctionnement

- 1) Lorsque le plongeur inspire ou qu'il descend, la membrane (3) s'abaisse, appuie sur le levier (6), ce qui ouvre le clapet (5) en comprimant le ressort (10). L'air fuse alors, en partie vers l'embout (11) et en partie vers l'orifice (5) pour compenser l'effet Venturi.
- 2) Lorsqu'il expire ou qu'il remonte, la soupape d'expiration (12) s'écarte pour laisser échapper l'air vers l'extérieur.



Le poussoir (2) permet de purger la chambre sèche, de faciliter le démontage de la bouteille et de gonfler un parachute.

- À l'inspiration ou à la descente en profondeur, la force due à la différence de pression sous la membrane multipliée par  $K$ , le rapport du levier, ouvre le clapet en comprimant le ressort.

### Forces en présence à l'équilibre

#### Forces en présence à l'équilibre

Celle qui tend à fermer le clapet

- Force du ressort (10).

Celles qui tendent à ouvrir le clapet :

- Force due à la pression intermédiaire sur la surface du clapet.

### Avantages :

Deuxième étage très simple, robuste et bon marché.

Le clapet aval constitue une sécurité qui protège le tuyau MP contre les fuites du 1<sup>er</sup> étage

### Questions / Réponses

- À l'équilibre, quelles sont les forces en présences ?

À tendance à fermer le clapet :

- La force du ressort (10).

Ont tendance à ouvrir le clapet :

- La pression intermédiaire ( $P_i$ ) sur la surface utile du clapet.

- Quelle est la sécurité que procure ce clapet ?

C'est un clapet aval, il protège le tuyau contre les fuites du 1<sup>er</sup> étage.

- À quoi sert le bouton de purge

Le poussoir (2) permet de purger la chambre sèche (4), de faciliter la déconnexion d'avec la bouteille et de gonfler un parachute.

- Décrivez le fonctionnement de ce 2<sup>e</sup> étage à l'inspiration et à l'expiration.

À l'inspiration, la membrane appuie sur le levier qui ouvre le clapet en comprimant le ressort.

L'air fuse vers l'embout.

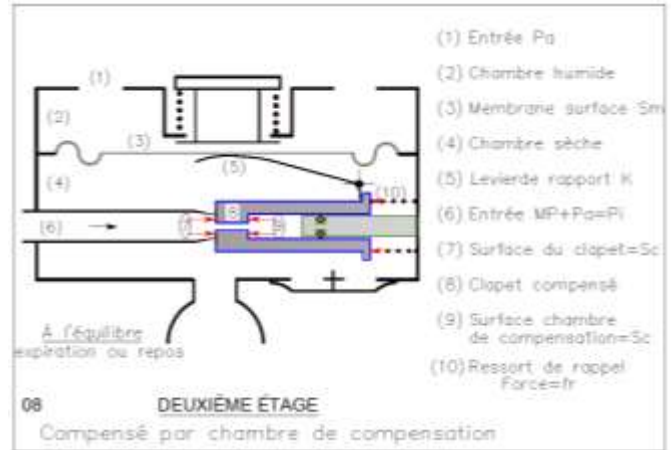
- À l'expiration, la pression fournie par le plongeur dans la chambre sèche repousse la soupape d'expiration. L'air expiré s'échappe dans l'eau ambiante.

\*\*\*\*\*

## Fiche 08 - Deuxième étage – Compensé

### Fonctionnement

- Au repos ou à l'expiration, le clapet est fermé.
- À l'inspiration, une dépression se produit dans la chambre sèche. L'action de la  $P_a$  (1) sur la membrane renforcée par le levier (5) à tendance à ouvrir le clapet en comprimant le ressort de rappel.



### Forces en présence à l'équilibre

(Voir les flèches)

*Le clapet reçoit de part et d'autre la même pression sur des surfaces théoriquement égales. Il est donc compensé.*

La force qui tend à fermer le clapet

- Celle du ressort de rappel (10) =  $f_r$

### Remarque :

Une petite sous compensation est cependant nécessaire pour protéger le tuyau MP en cas de fuite au premier étage.

*(La surface du clapet est un peu plus grande que celle dans la chambre de compensation. Il agit comme un petit clapet aval qui laisse échapper une surpression éventuelle et protège le tuyau)*

### Avantages :

- A l'inspiration, la compensation compense les pertes de pression dans le tuyau, ce qui stabilise les performances.
- Elle permet de réduire le seuil d'ouverture à une valeur très basse.
- Le clapet de rappel est normalement fermé sous une faible pression ce qui au repos évite de dégrader la partie souple. *(Il est toujours nécessaire sur un clapet compensé)*

### Inconvénients :

- La présence du joint torique entraîne la nécessité de pièces d'une grande finition.

