



LE MATÉRIEL DE PLONGÉE COURS NIV

SOMMAIRE

- Le détendeur
- La stab
- La bouteille de plongée
- Le manomètre immergeable
- Les compresseurs
- Les tampons



LE DÉTENDEUR

- **Rôle et fonction d'un détendeur**

- Détendre l'air comprimé contenue dans le bloc pour le transmettre au plongeur:
 - à sa demande, sur une inspiration
 - avec un débit suffisant pour un effort de ventilation minimale quelque soit la pression dans le bloc
 - à la pression ambiante quelque sa position , profondeur et les conditions d'utilisation
- Norme EN 250 : Appareils respiratoires - Appareils de plongée autonomes à air comprimé et à circuit ouvert - Exigences, essai, marquage
- Préconisation des fabricants : révision tous les 2 ans (entretien obligation pour les clubs, cf. Code du sport)

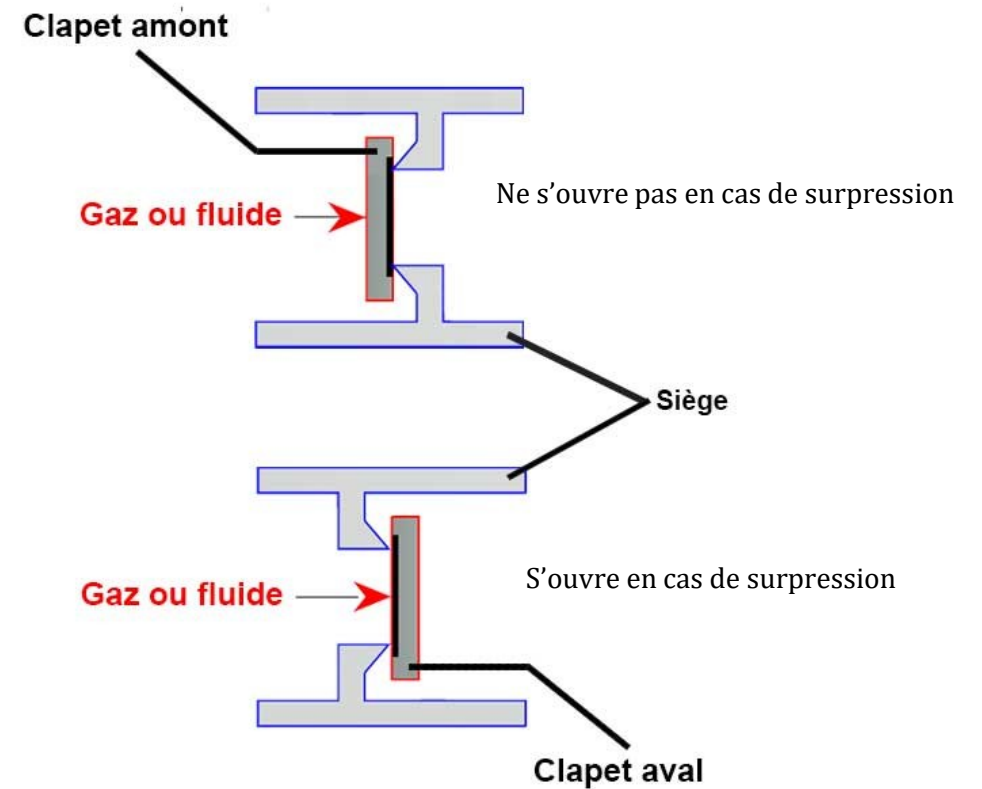


Prêt des détendeurs en tant qu'encadrant

LE DÉTENDEUR

- **Fonctionnement**

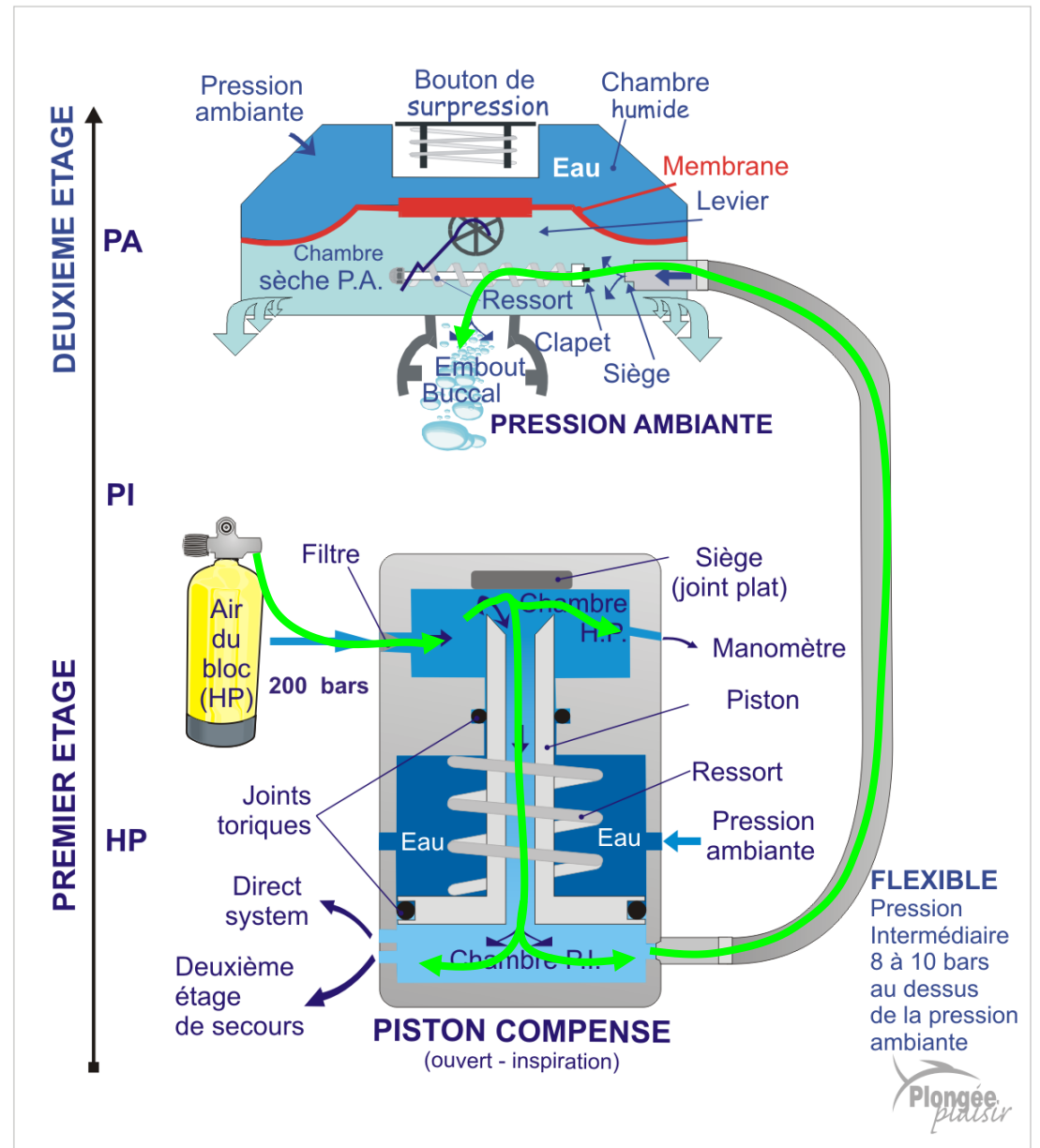
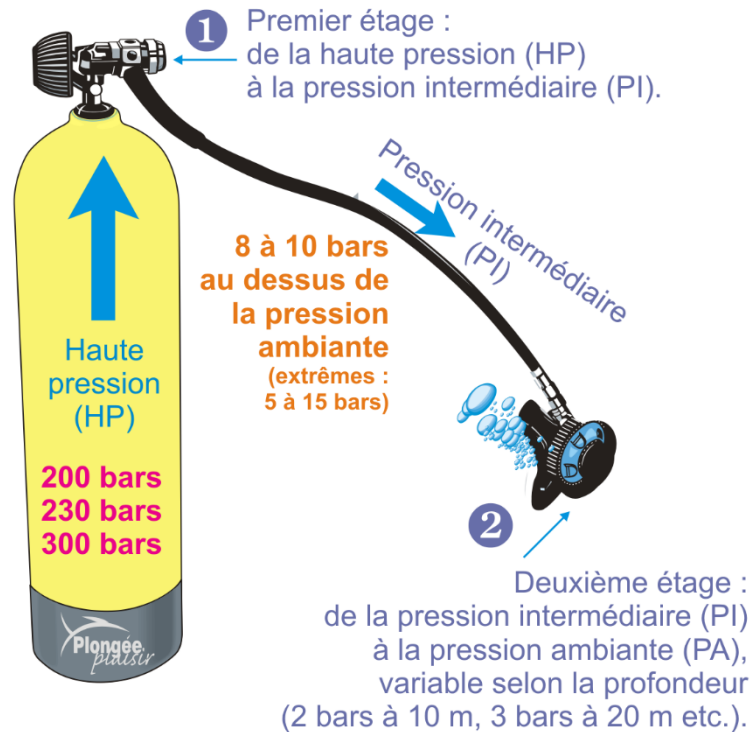
- Etanchéité par appuie du clapet sur le siège
- Présence d'un joint sur le clapet



LE DÉTENDEUR

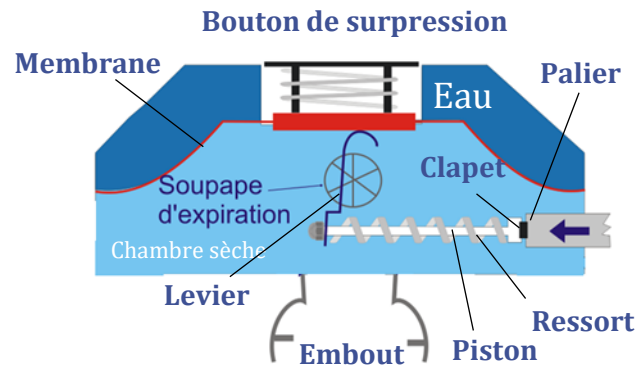
- **Fonctionnement**

- Délivrer de l'air à pression ambiante à partir d'air stocké à haute pression



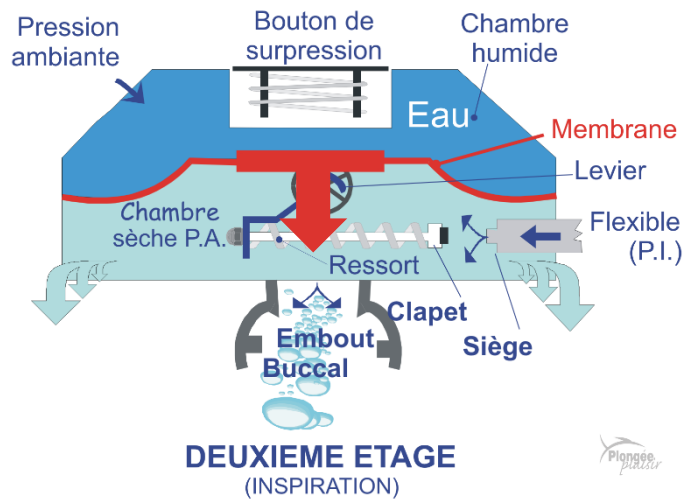
LE DÉTENDEUR

- Le 2^e étage



Au repos

- La membrane ne bouge pas : équilibre des forces entre l'eau et l'air
⇒ L'air dans la chambre sèche est à la pression ambiante
- Le ressort maintien le clapet fermé

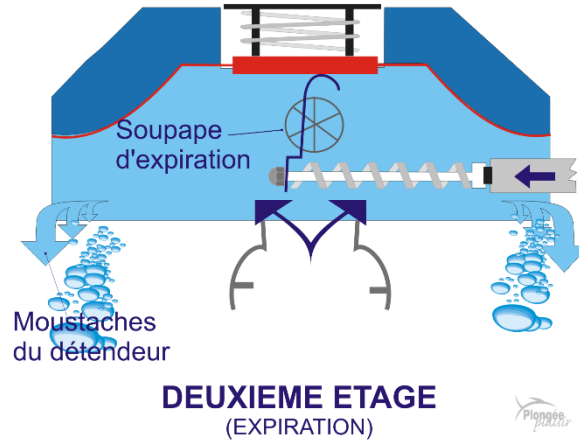


A l'inspiration

- Création d'une dépression dans la chambre sèche
- Abaissement de la membrane
- Appui sur le levier
- Ouverture du clapet
⇒ L'air entre dans le détendeur
- l'air entre jusqu'à ce que la pression dans la chambre sèche soit égal à la pression de l'air : retour à l'état de repos

LE DÉTENDEUR

- Le 2^e étage



A l'expiration

- L'air est en surpression dans la chambre sèche
⇒ L'air en surpression sort par la soupape d'expiration

Risques de panne

Généralement entrée d'eau lors de l'inspiration

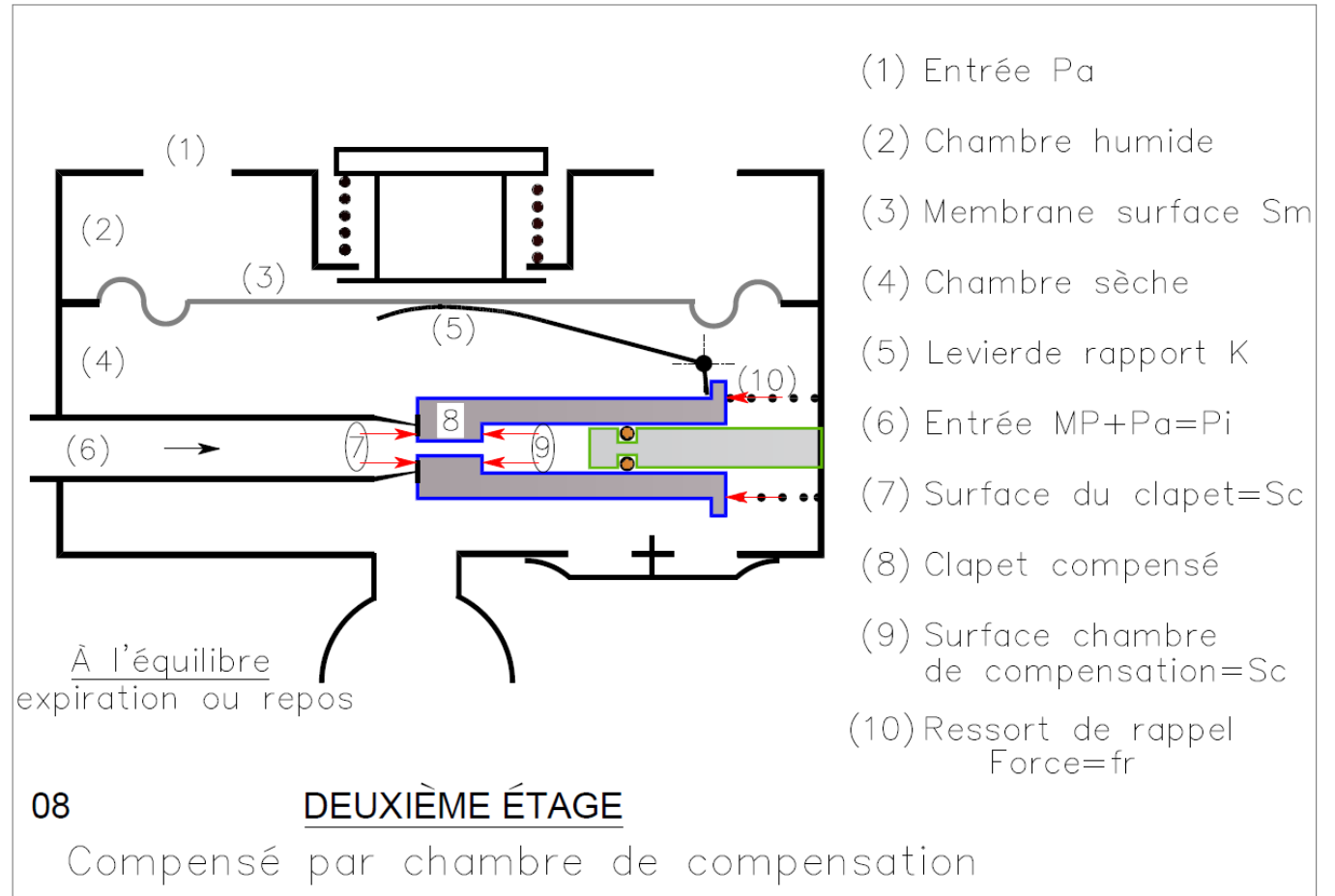
- Embout percé ou fendu
- Membrane défectueuse (attention au sable)
- Boitier fêlé
- Soupape endommagée ou encrassée

