



LE MATÉRIEL



Niveau 4 – Le matériel
<http://www.antonysub.fr>



PLAN DE LA PRESENTATION

- **Les compresseurs**
- **Les bouteilles tampons**
- **Les bouteilles de plongée**
- **Les détendeurs**



LE MATERIEL

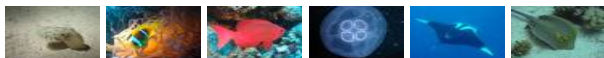
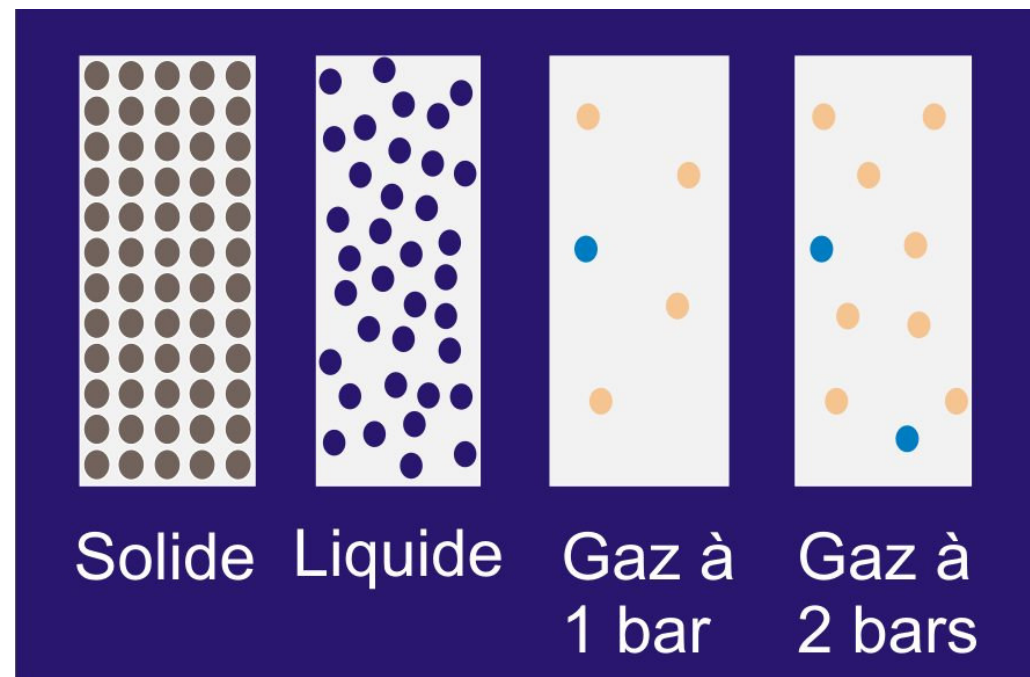
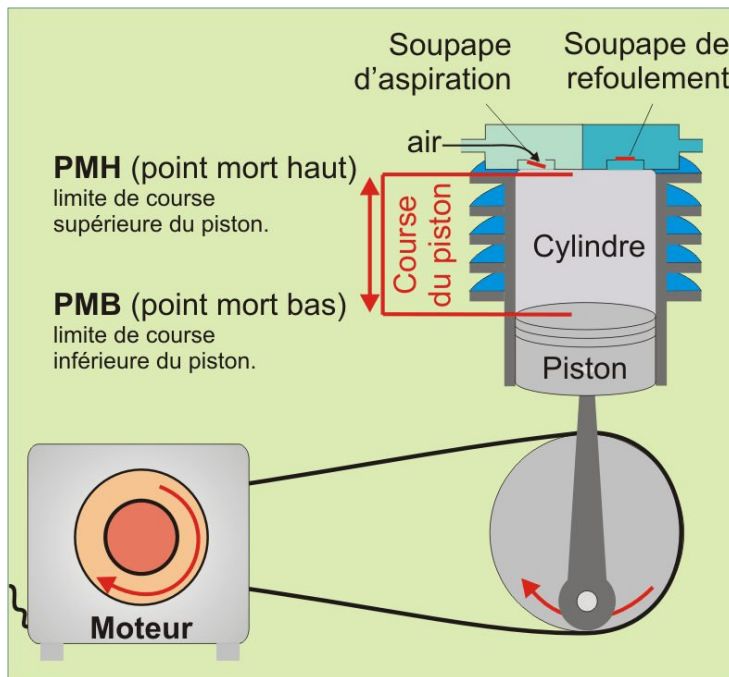
- **Les compresseurs**
- Les bouteilles tampons
- Les bouteilles de plongée
- Les détendeurs

Les compresseurs



PRINCIPE

Comprimer l'air pour en faire tenir une très grande quantité dans un faible volume



Les compresseurs

MOYEN

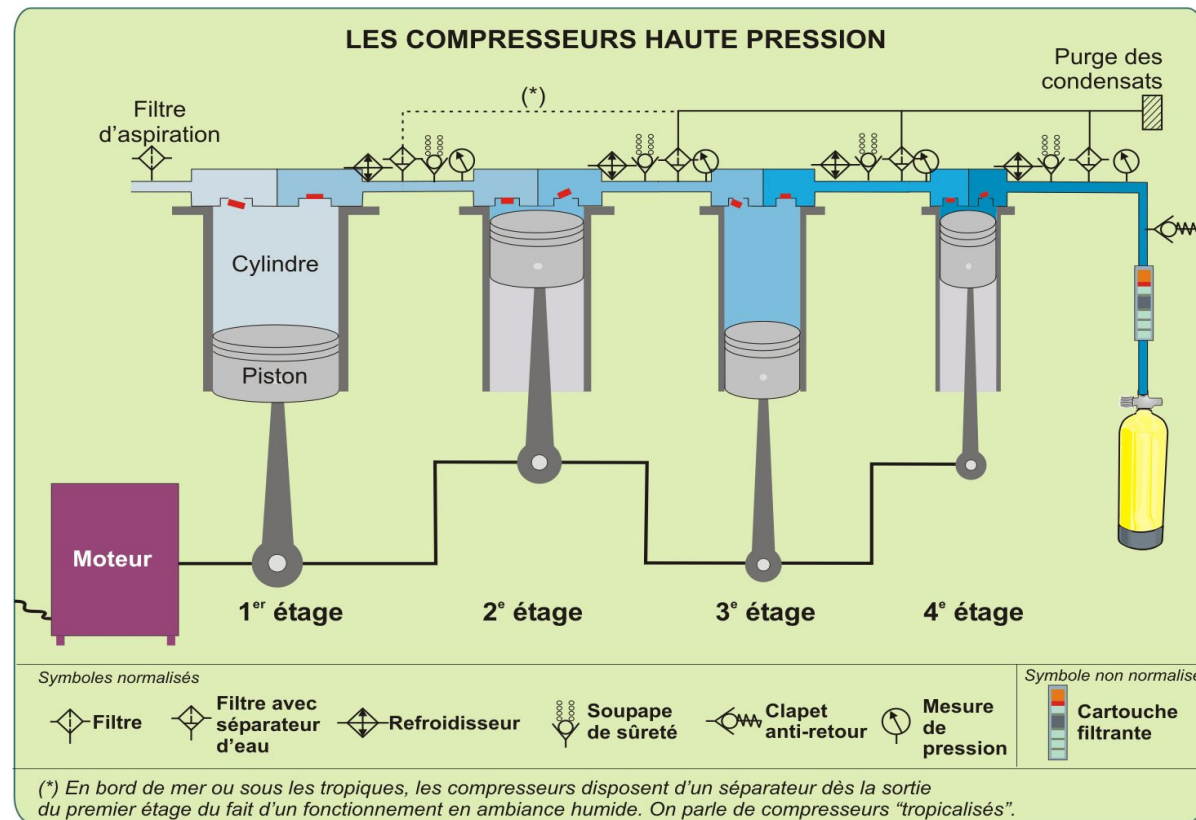
Comprimer l'air par **étapes successives** pour l'amener de la pression ambiante à 200 ou 230 bars (généralement)

| 1er étage | 2ème étage | 3ème étage | 4ème étage | 5ème étage |
|-----------|------------|----------------|----------------|----------------|
| 6 bars | 45 bars | 225 à 330 bars | | |
| 4 bars | 20 bars | 60 bars | 225 à 330 bars | |
| 4 bars | 15 bars | 45 bars | 150 bars | 350 à 500 bars |



MISE EN OEUVRE

Diminuer le volume entre deux cylindres consécutifs pour provoquer une montée en pression



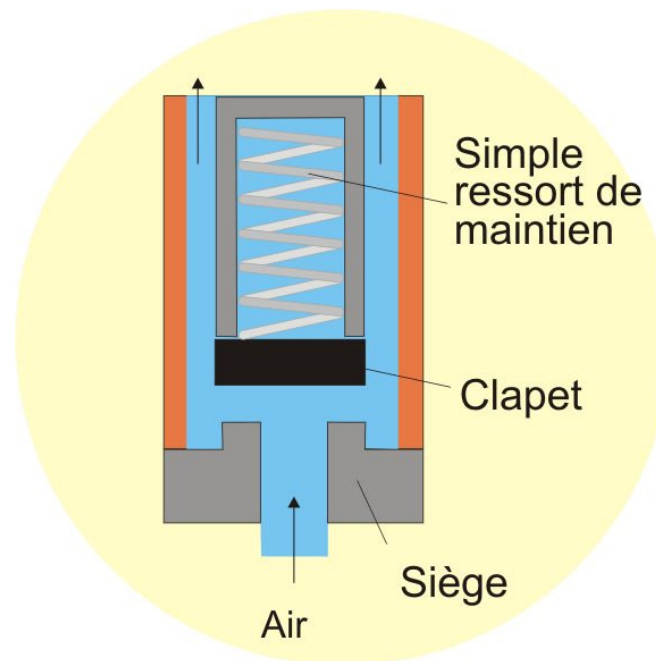
SOUPAPE DE SURETE

Obligatoire entre le dernier étage et les blocs à gonfler.
Facultatif entre chaque étage du compresseur.

Déclenchement si dépassement de 10% de la pression prévue.

