

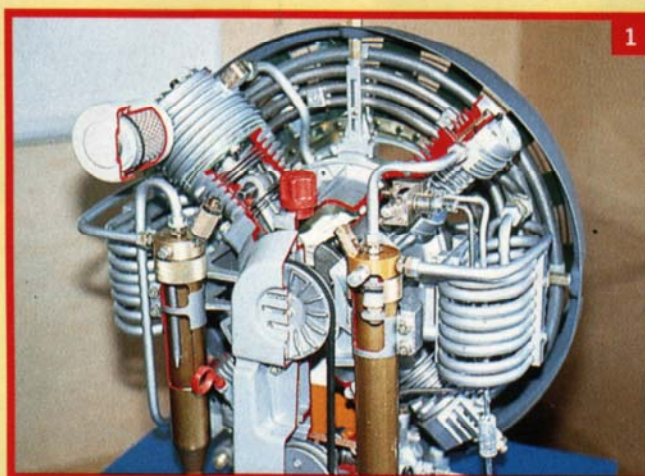
An underwater photograph with a blue color palette. A diver is visible in the upper left quadrant, swimming towards the surface. On the right side, there is a large, dark, textured structure, possibly a piece of machinery or a large rock formation. The background is filled with light rays filtering down from the surface.

L'installation et l'entretien des

# COMPRESSEURS

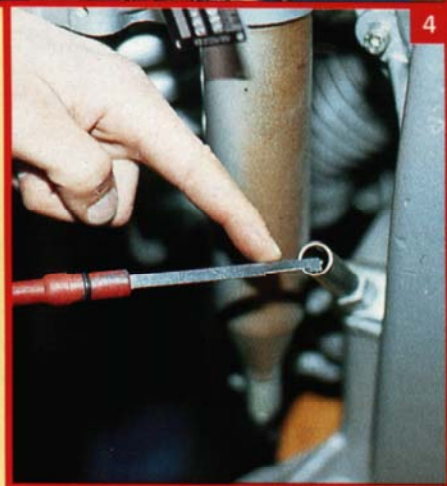
Par Philippe Rousseau

L'acquisition et l'utilisation courante d'un compresseur, pour un club ou une école de plongée, posent obligatoirement le problème de l'installation et de l'entretien régulier de celui-ci. Parmi l'ensemble des modèles commercialisés, compte-tenu de la diversité des solutions techniques employées, nous nous limiterons volontairement aux principes généraux des compresseurs les plus courants. Une étude exhaustive de l'ensemble des compresseurs haute pression pour air respirable nécessiterait la rédaction d'une véritable encyclopédie. Nous ne traiterons donc que les compresseurs multi-étages à pistons alternatifs lubrifiés, à l'exclusion des compresseurs à membrane, des systèmes de refroidissement par eau, des moteurs d'entraînement diesel, etc.

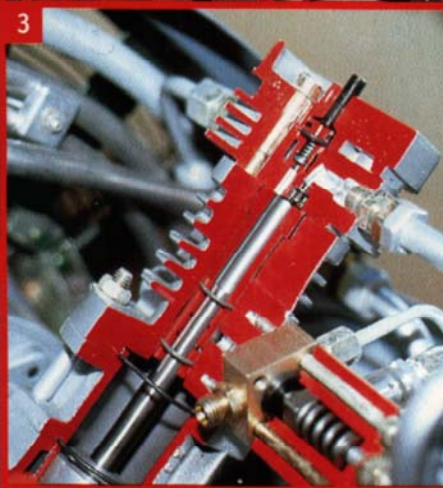


1. Eclaté d'un compresseur quatre étages, à refroidissement par air.

4. Vérification du niveau d'huile du compresseur avec la jauge.



2. Eclaté du cylindre du premier étage, avec piston et sa segmentation.



3. Eclaté du cylindre du quatrième étage, à piston libre.

une ventilation supplémentaire, pour pulser l'air. La majorité des compresseurs sont conçus pour fonctionner par une température ambiante de + 3°C à + 40/45°C maximum.