Réparation simple, changement de pièce sans réglage

- Débit continu: mauvaise étanchéité au niveau du clapet, à envoyer à l'atelier

LE DÉTENDEUR

- **Le 2^e étage compensé**
 - Présence d'une chambre de compensation qui permet de diminuer l'effort lors de l'inspiration

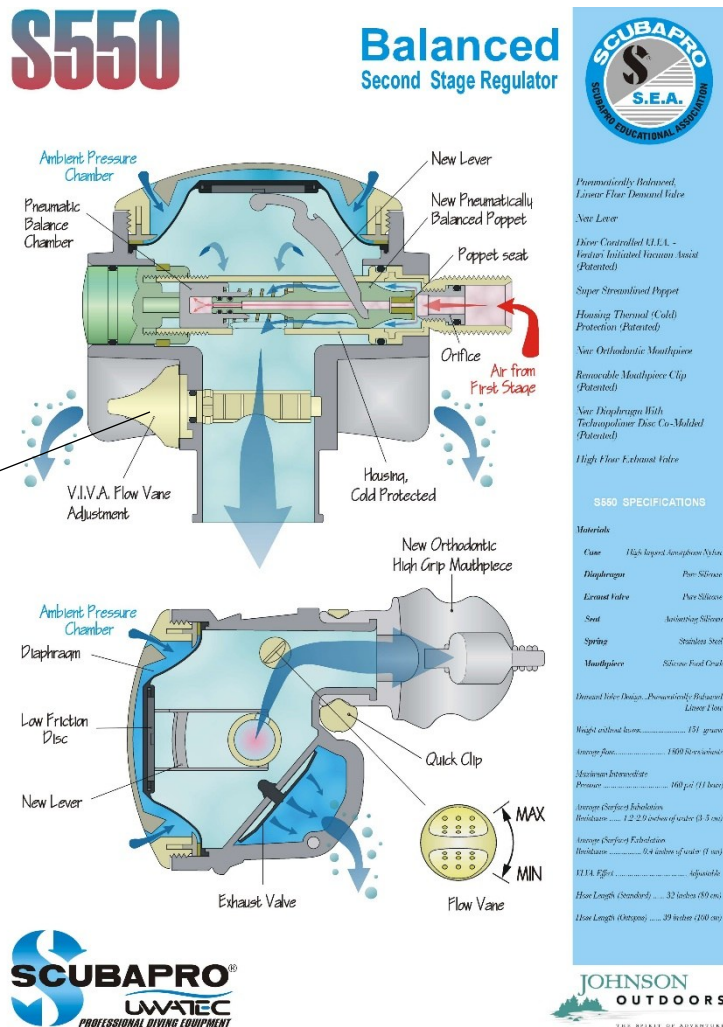


LE DÉTENDEUR

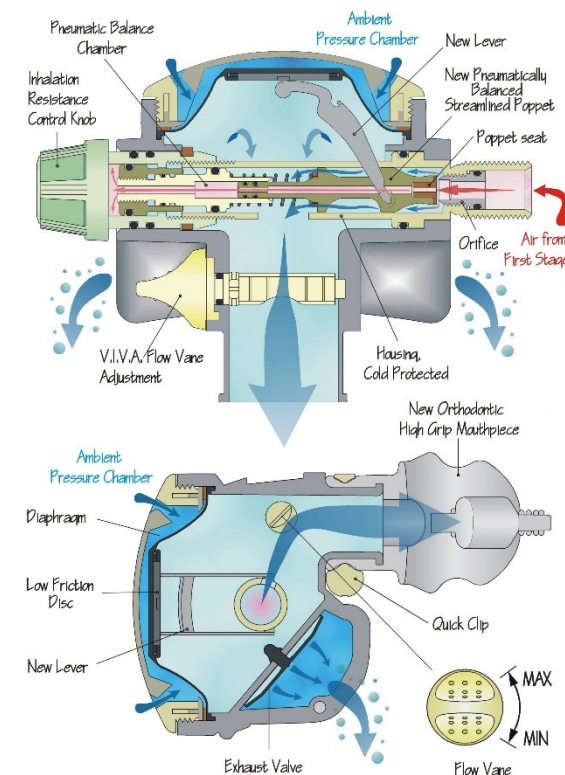
- Le 2^e étage



Réglage Venturi



S600-G250 HP Balanced Second Stage Regulators



SCUBAPRO S.E.A.
SCUBA EDUCATIONAL ASSOCIATION

Pneumatically Balanced, Linear Flow Demand Valve
Inerting System (Patented)
New Lever
Inhalation Resistance Control
Diaphragm Controlled V.I.V.A. - Venturi Initiated Vacuum Assist (Patented)
Superstreamlined Poppet
Housing Thermal (Cold) Protection (Patented)
New Orthodontic Mouthpiece
Removable Mouthpiece Clip (Patented)
New Diaphragm With Technopolymer Disc Co-Molded (Patented)
High Flow Exhaust Valve

S600 - G250 HP SPECIFICATIONS

Materials	
Casing	High Impact Acrylonitrile
Diaphragm	Pure Silicone
Exhaust Valve	Pure Silicone
Seat	Acetabular Silicone
Spring	Stainless Steel
Mouthpiece	Silicone Food Grade

Demand Valve Design... Pneumatically Balanced Linear Flow

Weight without hose	S600 135 grams G250 HP 206 grams
Inert gas flow	S600 1800 liters/minute G250 HP 1900 liters/minute
Maximum Intermediate Pressure	660 psi (45 bars)
Inert gas Surface Inhalation Resistance	1.2-2.9 inches of water (3.3 cm)
Inert gas Surface Exhalation Resistance	0.4 inches of water (1 cm)
V.I.V.A. Effect	Adjustable
Hose Length (Standard)	32 inches (80 cm)
Hose Length (Optional)	39 inches (100 cm)

JOHNSON OUTDOORS
THE SPIRIT OF ADVENTURE



LE DÉTENDEUR

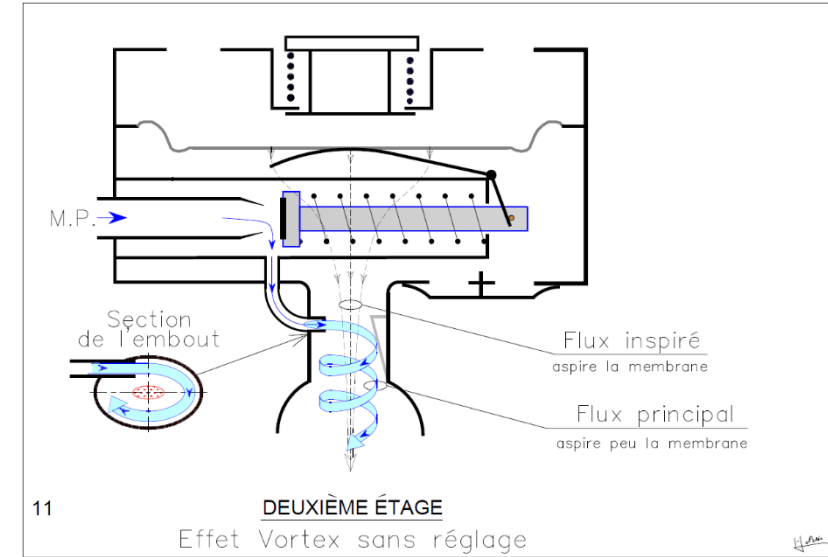
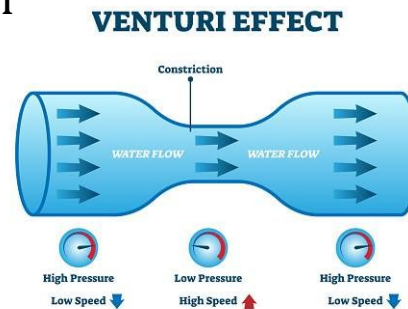
- Le 2^e étage



Effet Venturi

Accélération de l'écoulement de l'air lors du passage dans une zone de rétrécissement

⇒ Plus d'air à inspirer



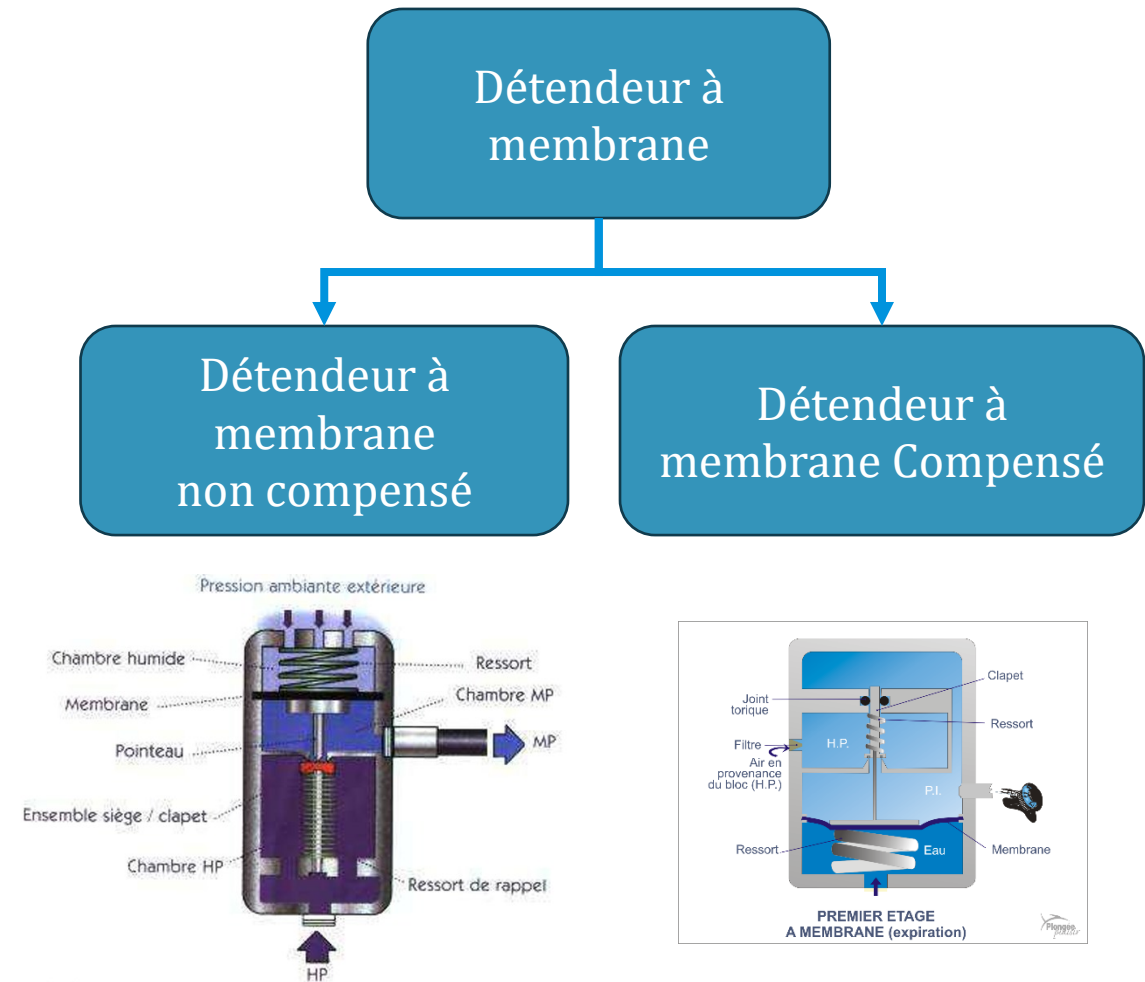
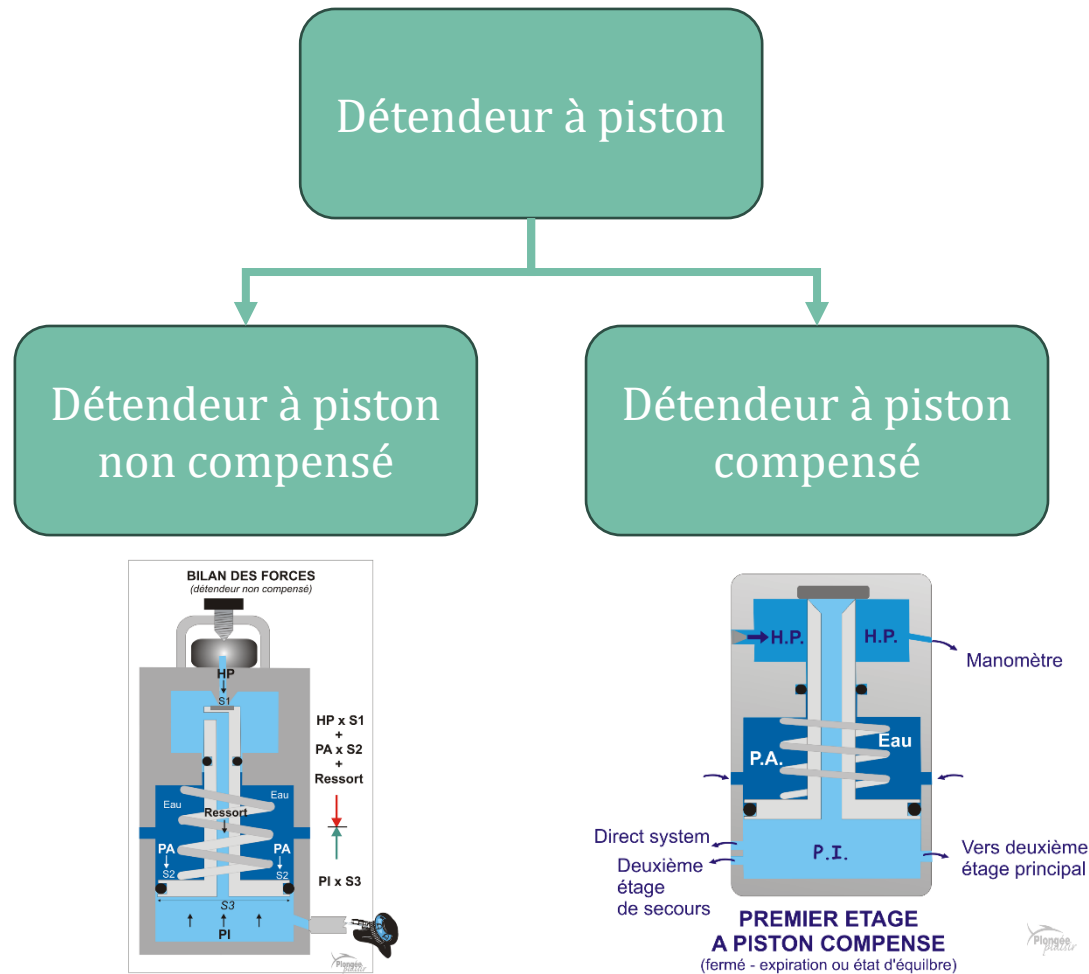
Effet Vortex