Vérification
régulières
obligatoires

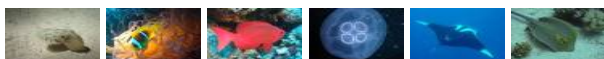
(arrêté du 4 décembre 1998)



Dispositif
sonore

Arrêt
automatique

...



ECHAUFFEMENT

La montée en pression ⇒ ↗ température de l'air
Mouvements mécaniques ⇒ ↗ température des pièces

SOLUTION

Système de refroidissement de l'air et des pièces
(ventilateur ou radiateur)



LUBRIFICATION

Les pièces mécaniques en mouvement doivent être lubrifiées pour fonctionner correctement

SOLUTION

Huiles minérales



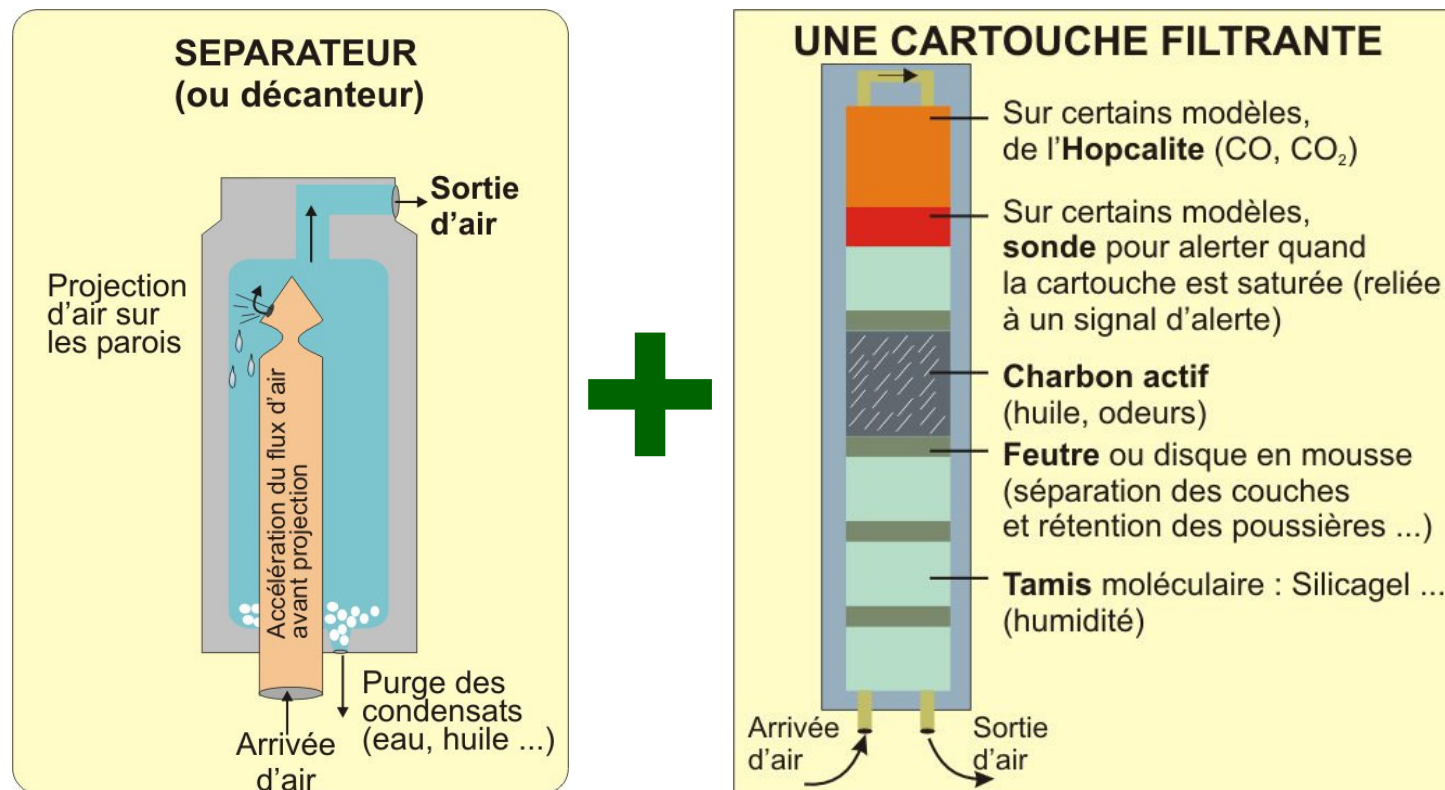
- . Faible toxicité
- . Résiste à ↗ de la température



LA FILTRATION

Pour extraire de l'air les résidus :
eau, huile, poussières, pollens, bactéries, CO, CO₂ ...

SOLUTION



REFOULEMENT DE L'AIR

Possible au démarrage du compresseur.
(exemple : inversion des phases d'un moteur électrique)

SOLUTION

CLAPET ANTI-RETOUR

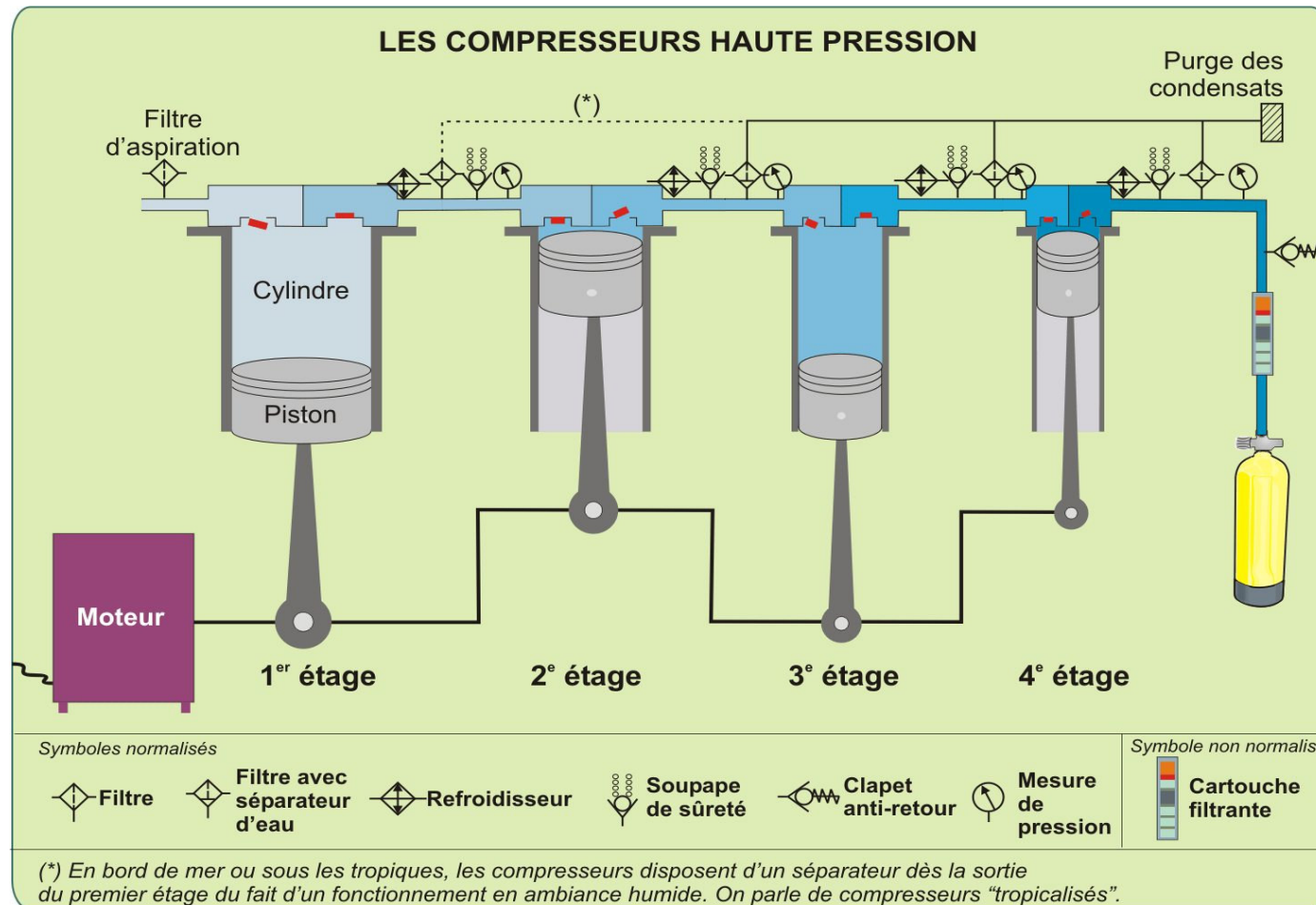
En sortie de compresseur, évite que l'air à haute pression
refoule dans le compresseur.

Il fixe la limite de responsabilité entre le fabricant et l'utilisateur.



LES COMPRESSEURS


Thermiques ou électriques.
16, 32, 50 ou 60 m³/heure



TEMPS DE GONFLAGE

HEURES ET MINUTES

1,20 heure = ?



1 heure + (0,20 x 1 heure)

1 heure + (0,20 x 60 minutes)

1 heure + 12 minutes

$$\text{Temps gonflage} = \frac{\text{Qté d'air nécessaire}}{\text{Débit du compresseur}}$$

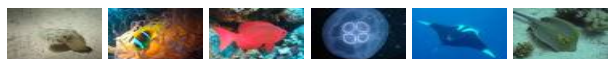
| Débit compresseur | Air nécessaire | Temps théorique |
|----------------------|-------------------|-----------------|
| 8 m ³ /h | 54 m ³ | 6 h 45 ' |
| 16 m ³ /h | 54 m ³ | 3 h 23 ' |
| 50 m ³ /h | 54 m ³ | 1 h 05 ' |

CALCUL

Combien de temps pour gonfler 20 blocs de 10 litres à 230 bars (reste 30 bars dans chaque bloc) avec un compresseur de 8 m³ ?

