

Formation théorique Niveau IV



Formation théorique Niveau IV / Sommaire

Aujourd'hui ..

- Réglementation
- Physique appliquée à la plongée
- Système nerveux et plongée
- Les accidents toxiques en plongée
- Système circulatoire et plongée
- Système respiratoire et plongée
- Sphère ORL et plongée
- Eléments de calcul de tables
- Utilisation des tables de plongées
- Procédures particulières de décompression
- Ordinateur de plongée et planification
- **Matériel de plongée – le détendeur**
- Matériel de plongée – compresseur - bouteille
- Matériel de navigation, de sécurité et matelotage
- Orienter et conduire sa palanquée en sécurité
- Etre un guide de la mer connaissant le milieu





Les détendeurs



Formation théorique Niveau IV / Les détenteurs

Présentation



Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs

Constitution

- pièces : laiton chromé, inox, Titane, composites
- 2 types de mécanisme au 1er étage :
 - à piston
 - à membrane

et 2 types de technologie : mécanisme « (sur)compensé »
et « non compensé »

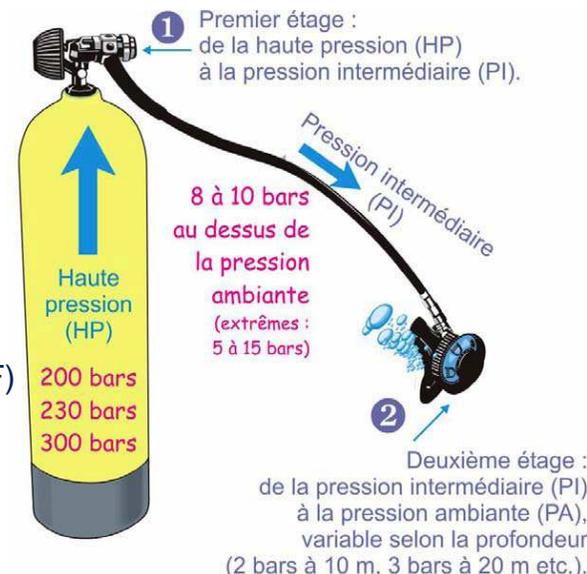
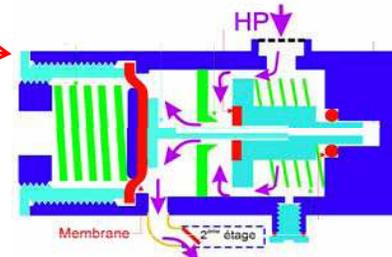
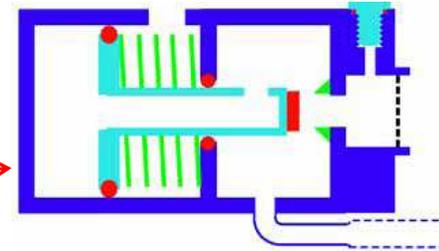
- majorité de détendeurs à 2 étages de détente
- 1er étage au niveau de la robinetterie du bloc
- 2ème étage en bouche

• Performances – Qualités attendues

- effort inspiratoire et expiratoire minimal
- débit suffisant, \forall HP et la t° ambiante, sans givrage
- 1er étage : ventilation + « accessoires »

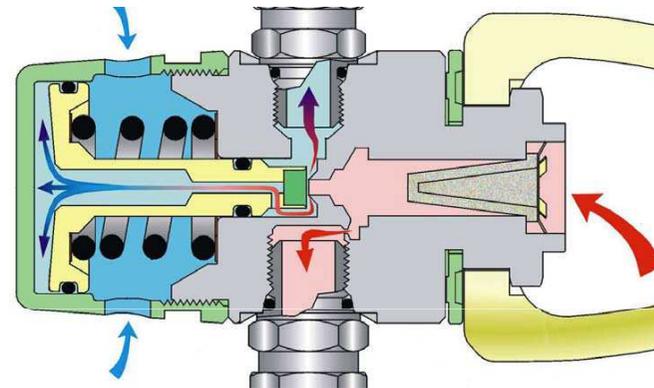
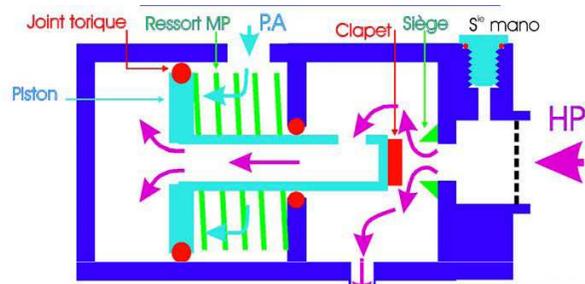
• 2ème étage : ventilation

- légèreté – 2ème étage (en bouche)
- confort en bouche 2ème étage
- faible encombrement, poids total
- possibilités d'adaptation d'accessoires, (tourelle) :
- nombre de sorties MP (pas 3/8 ou 1/2 UNF) ou HP (pas 7/16 UNF)
- 2ème étage, direct-system, console, manomètre

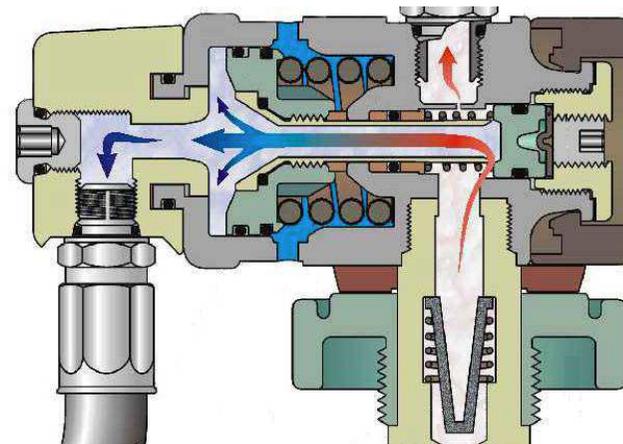
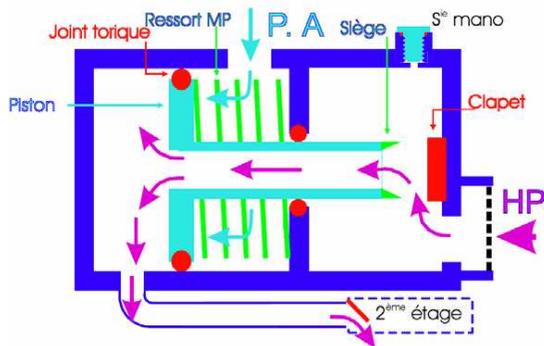


1er étage à piston - constituants de base

Non compensé

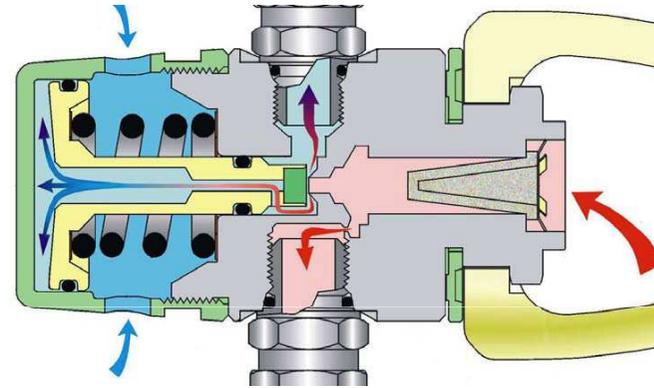
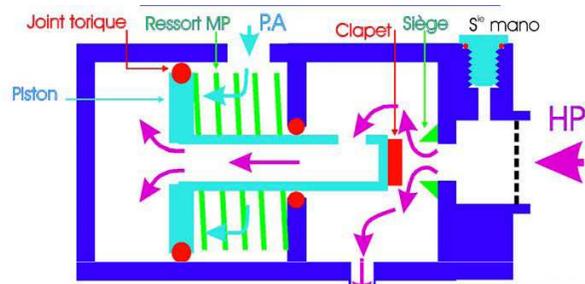


Compensé

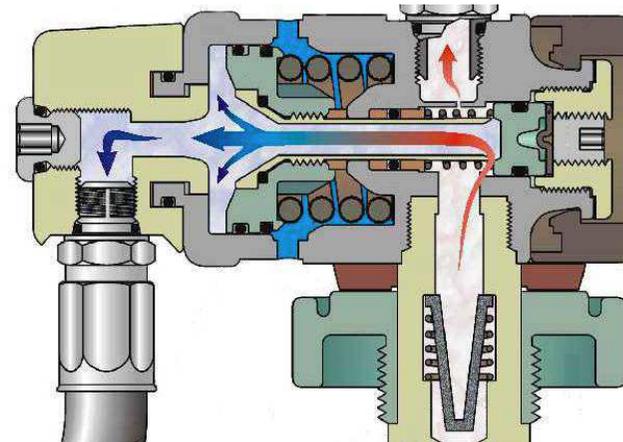
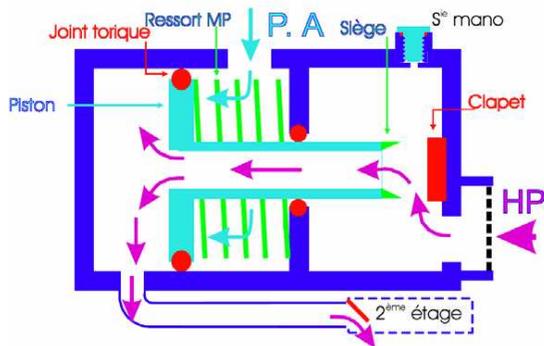


1er étage à piston - constituants de base

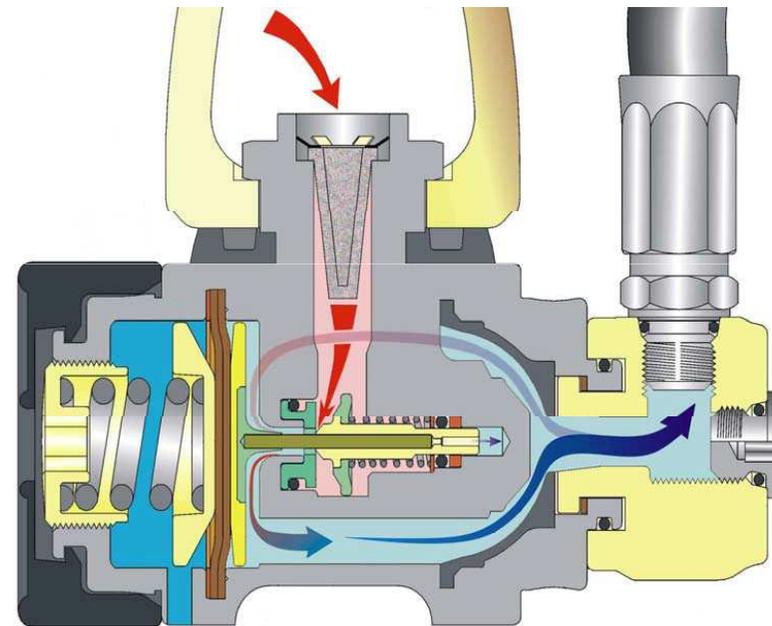
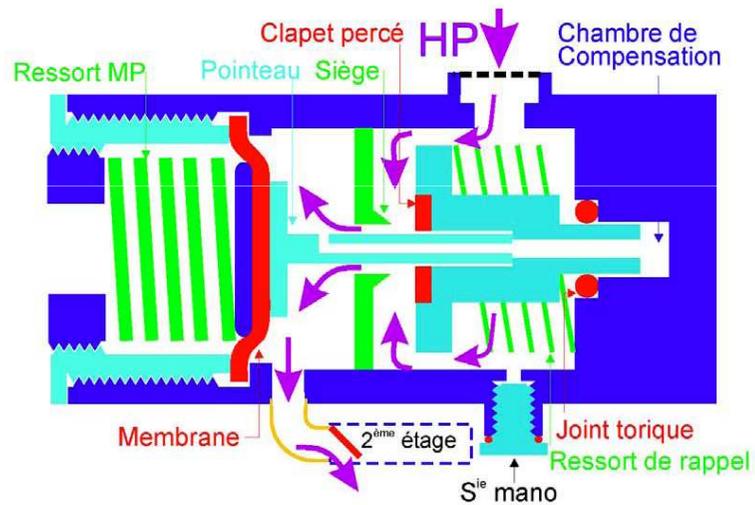
Non compensé