Création d'un Vortex qui maintient la membrane en position base

⇒ Facilitation de la respiration

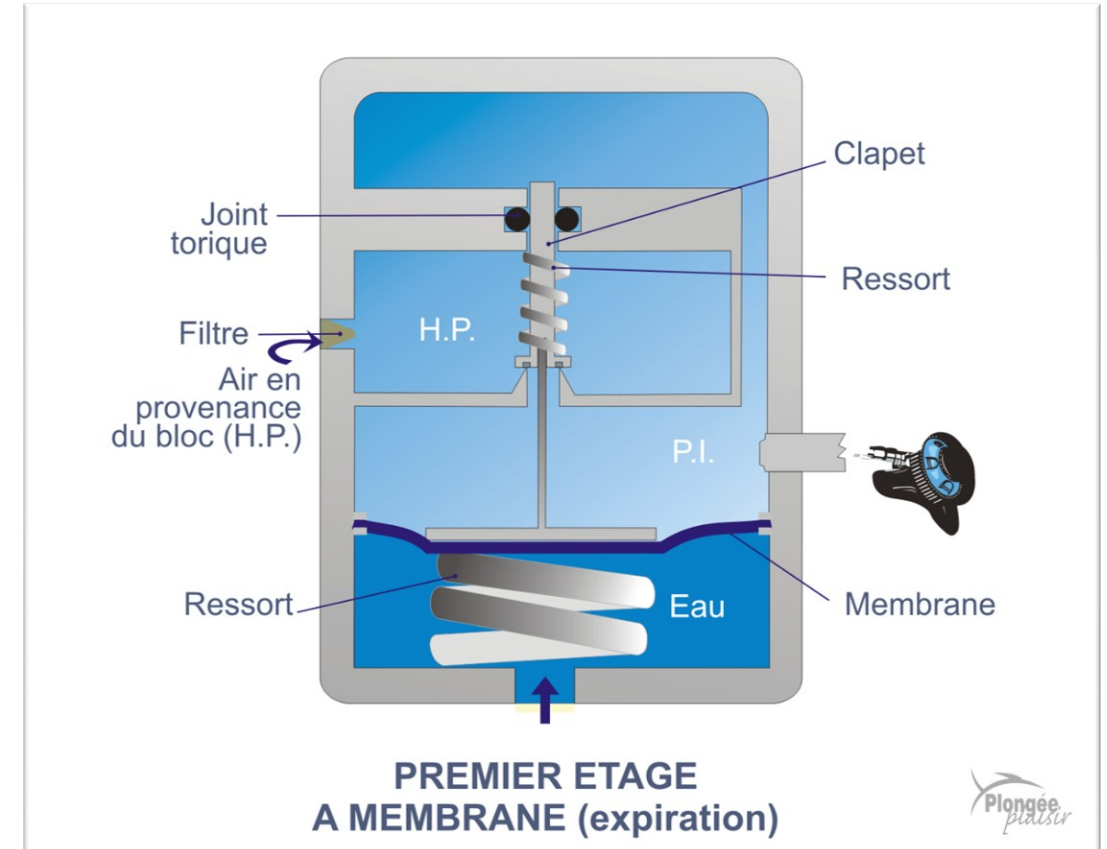
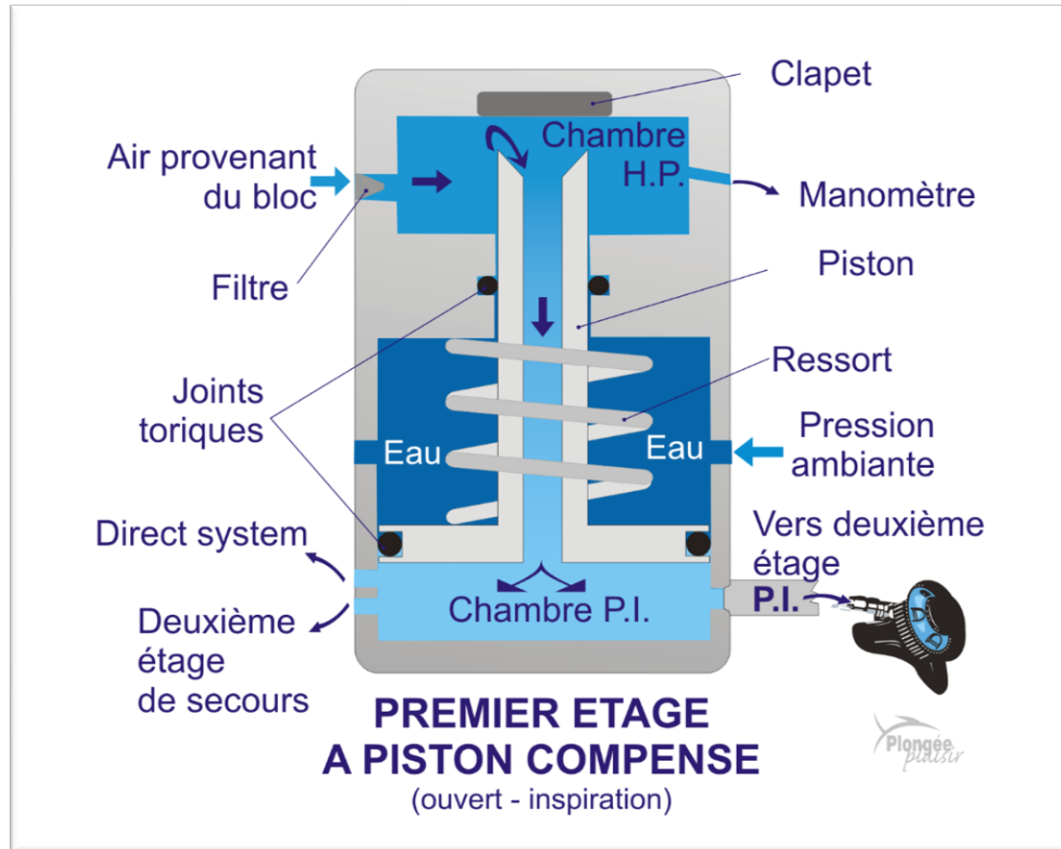
LE DÉTENDEUR

- Le 1^{er} étage



LE DÉTENDEUR

- Le 1^{er} étage

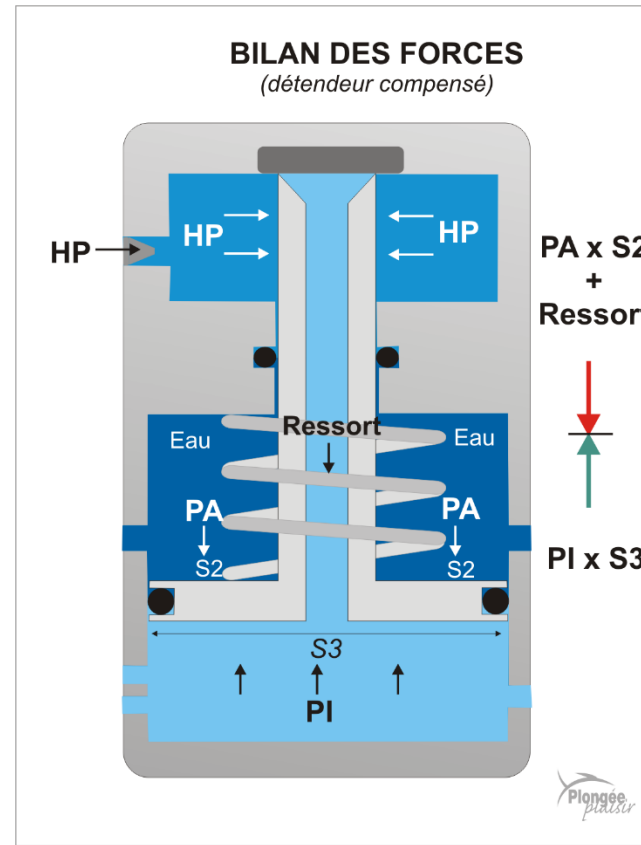


LE DÉTENDEUR

- Le 1^{er} étage à piston

Au repos

- Equilibre des forces
⇒ le clapet reste fermé



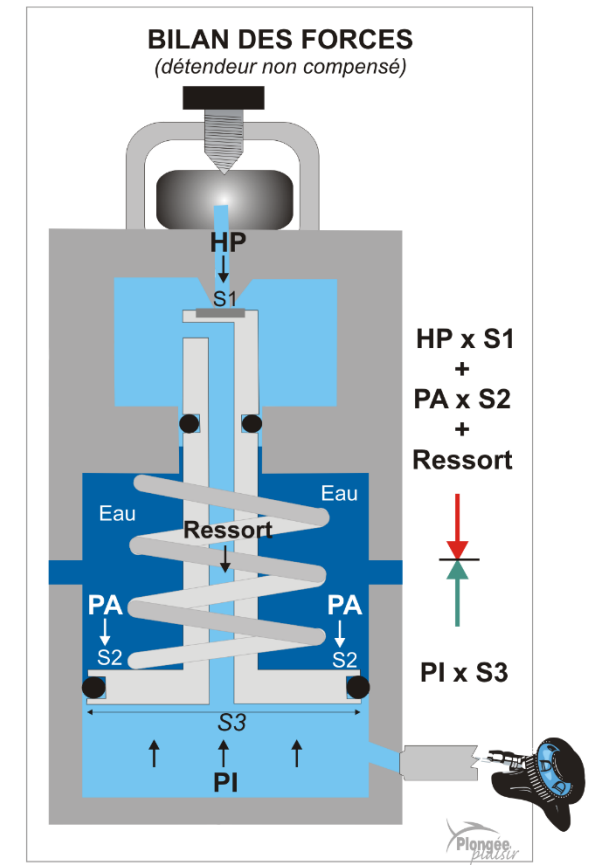
$$\text{Force d'ouverture} = \text{Force de fermeture}$$

$$PA \times S2 + \text{ressort} = PI \times S3$$

PI: pression dans la chambre pression intermédiaire

PA : pression hydraulique

HP: haute pression venant du bloc



$$\text{Force d'ouverture} = \text{Force de fermeture}$$

$$HP \times S1 + PA \times S2 + \text{ressort} = PI \times S3$$

Détendeur non compensé : la HP intervient comme force d'ouverture

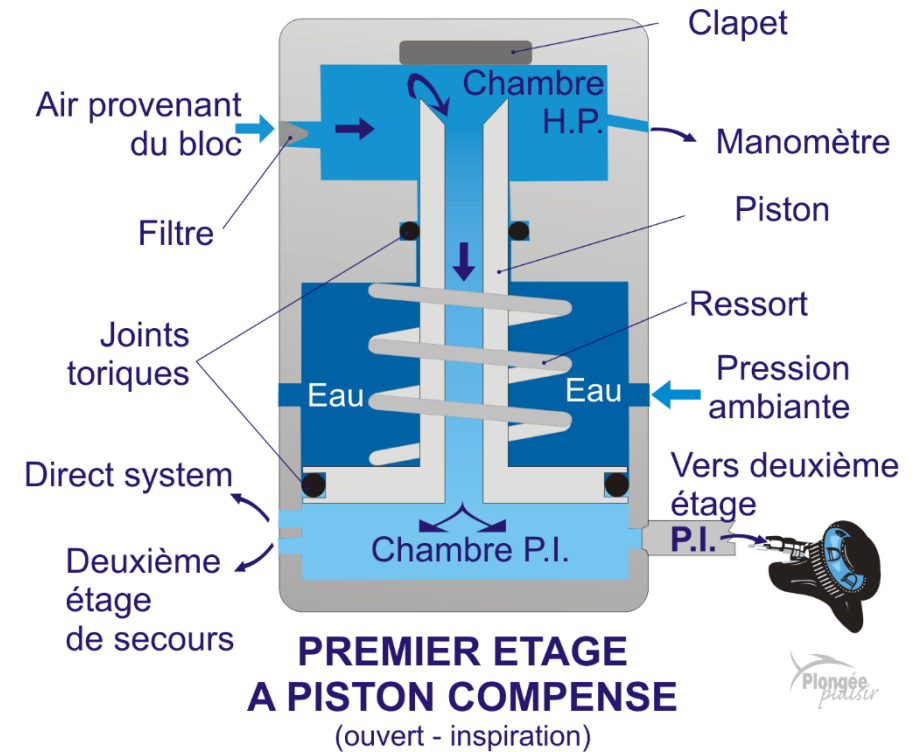
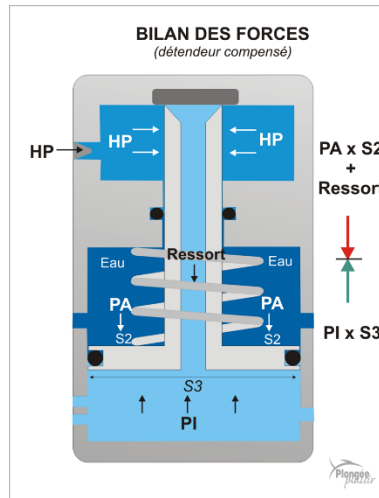
Lorsque la pression du bloc diminue, l'ouverture est plus difficile