Il est indispensable d'installer le compresseur bien à plat, sur un socle ou tout autre support permettant le bon fonctionnement mécanique de l'ensemble ainsi que le jeu des silent-blocs fixés sur le châssis. Les compresseurs dont la lubrification s'effectue par barbo-

L'ensemble de la station de gonflage doit être constituée d'éléments régulièrement entretenus et maintenus en parfait état de propreté, afin de conserver la qualité "respirable" à l'air comprimé haute pression. Les normes en vigueur figurent dans le tableau comparatif annexé ci-après.

La prise d'air fera l'objet d'une attention toute particulière.

Placée en hauteur à l'extérieur pour ne pas aspirer les

tage ne permettent pas une inclinaison supérieure à 5°. Les compresseurs dont la lubrification est assurée par une pompe à huile autorisent une inclinaison légèrement supérieure. Toutefois, pour les compresseurs embarqués, même dotés d'une pompe à huile, ils ne supportent pas une gîte maximum, indiquée par le constructeur dans les caractéristiques techniques et d'utilisation de l'appareil.

L'aspect "pollution" est également à prendre en compte, que ce soit en fonction du bruit engendré pour le voisinage éventuel, ou par la récupération des condensats, ou même par les gaz polluants dans le cas d'un entraînement par moteur thermique.

gaz lourds, elle doit être protégée au maximum de la poussière, de la pluie et de toutes émanations toxiques en fonction de la direction du vent. Il vaut mieux une prise d'air à l'intérieur d'un local propre et correctement ventilé, plutôt qu'une prise d'air extérieure placée n'importe où !

Dans le cas très fréquent, pratique et plus silencieux d'un entraînement par moteur électrique, il convient de vérifier dès le branchement électrique effectué qu'après enclenchement, le sens de rotation est le bon.

Il est impératif de respecter le sens de rotation du compresseur, que ce soit pour le fonctionnement du ventilateur ou celui de la pompe à huile...

## L'INSTALLATION

Le premier problème à résoudre est celui de la place nécessaire et de l'accessibilité aux divers organes du compresseur. Le local doit être suffisamment grand pour permettre d'accéder facilement à tous les éléments devant être périodiquement vérifiés et entretenus. Le volume du local a également son importance,

pour assurer une ventilation correcte. Il est préférable de placer l'entrée d'air de ventilation en bas, et la sortie d'air en haut.

L'installation d'un thermomètre pour surveiller la température de l'air ambiant dans le local est recommandée. Si ce dernier fait moins de 30 m<sup>3</sup>, il est quasi nécessaire d'installer

# COMPRESSEURS

Si la station de gonflage est dotée d'un stockage d'air H.P. en bouteilles-tampons, tous les ensembles non isolables doivent être équipés de soupapes de surpression en cas d'augmentation de pression par incendie.

Dans le cas où une station ancienne ne serait équipée que d'une seule soupape de sécurité, tous les tampons doivent être maintenus ouverts et en communication avec les rampes de distribution.

## L'HUILE

Il existe différentes qualités d'huile, en fonction de la température de fonctionnement. Les huiles utilisées sont qualifiées de "respirables" ou "alimentaires", mais uniquement dans les conditions définies par le constructeur.

Avant chaque mise en service, il est indispensable de vérifier le niveau d'huile (soit par jauge, soit par voyant), devant se situer entre le "mini" et le "maxi". Ce dernier ne devra jamais être dépassé.

Lors du fonctionnement du compresseur, des molécules d'huile, en se combinant avec des molécules d'eau, forment une émulsion laiteuse que nous appelons les "condensats", et qui devront être éliminés.

Si la température de fonctionnement monte anormalement, l'huile peut atteindre sa température de "cracking" ou "craquage". De façon imagée, elle se "caramélise" et perd ses caractéristiques et propriétés. De plus, dans ce cas, elle dégage des gaz toxiques : CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> (ammoniac), H<sub>2</sub>S (hydrogène sulfuré).