Qté d'air nécessaire = $20 \times 10 \times (230 - 30) = 20 \times 10 \times 200 = 40000$ litres = 40 m³

Temps nécessaire = $\frac{40}{8} = 5$ heures



CONSIGNES FEDERALES



FEDERATION FRANCAISE D'ETUDES ET DE SPORTS SOUS-MARINS
Commission Technique Nationale

CONSIGNES POUR LE CHARGEMENT DES BOUTEILLES DE PLONGEE *à afficher près de la rampe de chargement*

« Le personnel chargé de la conduite d'équipements sous pression doit être informé et compétent pour surveiller et prendre toute initiative nécessaire à leur exploitation sans danger »

(art. 8 arrêté du 15 mars 2000)

1. Avant de mettre en route, vérifier le niveau d'huile du compresseur
 2. Avant de raccorder au dispositif du compresseur, vérifier
 - . le bon état extérieur de la bouteille;
 - . pour une bouteille de construction antérieure au 06/04/1998, qu'elle porte la date d'épreuve initiale suivie d'un poinçon officiel*;
 - . pour une bouteille de construction postérieure au 06/04/1998, qu'elle porte la date d'épreuve et un poinçon officiel*, soit les marquages européens, la nature du gaz et la pression de chargement à 15 °C;
 - . pour chaque bouteille
 - I. qu'elle est en date d'épreuve avec un poinçon officiel
 - II. qu'elle a subi le contrôle visuel annuel (autocollant TIV ou autre attestation reconnue);
 - III. sa pression de chargement ou pression de service (PS);
 - IV. le bon fonctionnement de la soupape de sécurité du dispositif de chargement.
 3. Purger la robinetterie de la bouteille
 4. Raccorder la bouteille à la rampe correspondant à la pression de chargement (tarage de la soupape de sûreté).
- Pendant le chargement :**
5. Purger fréquemment les décanteurs et filtres.
 6. Surveiller le manomètre de la rampe de chargement.
 7. Ne jamais dépasser la « pression de chargement » de la bouteille.

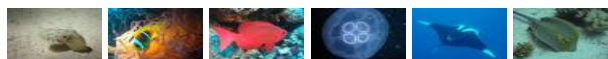
Le préposé au chargement doit refuser les bouteilles qui ne répondent pas aux exigences des vérifications.

(*) Principaux poinçons officiels : fête de cheval, B et V imbriqués, octogone, marque CE.



MINI-GUIDE DE DEPANNAGE

| Panne | Causes possibles |
|-------------------------------|---|
| Excès de pression inter-étage | Dysfonctionnement du clapet d'aspiration de l'étage suivant. |
| Pression ou débit insuffisant | <ul style="list-style-type: none">- Filtre d'aspiration bouché.- Clapet d'aspiration du 1er étage défectueux.- Fuite.- Usure piston/cylindre.- Courroie de transmission.- Soupape non étanche.- Anomalie sur un clapet. |
| Echauffement anormal | <ul style="list-style-type: none">- Utilisation trop intensive.- Circuit de refroidissement défectueux.- Sens de rotation incorrect. |
| Bruit excessif | <ul style="list-style-type: none">- Manque d'huile.- Transmission désalignée. |
| Démarrage impossible | Panne moteur, défaut d'alimentation ou compresseur grippé. |



LE MATERIEL

- Les compresseurs
- **Les bouteilles tampons**
- Les bouteilles de plongée
- Les détendeurs

Les bouteilles tampons



Les bouteilles tampons

A QUOI CELA SERT-IL ?

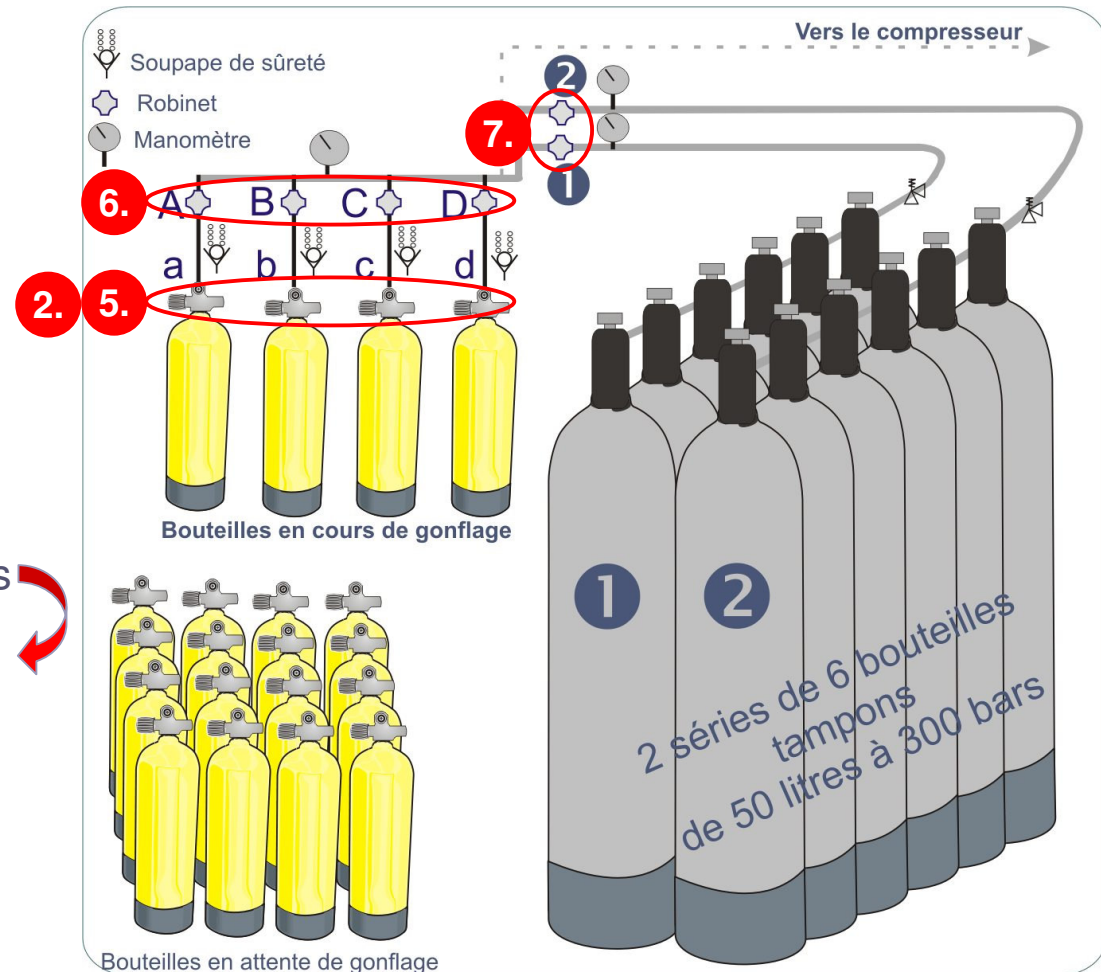
Une **réserve d'air en pression et en quantité suffisante** à transférer dans des blocs que l'on souhaite recharger.

- Evite de mettre en route le compresseur
- Gain de temps
- Les bouteilles tampons sont quant à elles rechargées durant les heures creuses



PROCEDURE DE GONFLAGE

1. Vérifier les bouteilles
2. Purger la robinetterie
3. Fermeture des différents robinets
4. Raccorder les blocs à gonfler à la station de gonflage
5. Ouvrir la robinetterie
6. Mise en communication des blocs à gonfler
7. Ouverture d'une série de tampons
8. Fermeture de la série de tampons
9. Fermeture des robinets
10. Découpler les blocs gonflés
11. Recommencer les opérations précédentes pour une nouvelles série de blocs à gonfler



CALCULS SUR LES OPERATIONS DE GONFLAGE

TEMPS DE GONFLAGE DES TAMPONS

Combien de temps faut-il à un compresseur de 60 m³/h pour gonfler 12 bouteilles tampons de 50 litres à 300 bars ?

Quantité d'air :

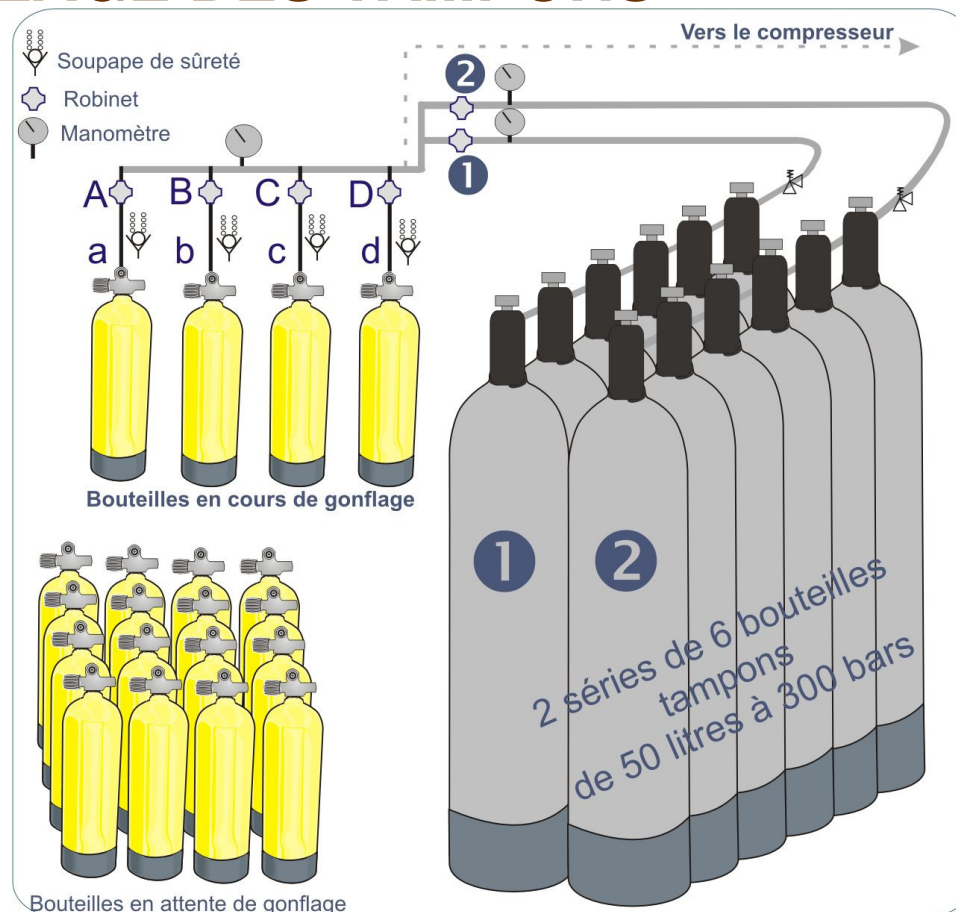
$$12 \times 50 \times 300 = 180\,000 \text{ L} \\ \text{soit } 180 \text{ m}^3$$