LE DÉTENDEUR

- Le 1^{er} étage à piston

A l'inspiration

- Création d'une dépression dans la chambre PI
- Le ressort pousse le piston
- Le clapet s'ouvre
 - ⇒ La pression augmente dans la chambre PI
- Lorsque la pression dans PI est égale à la force du ressort alors le clapet se referme, retour à l'état de repos



$$PA \times S2 + \text{ressort} > PI \times S3$$

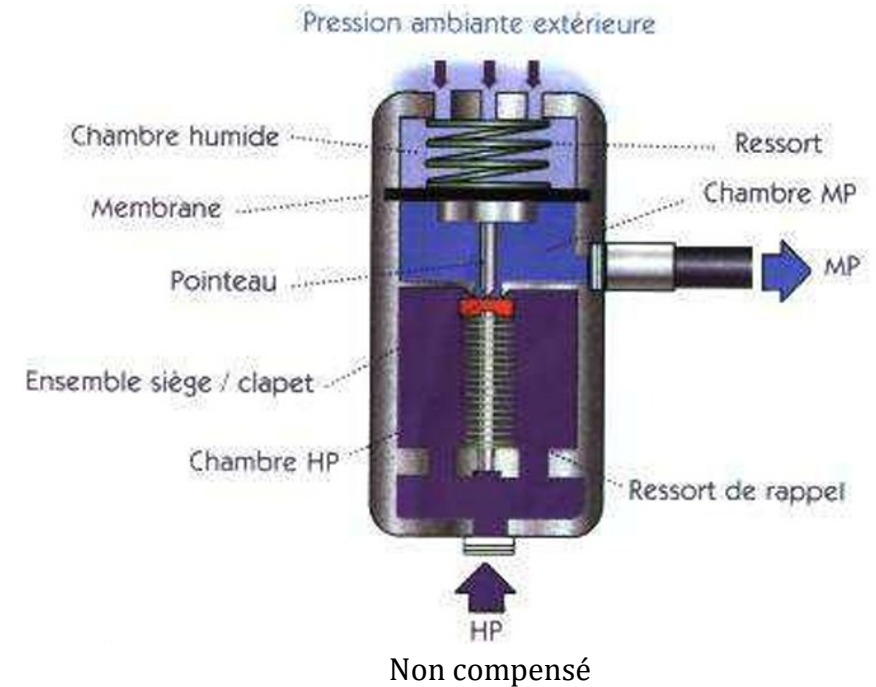
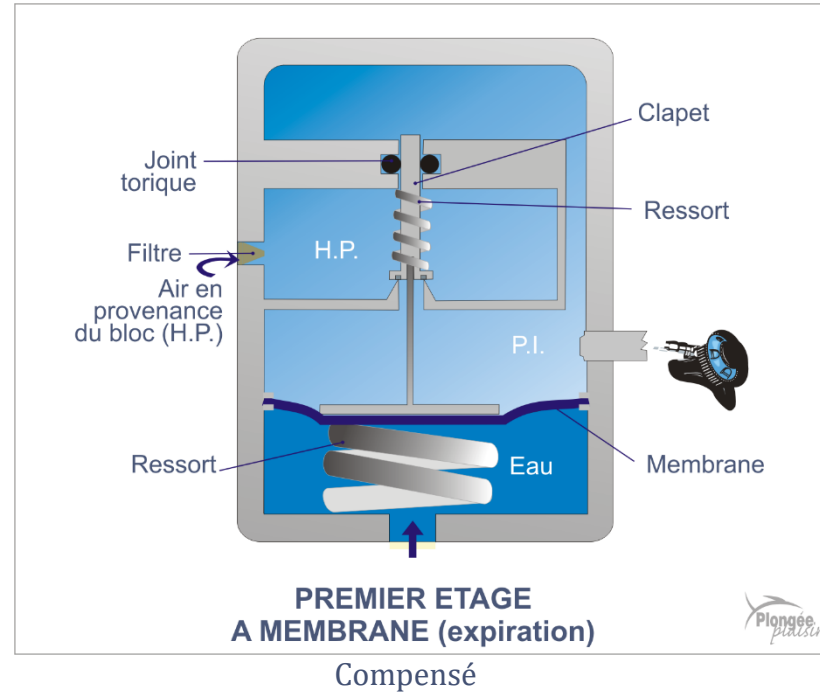
$$\text{Fermeture lorsque } PA \times S2 + \text{ressort} = PI \times S3$$

LE DÉTENDEUR

- Le 1^{er} étage à membrane

Au repos

- Equilibre des forces
⇒ le clapet reste fermé



PI: pression dans la chambre pression intermédiaire

PA : pression hydraulique

HP: haute pression venant du bloc

Détendeur non compensé : la HP intervient comme force d'ouverture

Lorsque la pression du bloc diminue, l'ouverture est plus difficile

LE DÉTENDEUR

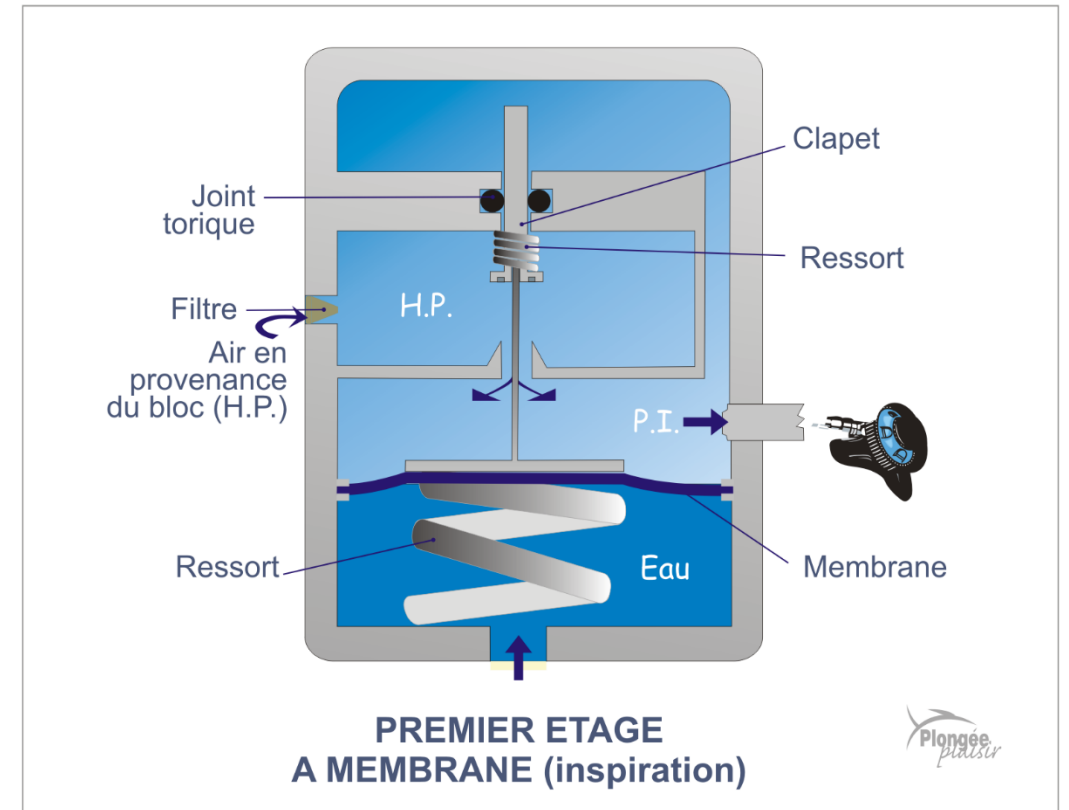
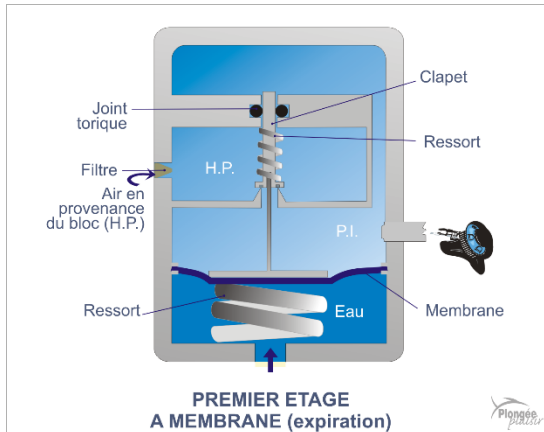
- **Le 1^{er} étage à membrane**

A l'inspiration

- Création d'une dépression dans la chambre PI
- Le ressort pousse la membrane
- Le clapet s'ouvre

⇒ La pression augmente dans la chambre PI

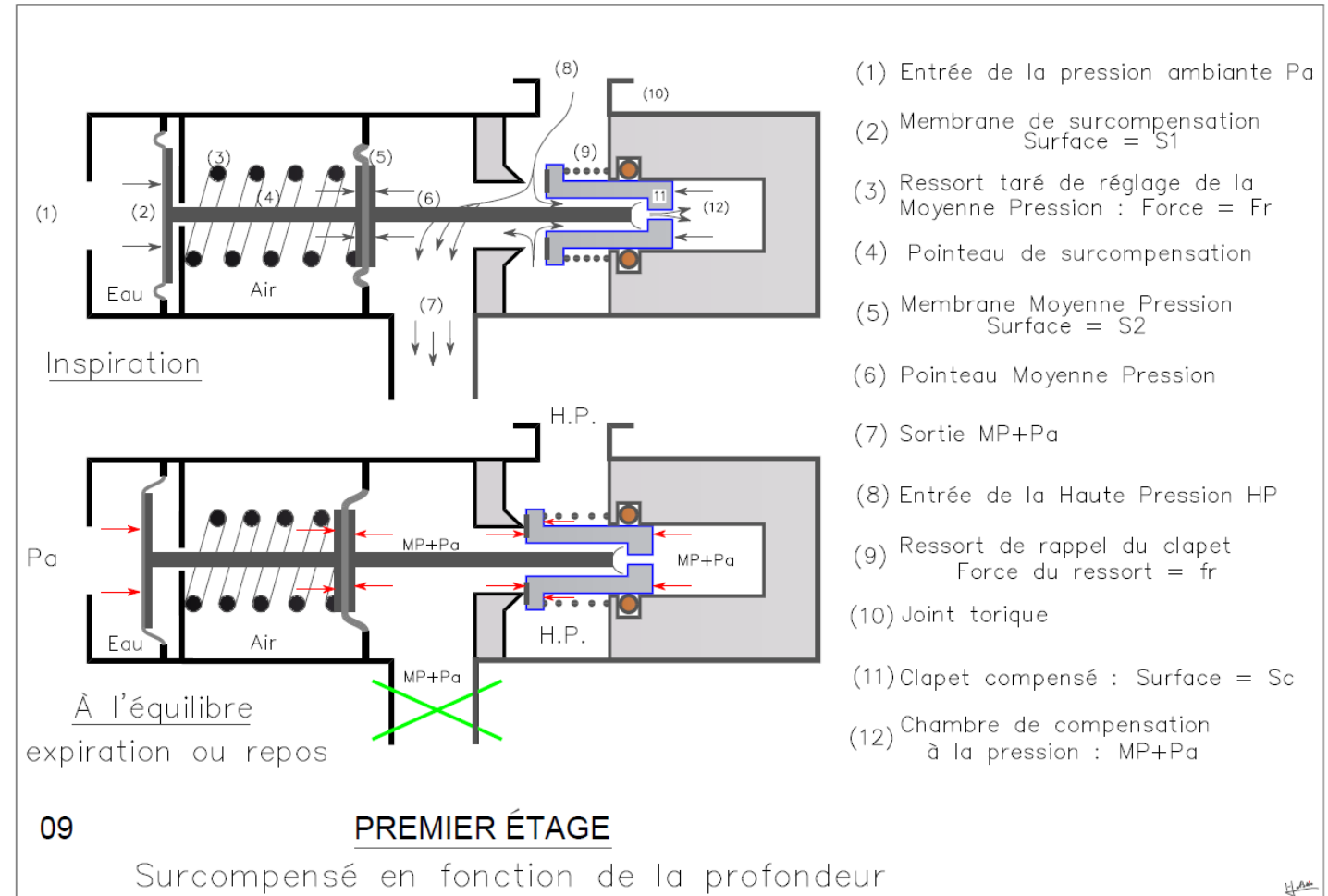
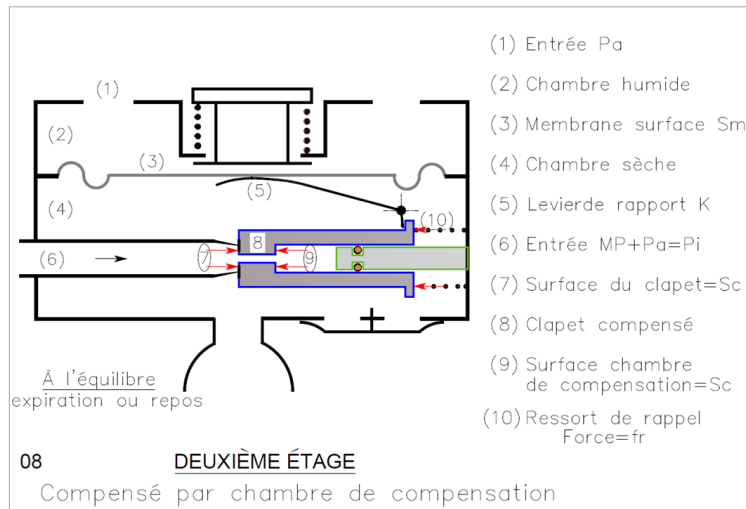
- Lorsque la pression dans PI est égale à la force du ressort alors le clapet se referme, retour à l'état de repos



LE DÉTENDEUR

• Le 1^{er} étage : surcompensation

- Augmentation de la PI (MP) en fonction de la profondeur pour permettre une augmentation des performances du 2^e étage
- Fonctionne seulement avec un 2^e étage compensé



LE DÉTENDEUR

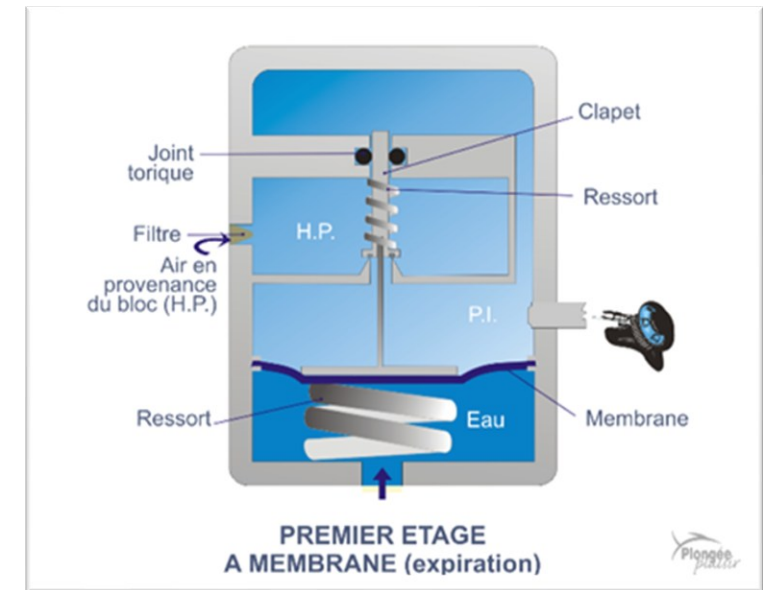
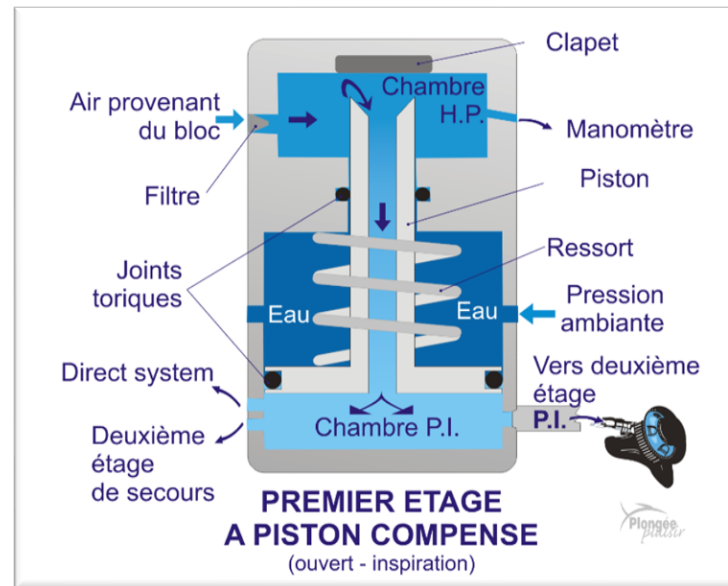
- Le 1^{er} étage

Risques de panne

- Fuite au niveau de la robinetterie : joint insert ou DIN
- Usure du joint du clapet (détendeur à piston): fuite du 2^e étage
- Membrane fissurée (détendeur à membrane) : fuite du 2^e étage
- Joint torique défectueux : bulles au niveau de la chambre humide