Si la température monte encore, l'huile peut atteindre son seuil d'"auto-inflammation". Vous avez certainement déjà vu une friteuse dont l'huile s'enflammait spontanément sous l'effet de la température trop élevée !

La bonne température en sortie de cylindre est de l'ordre de + 140°C. Il ne faut jamais dépasser + 180°C en sortie de culasse, afin d'éviter le "cracking" de l'huile.

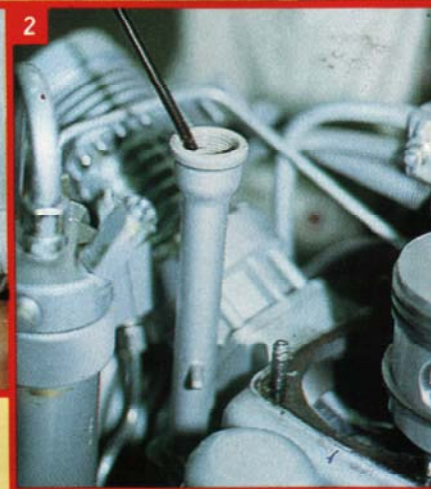
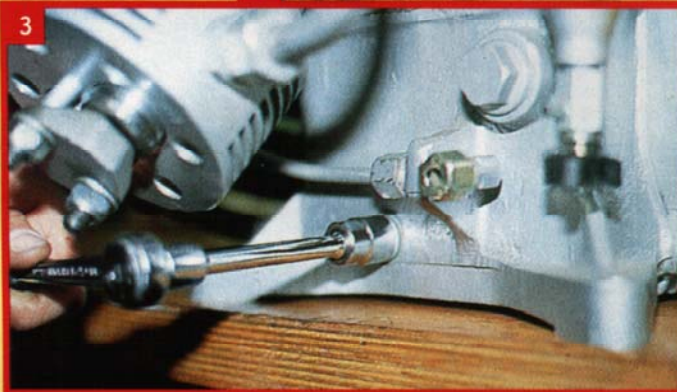
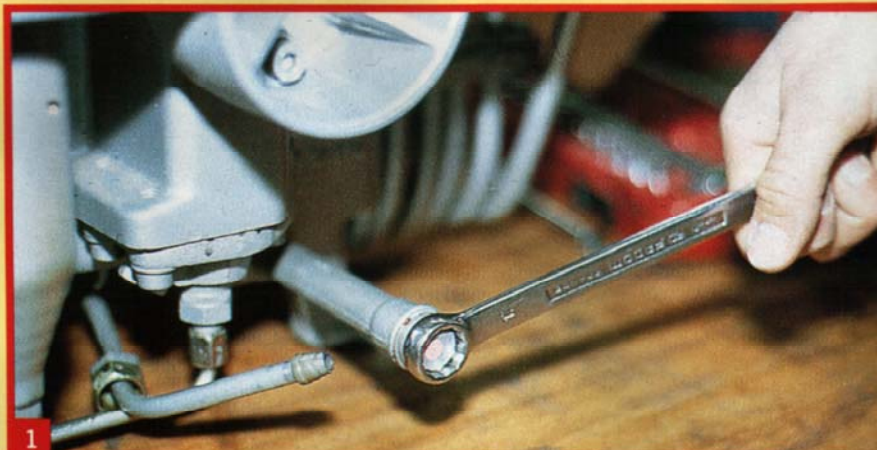
Les caractéristiques de l'huile à utiliser sont définies par le constructeur. Elle doit limiter au maximum la formation de calamine au niveau des clapets, assurer une protection anticorrosion, permettre une bonne lubrification lors d'un

## LA FILTRATION

Il convient de différencier les polluants exogènes, provenant de l'air aspiré, des polluants endogènes provenant de la compression.

d'eau et d'huile. Les filtres à adsorption fonctionnent par rétention des molécules à éliminer sur la surface d'un solide. Ils contiennent généralement des charbons activés ou un tamis moléculaire. La durée d'utilisation de ceux-ci est

1. Accessibilité nécessaire à l'entretien.
2. Système mixte de remplissage et de jauge à huile.
3. Accessibilité du bouchon de vidange d'huile.



fonctionnement normal en évitant le "cracking", ne pas créer d'émulsions, et être compatible pour l'air respirable. Pour jouer son rôle, l'intérieur des cylindres est "griffé" afin de laisser un film d'huile.