Débit :

$$60 \text{ m}^3/\text{h}$$

Temps :

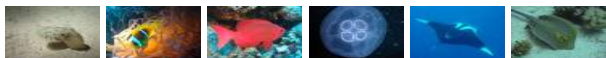
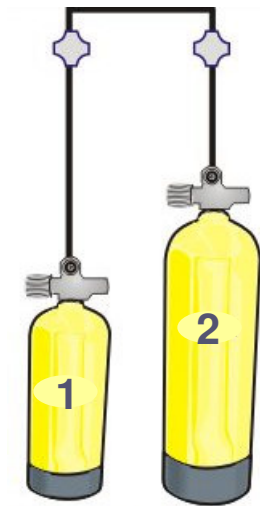
$$\frac{180 \text{ m}^3}{60 \text{ m}^3/\text{h}} = 3 \text{ h}$$



CALCULS SUR LES OPERATIONS DE GONFLAGE

CALCUL DE LA PRESSION D'EQUILIBRE DES BLOCS

$$P_{\text{équilibre}} = \frac{(P_1 \times V_1) + (P_2 \times V_2) + \dots + (P_n \times V_n)}{(V_1 + V_2 + \dots + V_n)}$$

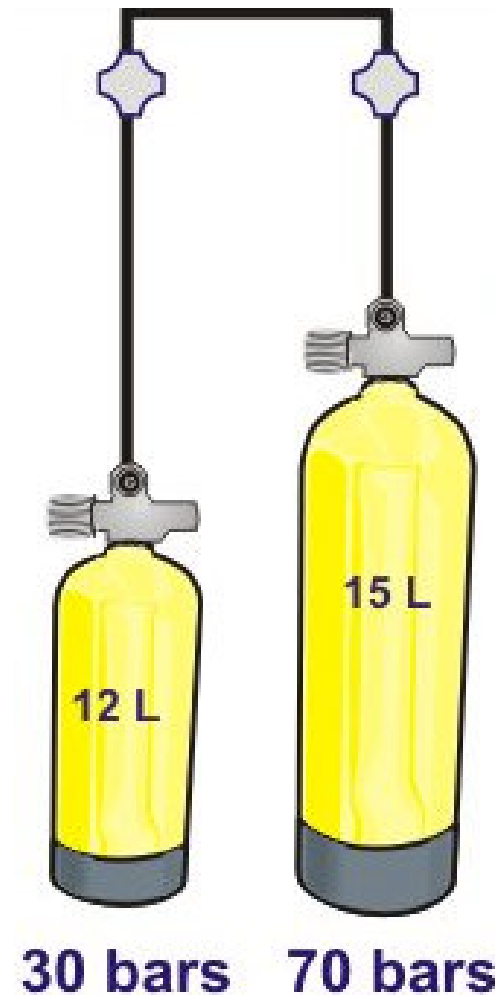


Les bouteilles tampons

CALCULS SUR LES OPERATIONS DE GONFLAGE

EXERCICE : Quelle est la valeur de P ?

| Symbole | Désignation | Valeur |
|-----------------------|-----------------------------|---------------|
| P_1 | Pression initiale du bloc 1 | 30 bars |
| V_1 | Volume intérieur du bloc 1 | 12 L |
| P_2 | Pression initiale du bloc 2 | 70 bars |
| V_2 | Volume intérieur du bloc 2 | 15 L |
| P | Pression d'équilibre | ? bars |



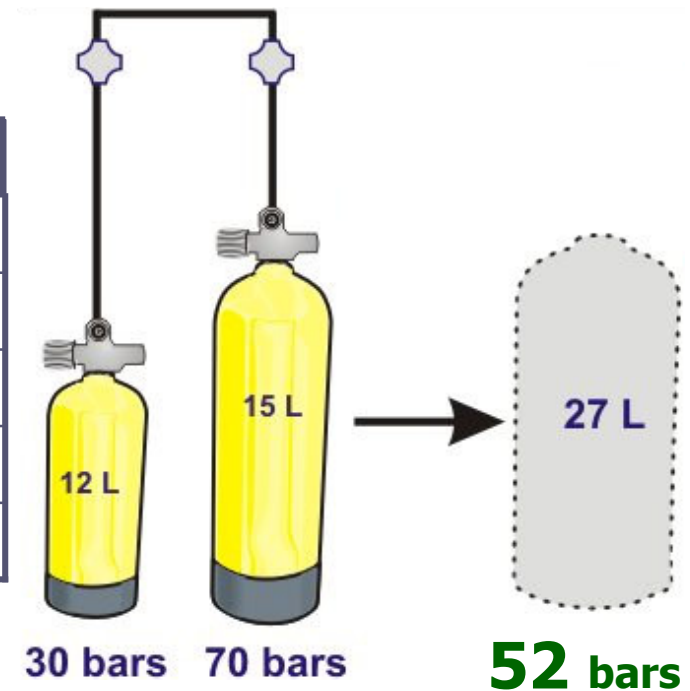
Les bouteilles tampons

CALCULS SUR LES OPERATIONS DE GONFLAGE

REPONSE :

| Symbole | Désignation | Valeur |
|----------|-----------------------------|----------------|
| P_1 | Pression initiale du bloc 1 | 30 bars |
| V_1 | Volume intérieur du bloc 1 | 12 L |
| P_2 | Pression initiale du bloc 2 | 70 bars |
| V_2 | Volume intérieur du bloc 2 | 15 L |
| P | Pression d'équilibre | 52 bars |

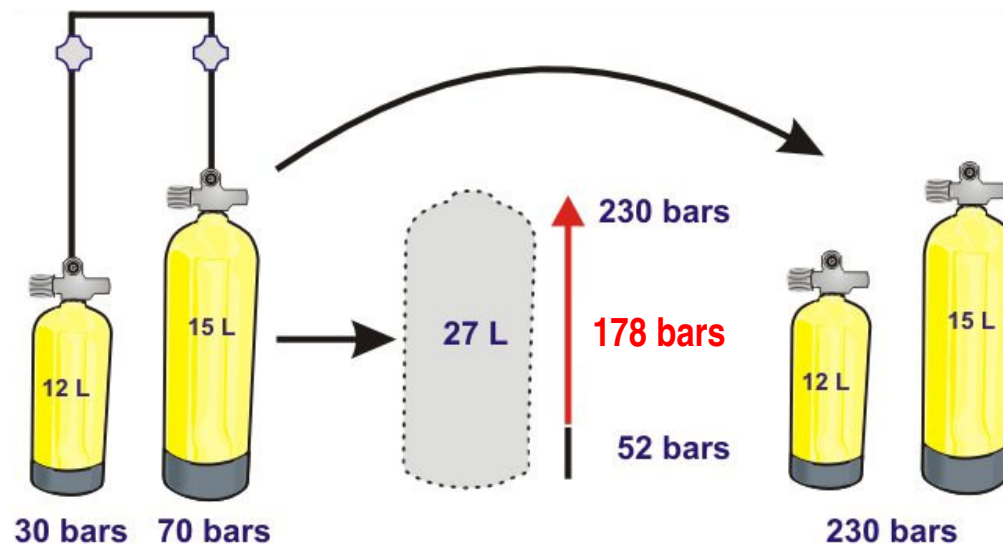
$$P_{\text{équilibre}} = \frac{(P_1 \times V_1) + (P_2 \times V_2)}{(V_1 + V_2)} = \frac{(30 \times 12) + (70 \times 15)}{(12 + 15)}$$



CALCULS SUR LES OPERATIONS DE GONFLAGE

CALCUL DE L'AIR NECESSAIRE

$$\text{AIR}_{\text{nécessaire}} = (P_{\text{finale}} - P_{\text{initiale}}) \times \text{Volume}$$



$$\text{AIR}_{\text{nécessaire}} = (230 - 52) \times 27 = 4806 \text{ L}$$

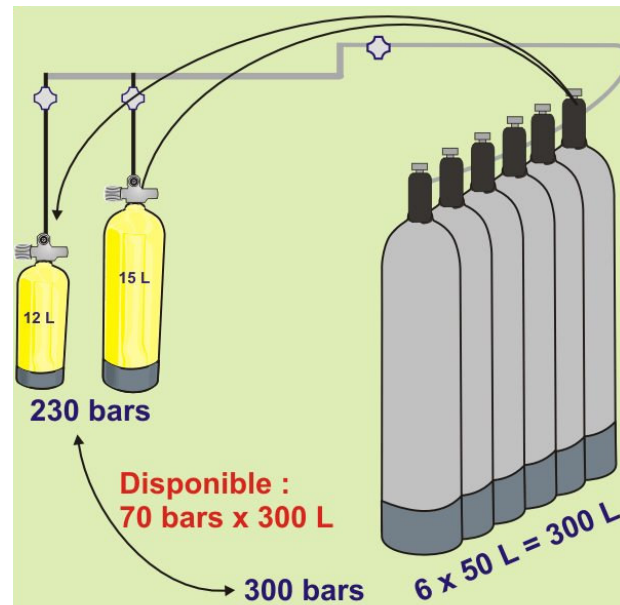


Les bouteilles tampons

CALCULS SUR LES OPERATIONS DE GONFLAGE

CALCUL DE L'AIR DISPONIBLE DANS LES TAMPONS

$$\text{AIR}_{\text{disponible}} = (P_{\text{tampon}} - P_{\text{ciblée}}) \times V_{\text{tampon}}$$



$$\text{AIR}_{\text{disponible}} = (300 - 230) \times 300 = 21\ 000\ \text{L}$$

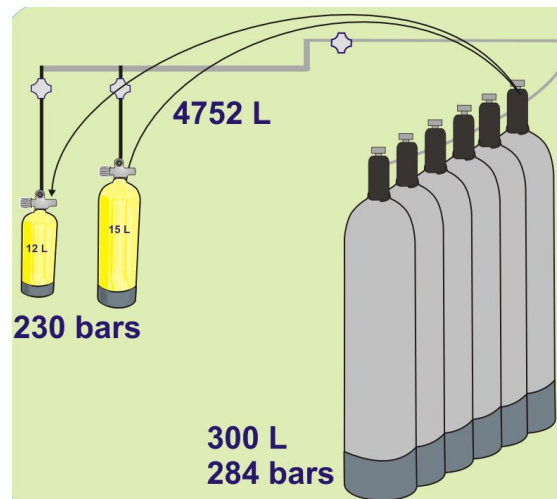


Les bouteilles tampons

CALCULS SUR LES OPERATIONS DE GONFLAGE

CALCUL DE LA PRESSION FINALE DANS LES TAMPONS

$$P_{\text{finale tampon}} = \frac{(P_{\text{initiale}} \times \text{Volume}) - \text{AIR}_{\text{nécessaire}}}{\text{Volume}}$$