} Voir un spécialiste pour la réparation

Joint



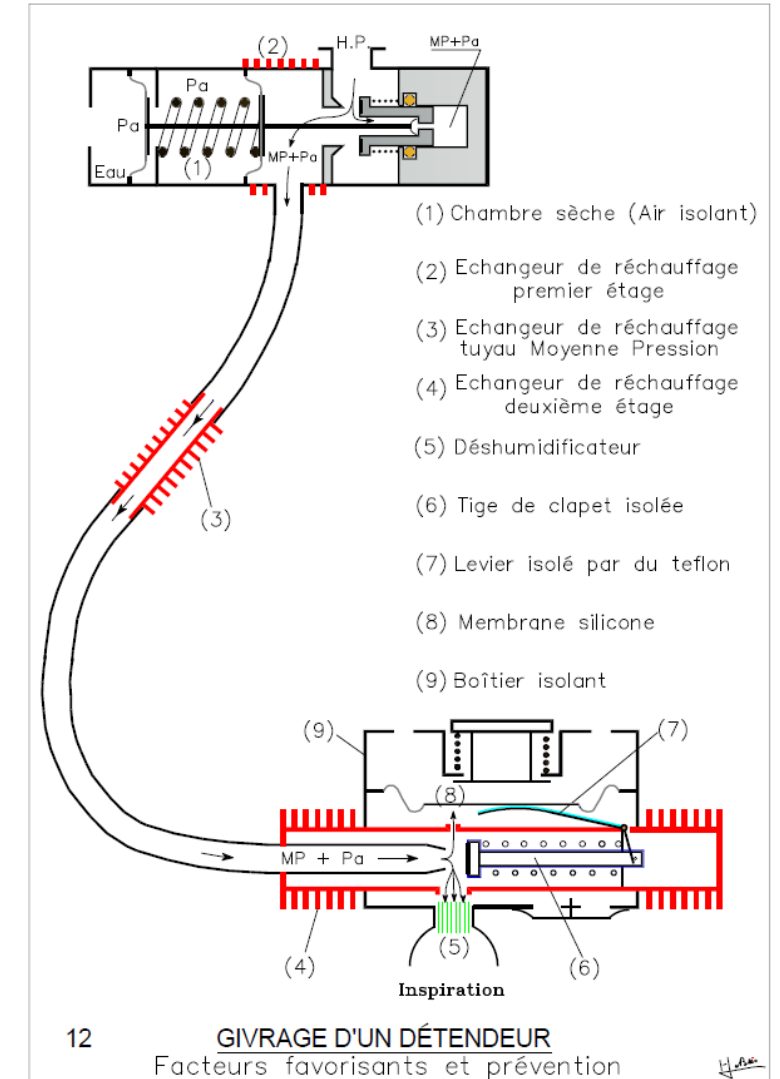
LE DÉTendeur

- **Le 1^{er} étage : le givrage**

- La détente de l'air dans un détendeur peut faire descendre sa température bien en dessous de 0°C
 - ⇒ blocage des pièces mécaniques du 1^{er} et / ou du 2^e étage
 - ⇒ ajout d'ailettes / chambre sèche pour réchauffer l'air

Facteurs favorisants

- Température ambiante inférieure à 10°C
- Présence d'air humide ou d'eau dans les bouteilles.
- Faire fuser un détendeur dans l'air ou dans l'eau froide.
- Utilisation simultanée d'une même source d'air : 2^e étage, direct-System, octopus ...
- Efforts physiques et respiratoires importants.
- La profondeur



LE DÉTENDEUR

- **Le 1^{er} étage : le givrage**

Prévention par le GP

Avant la plongée :

- Rappeler la conduite à tenir en cas de givrage et de débit continu
- Expliquer le facteur influant concernant l'utilisation des différentes sources d'air en même temps
- S'assurer que les détendeurs utilisés sont adaptés aux plongées en eau froide
- 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

LE DÉTENDEUR

• Le 1^{er} étage

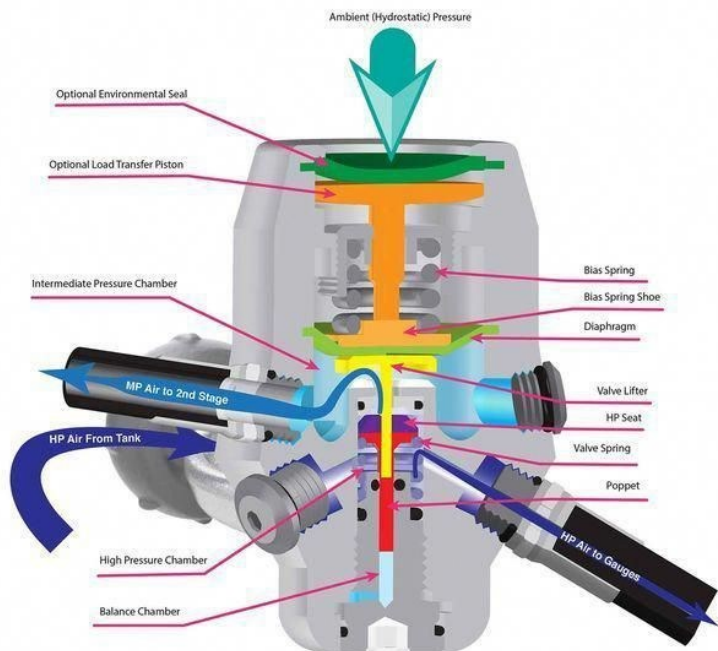
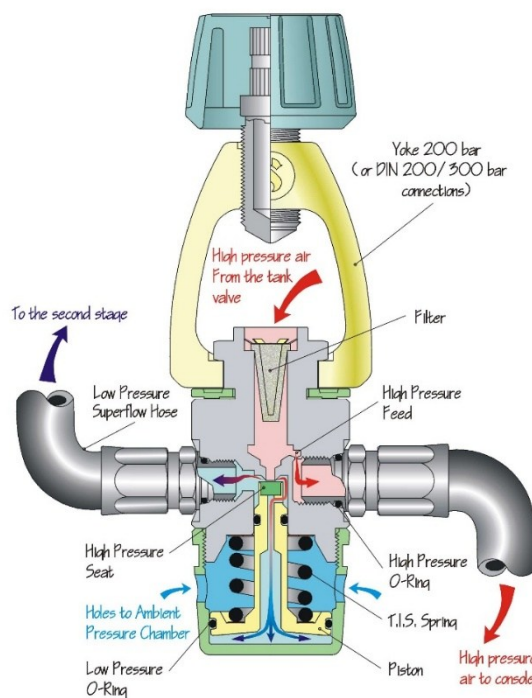


ILLUSTRATION BY FLOYD DEVINE

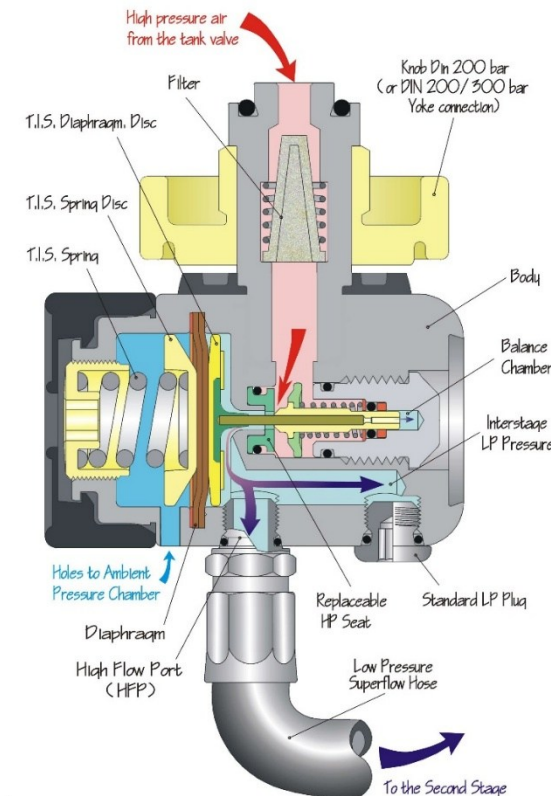
MK 2 Piston First Stage Regulator Balanced T.I.S. (Thermal Insulating System)



MK2 FIRST STAGE SPECIFICATIONS	
Working Pressure	4350 psi (300 bar)
T.I.S. (Thermal Insulating System) Protected (patented)	
# LP Ports	2
Compact / Lightweight	
Materials	
Body	Brass, Stainless Steel
Yoke	Forged Brass 2000 psi (200 bar)
Seat	High-Tensile Thermoplastic
Piston	Brass, Chrome-plated
Filter	304 Stainless Steel Wire, Coated
Spring	Stainless Steel, T.I.S. Coated
Number of High Pressure Ports	One
Number of Low Pressure Ports	Four
Weight (DVT)	24.2 ounces (686 grams)
Weight (DIN/200)	16.5 ounces (470 grams)
Piston design	Conventional
Protection Cap	Elutriate, DIN Standard
T.I.S. (Thermal Insulating System)	Standard (Patented)
Intermediate pressure	124-139 psi (8.5-9.8 bar)
Flow at 3000 psi (200 bar)	2 SCFM (57.8 liters per minute)
Flow at 200 psi (14 bar)	23 SCFM (650 liters per minute)



MK 16 Diaphragm First Stage Regulator Balanced T.I.S. (Thermal Insulating System)



4350 psi (300 bar) Max Working Pressure
Intermediate Pressure Inversion
T.I.S. (Thermal Insulating System) Protected (Patented)
2 HFP High Flow LP Ports

MK16 FIRST STAGE SPECIFICATIONS

Materials	
Body	Brass, Stainless Steel
Yoke	Forged Brass
Seat	High-Tensile Thermoplastic
HP Valve	304 Stainless Steel
Filter	304 Stainless Steel Wire, Coated
Spring	Stainless Steel, T.I.S. Coated

Number of High Pressure Ports	One
Number of Low Pressure Ports	Four
Weight (DVT)	29.9 ounces (848 grams)
Weight (DIN/200)	21.8 ounces (615 grams)
HP Valve Design	Conical
Protection Cap	Elutriate, DIN Standard
T.I.S. (Thermal Insulating System)	Standard (Patented)
Intermediate pressure	124-139 psi (8.5-9.8 bar)
Flow at 3000 psi (200 bar)	177 SCFM (5000 liters per minute)
Flow at 200 psi (14 bar)	53 SCFM (1500 liters per minute)



LA STAB

- **Gilet stabilisateur = stabilized jacket**
- **Rôle et fonction d'une stab**
 - Permettre de s'équilibrer lors d'une plongée
 - Permettre de flotter en surface



Réglable



Enveloppante



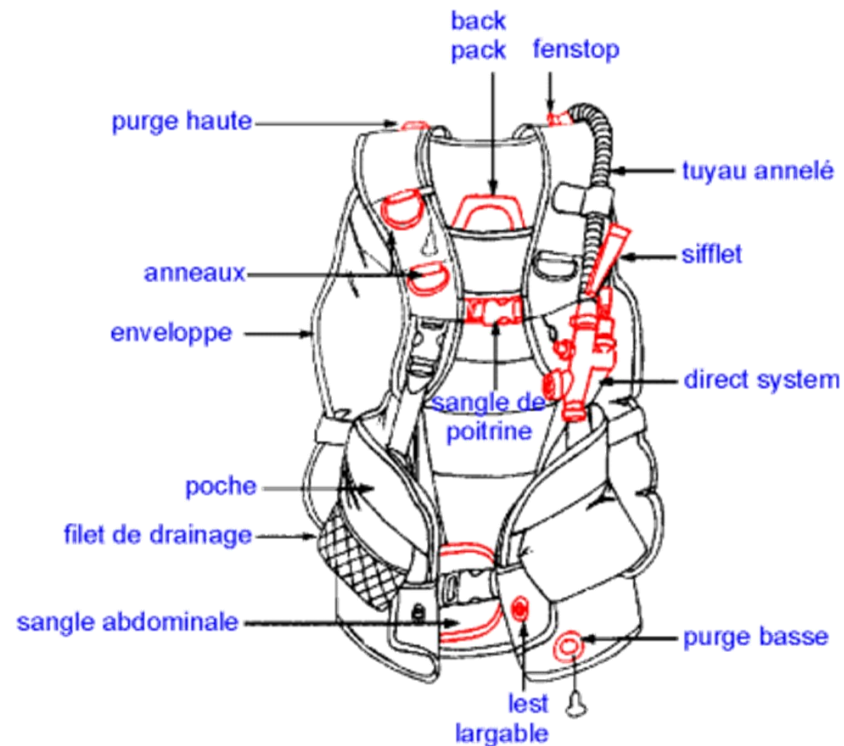
Dorsale

Stab	Avantages	Inconvénients
Réglable	- Réglable - Liberté de mouvement	- Moins bien ajustée
Enveloppante	- Volume réparti : stabilité	- Sensation d'oppression (particulièrement pour les femmes)
Dorsale	- Liberté de mouvement - Légère	- Nécessite un temps d'adaptation pour l'équilibre - Moins de stabilité en surface

LA STAB

- **Accessoires à prendre en compte**

- Anneaux en D, nombre et position : accrocher les équipements (octopus, parachute, lampe...)
- Poches à plomb largables

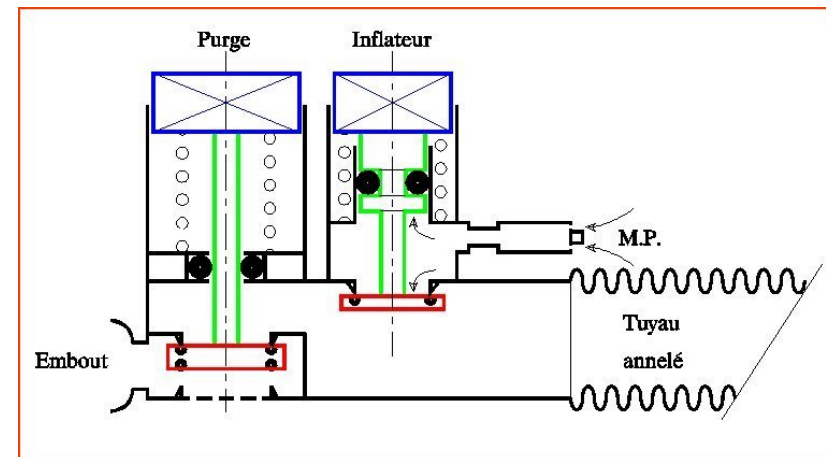
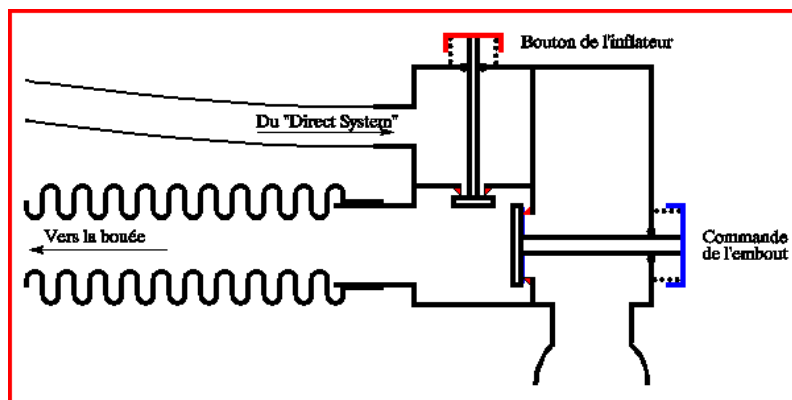