### Questions / Réponses

- Quelles sont les forces en présence à l'équilibre ?

*Les forces dues à la pression intermédiaire ( $P_i$ ) (6) sur le clapet (7) s'annulent.*

Celles qui tendent à fermer le clapet :

- Force du ressort (10) de rappel.

Celles qui tendent à ouvrir le clapet :

- Force due aux variations de pression sur la surface de la membrane multipliée par le rapport  $K$  du levier.

- Que se passe-t-il lorsqu'il y a une fuite au 1<sup>er</sup> étage ?

*La  $P_i$  augmente mais une légère sous-compensation du clapet protège le tuyau.*

*(La normalisation impose que le tuyau supporte une pression 4 fois supérieure à celle de la MP)*

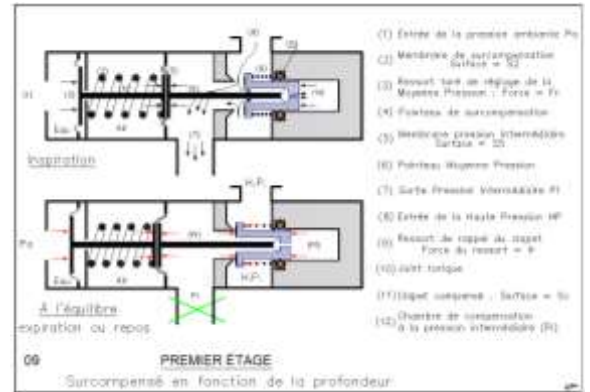
\*\*\*\*\*

## Fiche 09 - La surcompensation par la pression ambiante

### Fonctionnement

- Le clapet est du type compensé.
- On notera que les 2 membranes ont un effet opposé sur la MP mais la surface de la membrane (2) est plus grande et reçoit la Pa. Quand celle-ci augmente, pour rétablir l'équilibre, il faut que la MP augmente.

Pour info : Dans le « Legend » la MP passe de 9 bars à 11 bars entre 0 et 50 m



### Avantages :

En profondeur, la surcompensation permet d'augmenter la MP et donc les performances du deuxième étage.

- La membrane ( $S_2$ ) protège le détendeur contre le givrage et maintient propre le ressort.
- L'augmentation relative de la MP favorise le gonflage des bouées en profondeur.

### Inconvénients :

- En raison de l'augmentation de la MP en profondeur, pour éviter un débit continu, on ne peut utiliser que des deuxième étages compensés.
- Le prix et l'entretien d'un détendeur surcompensé est plus élevé.

### Questions / Réponses

- À quoi sert la surcompensation en fonction de la profondeur ?

*À augmenter la MP et donc les performances du deuxième étage en profondeur.*

- Quel type de second étage conseillez-vous d'utiliser avec un premier étage surcompensé et pourquoi ?

*Utiliser un deuxième étage compensé pour ne pas passer en débit continu en profondeur.*

- Avantages et inconvénients de la surcompensation en profondeur ?

*Avantages :*

*Amélioration des performances en profondeur.*

*Bonne protection contre le givrage et la pollution.*

*Amélioration de la vitesse de gonflage du SSG en profondeur.*

*Inconvénients :*

*Obligation d'utiliser un deuxième étage compensé.*

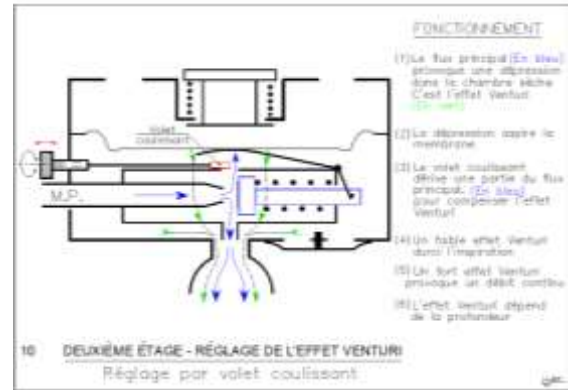
\*\*\*\*\*

## Fiche 10 - Réglage de l'effet Venturi

### Fonctionnement

La membrane est aspirée par l'effet Venturi. Cela risque de faire passer le détendeur en débit continu. Pour compenser cet effet une partie du flux d'air de sortie est envoyée sous la membrane.

Un bouton rotatif permet de compenser plus ou moins l'effet Venturi.



### Remarques :

Il existe d'autres systèmes de contrôle : Tiroir ouvrant ou fermant le trou de compensation - Volet tournant dans le flux d'air sortant - Réglage fixe en usine.

- Compensé au maximum, l'effet Venturi augmente le travail inspiratoire.