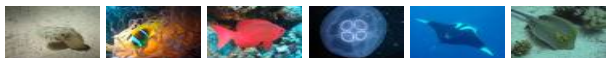
$$P_{\text{finale tampon}} = (300 - 300) \times 4807 / 300 = 283 \text{ bars}$$



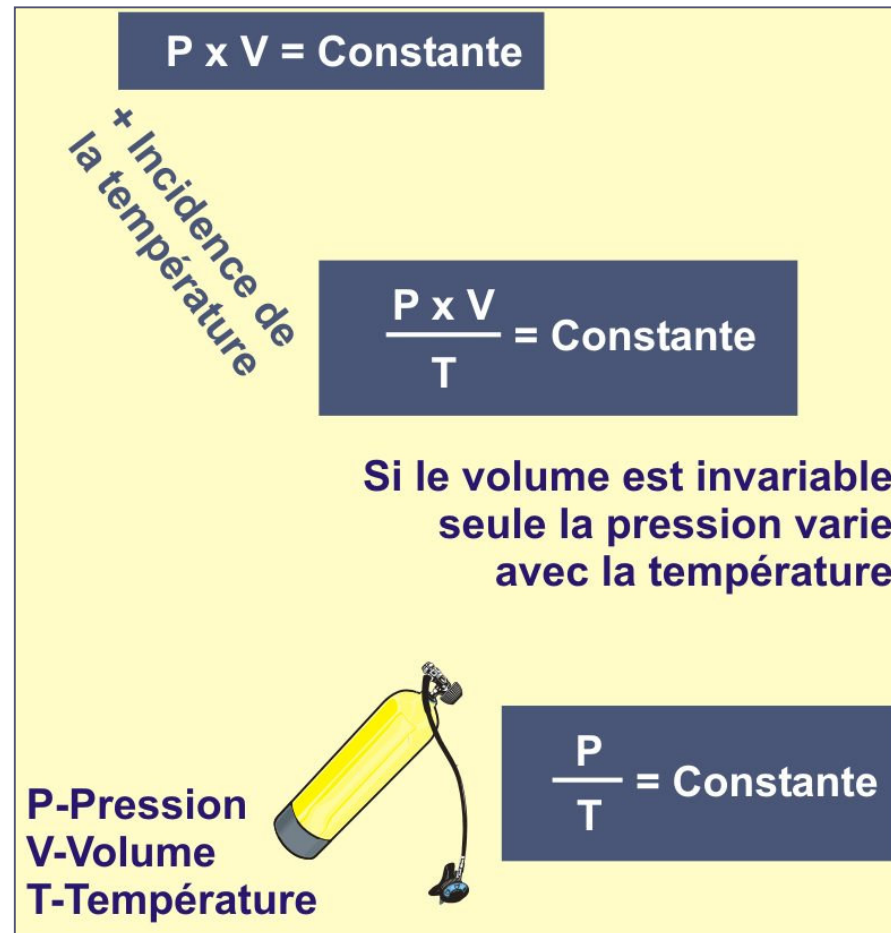
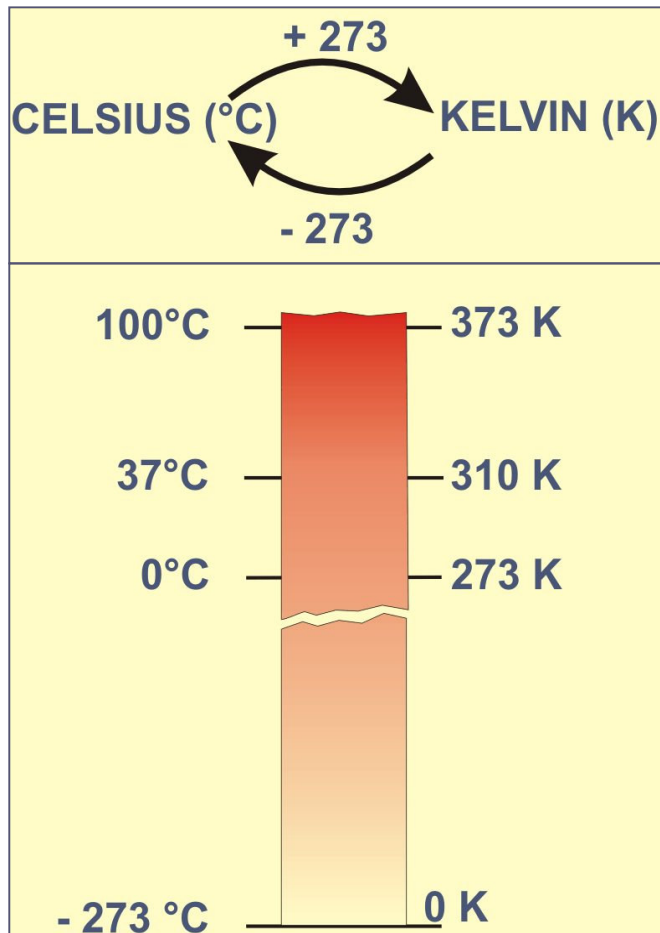
LE MATERIEL

- Les compresseurs
- Les bouteilles tampons
- **Les bouteilles de plongée**
- Les détendeurs

Les bouteilles de plongée



INCIDENCE DE LA TEMPERATURE SUR LA PRESSION



$P \times V = \text{Constante}$


+ Incidence de la température

$\frac{P \times V}{T} = \text{Constante}$

Si le volume est invariable
seule la pression varie
avec la température

$\frac{P}{T} = \text{Constante}$

**P-Pression
V-Volume
T-Température**



INCIDENCE DE LA TEMPERATURE SUR LA PRESSION

ILLUSTRATION

Quelle sera la pression d'un bloc gonflé initialement à 200 bars et à une température de 50 °C, une fois plongée dans une eau de mer à 15 °C ?

| Symbole | Désignation | Valeur |
|---------|--------------------------------|---------------|
| T_1 | Température de gonflage | 50 °C |
| P_1 | Pression initiale du bloc | 200 bars |
| T_2 | Température finale | 15 °C |
| P_2 | Pression finale du bloc | ? bars |

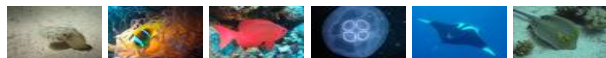
1) Conversion °C/Kelvin

$$T_1 (K) = T_1 (°C) + 273 = 50 + 273 = 323 K$$

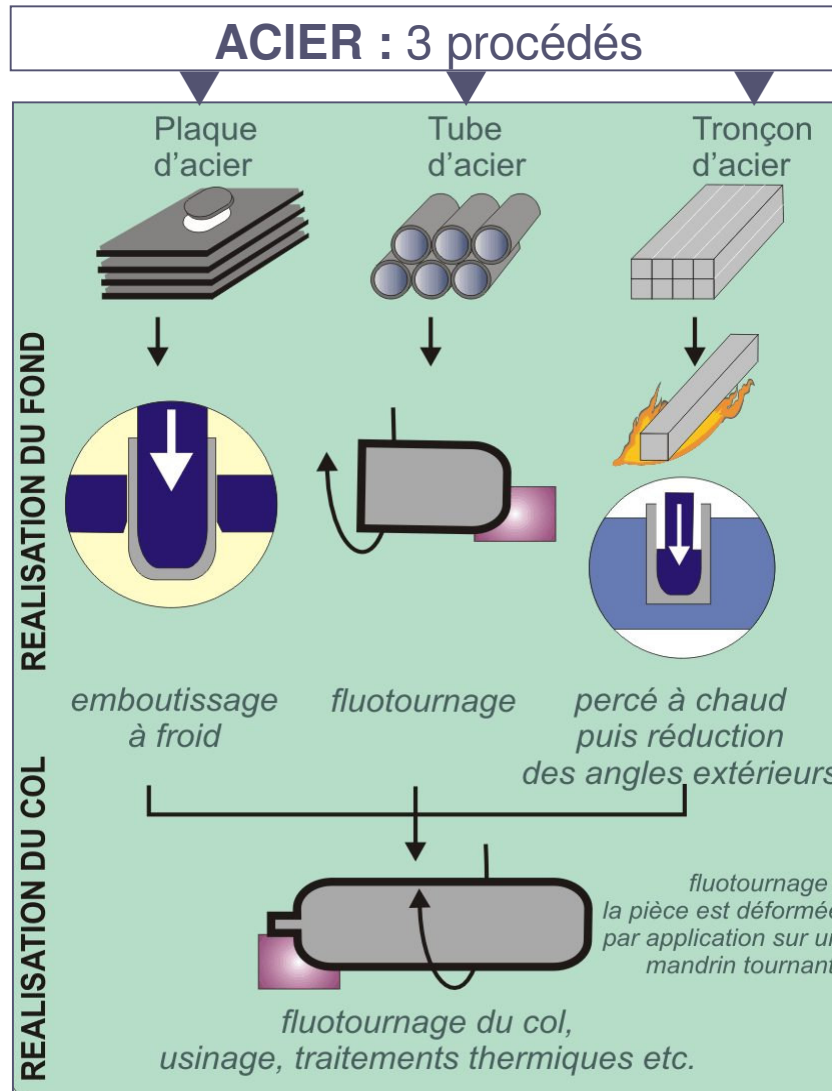
$$T_2 (K) = T_2 (°C) + 273 = 15 + 273 = 288 K$$

2) Calcul de la pression finale du bloc

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 \times T_2}{T_1} = \frac{200 \times 288}{323} = \mathbf{178 \text{ bars}}$$



CONCEPTION DES BLOCS DE PLONGEE



ALUMINIUM

AVANTAGES

- Moins sensibles à la corrosion
- Plus légères

INCONVENIENTS

- Pas assez lourdes !!!
- Plus fragiles



Les bouteilles de plongée

REGLEMENTATION

LE REGIME TIV

Technicien en Inspection Visuelle

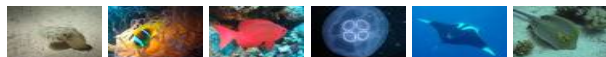


Arrêté du 18/11/1986

Régime dérogatoire pour la FFESSM portant l'intervalle de requalification de 2 ans à **5 ans**.