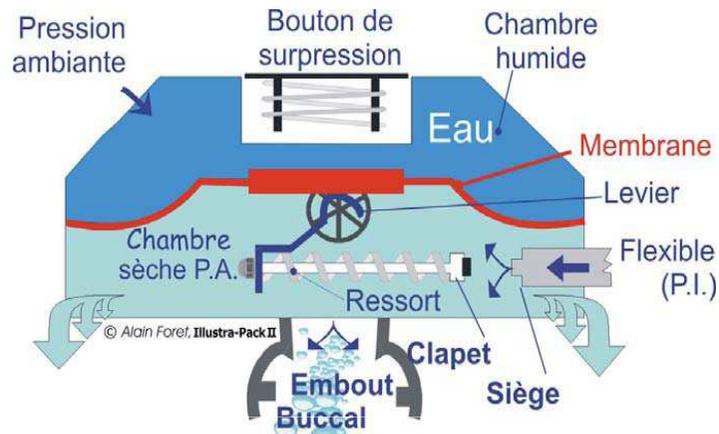
Compensé



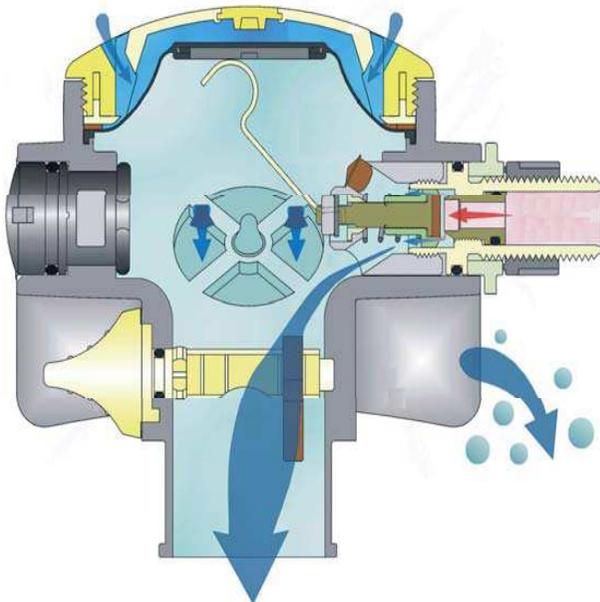
1er étage à membrane compensé - constituants de base



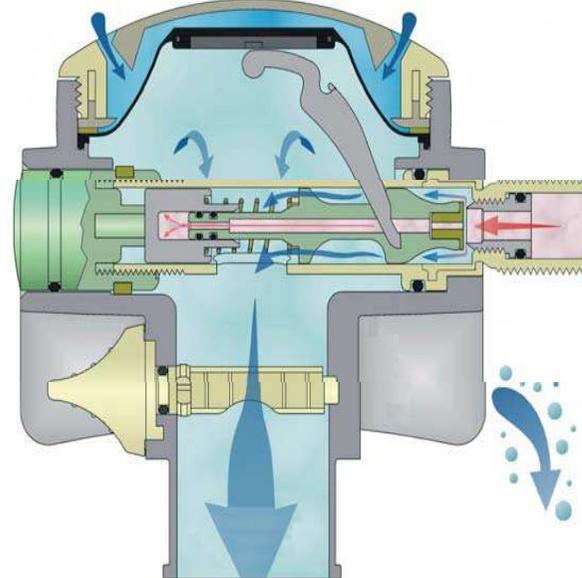
2er étage - constituants de base



Non compensé



Compensé, effet venturi



Amélioration des performances

- Détendeur : organe mécanique assurant la détente d'un gaz
- Fonction : fournir de l'air à la demande, avec un débit suffisant pour un effort inspiratoire et expiratoire ainsi qu'un travail ventilatoire minimal.
- Parmi d'autres, deux paramètres importants et variables influent sur les performances d'un détendeur :
 - la pression du bloc (HP) : diminue
 - la pression de l'air détendu (MP + pression ambiante) : augmente avec la profondeur, ce qui augmente la densité et la viscosité des gaz

➔ impactent les performances « débit », « effort inspiratoire/expiratoire », « travail ventilatoire »

Amélioration des performances

- Pour atteindre ou améliorer les performances



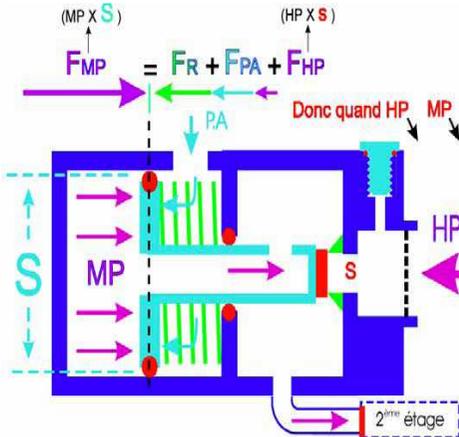
rendre le détendeur insensible à ces effets et/ou introduire des systèmes les palliant :

- réduction et/ou suppression des forces nécessaires au fonctionnement (compensation, surcompensation)
- « assistance » au débit (effet venturi, effet vortex – 2ème étage)
- réduction des frottements, des vibrations des pièces
- réduction du poids des pièces (forme et/ou matériaux employés)
- réduction des pertes de charge à l'écoulement de l'air
- limitation du refroidissement du à la détente de l'air (« radiateurs »)
- isolation thermique des pièces et/ou du détendeur lui-même

La compensation

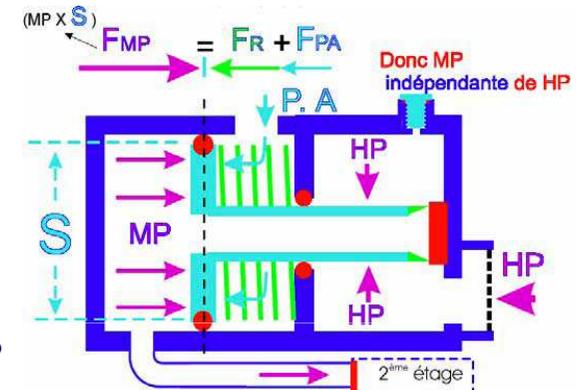


des forces qui tendent à ouvrir le clapet et d'autres qui tendent à le fermer

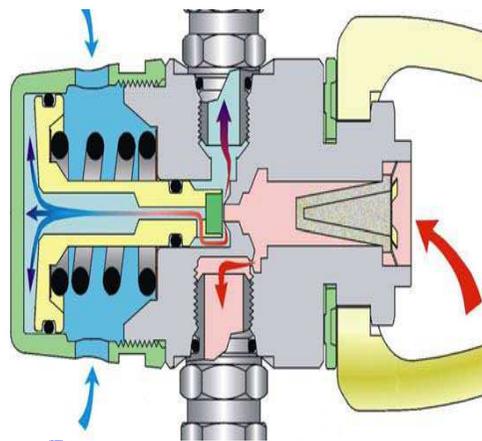


Détendeur non compensé : la MP diminue avec la baisse de pression HP du bloc; l'effort inspiratoire augmente progressivement.

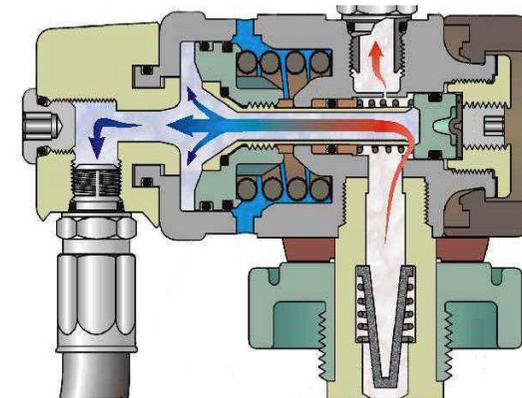
« Compensation » d'un premier étage : suppression de l'intervention de la haute pression dans le bilan des forces intervenant dans le fonctionnement. La MP et l'effort inspiratoire sont constants.



La « compensation » est une conception technologique appliquée aussi bien avec les mécanismes à piston que ceux à membrane, ainsi qu'au deuxième étage.



Non compensé



Compensé

La Surcompensation

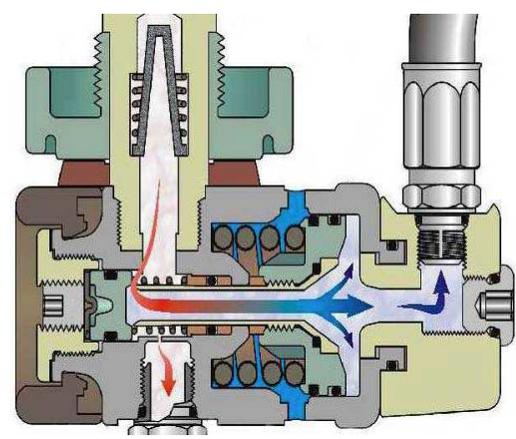
**Pour info.
Hors programme
niveau IV**



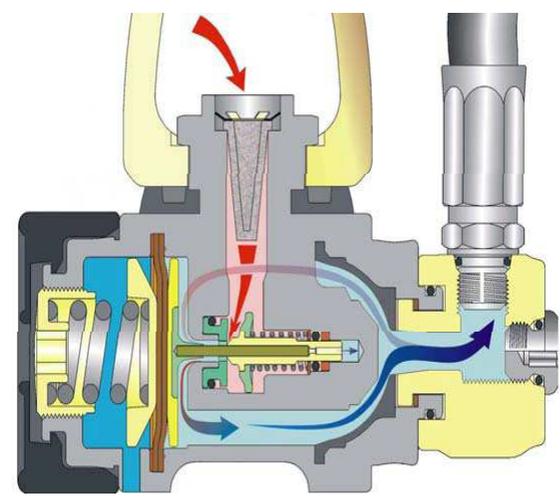
Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs

Pour info.
Hors programme
niveau IV

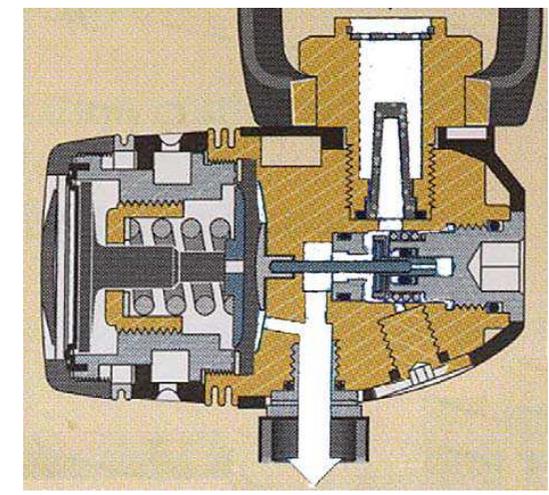
- concepts différents suivant fabricants, suivant mécanisme à piston ou à membrane
- pallier chute de performances du détendeur lorsque MP augmente (augmentation de la pression ambiante, densité et viscosité de l'air) et/ou lorsque la HP diminue (débit)
- utilise les rapports de surface entre les forces qui ouvrent le mécanisme et celles qui le ferment pour générer une augmentation « supplémentaire » de la MP, soit en fonction de la chute progressive de la HP (concept Scubapro), soit en fonction de l'augmentation de la pression ambiante (pour mécanisme à membrane, concept Aqualung)



Scubapro



Scubapro



Aqualung



Fonctionnement du 1^{er} Etage



SOMMAIRE

1. Comparaison différents types de détendeurs
2. Piston Simple
3. Piston Compensé
4. Membrane Simple
5. Membrane Compensée
6. Caractéristiques
7. Les Pannes Possibles

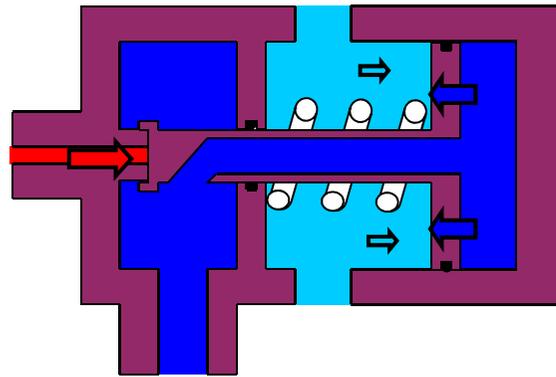
Comparaison des différents types de détenteurs



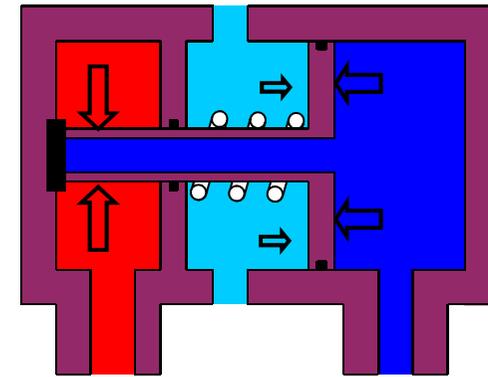
Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs

À Piston

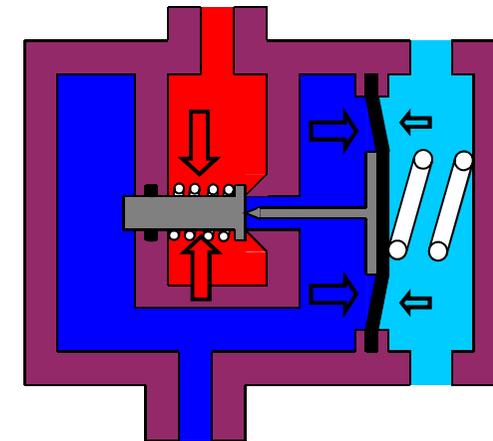
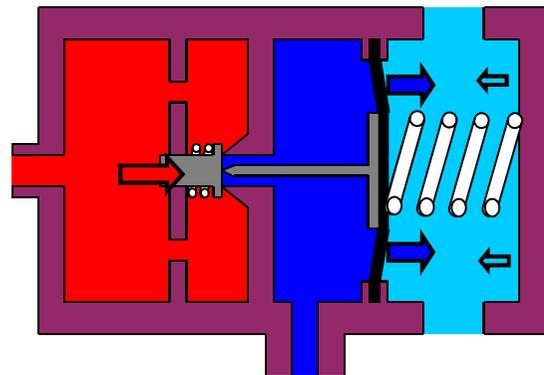
Sans Compensation