Si le compresseur est équipé d'une pompe à huile pour sa lubrification interne, sa pression de montée et de diffusion d'huile est de l'ordre d'une soixantaine de bars.

Certaines marques recommandent une huile de stockage, aux caractéristiques différentes, pour les périodes longues d'inutilisation. Dans le cas d'emploi de telles huiles, le compresseur ne devra jamais être mis en marche sans avoir au préalable été vidangé et avoir remplacé l'huile de stockage par de l'huile normale de fonctionnement.

Pour les premiers, le filtre d'aspiration élimine généralement les particules supérieures à 10 microns. Il se présente fréquemment sous une forme proche de celle d'un filtre à air d'un moteur classique. Si l'aspiration de l'air se fait par un point précis du filtre, il est nécessaire de le tourner d'un quart de tour de temps en temps. Pour les polluants endogènes, d'autres filtres sont placés plus loin dans le cheminement de l'air comprimé. Ce sont les séparateurs ou décanseurs, et les filtres à adsorption. Les séparateurs fonctionnent de façon mécanique, en utilisant une propriété physique du corps à éliminer : filtration, centrifugation, coalescence (projection sur une paroi plus froide). Ils éliminent les condensats, mais pas les "vapeurs"

étroitement liée à la température ambiante. De plus, ils ne sont réellement efficaces qu'au-dessus de 100 bars, d'où l'intérêt du clapet de maintien de pression que nous verrons plus loin. Certains de ces filtres sont équipés d'un système de surveillance électronique avec une sonde placée à l'intérieur, comme le Sécurus de Bauer.

Pour l'élimination du CO, il est parfois nécessaire d'avoir recours à l'hopcalyte (mélange d'oxyde de manganèse, de cuivre, de cobalt et d'argent). L'hopcalyte transforme par catalyse le CO en CO<sub>2</sub>, mais ne doit pas être mis en présence d'H<sub>2</sub>O, ce qui dégagerait du gaz toxique dans ce cas.

Les séparateurs et décan-teurs sont munis de purges manuelles ou automatiques, afin d'éliminer périodiquement les condensats s'y accumulant. Les purges automatiques sont munies d'électrovannes temporisées par une minuterie. L'électrovanne n'étant plus alimentée, elle s'ouvre. La fréquence habituelle et efficace de ces purges est de l'ordre de 4 ou 5 secondes toutes les 10/15 minutes. Dans le cas d'un compresseur à gros débit



4



5

4. Culasse, cylindre et clapets aspiration et refoulement du deuxième étage.

5. Culasse et piston du premier étage.

possédant des séparateurs inter-étages, ceux-ci ne sont efficaces que si ils sont placés après les refroidisseurs. Une soupape de maintien de pression (= 120 bars) est fortement recommandée sur le séparateur final, après le séparateur d'huile et d'eau. En effet, ce système permettra une élimination correcte des condensats dès le démarrage du compresseur et lors de sa montée en pression. Pour les compresseurs à très gros débits, fonctionnant de façon intensive, il est parfois plus rentable d'avoir recours à une filtration par sécheur à réfrigération et séparateur à bain de glycol, ou à adsorption et régénération à froid.