Risques de panne

- fuite de l'enveloppe
- fuite au niveau des purges : nettoyer les purges (attention au sable et au sel)
- fuite ou blocage de l'inflateur : voir slide suivant

LA STAB

- **Direct system - fonctionnement**

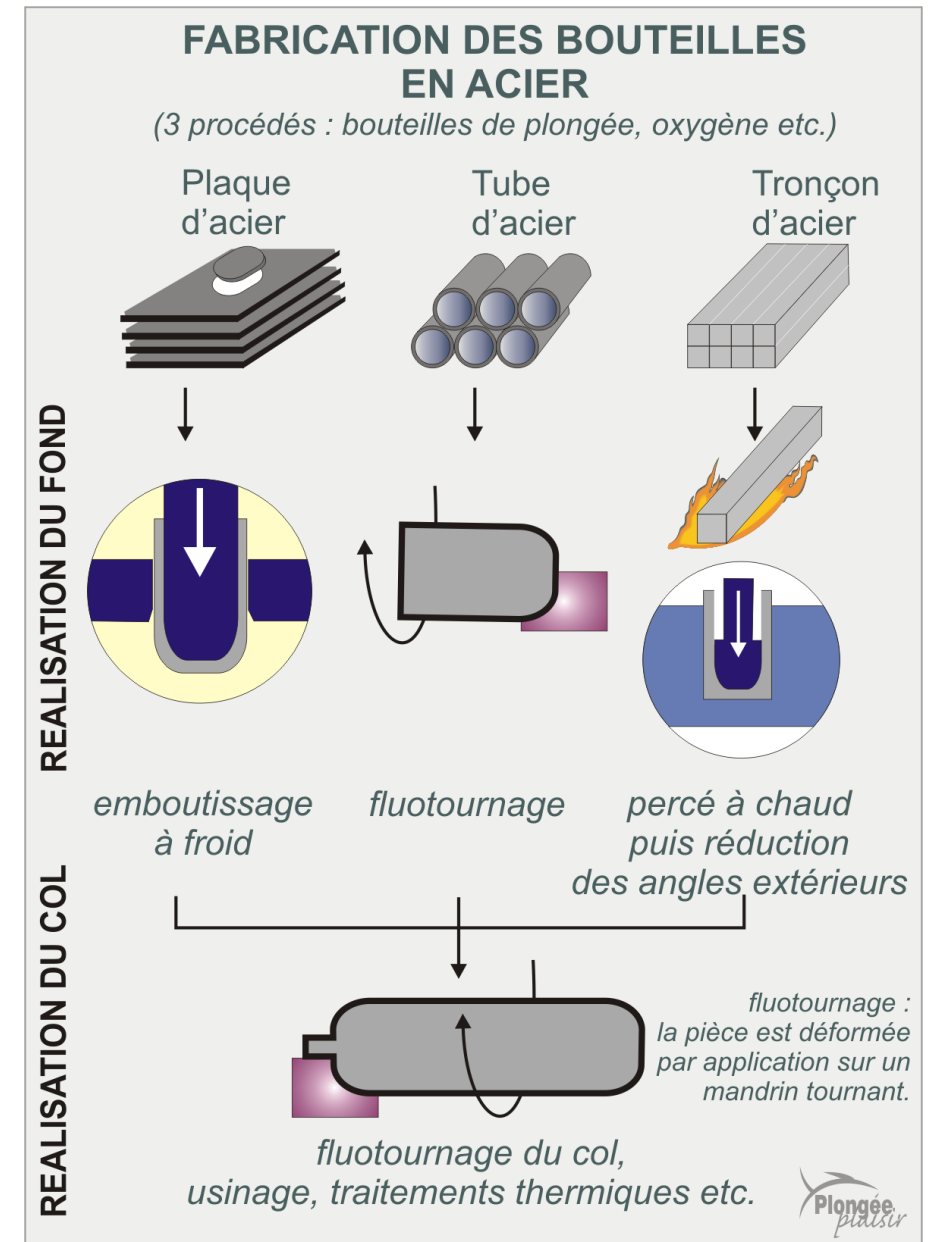


Risques de panne

- fuite au niveau du clapet de purge : le gilet se dégonfle
 - fuite au niveau du clapet de l'inflateur : le gilet se gonfle
 - risque de blocage : attention au sel et au sable, bien rincer le matériel
 - bulle au niveau du raccord : joint raccord ou tuyau à changer
- } Voir un spécialiste pour la réparation

LA BOUTEILLE DE PLONGÉE

- **Rôle et fonction d'une bouteille de plongée**
 - Sert de réserve d'air pendant la plongée
- **Fabrication des blocs de plongée**
 - 3 modes de fabrication
 - Epaisseur différente selon les procédés de fabrications



LA BOUTEILLE DE PLONGÉE

- **Les matériaux**

Matériau	Avantages	Inconvénients
Acier	- Moins chère	- Plus lourde - Moins résistante à la corrosion
Aluminium	- Moins sensible à la corrosion - Légère	- Besoin de plus de lestage
Carbone	- Pression importante - Légère	- Très chère - Fragile

- A pression équivalente, l'épaisseur de métal est proportionnelle au diamètre de la bouteille
- A procédé de fabrication égale, une bouteille longue est plus légère qu'une bouteille courte
- Pression de service entre 176b et 300b selon les modèles

LA BOUTEILLE DE PLONGÉE

- **Réglementation**

- Pas de ré-épreuve pour les bouteilles < 1l



BOUTEILLES :
Acier ou aluminium
mêmes obligations

Cas général :

- Inspection visuelle au moins tous les 12 mois
- Requalification tous les **2 ans**



Requalification

Régime TIV

- Inspection visuelle au moins tous les 12 mois par un TIV
- Requalification tous les **6 ans**



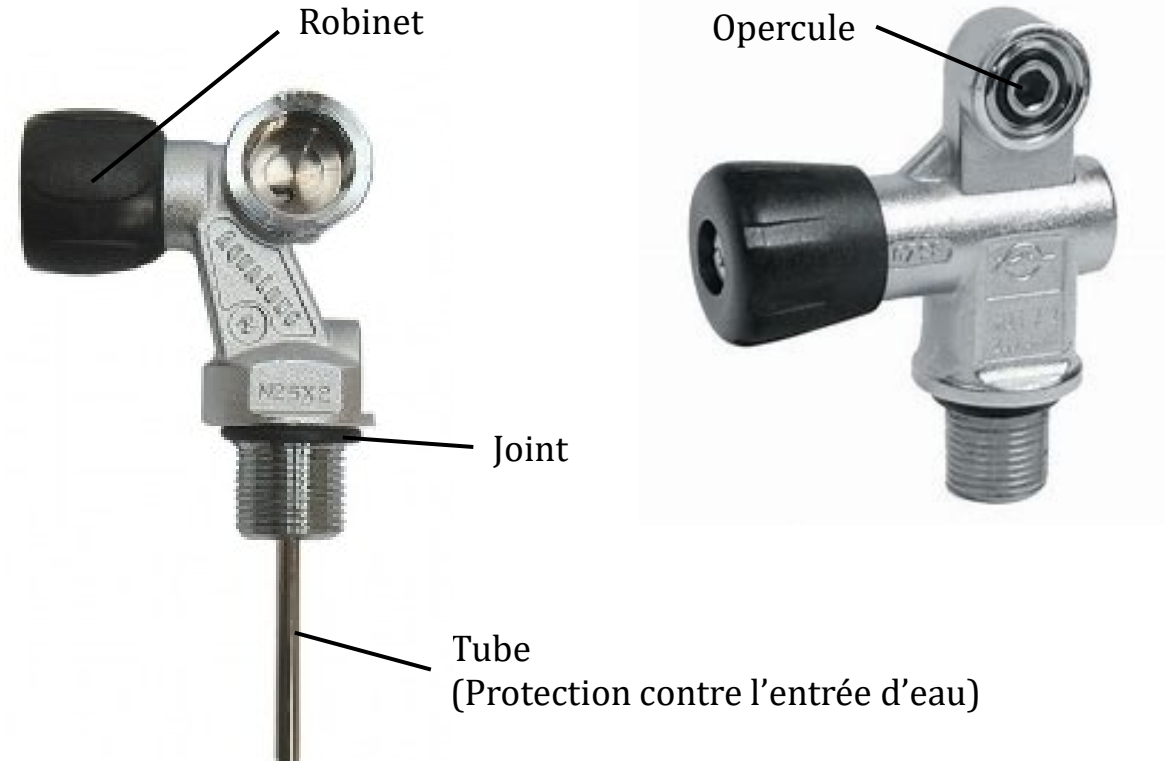
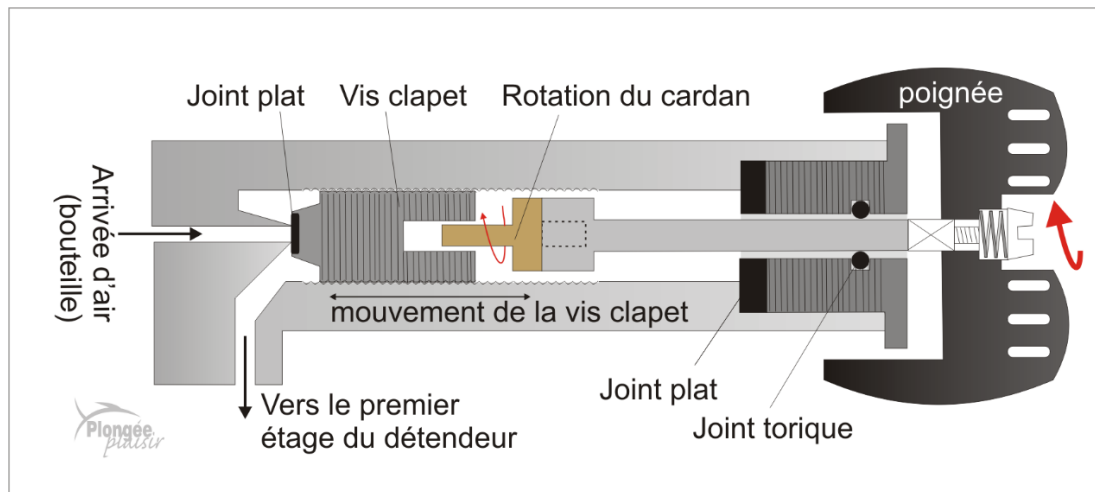
Inspection visuelle

LA BOUTEILLE DE PLONGÉE

- **La robinetterie**

- 2 types :
 - DIN (Deutsh International Norm)
 - Etrier (ou INT pour INTERNATIONAL)

- **Fonctionnement de la robinetterie**



LA BOUTEILLE DE PLONGÉE

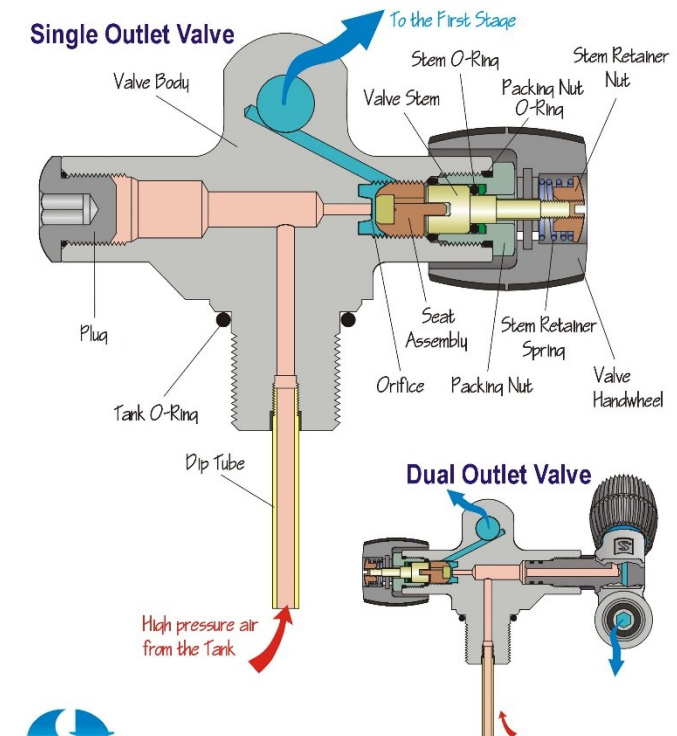
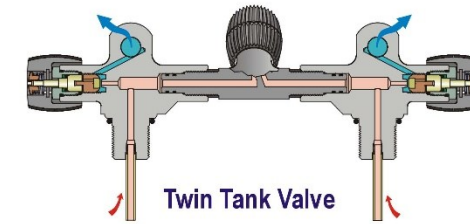
- La robinetterie

Risques de panne

- Fuite au niveau de l'étrier : joint endommagé
- Manette bloquée ou dure
- Fuite au niveau de la manette : joint torique à changer
- Fuite : clapet à changer

Voir un spécialiste

Tank Valves Modular



DIN Compatible Adapters
200 & 300 bar Working
Pressure

Twin Tank Valve

Two Separate Air On/Off
Controls

Adjustable Center Length

7" (18cm) And 5" (20cm)
Center Length Options

Single Outlet Valve

Minimum moving parts

Easily replaceable high
pressure seat

Burst disks available in
2 different pressure ranges
(only for USA versions)

DIN compatible adapter

Dual Outlet Valve

Feeds two first stages

Safest back-up system

DIN compatible adapters

Valve specifications

Materials

Body — Forged Brass

Valve Seat — Acetal

O-Rings — EPDM

Packing — Teflon

Handwheel — Self-lubricating Nylon



LE MANOMÈTRE

- **Rôle et fonction d'une manomètre**
 - Connaitre l'air restant dans le bloc

- **Les différents manomètres**

Type	Avantages	Inconvénients
Mécanique	- Moins chère - Fiabilité	- Lecture si cadrant petit - Mécanique du tube de Bourdon - Fuite possible
Digital	- Lecture - Calcul de l'autonomie - Pas de fuite	- Changement des piles - cout



Manomètre mécanique
à « tube de Bourdon »

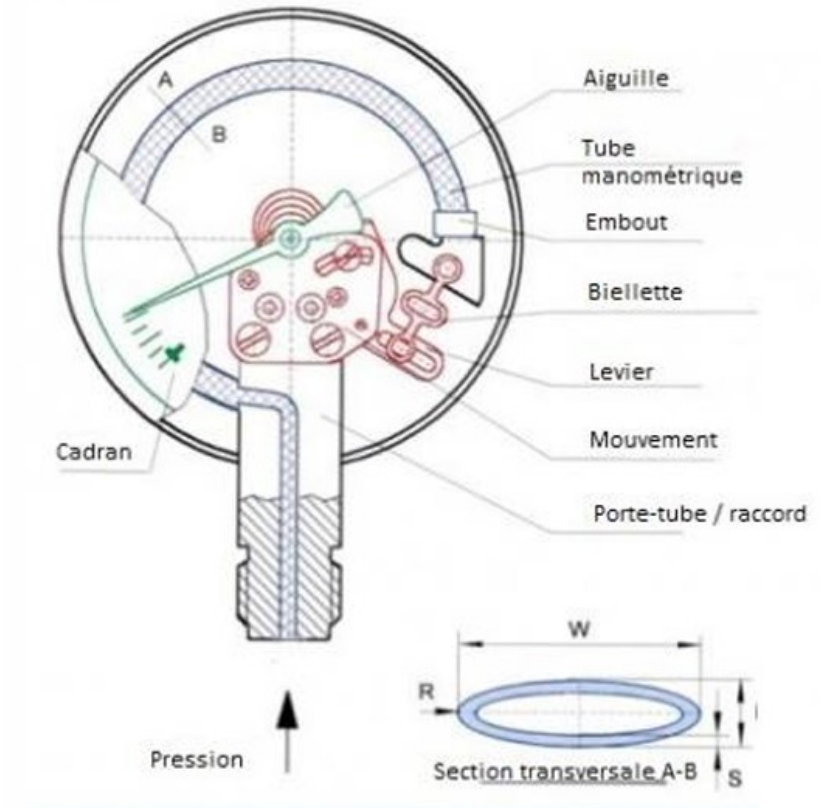


Manomètre digital

LE MANOMÈTRE

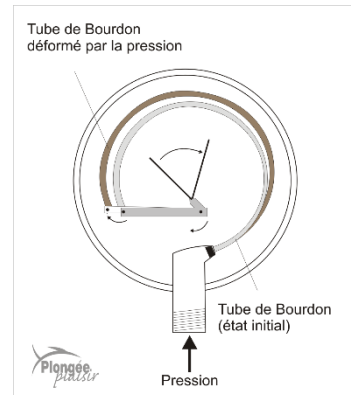
- **Fonctionnement manomètre mécanique**