- Compensé au minimum, il provoque un débit continu.

*(Les fabricants limitent volontairement ces possibilités)*

### Avantages :

Ajustable par le plongeur, il permet d'optimiser le travail respiratoire en toutes circonstances.

Le réglage permet de durcir un détendeur de secours pour éviter un débit continu.

### Inconvénients :

Le réglage en usine n'est pas optimum dans toutes les situations de plongée. *(Ceci est pratiquement abandonné pour le haut de gamme)*

### Questions / Réponses

- Pourquoi est-il utile de pouvoir régler l'effet Venturi en plongée.

*Parce qu'il varie avec la profondeur.*

- Quels sont les avantages du réglage de l'effet Venturi

*Il permet d'optimiser le travail respiratoire en toutes circonstances.*

*Il permet de durcir un détendeur de secours pour éviter un débit continu.*

- Que se passe-t-il lorsque l'effet Venturi est compensé au maximum / au minimum.

*Compensé au maximum, il augmente le travail inspiratoire.*

*Compensé au minimum, il provoque un débit continu.*

\*\*\*\*\*

## Fiche 11 - Deuxième étage - Effet Vortex

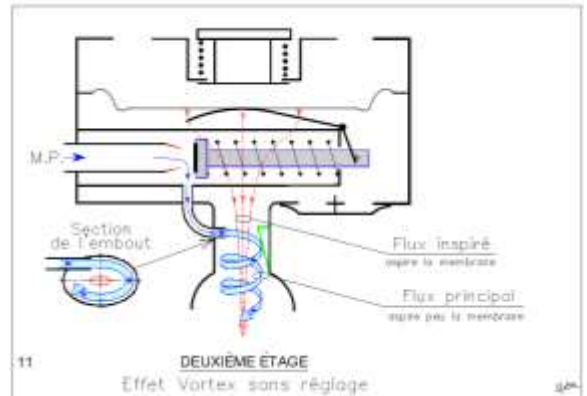
### Fonctionnement

L'effet "Vortex" consiste à séparer l'inspiration du plongeur de l'arrivée de l'air MP en créant un tourbillon dans l'embout du détendeur.

L'arrivée de l'air ne passe pas par la chambre sèche.

Le débit d'air à la sortie de la buse peut être élevé tout en ne provoquant que peu d'effet Venturi.

L'inspiration en basse pression du plongeur emprunte la zone centrale du tourbillon.



Avantages :- L'effet Vortex est plus stable que l'effet Venturi et ne nécessite pas de réglage par l'utilisateur. Ceci facilite l'utilisation et réduit les coûts.

- L'effet Vortex est plus stable que l'effet Venturi et ne nécessite pas de réglage par l'utilisateur. Ceci facilite l'utilisation et réduit les coûts.

- Bonne résistance au givrage. Le flux d'air froid se réchauffe lors de son passage dans le tuyau latéral.

- Ce flux ne rencontre pas le mécanisme du détendeur ce qui réduit encore les risques de givrage.

### Questions / Réponses

- En quoi consiste l'effet Vortex dans un détendeur ?

*À séparer l'inspiration du plongeur de l'arrivée de l'air.*

- Pourquoi l'effet Vortex ne nécessite t-il pas de réglage ?

*Parce qu'il est plus stable que l'effet Venturi.*

- Pourquoi l'effet Vortex améliore t-il la résistance au givrage ?

*Parce que l'air froid se réchauffe en passant dans le tuyau latéral.*

*Parce que l'air froid ne rencontre pas le mécanisme du détendeur.*

\*\*\*\*\*

## Fiche 12 - Givrage des détendeurs

- La détente de l'air dans un détendeur peut faire descendre sa température de plusieurs dizaines de degrés, bien en dessous de 0°C et provoquer son givrage.
- La norme considère comme risquées les températures ambiantes inférieures à +10°C.

### Fonctionnement

La lutte contre le givrage des détendeurs consiste essentiellement à réchauffer l'air qui y arrive et à isoler par de l'air, de l'huile ou par un revêtement approprié les parties sensibles qui risquent d'être bloquées par le givre. (Membranes, pistons, sièges, leviers, clapets et ressort)

- Le système utilise des échangeurs à ailettes qui réchauffent l'air au contact de l'eau ambiante dont la température est au dessus de zéro.
- Les isolations utilisent de l'huile ou de l'air, pour protéger les membranes des 1<sup>er</sup> étages et, des revêtements qui empêchent le givre de se fixer sur les pièces sensibles des 2<sup>e</sup> étages.

### Parfois utilisé :

- Diminution de la MP pour limiter la détente du 2<sup>e</sup> étage et donc la baisse de température.