Compensé



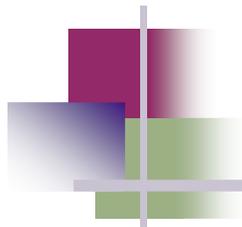
À Membrane



$$HP + PA + PR = MP$$

$$PA + PR = MP$$

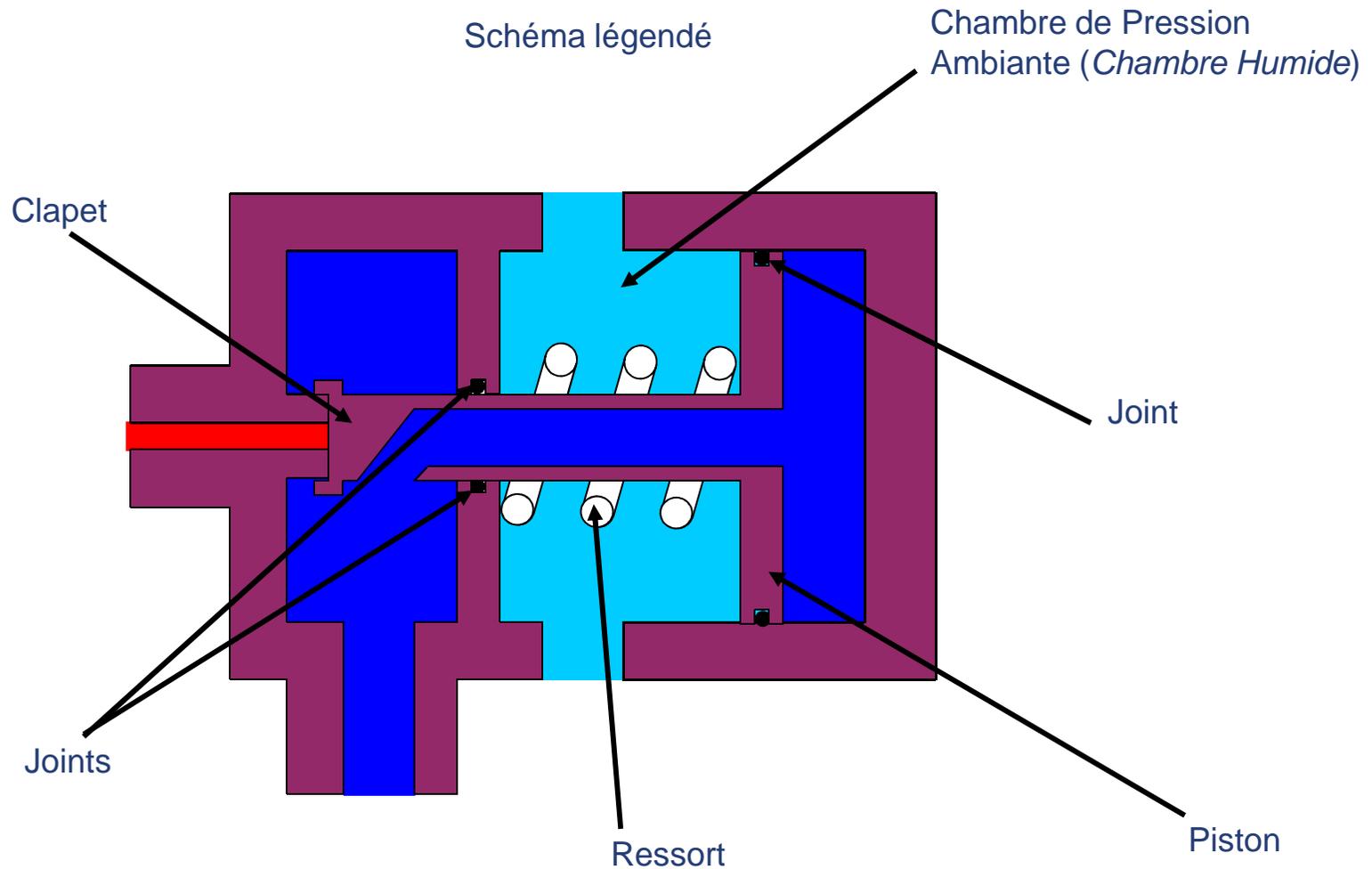




1° Etage Piston Simple



Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs

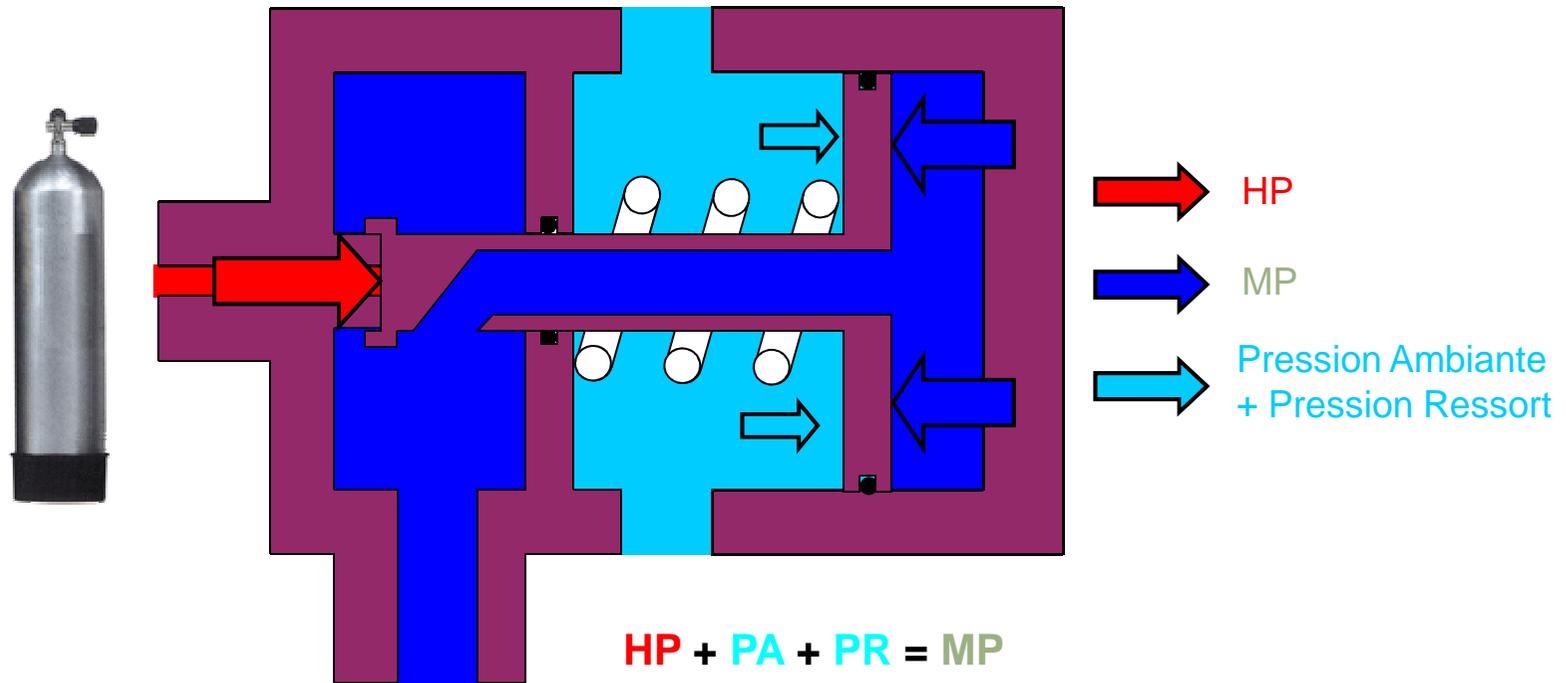


1° Etage Piston Simple



Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs

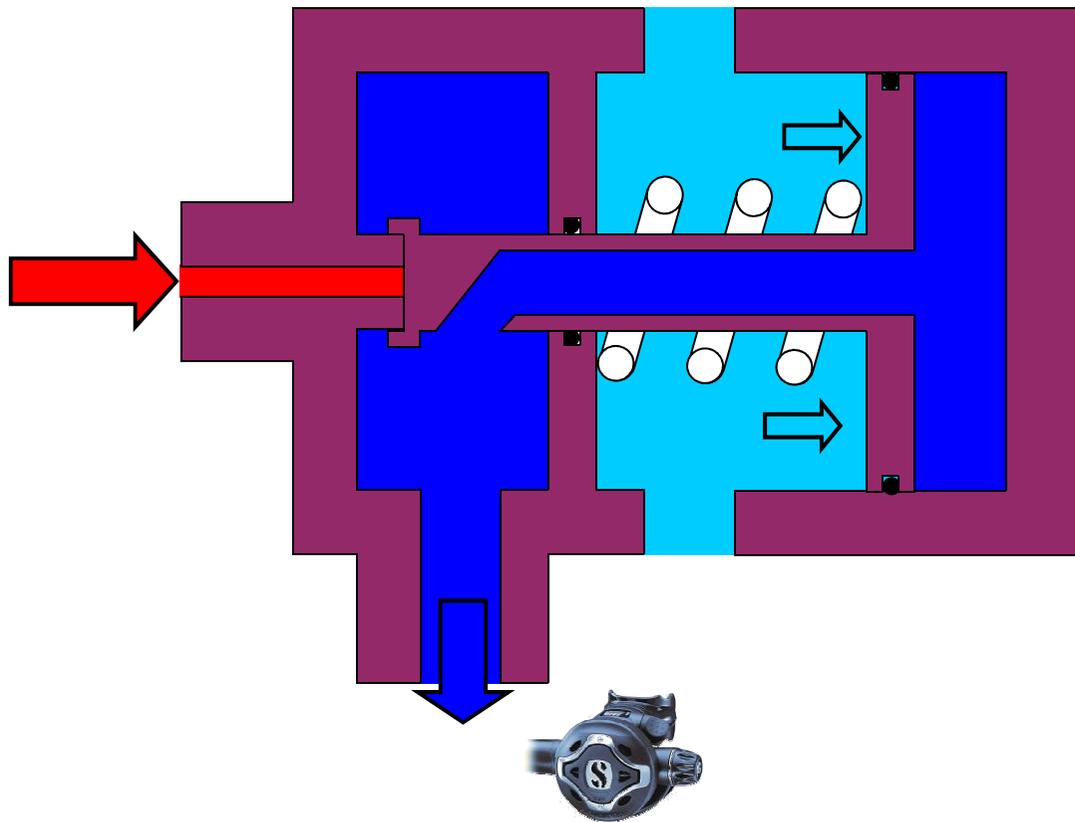
Équilibre des Forces



1° Etage Piston Simple



Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs



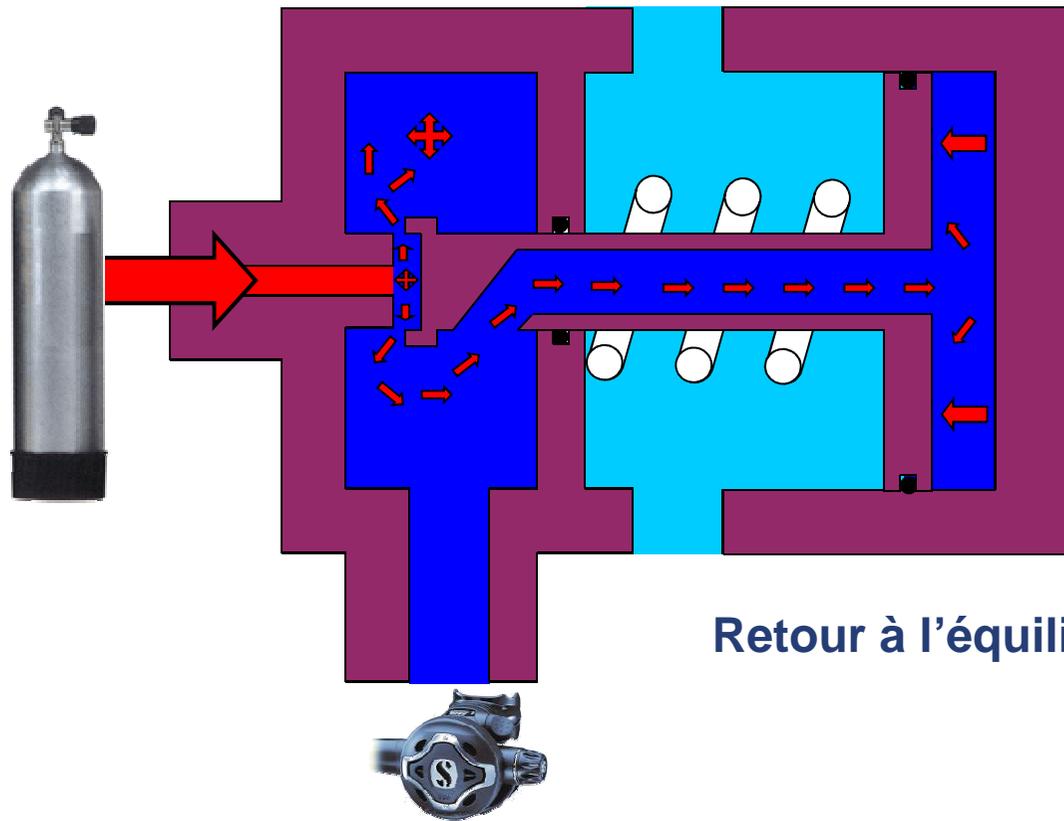
⇒ Déséquilibre des forces
⇒ Le piston se décale