- Tube manométrique :
 - élément à effet ressort
 - le tube bouge proportionnellement à la pression : la forme en C se redresse
- Lorsque la pression augmente, le tube transmet le mouvement à l'aiguille via un ensemble mécanique



Risques de panne

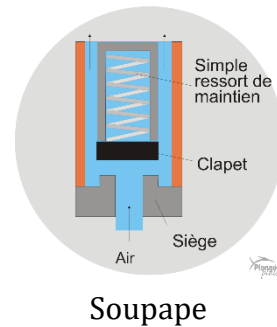
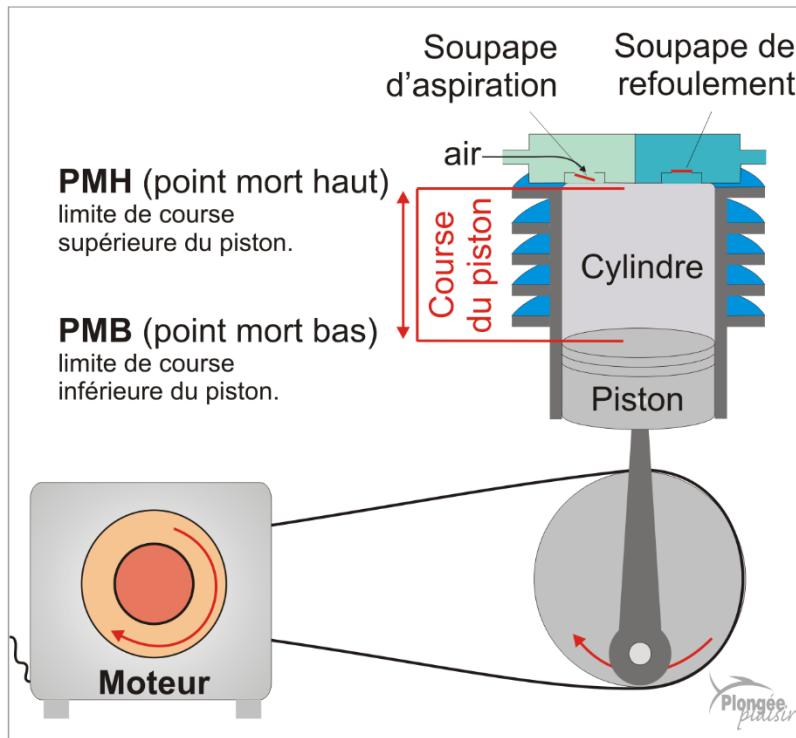
- fuite au pivot
 - flexible poreux
- } Voir un spécialiste pour la réparation



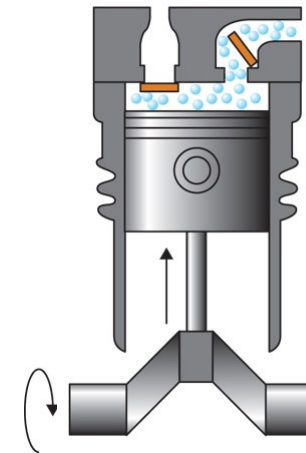
LE COMPRESSEUR

- **Rôle et fonction d'un compresseur**

- Permet de comprimer l'air dans la bouteille de plongée
- Compression progressive à partir de l'air à pression atmosphérique (1 b) grâce à des pistons montés en série (étage) jusqu'à pression max autorisée dans la bouteille (entre 176b et 300b)



Taux de compression :
$$\frac{\text{pression d'entrée}}{\text{pression de sortie}}$$



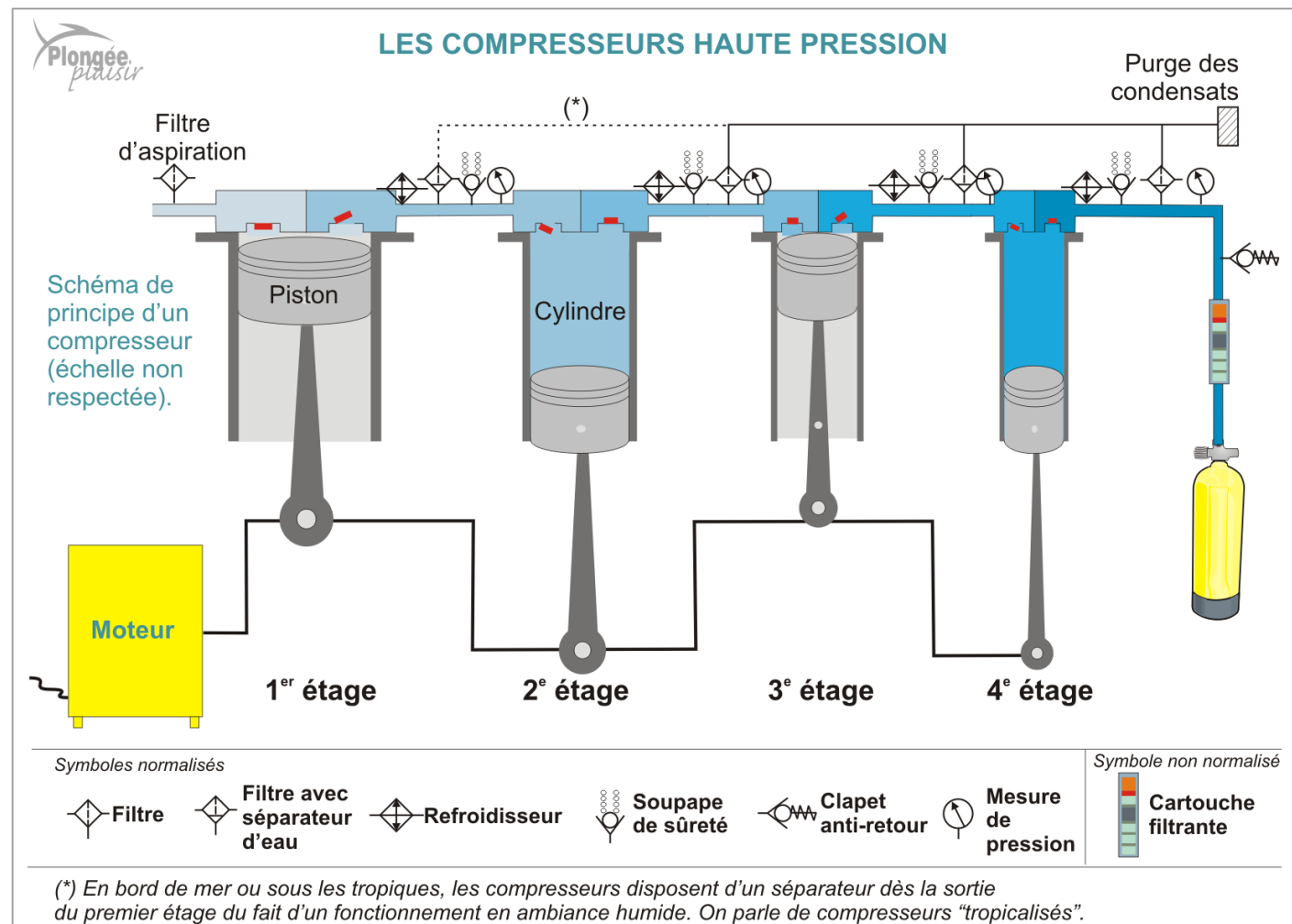
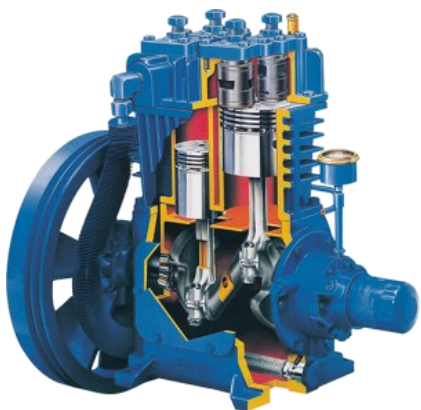
1. Admission
2. Refoulement
3. Compression

LE COMPRESSEUR

- Fonctionnement d'un compresseur

Le diamètre des pistons des différents étages est de plus en plus étroit

La pression est de plus en plus élevée lors du passage d'un étage à l'autre



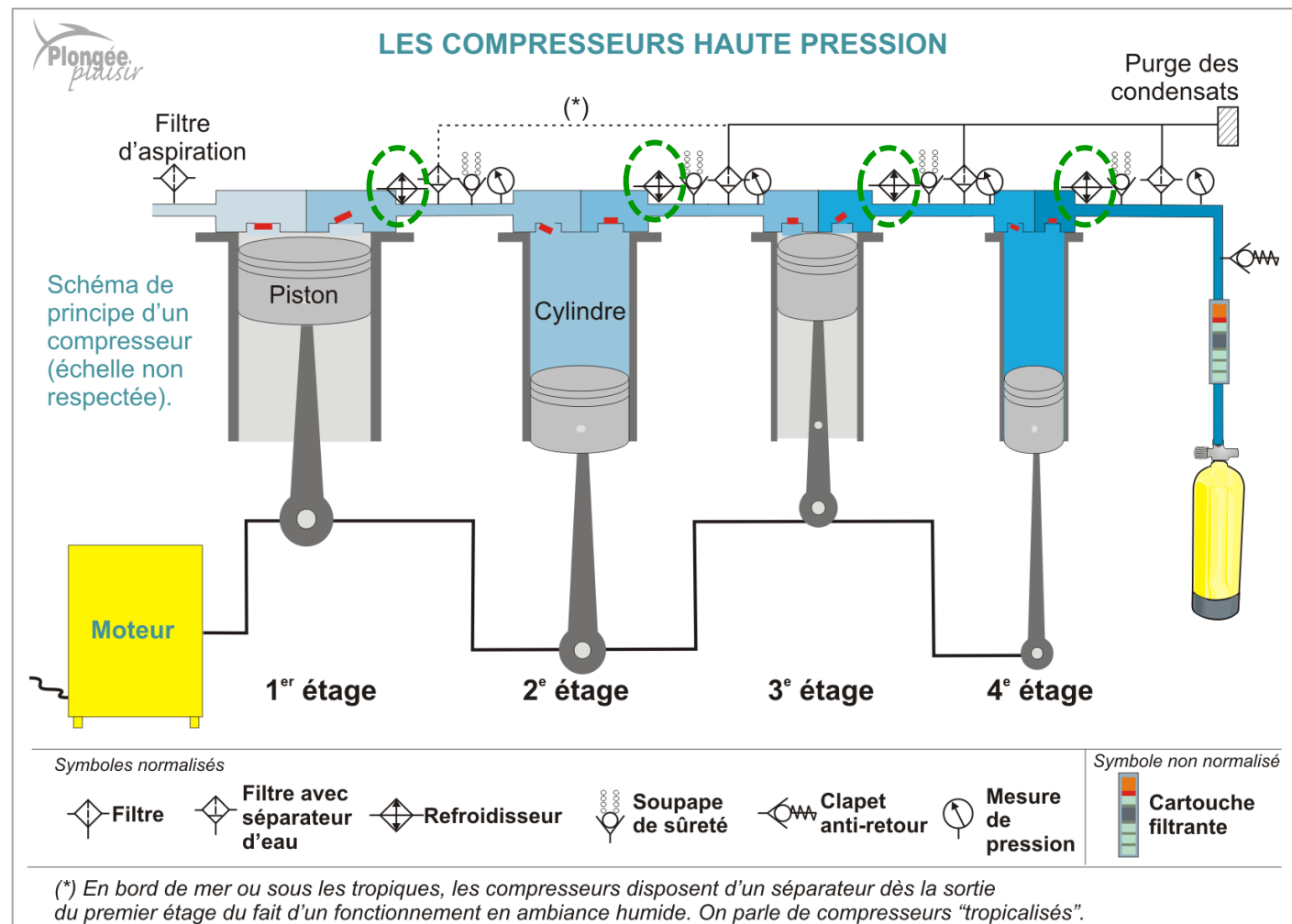
LE COMPRESSEUR

- Fonctionnement d'un compresseur

Echauffement de l'air

- Echauffement important de l'air lors de la compression

Besoin de refroidir l'air entre chaque étage pour limiter des températures trop importantes



LE COMPRESSEUR

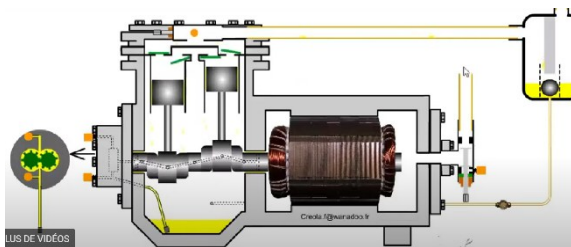
• Fonctionnement d'un compresseur

Filtration de l'air

- Récupération de huile venant du compresseur
- Récupérer l'eau venant de l'air ambiant : prévention de la rouille dans les bouteilles
- Vérifier régulièrement la qualité de l'air du compresseur