## RECHERCHE DES PANNES CLASSIQUES

PANNES	CAUSES	REMEDES
Le moteur d'entraînement du compresseur ne démarre pas	• <b>Moteur électrique</b> Pas de courant	Contrôler l'arrivée du courant secteur, contrôler le branchement des bornes.
	Coupe-circuit au disjoncteur désenclenché	En rechercher la raison, y remédier, réenclencher.
	• <b>Moteur thermique</b> Pas d'arrivée de carburant	Brancher ou ouvrir le robinet d'arrivée de carburant, vérifier le remplissage de la cuve du carburateur.
	Pas d'allumage	Vérifier l'état des bougies et leur bon allumage.
	Mélange trop pauvre en air	Vérifier la propreté du filtre à air.
	Moteur "noyé"	Débrancher ou fermer l'arrivée de carburant, démonter et sécher les bougies, lancer le moteur jusqu'à ce qu'il "tousse" et démarre, avant de réouvrir l'arrivée de carburant.
Le compresseur chauffe anormalement	Air de refroidissement insuffisant	Vérifier le fonctionnement du ventilateur et la circulation suffisante d'air ambiant dans le local.
	Circuit liquide de refroidissement non efficace	Ouvrir suffisamment le circuit d'alimentation (circuit ouvert, robinet d'arrivée // circuit fermé, pompe à eau défectueuse, circuit de refroidissement entartré ou à purger, serpentins dans cuve.
	Clapets d'aspiration ou de refoulement ne fermant pas correctement	Nettoyer les clapets et les changer si besoin.
	Sens de rotation incorrect	Remédier au niveau du moteur d'entraînement ou d'un montage incorrect poulies/courroies.
Goût d'huile dans l'air comprimé	Filtres mal entretenus	Nettoyer les filtres.
	Cartouches saturées	Changer les cartouches.
	Type d'huile incorrect	Utiliser l'huile préconisée.
Le compresseur ne monte pas à la pression finale, ou offre un débit insuffisant	Fuites sur tuyauteries ou soupapes de purge	Resserrer les raccords, étanchéifier, nettoyer la soupape ou la remplacer.
	Ouverture prématurée de la soupape de sécurité finale	La nettoyer et la régler à la bonne valeur.
	Usure de la segmentation des pistons	Remplacer la segmentation.
Soupape de sécurité inter-étages se déclenchant	• Pression intermédiaire trop élevée • Clapets d'aspiration ou de refoulement non étanches.	Nettoyer les clapets ou les remplacer.

# COMPRESSEURS

## L'ENTRETIEN

Il est recommandé d'instaurer et de tenir régulièrement un cahier d'utilisation et d'entretien. Les vidanges d'huile doivent être effectuées selon les périodicités indiquées dans le manuel d'utilisation fourni par le constructeur. Même si le nombre d'heures de fonctionnement n'est pas atteint pour la vidange suivante, il convient d'effectuer au moins une vidange par an.

Les autres travaux d'entretien ou contrôles périodiques sont également indiqués dans le manuel technique, et doivent être respectés scrupuleusement. Si le compresseur est entraîné par un moteur électrique, et avant toute intervention, il convient de couper l'alimentation électrique et de dépressuriser tous les circuits pneumatiques concernés, afin qu'aucune fausse manœuvre ne puisse être commise par quelqu'un ignorant votre intervention en cours.