*(Une bonne raison pour ne pas utiliser un détendeur qui n'est pas réglé pour résister aux basses températures)*

- Un déshumidificateur constitué de lames métalliques à l'entrée de l'embout condense la vapeur d'eau émise à l'expiration du plongeur. Celui-ci la récupère à l'inspiration ce qui évite qu'elle ne se dépose et ne gèle dans le mécanisme.

### Facteurs favorisants

- Une température ambiante inférieure à 10°C
- Présence d'air humide ou d'eau dans les bouteilles.
- Utiliser des détendeurs non adaptés aux basses températures (< 10°) Voir EN250
- Faire fuser un détendeur dans l'air ou dans l'eau froide.
- Mauvaise configuration du scaphandre. (Mauvaise répartition des tuyaux par étage)
- Utilisation simultanée d'une même source d'air : Détendeur, direct-System, octopus ...
- Efforts physiques et respiratoires importants.
- La profondeur

### Prévention

Avant la plongée :

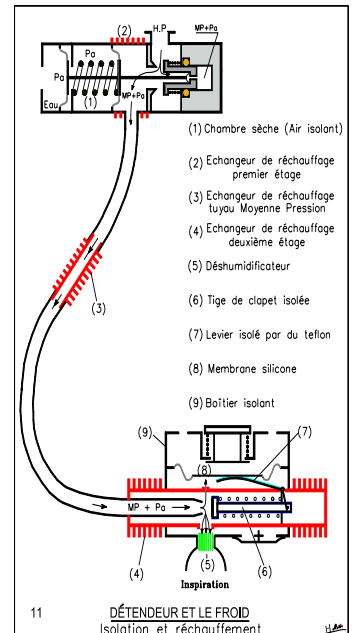
- S'assurer que les plongeurs ont reçu une formation adaptée à l'eau froide.
- Rappeler la conduite à tenir en cas de givrage et de débit continu
- S'assurer que les détendeurs utilisés sont adaptés aux plongées en eau froide.
- Que les scaphandres sont configurés correctement.
- S'assurer d'une bonne répartition des sources d'air.

En cours de plongée

- Éviter les efforts trop importants
- Contrôler sa respiration
- Dans la limite du possible, limiter la profondeur.

### Remarque :

- Aucun fabricant ne peut garantir le bon usage d'un détendeur ainsi que la qualité de l'air utilisé. En conséquence, aucun détendeur n'est garanti à 100 % contre le givrage.



## Questions / Réponses

### - Quels sont les facteurs favorisant

**(Citer au moins les 5 plus importants)**

*Une température ambiante inférieure à 10°C.*

*Présence d'air humide dans les bouteilles.*

*Utiliser des détendeurs non adaptés aux basses températures.*

*Mauvaise répartition des tuyaux entre les 1<sup>er</sup> étages des détendeurs.*

*Utiliser deux 2<sup>e</sup> étages sur un seul 1<sup>er</sup> étage.*

*Utilisation intensive du "Direct System" simultanément avec l'inspiration*

*Aux basses températures, faire fuser un détendeur dans l'air ou dans l'eau*

*Les efforts physiques et respiratoires.*

*La profondeur*

*En plongée en milieu turbide, (eau chargée) isoler les détendeurs du contact avec le milieu ambiant.*

- Pourquoi le risque est plus grand en début de plongée ?

*Le risque est plus grand parce que quand le bloc est plein la détente est plus grande.*

- Pourquoi les fabricants ne peuvent garantir leurs détendeurs à 100% contre le givrage.

*Parce qu'aucun d'entre eux ne peut garantir le bon usage des détendeurs ou la qualité de l'air utilisé. (Son degré hygrométrique)*

### - Quels sont les moyens de prévention

**(Citer au moins les 5 plus importants)**

*Utiliser un compresseur en bon état fournissant de l'air sec*

*Bien purger les robinets des blocs avant le gonflage*

*Aux températures inférieures à 10°C, utiliser des détendeurs adaptés et bien entretenus.*

*En eau très froide, modérer les appels inspiratoires.*

*Ne pas faire fuser un détendeur en eau froide.*

*En milieu chargé, ne pas protéger le détendeur du contact avec le milieu ambiant.*

*Utiliser une robinetterie à 2 sorties avec deux détendeurs complets.*

*Répartir les tuyaux sur les 2 détendeurs et séparer inflation et inspiration.*

*Consignes avant la plongée sur la conduite à tenir.*

*Ne pas utiliser le « Direct System » et un octopus simultanément.*

*Utiliser un « Stop Flow » ! (Robinet qui stoppe le flux d'air)*

*Interrompre la plongée (Qui a gelé, gèlera !)*

\*\*\*\*\*