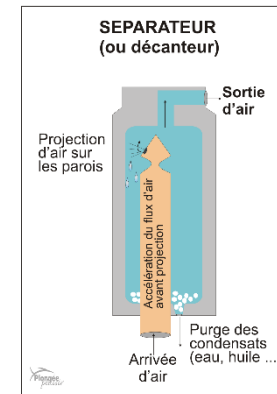
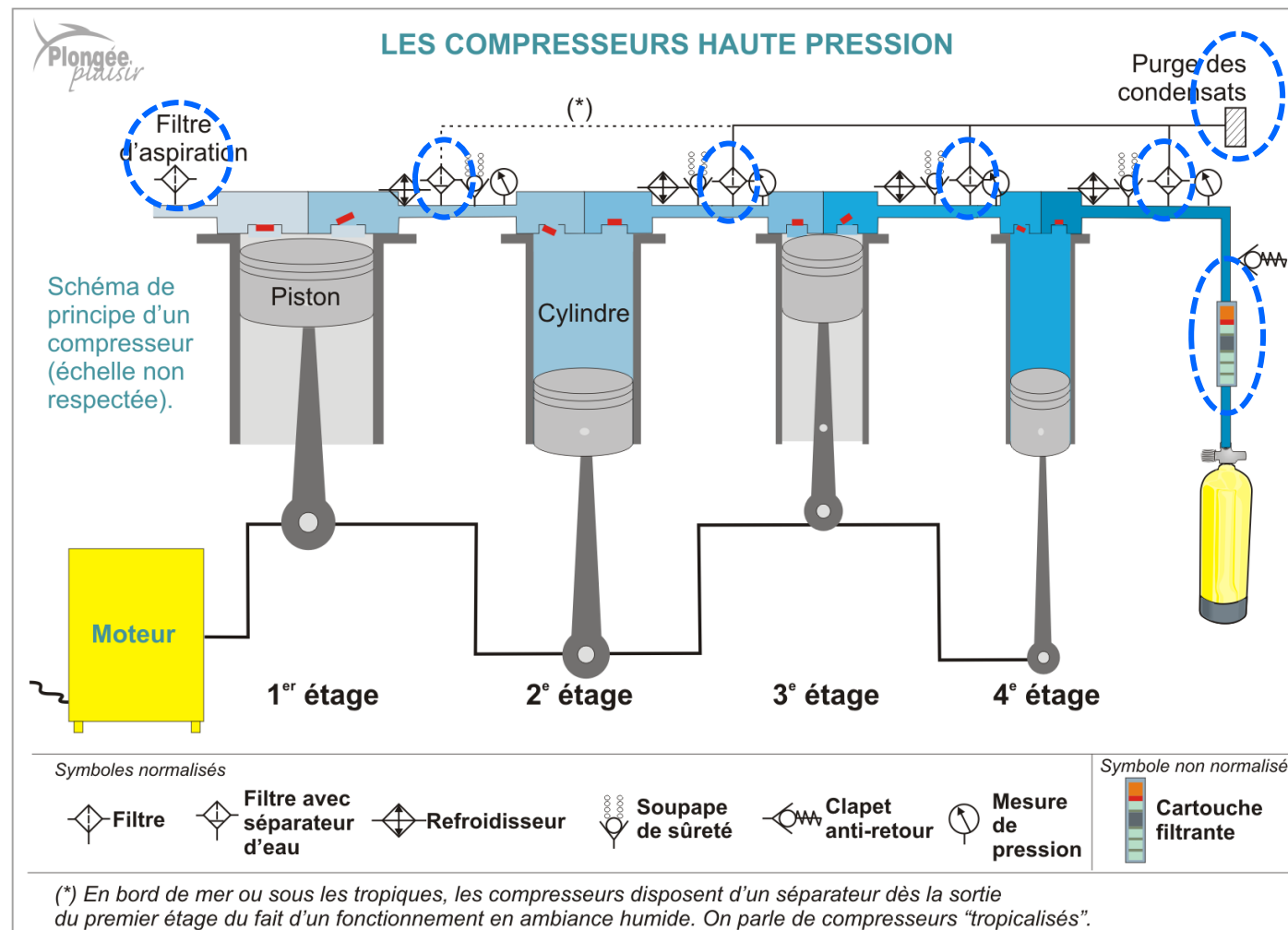
Lubrification

- Lubrification des pièces en mouvements
- Huile spécifique car air respirable

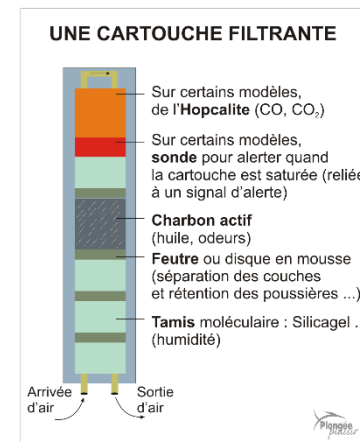


Filtre d'entrée d'air
Attention à la position de la
jauge d'entrée d'air

Purge régulière des
condensats



Cartouche filtrante
avant la bouteille

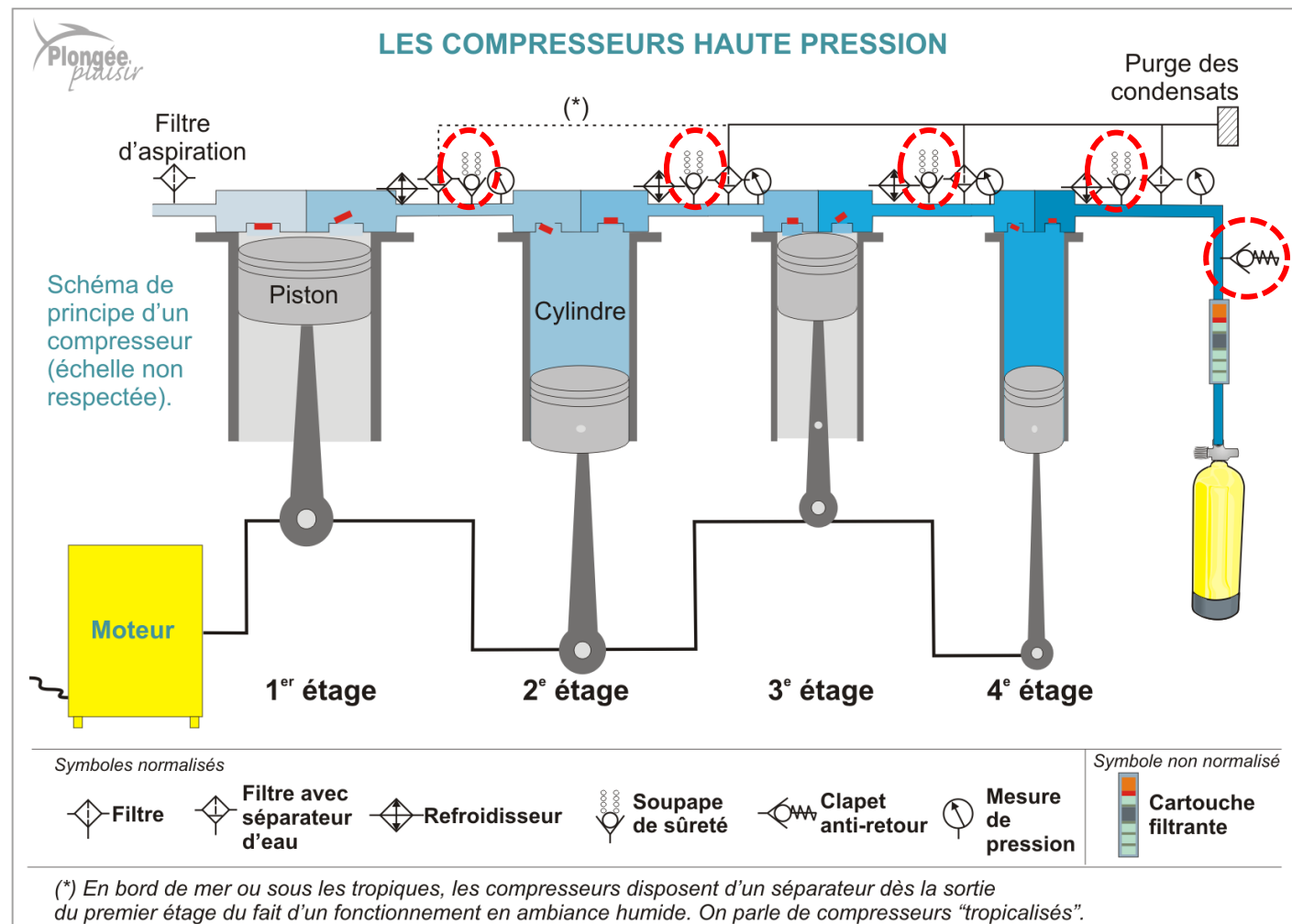
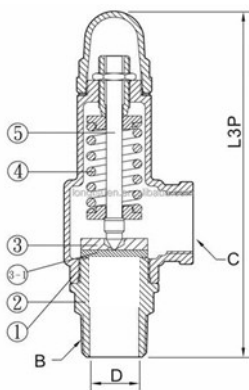


LE COMPRESSEUR

• Fonctionnement d'un compresseur

Sécurité

- Soupape de sûreté entre les étages en case de disfonctionnement
- Soupape de sûreté après le dernier étage pour éviter de dépasser la pression de services des blocs
- Réglage des soupapes : pression de réglage +10%
- Clapet anti-retour pour éviter que l'air HP retourne dans le compresseur



LE COMPRESSEUR

• Fonctionnement d'un compresseur

Moteur

Permet l'entraînement des pistons
2 types : électrique ou thermique

Electrique :

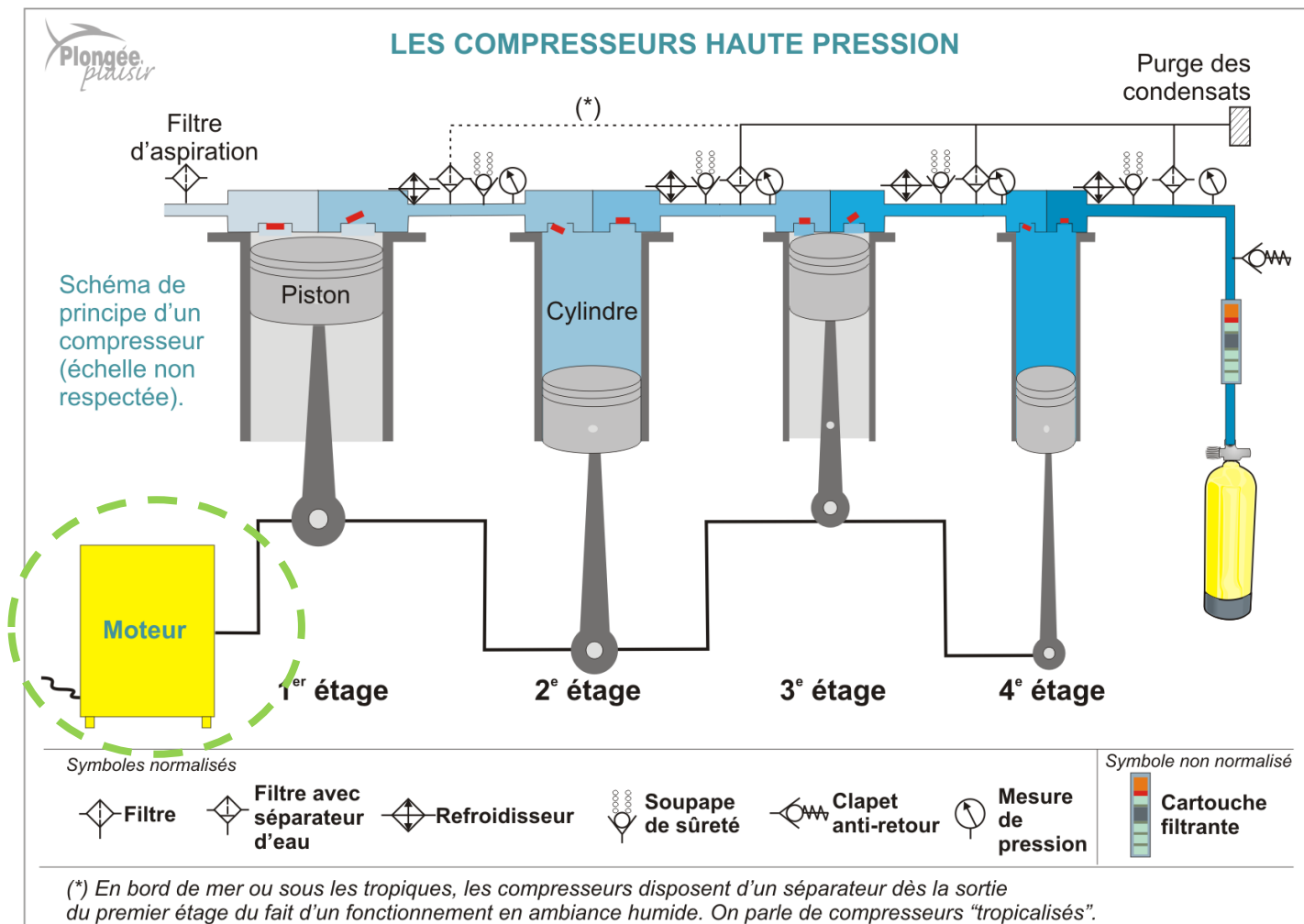
- Pas de rejet de combustion
- Entretien plus facile
- Besoin d'une alimentation électrique

Thermique :

- Pas de besoin d'alimentation externe

Caractéristiques d'un compresseur

- Débit (m³/h)
- Pression de service
- Mode de compression
- Moteur
- Coût



LE COMPRESSEUR

- **Panne courante**

- Trop de pression interétage : disfonctionnement clapet d'aspiration / refoulement
- Pression / débit insuffisant :
 - Filtre d'aspiration bouché
 - Clapet d'aspiration défectueux
 - Fuite
 - Usure piston / cylindre
 - Soupape non étanche
- Echauffement anormal
 - Utilisation intensive
 - Circuit de refroidissement défectueux
- Bruit excessif : manque d'huile
- Démarrage impossible
 - Panne moteur ou défaut d'alimentation
 - Compresseur grippé

- **Entretien courant**

- Purge des condensats
- Niveau d'huile
- Nettoyage des filtres
- Vérification de la prise d'air

- **Maintenance**

- Vidange huile
- Vérification de la qualité de l'air

LE COMPRESSEUR

- **Réglementation**

- Cahier d'entretien obligatoire
- Affichage du personnel autorisé à l'utiliser (personnel formé) et des consignes d'utilisation obligatoire dans le local de gonflage

- **Temps de gonflage**

$$\text{Temps de gonflage} = \frac{\text{Quantité d'air nécessaire}}{\text{débit du compresseur}}$$

Ex: temps nécessaire pour gonfler 4 blocs de 12l à 200B de retour de plongée (50b restants) avec un compresseur de 8m³/h ?

- Quantité d'air à gonfler : $(200b - 50b) \times 12l \times 4 = 7\,200l$ soit 7,2m³
- Temps de gonflage = $\frac{7,2}{8} = 0,9$ h soit 54 minutes

⇒ Utilisation de tampons pour diminuer le temps de gonflage des blocs

$$\begin{aligned} 1l &= 1 \text{ dm}^3 \\ 1m^3 &= 1\,000 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$



LES TAMPONS

- **Rôle et fonction des tampons**

- Bouteilles de grande capacité permettant de stocker de l'air comprimé
- Stock d'air immédiatement disponible pour le remplissage des blocs



Tampons

Compresseur

Rampe de gonflage



Rampe de gonflage



L'air est transféré de la pression la plus élevée vers la plus faible jusqu'à **l'équilibre des pressions**

LES TAMPONS

- Utilisation des tampons

Ex : Peut-on gonfler 2 bocs de 12l et 2 blocs de 15l à 200b (il reste 50b) avec 6 tampons de 50l gonflés à 300bars ?
Quelle sera la pression restante dans les tampons ?

Quantité d'air nécessaire pour remplir les 4 blocs :

- $(200b-50b) \times 12l \times 2 + (200b-50b) \times 15l \times 2 = 8\ 100l$

*Air disponible dans les tampons **pour gonfler les blocs** :*

Seule la pression > 200b est utilisable

- $(300b-200b) \times 50l \times 6 = 30\ 000l$

⇒ Le gonflage des blocs avec les tampons est possible

Pression des tampons après gonflage :

- Quantité d'air dans les tampons : $300b \times 50l \times 6 = 90\ 000l$
- Quantité d'air restante après gonflage : $90\ 000l - 8100l = 81\ 900l$
- Pression après gonflage : $81\ 900l / (50l \times 6) = 273b$