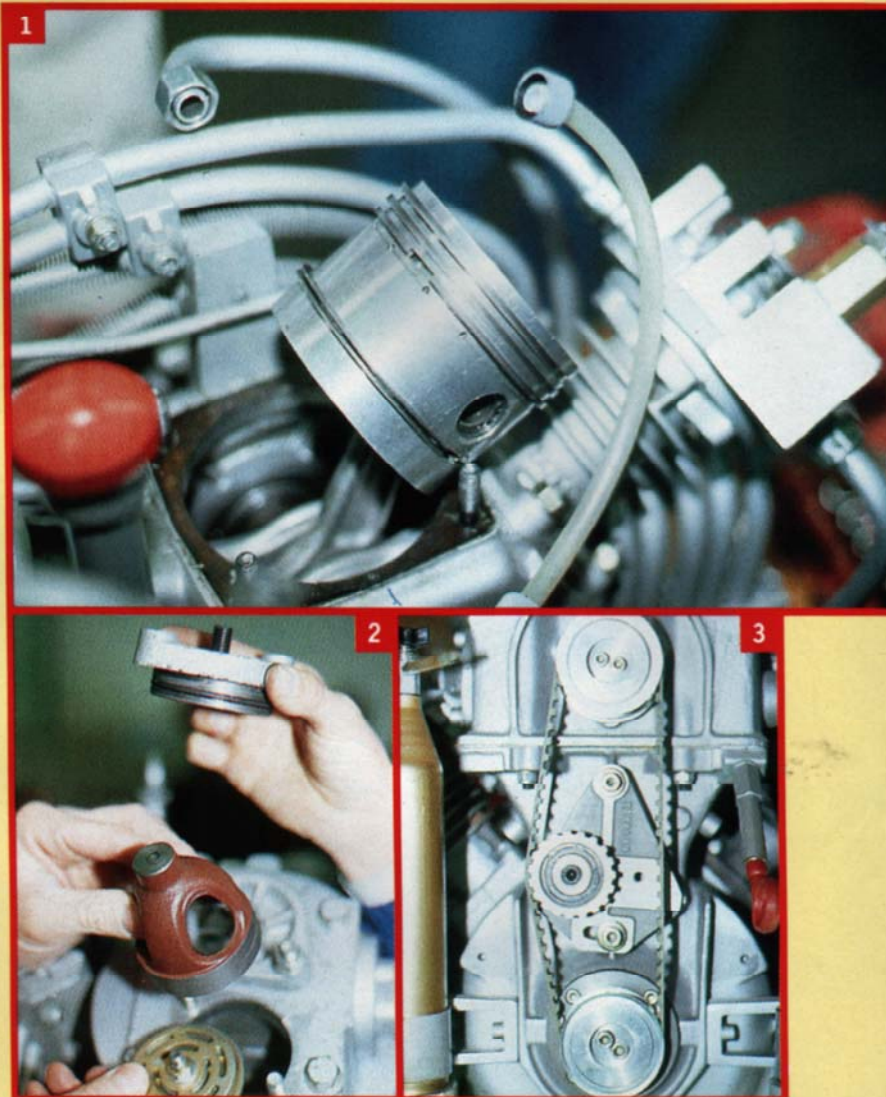
Il faut également et systématiquement couper l'alimentation avant d'intervenir sur l'armoire électrique (interrupteur marche/arrêt, temporisation du démarrage, compteur horaire, minuterie des purges, interrupteur automatique des sécurités, etc.).

On peut se rendre compte avec les températures (après les refroidisseurs) si les clapets fonctionnent normalement :  $\approx + 10^\circ\text{C}$  par rapport à la température ambiante. La formation de calamine se matérialise par des dépôts qui alourdissent les clapets, perturbant leur bon fonctionnement. Ceci entraîne la création de "points chauds" avec risques d'explosion au-delà de  $450^\circ\text{C}$ . Les clapets doivent être nettoyés sans outils pouvant les "marquer", avec une brosse douce. Si le siège du clapet présente des rayures, il est possible de roder le siège (attention à la nature du métal et à sa dureté). Il est toutefois préférable de changer l'ensemble "clapet d'aspiration" et "clapet de refoulement", se présentant le plus souvent en lamelles métalliques s'ouvrant et se refermant par l'écoule-

1. Piston et sa segmentation.
2. Clapet et porte-clapet du premier étage.
3. Courroie d'entraînement de la pompe à huile.
4. Démontage et nettoyage des corps de purge automatique et clapet de maintien de pression.

5. Analyse et contrôle de la qualité de l'air respirable avec l'"Airlab".

6. Les divers raccords terminaux pour station de compression d'air respirable.



## VALEURS "AIR RESPIRABLE" COMPAREES

	Décret du 11-07-74	NFS 90140 Air médical	NFS 76001	Comex (Air)	DIN 3188	BS 4001 Royal Navy	US Navy
Vapeurs d'eau	exempt	< 30 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup> à 200 bars et 35 mg/m <sup>3</sup> à 300 bars	330 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup> à 200 bars et 30 mg/m <sup>3</sup> à 300 bars	< 500 mg/m <sup>3</sup>	
Vapeurs d'huile	exempt	< 0,1 mg/m <sup>3</sup>	< 0,3 mg/m <sup>3</sup>	0,7 mg/m <sup>3</sup>	0,3 mg/m <sup>3</sup> à 200 bars ou 300 bars	< 1 mg/m <sup>3</sup>	< 5 mg/m <sup>3</sup>
CO	PP < 0,05 mb	< 5 ppm	50 ppm valeur VME	7 ppm	< 30 ppm	< 10 ppm	< 20 ppm
CO2	PP < 0,01 b	< 300 ppm		1400 ppm	< 800 ppm	< 300 ppm	< 1000 ppm