LA CONTRE PARTIE

- Inscription des blocs sur le registre du club
- Inspection visuelle par un TIV tous les 12 mois



REGLEMENTATION

| INSPECTIONS ET REQUALIFICATIONS PERIODIQUES | | | |
|--|---|-------------------------------------|--|
| Types de bloc | Intervalle maximum entre 2 inspections | Intervalle entre 2 requalifications | Remarques |
| Bouteilles de plongée métalliques ¹ (acier ou aluminium ²) | 12 mois | 2 ans | Régime général Arrêté du 15 mars 2000 |
| | 12 mois | 5 ans | Régime TIV Arrêté du 15 mars 2000 Arrêté du 18 novembre 1986 |
| Bouteilles de bouée métalliques | Même réglementation que les blocs de plongée depuis le 17/12/97, si le volume est supérieur à 1 litre (sinon, aucun contrôle) | | |
| Tampons | 40 mois | 10 ans | Arrêté du 15 mars 2000 |
| Filtres et compresseurs | 40 mois | 10 ans | Arrêté du 15 mars 2000 |
| Bouteilles métalliques pour appareils de réanimation (oxygène) | 40 mois | 10 ans | Nécessite une Autorisation de Mise sur le Marché, comme les médicaments. |
| Documents de référence : Arrêté du 23 juillet 1943 - Arrêté du 20 février 1985 - Arrêté du 18 novembre 1986 Arrêté du 17 décembre 1997 - Arrêté du 15 mars 2000 | | | |
| ¹ Depuis l'arrêté du 17 décembre 1997, il n'y a plus de distinction entre les bouteilles en acier et celles en aluminium. Elles sont classées comme « bouteilles métalliques ». | | | |
| ² Les blocs en aluminium en alliage AG5 sont interdits d'utilisation au-delà de 10 ans. | | | |

| MENTIONS OBLIGATOIRES à la mise sur le marché |
|---|
| Marques d'identité : |
| <ul style="list-style-type: none"> - Nom constructeur - Lieu et année de fabrication - N° de fabrication - Pression d'épreuve (PE) - Volume intérieur - Marque nationale ou européenne (CE) |
| Marques de service : |
| <ul style="list-style-type: none"> - Nature du gaz - Pression maximale d'utilisation ou pression de service (PS) - Date de la dernière épreuve |



LA ROBINETTERIE

Poignet robinet

Joint torique

Adaptateur DIN/INT



Filetage

Joint

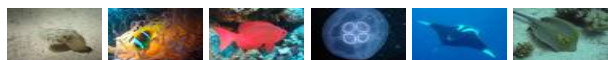
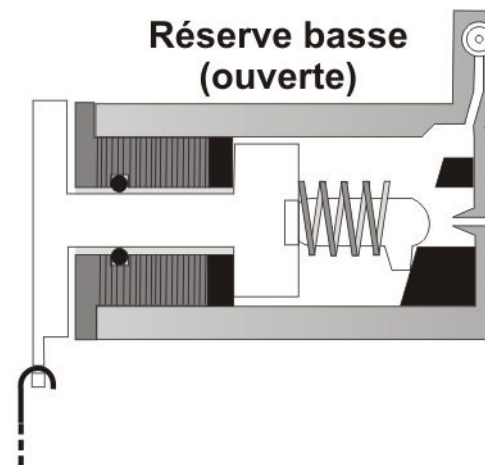
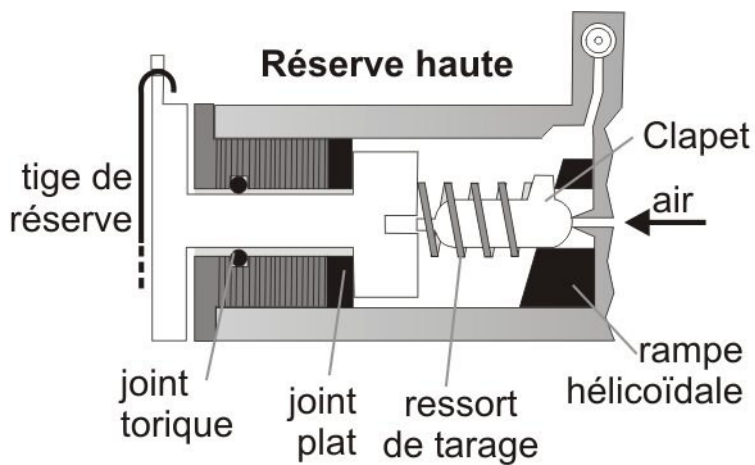
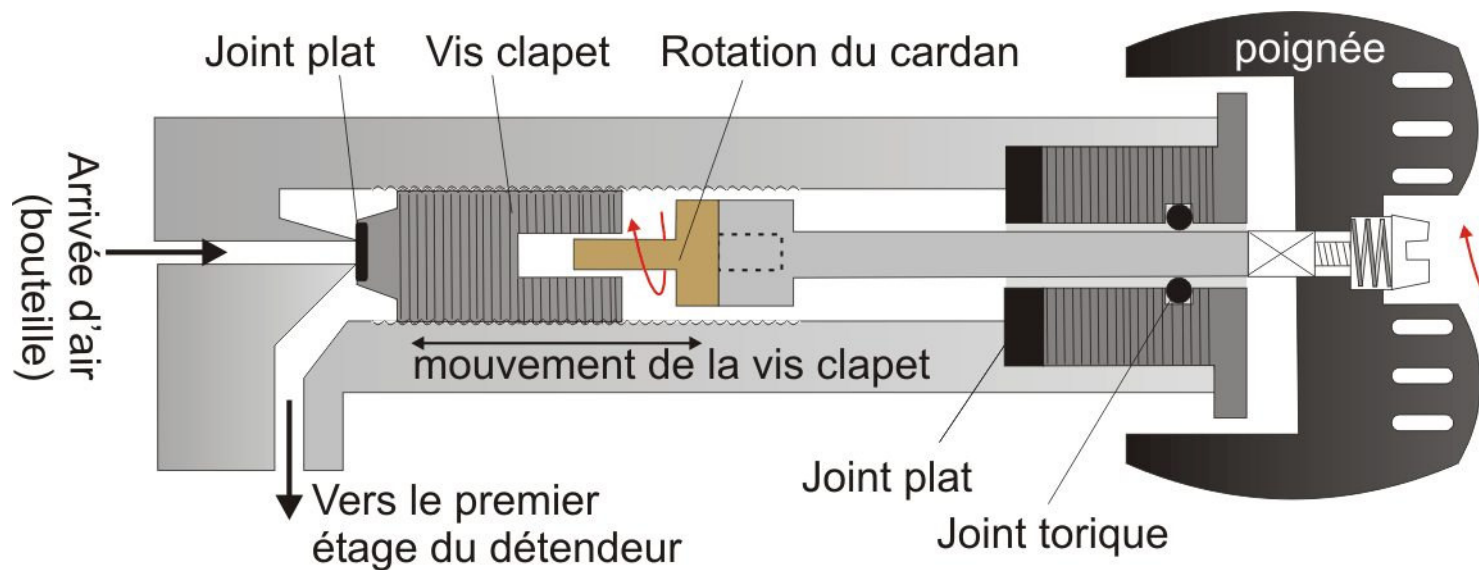
Type de filetage et éventuellement le N° de série