À l'inspiration

1° Etage Piston Simple



Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs



L'air **HP** pénètre dans la chambre **MP**

$$MP > HP + PA + PR$$

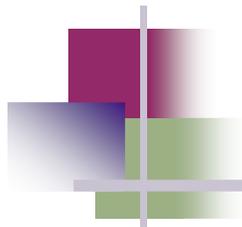
⇒ Le piston est repoussé

Retour à l'équilibre



1° Etage Piston Simple

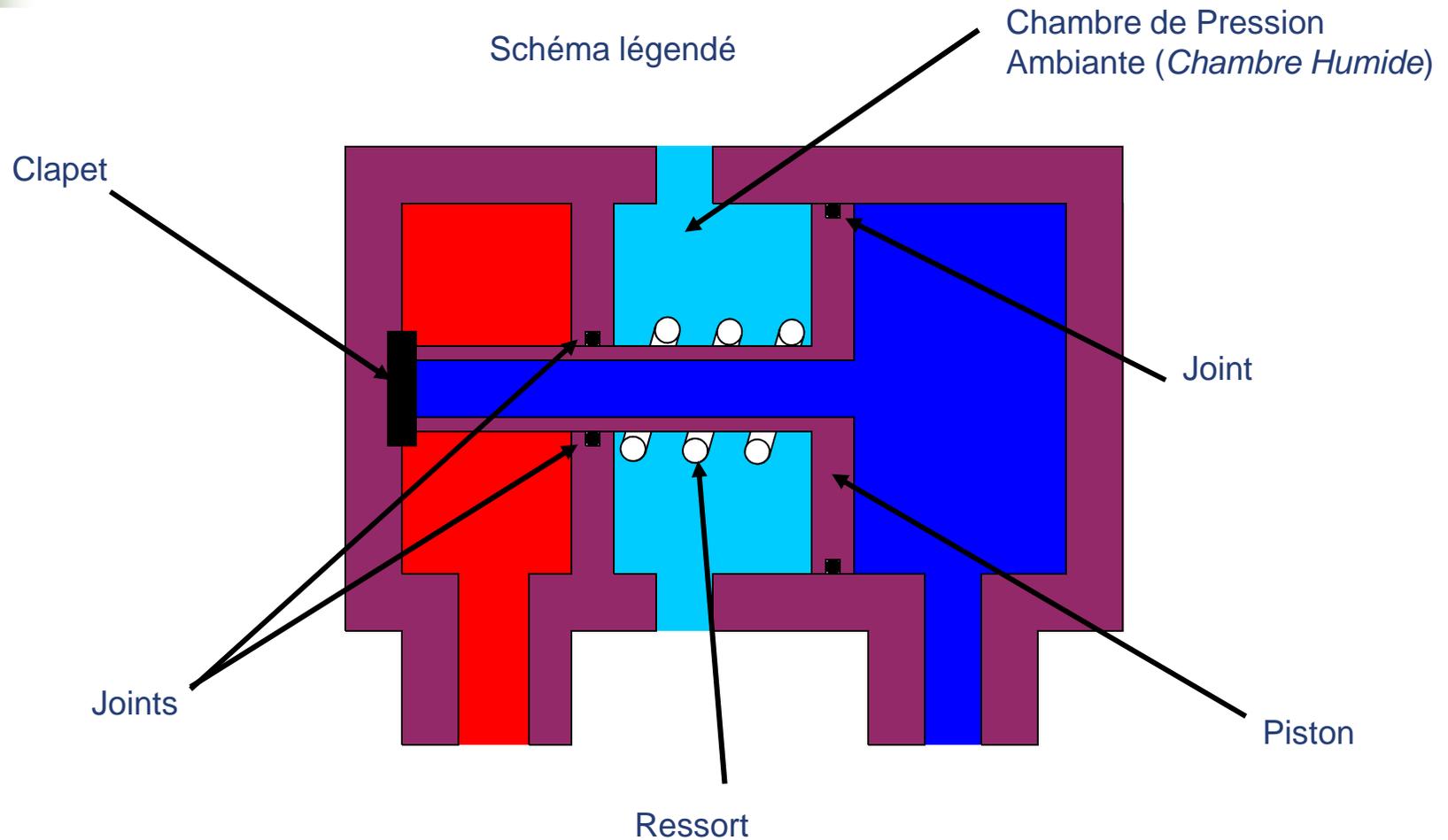




1° Etage Piston Compensé



Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs



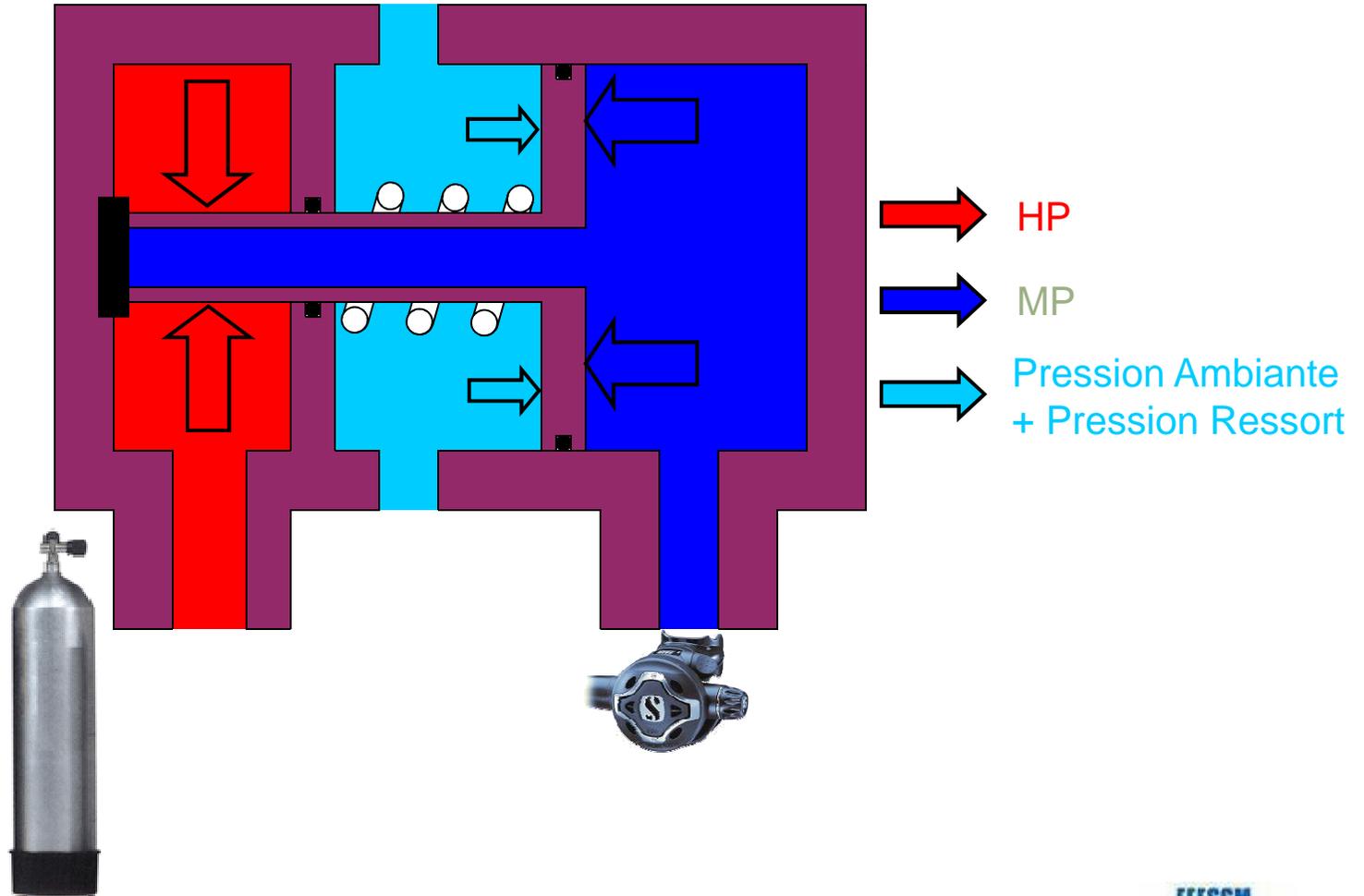
1° Etage Piston Compensé



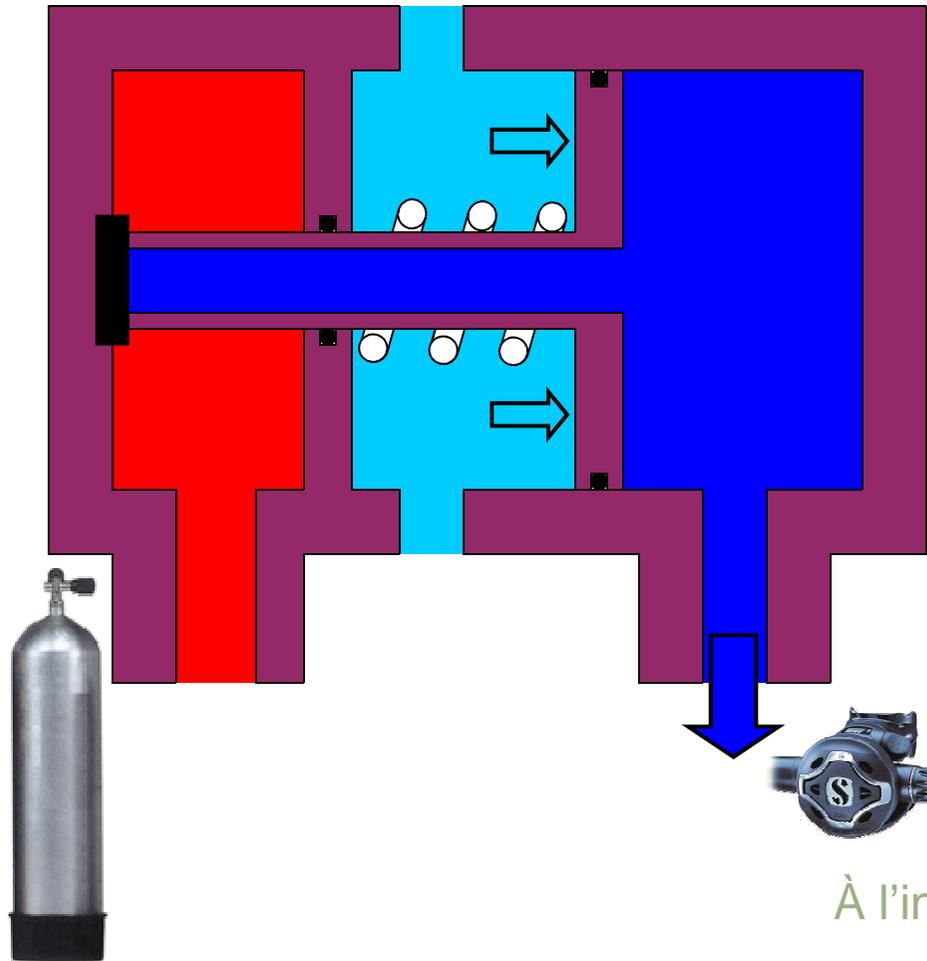
Équilibre des Forces

HP s'annule

$$PA + PR = MP$$



1° Etage Piston Compensé



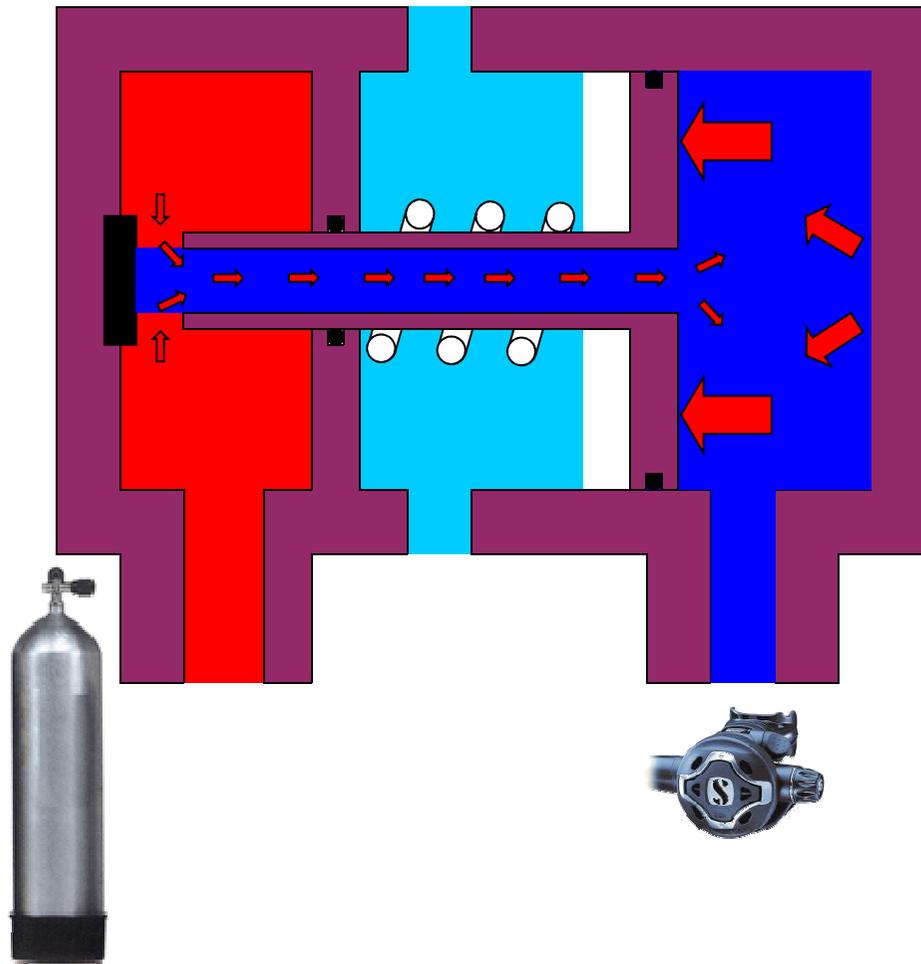
⇒ Déséquilibre des forces

⇒ Le piston se décale

À l'inspiration

1° Etage Piston Compensé

Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs



L'air **HP** pénètre dans la chambre **MP**

⇒ Le piston est repoussé

$$MP > PA + PR$$

Retour à l'équilibre

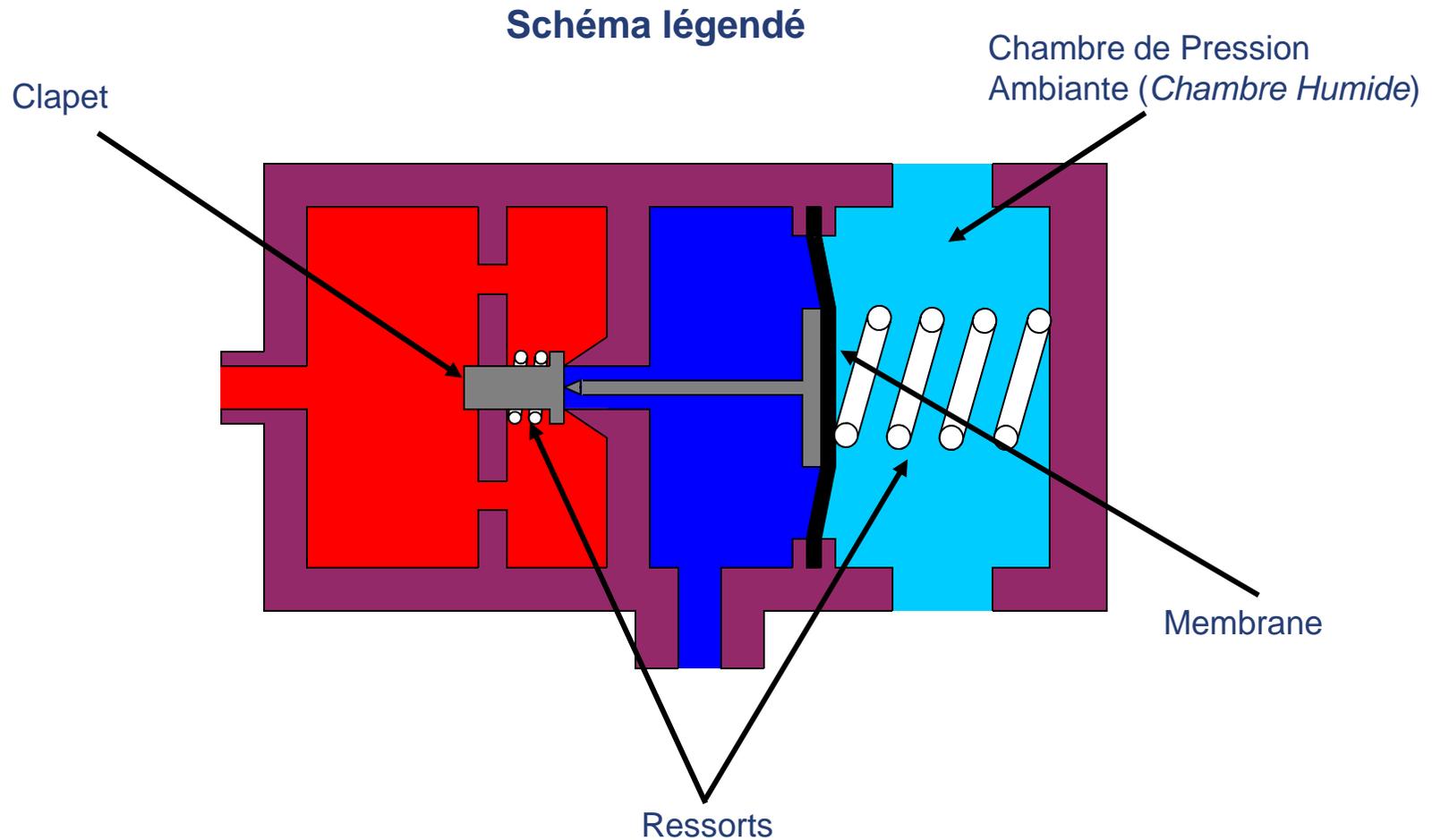


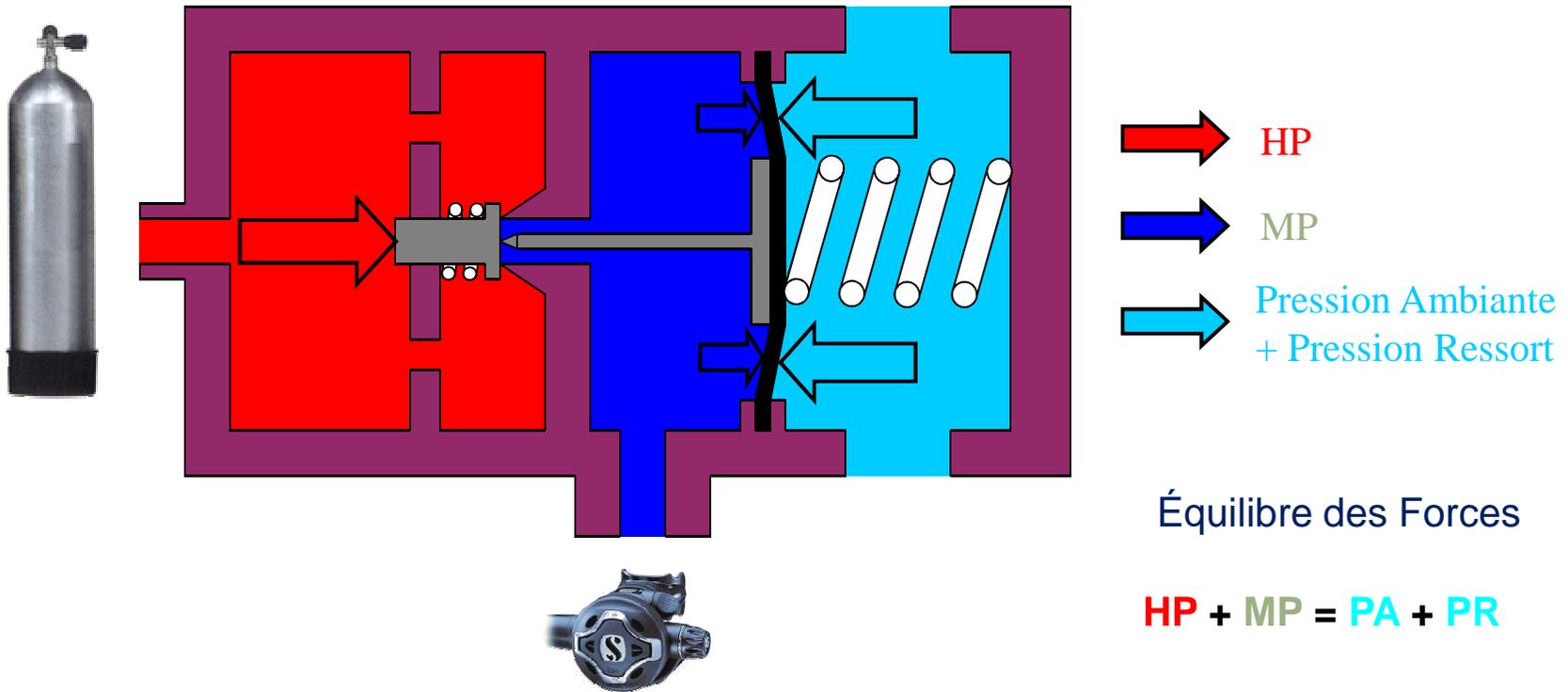