courroies d'entraînement et de ventilateur doit porter sur leur état, leur usure et leur tension. La bonne tension correspond à un enfoncement de 5 à 10 millimètres en appuyant fortement avec le pouce, à équidistance des deux poulies. En cas de périodes longues sans mise en service, il convient de laisser fermés tous les robinets de purge et d'isolement, de laisser les cartouches dans les filtres, et de laisser dans le groupe-compresseur (fixe) une pression de 20 à 40 bars, afin d'évi-

## Textes législatifs

- Arrêté ministériel du 15.1.62 (J.O. du 23.1.62)
- Arrêté ministériel du 3.10.66 (J.O. du 11.10.66)
- Arrêté ministériel du 29.6.83 (J.O. du 28.83)
- Arrêté ministériel du 11.10.83 (J.O. du 14.10.83)
- Décret n° 90-277 du 28.3.90 - Titre III



ment du fluide (remplacement par paire). En plus du sens de montage lié à l'écoulement du fluide, le clapet de refoulement démonté se distingue souvent du clapet d'aspiration démonté par les traces de "chauffe" du métal.

Si une soupape de sécurité inter-étages se déclenche, cela indique que cette pression intermédiaire est trop élevée, provenant généralement d'un mauvais fonctionnement du clapet d'aspiration de l'étage suivant, mais quelquefois aussi du clapet de refoulement de l'étage suivant.

A chaque démontage des filtres, il convient de les nettoyer avec un chiffon propre et de surveiller une éventuelle corrosion interne. Il faut également lubrifier leur joint torique d'étanchéité ainsi que les filetages.

Le repérage des fuites, sur une installation sous pression, se fait en badigeonnant de l'eau savonneuse avec un pinceau. Il est évident qu'il ne faut jamais serrer ou desserrer une pièce à l'origine d'une fuite lorsque l'installation est encore sous pression. De même, il ne faut jamais ressouder ou braser les circuits conduisant la pression, pour les raisons que vous imaginez... Le serrage des vis de culasse doit s'effectuer en diagonale à la clé dynamométrique, en respectant les couples indiqués par le constructeur. Après des travaux d'entretien, il est utile de vérifier le compresseur en le tournant à la main par le volant. Si le compresseur est équipé d'une pompe à huile, après un démontage, il est nécessaire de purger le circuit d'huile afin d'éliminer les bulles d'air.

Le moteur d'entraînement s'entretient de façon normale, en fonction de ses caractéristiques. Un contrôle régulier des

ter que l'humidité extérieure ne pénètre dans le circuit pneumatique. De plus, si le refroidissement est assuré par un circuit à eau, il faut se méfier des périodes de gel si la température ambiante du local peut descendre au-dessous de + 3°C. Enfin, il ne faut pas entreprendre soi-même des réparations sur l'embellage et sur les paliers. Adressez-vous à l'entreprise spécialisée compétente pour assurer le service après-vente, et agréée par le constructeur.

## LE STOCKAGE DE L'AIR HAUTE PRESSION

Il est recommandé de renouveler périodiquement l'air haute pression. La périodicité de purge des rampes-tamppons est d'environ tous les trois mois. Un drainage par le bas des blocs-tamppons est conseillé tous les six mois environ.

## NORMES

### Afnor

- "Air industriel" : E51-290 et ISO 5388
- "Installation électrique" : NFC 15.100
- "Bruit" : NF 530.008
- "Air respirable" : NFS 90140 et NFS 76001

### Din

(Deutsche Industrie Norm)

- "Air respirable" : DIN 3188