**Il existe plusieurs types de filetage.
Ne jamais dépareiller une robinetterie de sa bouteille.**



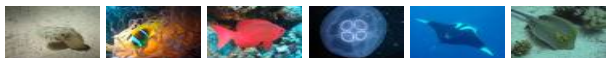
LA ROBINETTERIE



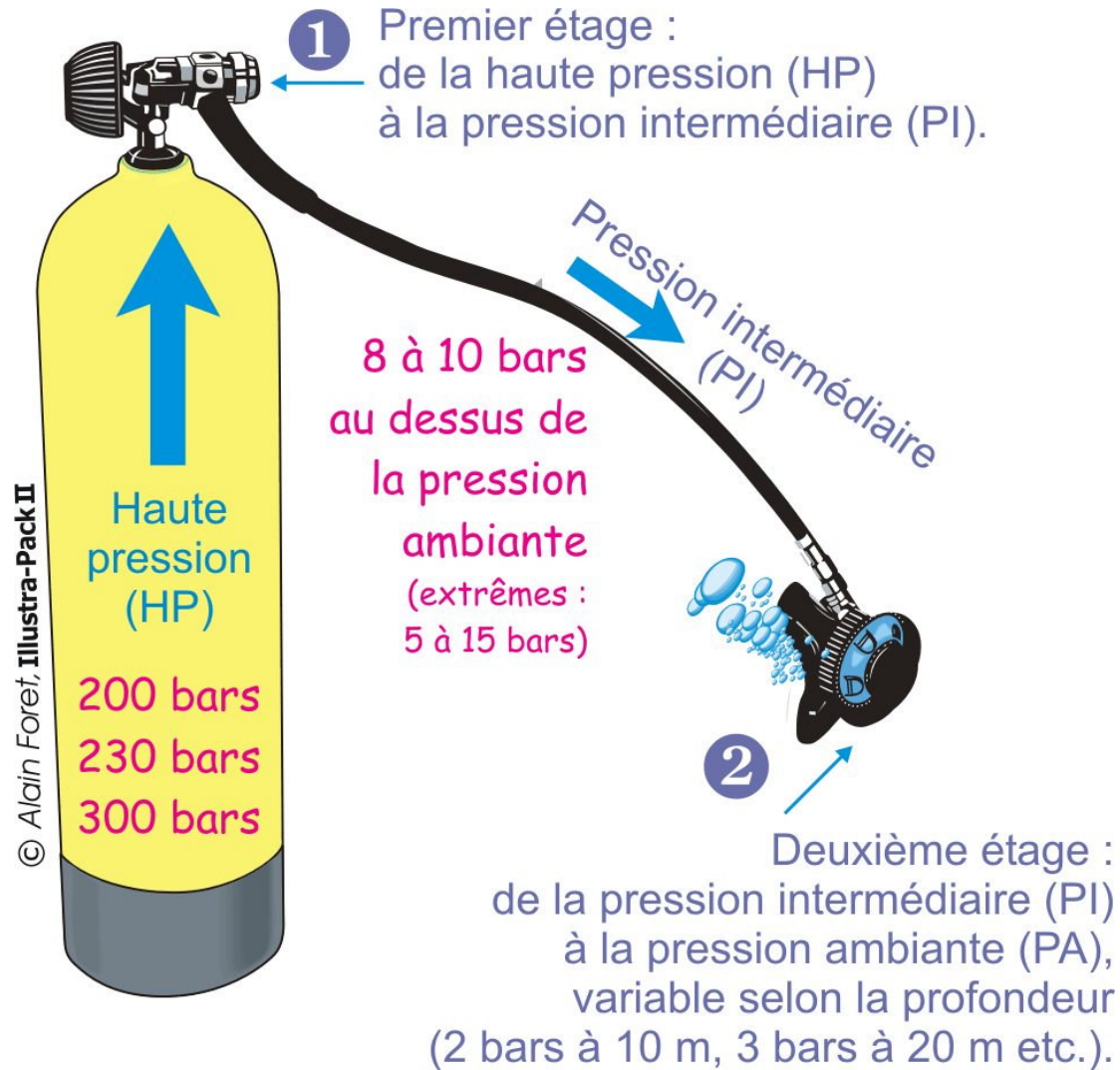
LE MATERIEL

- Les compresseurs
- Les bouteilles tampons
- Les bouteilles de plongée
- **Les détendeurs**

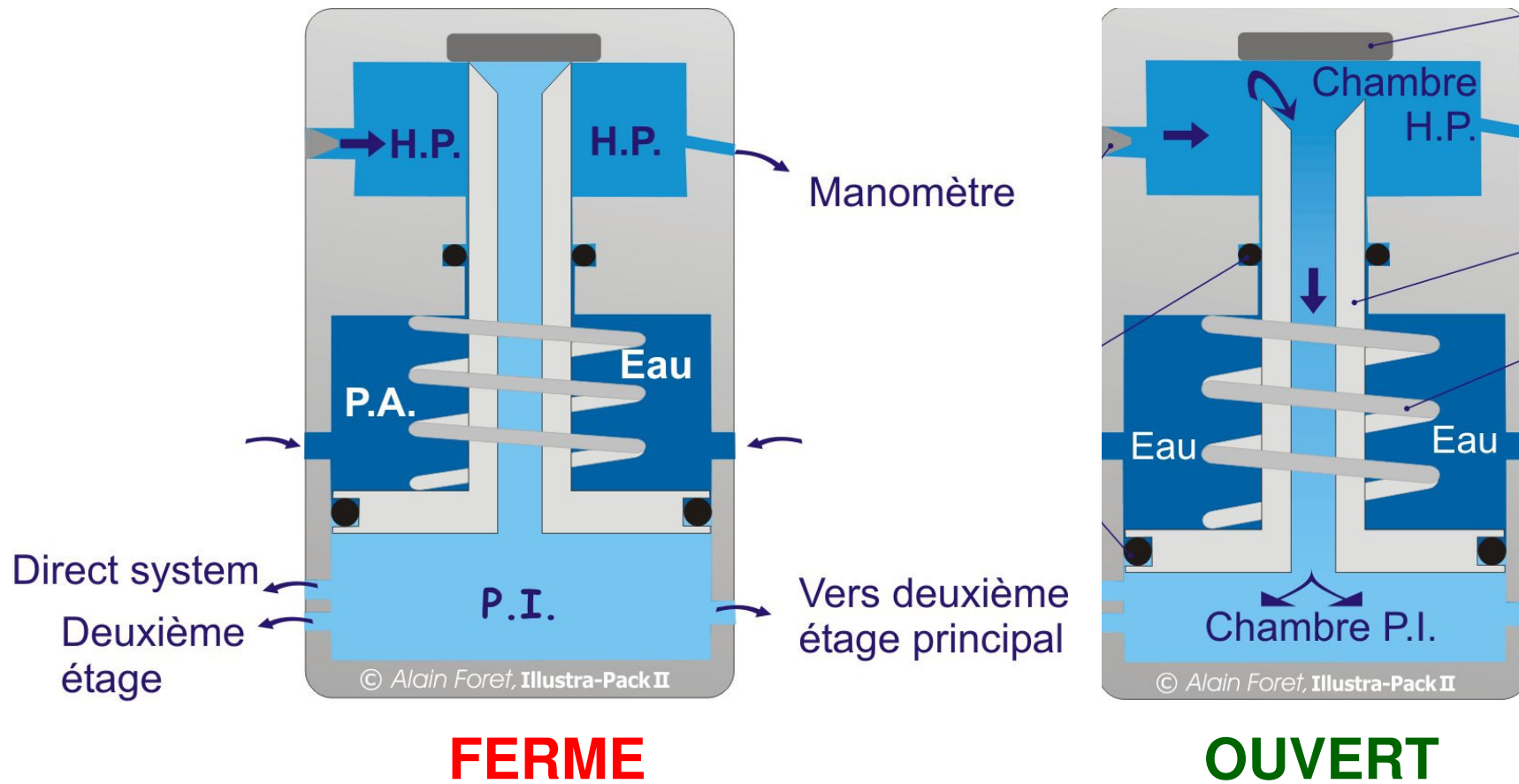
Les détendeurs



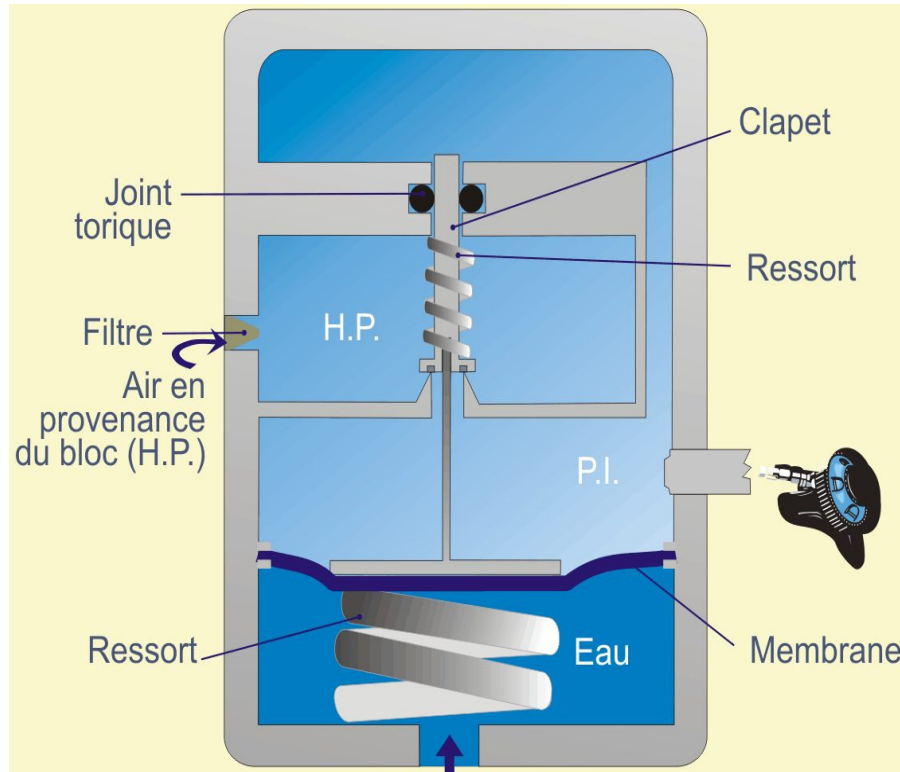
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