1^o Etage Piston Compensé



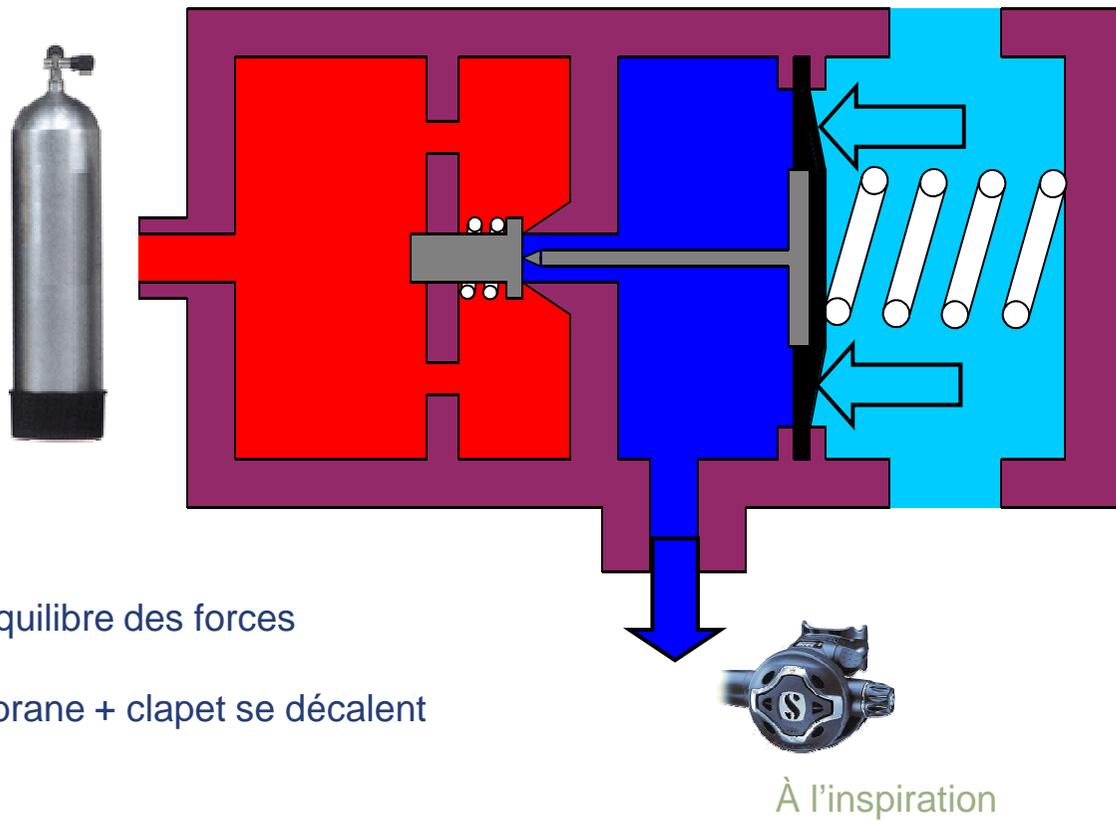
1° Etage à membrane simple



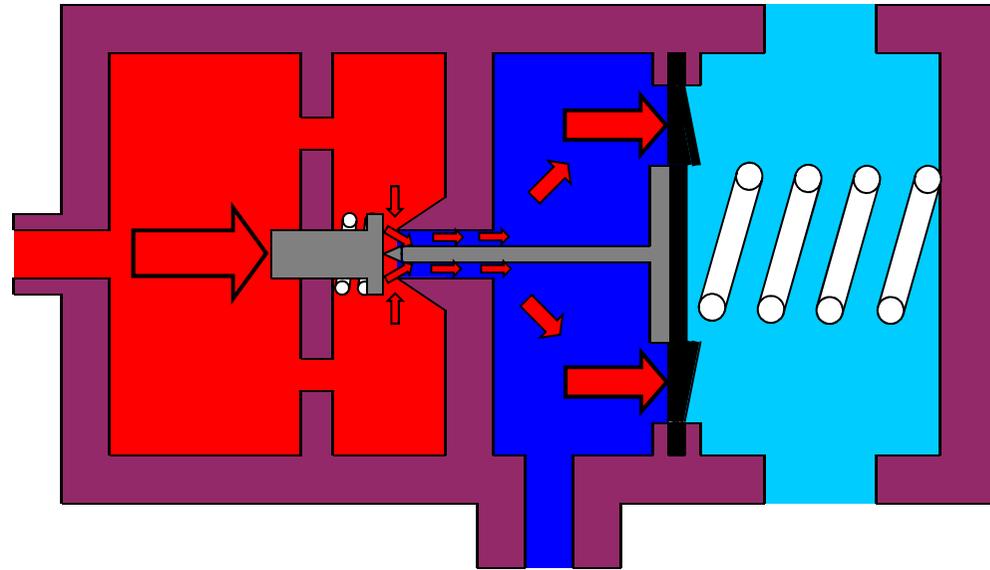




Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs



Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs



L'air **HP** pénètre dans la chambre **MP**

$$\text{HP} + \text{MP} > \text{PA} + \text{PR}$$

membrane + clapet sont repoussés



Retour à l'équilibre



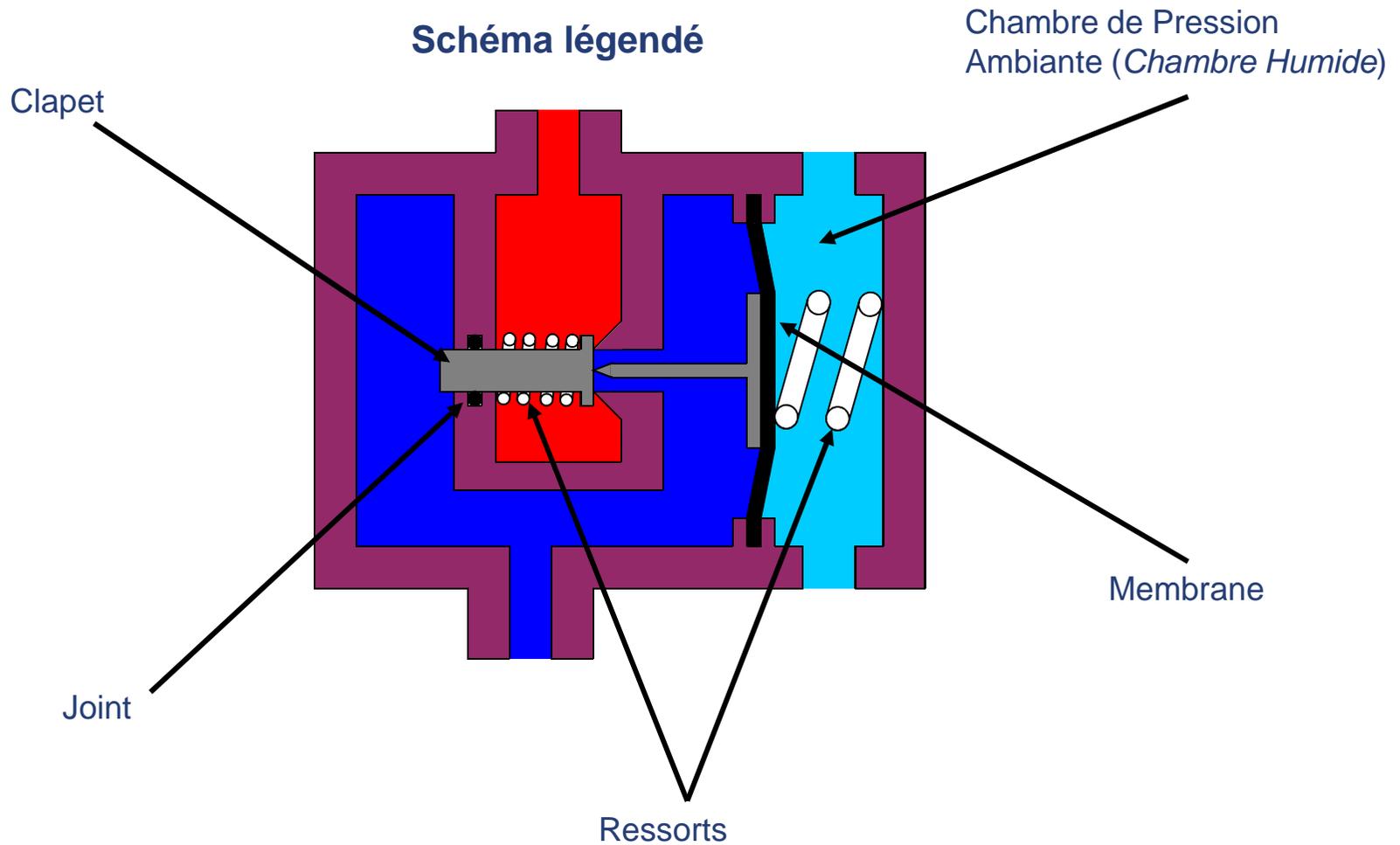
1° Etage Membrane Simple



1° Etage à membrane Compensé



Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs



1° Etage Membrane Compensée



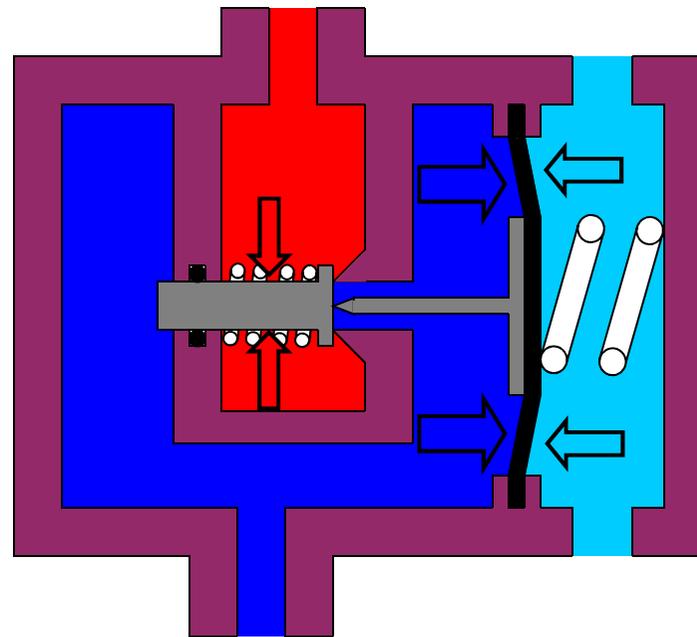
Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs



HP s'annule

Équilibre des Forces

$$MP = PA + PR$$



- HP
- MP
- Pression Ambiante + Pression Ressort



1° Etage Membrane Compensée

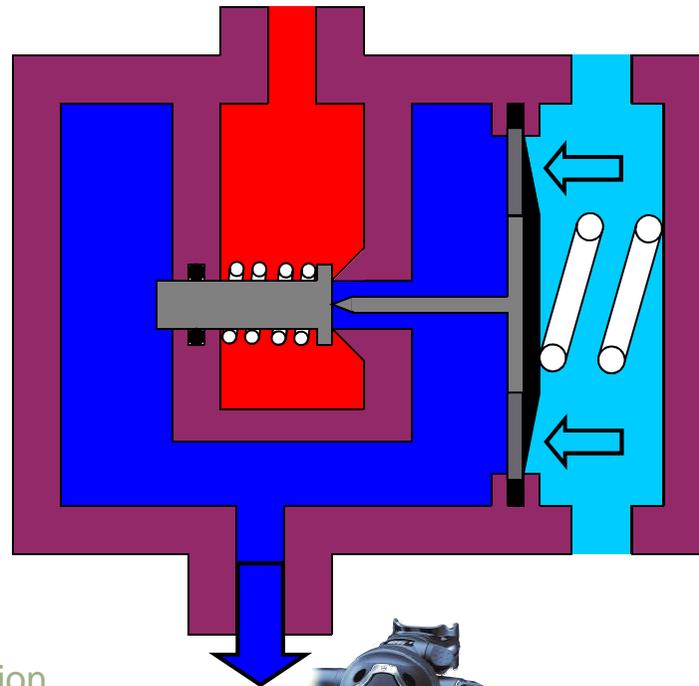


Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs



⇒ Déséquilibre des forces

⇒ membrane + clapet se décalent



À l'inspiration



1° Etage Membrane Compensée



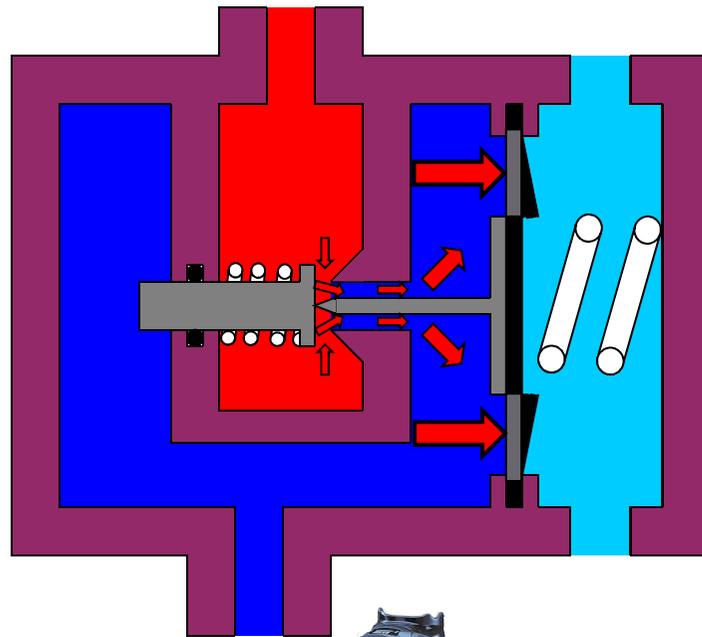
Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs



L'air **HP** pénètre dans
la chambre **MP**

$$MP > PA + PR$$

⇒ membrane + clapet sont
repoussés



Retour à l'équilibre



1° Etage Membrane Compensée



1° Etage : Caractéristiques

Type de fixation : DIN ou étrier

Pression maximale d'utilisation : 200 bars à 300 bars

Moyenne pression : 8 bars à 12 bars

Débit : 1 200 à 10 000 l/min

Poids : 500 g à 1 kg

Filtre HP : fil acier ou bronze, plat, conique, ...



Les Pannes

Fuite au niveau de la fixation sur la robinetterie

- Joint de la robinetterie absent ou défectueux

Mise en débit continu du 2^o étage

- Joint du clapet usé
- Ressorts mal réglés

Bulles s'échappent de la chambre humide

- Joints toriques usés

La réparation d'un détendeur doit être confiée à un spécialiste

(sauf changement des joints du robinet)



Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs



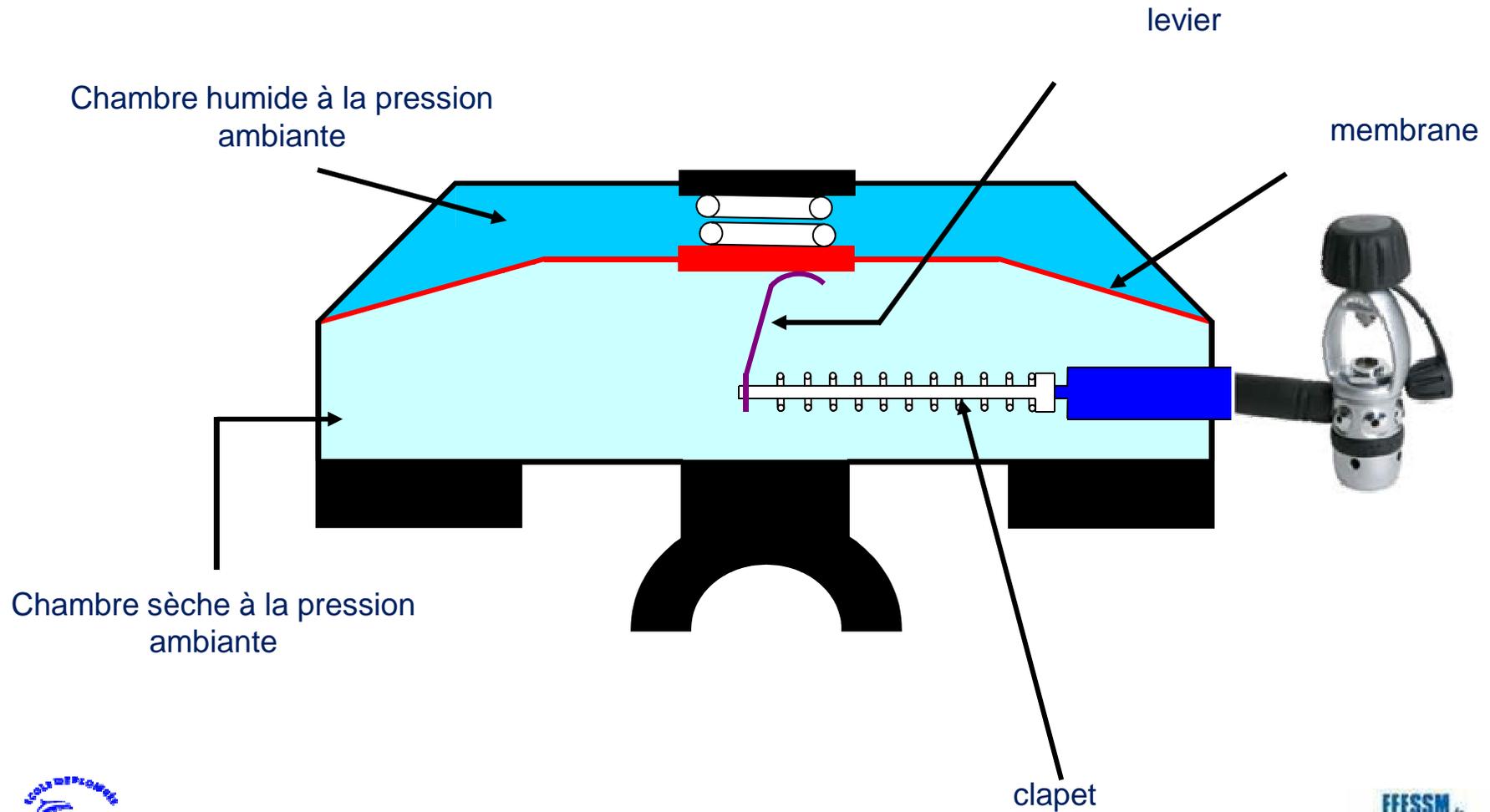
2ème Etage



SOMMAIRE

1. 2° étage Clapet Aval à l'Inspiration
2. 2° étage Clapet Aval à l'Expiration
3. Comparaison Clapet Aval / Clapet Amont
4. D'autres Types de 2° étage
5. Caractéristiques
6. Les Pannes Possibles

Schéma légendé

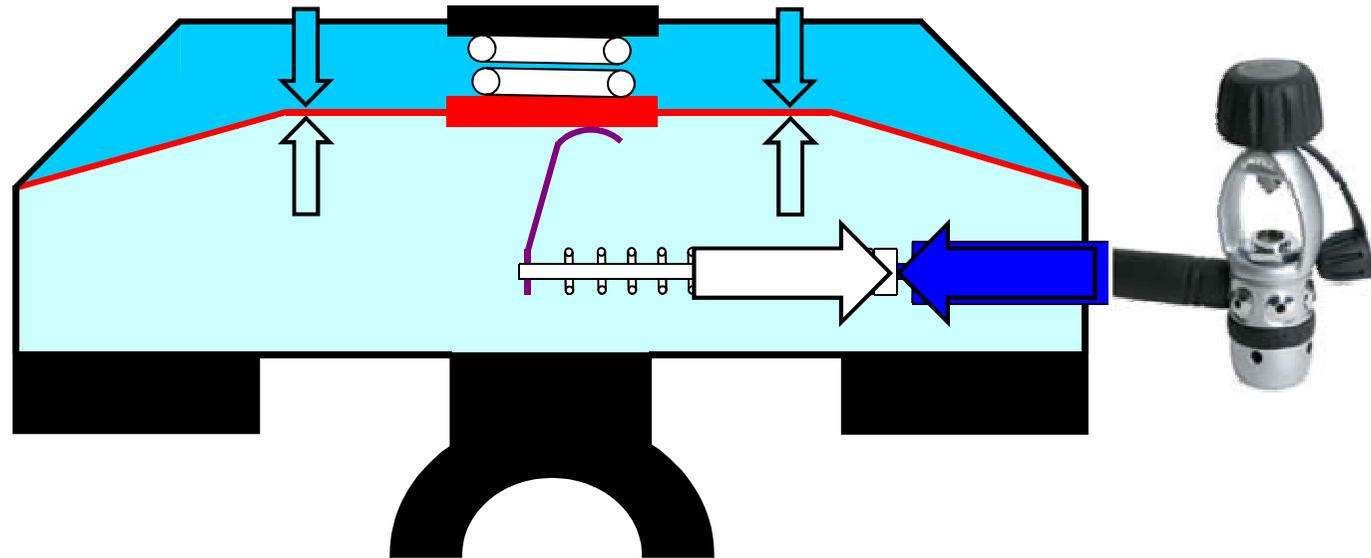


2° Etage A Clapet Aval



Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs

- PA
- PA dans la chambre sèche
- Force du ressort
- MP



Équilibre des Forces

MP s'oppose à la force du ressort

PA s'oppose à PA dans la chambre sèche



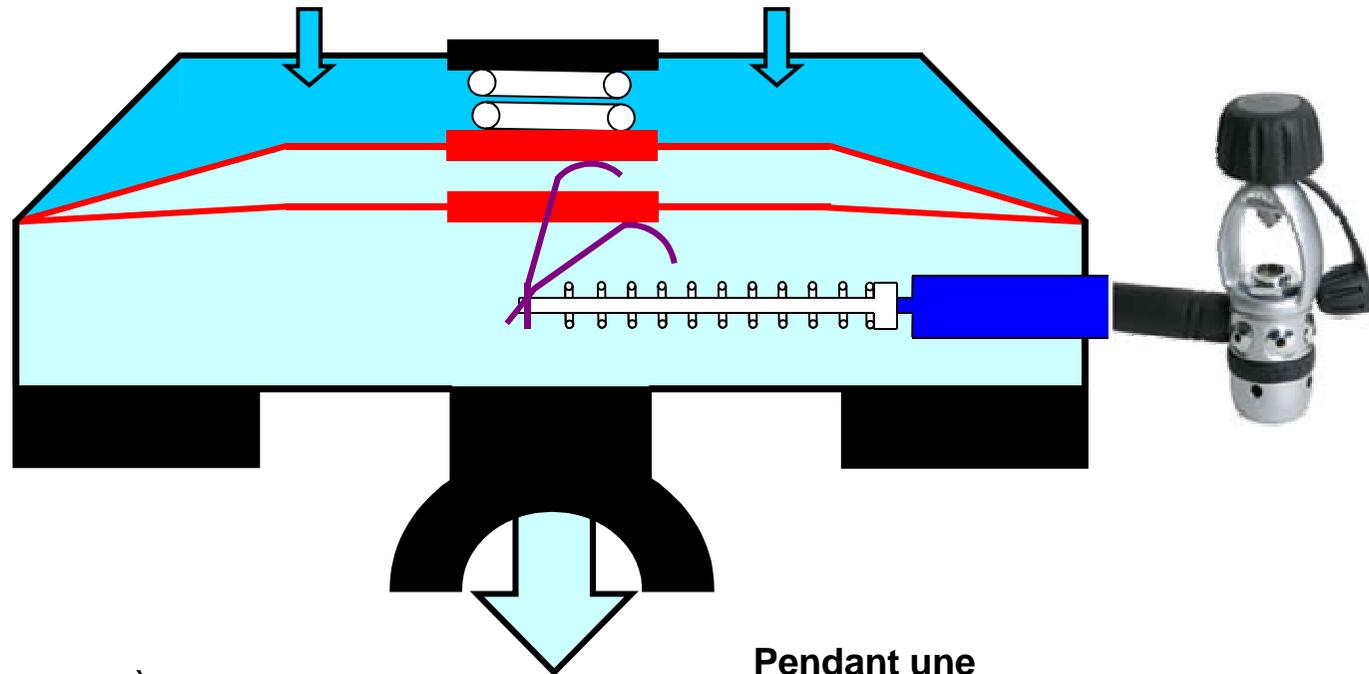
2° Etage A Clapet Aval



Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs

⇒ Déséquilibre des forces

⇒ Membrane s'abaisse



À l'inspiration

Pendant une inspiration

2° Etage A Clapet Aval

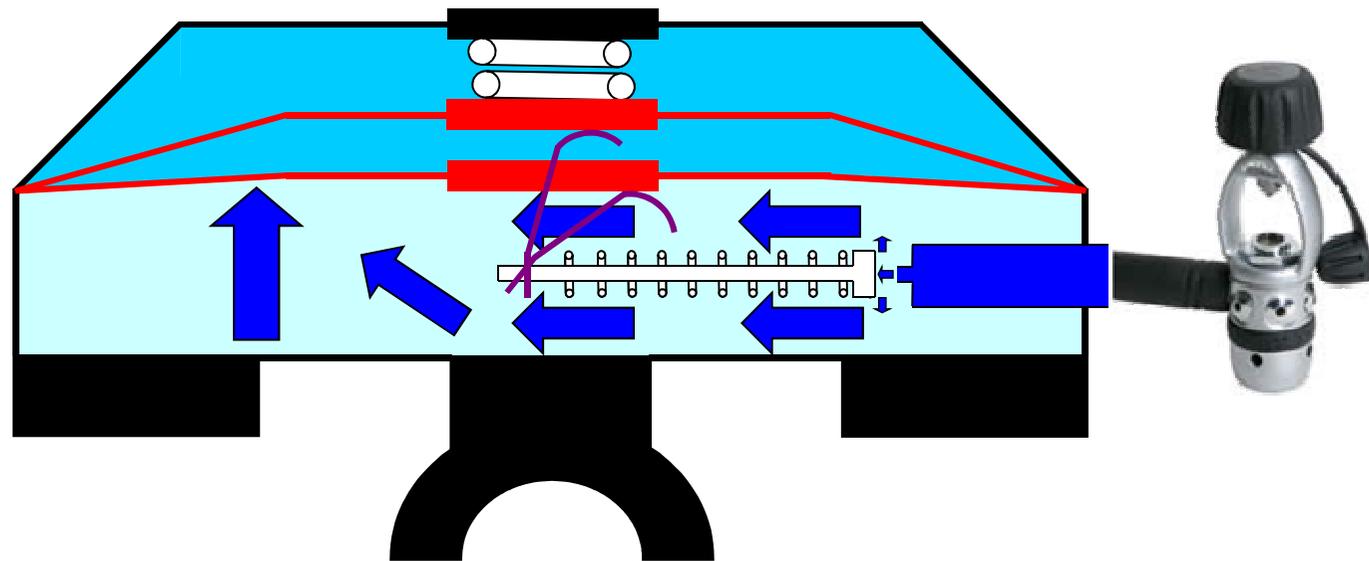


Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs

L'air MP pénètre dans la chambre sèche

⇒ Membrane s'élève

Retour à l'équilibre



Pendant une inspiration

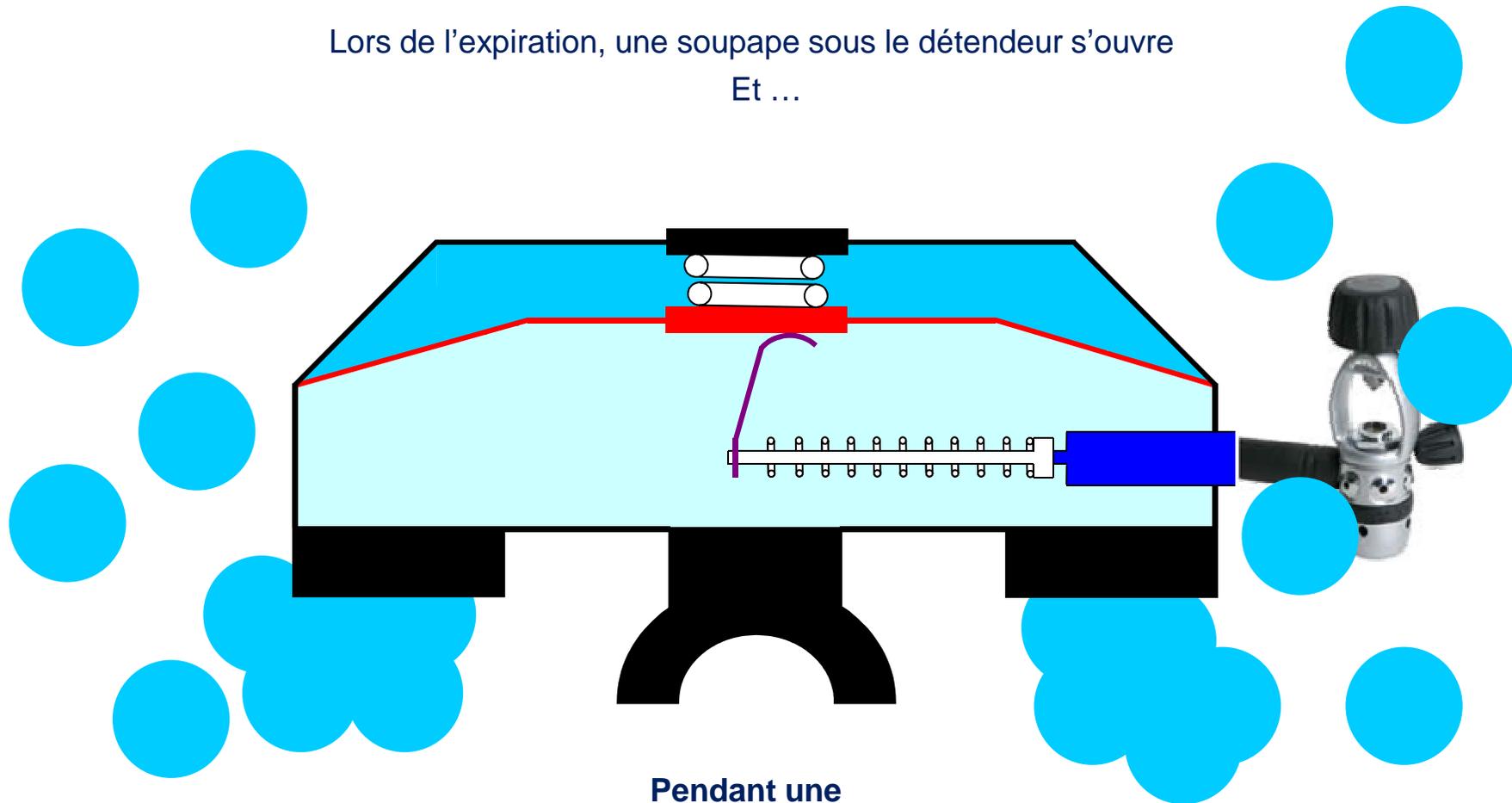


2° Etage A Clapet Aval



Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs

Lors de l'expiration, une soupape sous le détendeur s'ouvre
Et ...