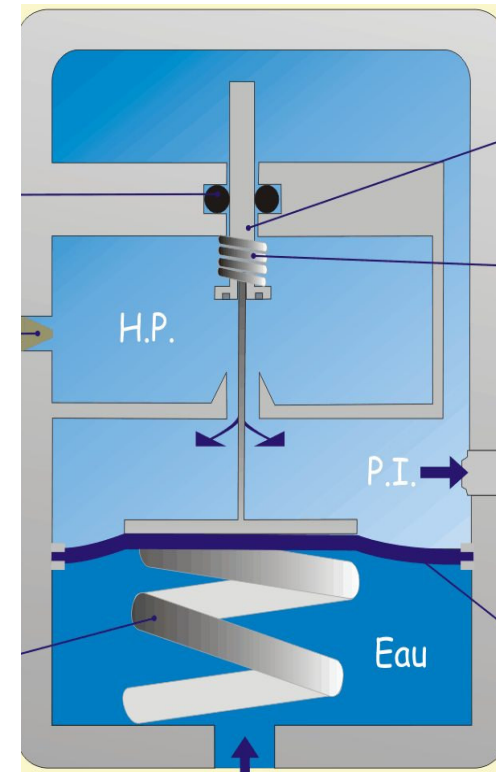
LE 1^{er} ETAGE A PISTON



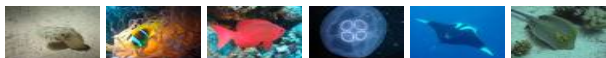
LE 1^{er} ETAGE A MEMBRANE



FERME

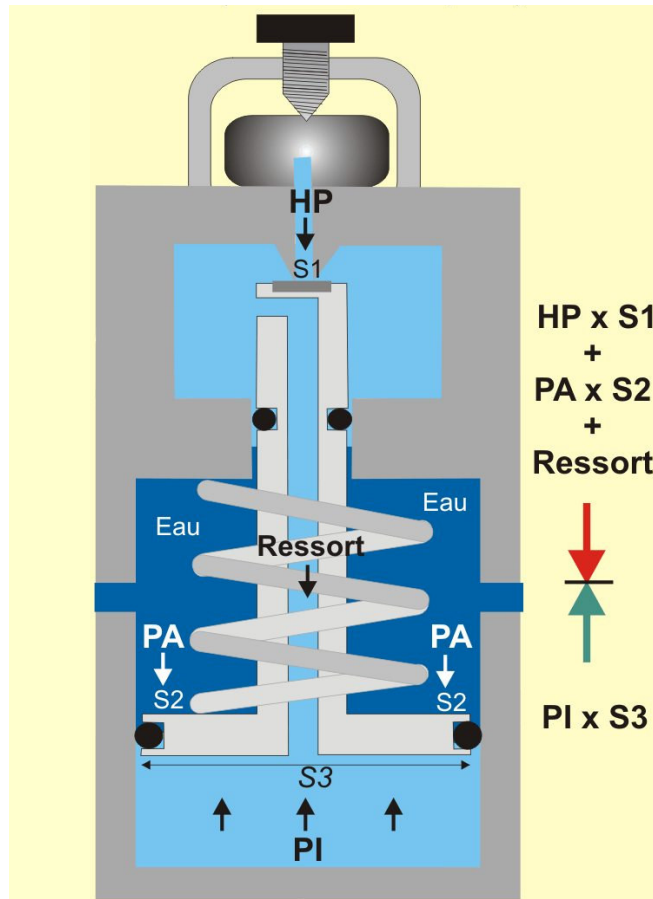


OUVERT

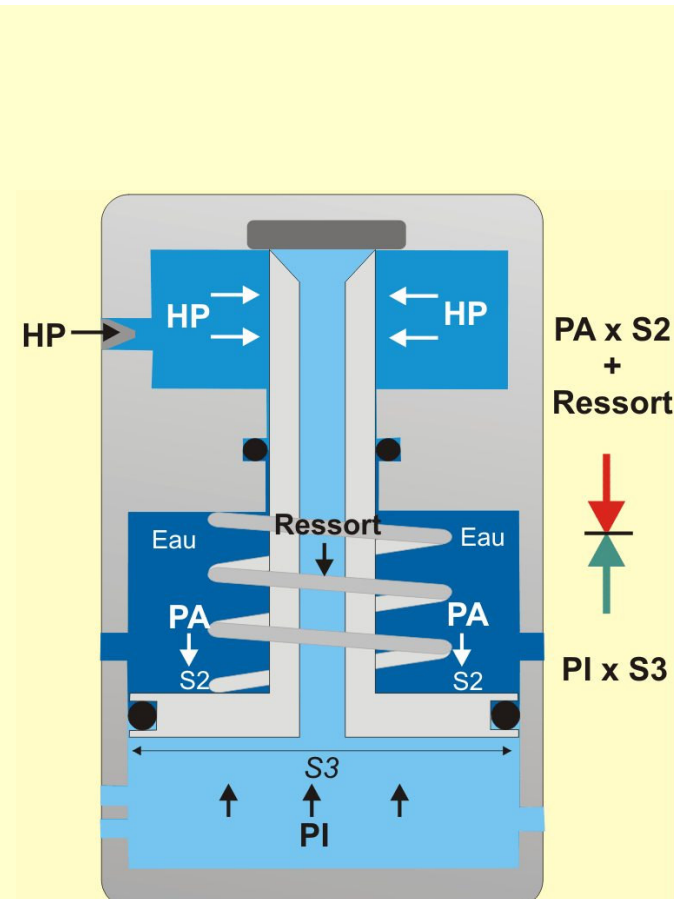


LE BILAN DES FORCES

NON COMPENSE

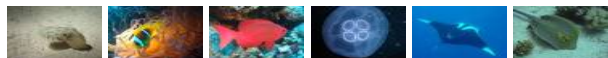
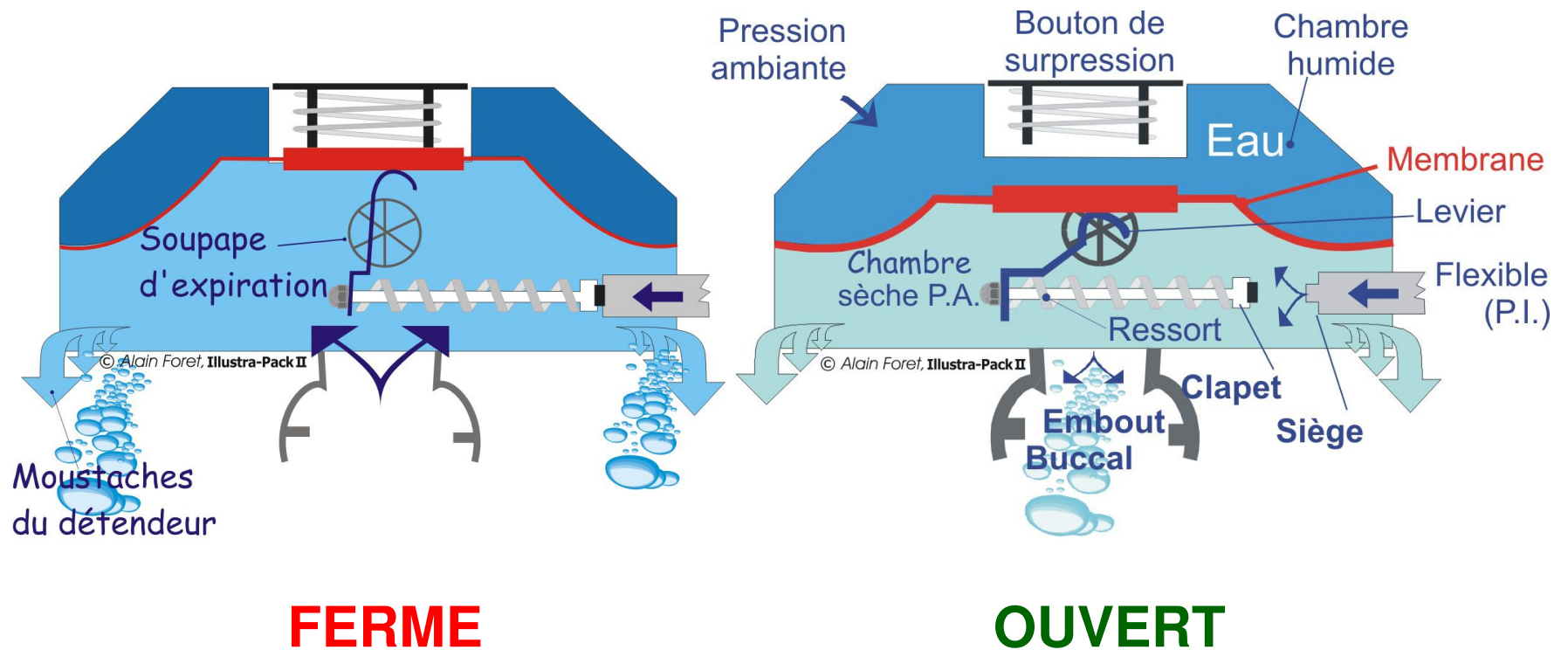


COMPENSE



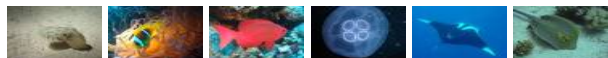
Les détendeurs

LE 2^{ème} ETAGE



COMPENSATION & DEBIT

| 1 ^{er} étage | | |
|------------------------|-----------------|--------------|
| MK2 | Piston standard | 2 600 l/min |
| MK25 | Piston compensé | 10 000 l/min |
| 2 ^{ème} étage | | |
| R190 | Standard | 1 400 l/min |
| S600 | Compensé | 1 850 l/min |



CRITERES DE CHOIX

- Piston ou membrane ?
- Compensé ou non compensé ?
- La résistance à l'inspiration
- DIN ou étrier ?
- Nombre, type et position des sortie du 1^{er} étage
- Poids, esthétiques ...

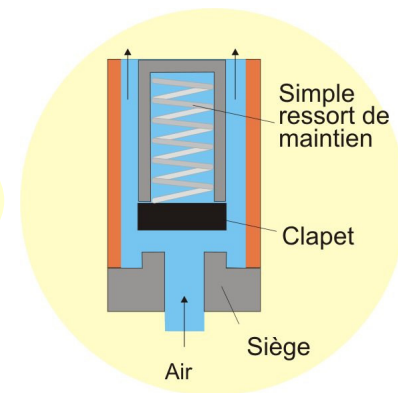
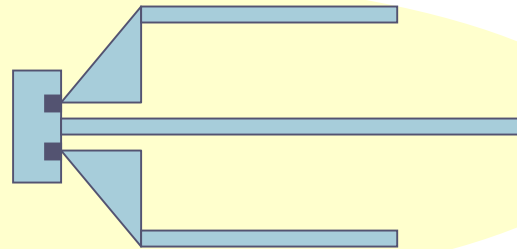


ENTRETIEN & PRECAUTIONS

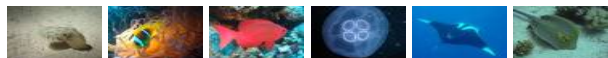
- Rinçage
- Pas de chocs
- Le sable
- Révision
- Pas de direct system seul sur le 1^{er} étage

**Clapet
amont**

Pression
intermédiaire



**Clapet
aval**





FIN