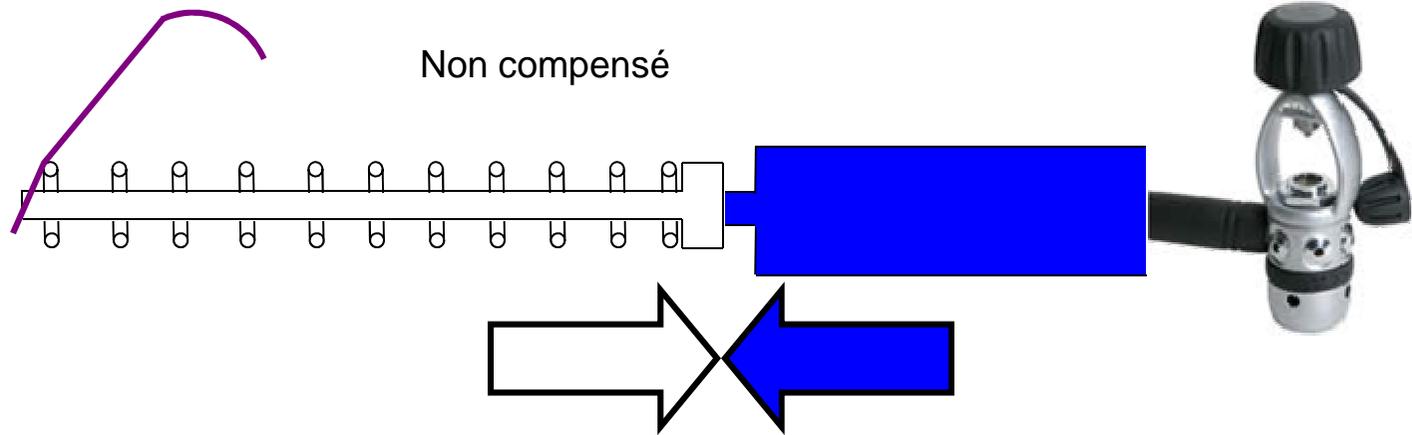
Pendant une
expiration



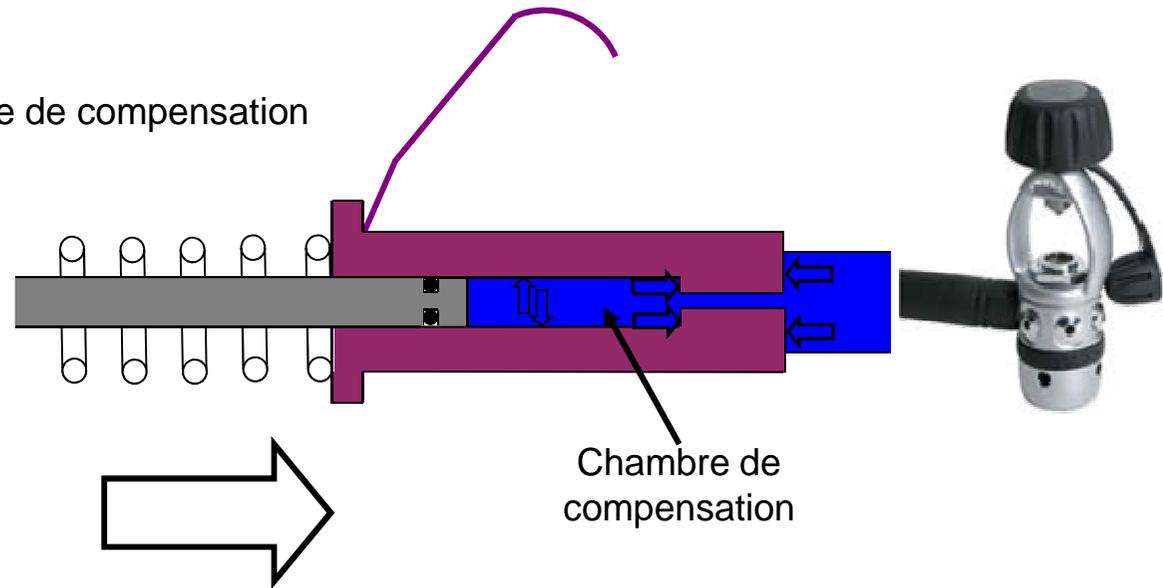
2° Etage A Clapet Aval



Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs



Exemple de compensation



Chambre de compensation

2° Etage Comparaison



Il existe aussi des 2° étages

- A buse mobile
- A réglage manuel
- A chambre déformable
- A effet venturi
- A effet de trompe
- A effet de vortex



2° Etage D'autres Types



2° Etage Les Pannes

Entrée d'eau

- Mauvaise étanchéité de la soupape d'expiration
- Membrane déplacée ou déchirée
- Embout usé
- Boîtier fendu

Panne d'air

- Membrane mal placée
- Levier désaccouplé

Bulles s'échappent de la chambre humide

- Membrane détériorée

Les débits

1 ^{er} Etage		
Mk2	Piston Standard	2600 L/m
Mk25	Piston Compensé	10 000 L/m
2 ^{ème} Etage		
R190	Standard	1400 L/m
S600	Compensé	1850 L/m

Formation théorique Niveau IV / Les détenteurs

Alors à Piston ou à membrane
Compensé ou Non ?



Piston ou membrane ?

Les détendeurs actuels sont sensiblement aussi performant quelques soient leurs types. Par construction les détendeurs à membrane seront moins sensibles au froid alors que les détendeurs à piston ont l'avantage de la simplicité et de la robustesse.

Compensé ou Non ?

Les détendeurs compensés offrent un débit notablement plus important (principalement au 1^{er} étage) et sont de ce fait particulièrement adaptés aux plongées profondes et aux situation nécessitant un fort débit.
(remontée assistés, respiration à deux sur un embout (panne d'air), etc.

Ils seront privilégiés par les guides de palanquées, qui par ailleurs, sont dans l'obligation de disposer de deux détendeurs complets (1^{er} et 2^{ème} étage) pour des raisons de sécurité fonctionnelle et de débit disponible
(2 x 1^{er} Etage = 2 fois plus de débit)



Formation théorique Niveau IV / Les détendeurs



Réglementation



Normes NF EN 250 de mai 2000

relatif aux caractéristiques et aux performances des détendeurs

Le détendeur à la demande doit être conforme aux exigences suivantes lorsqu'il est soumis à essai à une pression absolue de 6 bar :

- a) le travail respiratoire ne doit pas excéder 3,0 J/l ;
- b) les pics de pression pendant l'inspiration et l'expiration doivent se situer dans un créneau de ± 25 mbar ;
- c) le travail respiratoire positif pendant l'inhalation ne doit pas excéder 0,3 J/l ;
- d) les pics de pression lorsque le travail respiratoire positif n'est pas mesurable ne doivent pas excéder 10 mbar ;
- e) les pics de pression lorsque le travail respiratoire positif est mesurable ne doivent pas excéder 5 mbar.

Tests effectués à 50 bar (HP), 6 bar de pression ambiante (50 m), amplitude ventilatoire de 2,5 l (inspiration/expiration), débit ventilatoire de 62,5 l/min (25 cycles/min), eau à 10 °C (essai réalisé à 4°C pour la mention « eau froide »)



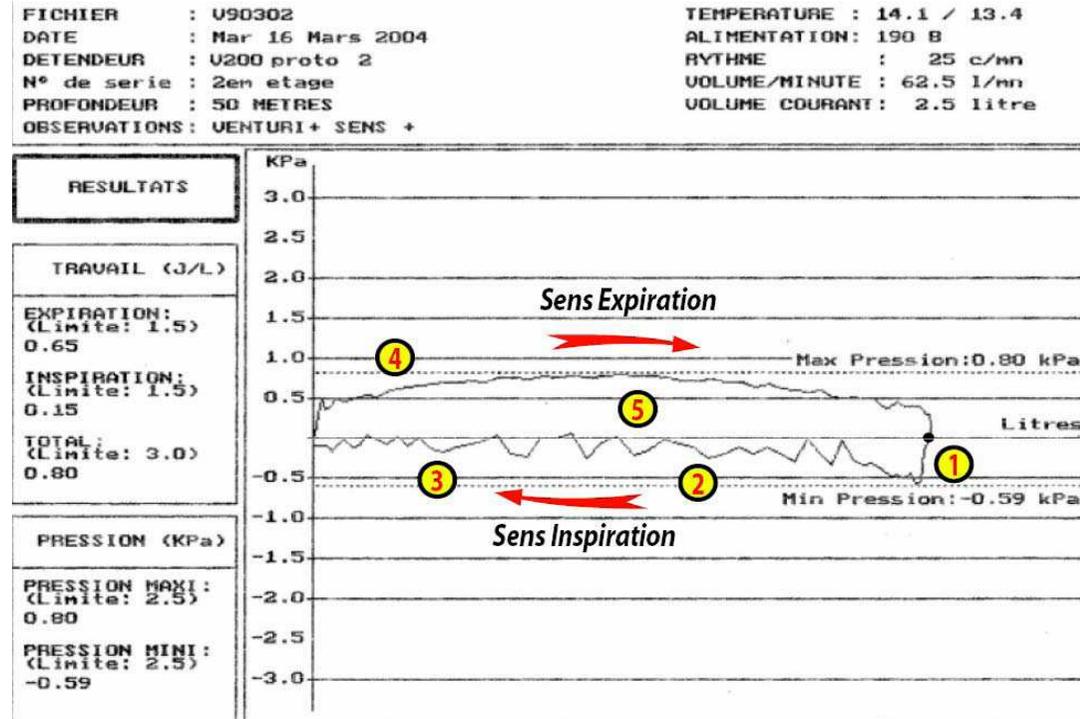
Aucune réglementation n'oblige la révision et l'entretien d'un détendeur (contrairement aux blocs de plonger)

On conseille tout de même de faire réviser son détendeur par un spécialiste une fois par an ou toutes les 50 plongées.

Dans tous les cas, un entretien régulier après chaque plongée (rinçage à l'eau douce ou séchage à l'ombre, ...) est fortement conseillé.



Norme NF EN 250 Courbe test



- 1- Point de décollage. Effort nécessaire à l'amorçage du débit d'air. Définit la résistance à l'inspiration.
- 2- Grâce à l'effet Venturi, le flux d'air est maintenu. L'effort inspiratoire diminue et s'approche du zéro.
- 3- Courbe d'inspiration. Plus cette courbe est voisine de l'axe horizontal, plus le détendeur est confortable, nécessitant un effort minimum de la part du plongeur.
- 4- Courbe d'expiration, plus cette courbe est plate et basse, plus l'expiration est facile et sans effort.
- 5- La surface comprise entre les courbes d'inspiration et d'expiration représente le travail respiratoire développé par le plongeur.

Des questions ?



La prochaine fois ..

- Réglementation
- Physique appliquée à la plongée
- Système nerveux et plongée
- Les accidents toxiques en plongée
- Système circulatoire et plongée
- Système respiratoire et plongée
- Sphère ORL et plongée
- Eléments de calcul de tables
- Utilisation des tables de plongées
- Procédures particulières de décompression
- Ordinateur de plongée et planification
- Matériel de plongée – le détenteur
- **Matériel de plongée – compresseur - bouteille**
- Matériel de navigation, de sécurité et matelotage
- Orienter et conduire sa palanquée en sécurité
- Etre un guide de la mer connaissant le milieu

