

# Matériels à air comprimé

par **Henri LE GUILLOU**

*Ingénieur de l'École Supérieure du Génie Militaire  
Ingénieur en Chef à la Société Générale d'Entreprises  
pour les Travaux Publics et Industriels*

<b>1. Compresseurs</b> .....	C 130 - 2
1.1 Compresseurs mobiles .....	— 2
1.2 Compresseurs semi-fixes.....	— 4
1.3 Compresseurs fixes .....	— 5
1.4 Compresseurs spéciaux .....	— 6
<b>2. Outillage à air comprimé</b> .....	— 7
2.1 Emplois de l'air comprimé.....	— 7
2.2 Outillage à main.....	— 7
2.3 Outillage monté sur porteur .....	— 8
2.4 Appareillages divers.....	— 9
<b>3. Ventilateurs</b> .....	— 10
3.1 Généralités .....	— 10
3.2 Ventilateurs axiaux ou hélicoïdes.....	— 10
3.3 Ventilateurs centrifuges .....	— 10
3.4 Ventilateurs centrifugo-axiaux ou hélico-centrifuges.....	— 11
3.5 Choix d'un ventilateur .....	— 11
<b>Pour en savoir plus</b> .....	Doc. C 130

**L**es compresseurs utilisés sur les chantiers de travaux publics et de bâtiment peuvent être classés en quatre grandes catégories: mobiles, semi-fixes, fixes, spéciaux. Leurs puissances varient de quelques kilowatts à plusieurs centaines de kilowatts.

Les outillages adaptés à ces compresseurs sont très variés, tant par leurs destinations que par les pièces nécessaires à leur fonctionnement; aussi la classification qui en sera faite ne pourra-t-elle pas être exhaustive.

# 1. Compresseurs

## 1.1 Compresseurs mobiles

### 1.1.1 Constitution

Les compresseurs mobiles sont entraînés, suivant les besoins, par des moteurs thermiques ou électriques, et refroidis par eau, par air ou par huile.

Les moteurs thermiques sont aujourd'hui exclusivement diesel, même pour les plus petits débits (de l'ordre de  $1,5 \text{ m}^3/\text{min}$ ).

Les compresseurs à moteurs thermiques sont équipés d'un système de démarrage autonome, par batteries d'accumulateurs essentiellement, les systèmes par inertie ayant pratiquement disparu.

L'accouplement entre moteur et compresseur peut-être direct ou assuré par un embrayage automatique ou commandé selon les types de compresseurs et leur puissance.

Les compresseurs fournissent généralement de l'air comprimé à 7 bar pour les usages courants, et jusqu'à 28 bar pour les usages spéciaux (0,7 à 2,8 MPa).

Ces compresseurs peuvent être mono ou bi-étagés, à pistons, rotatifs à palettes ou rotatifs à vis.

La plupart des constructeurs importants limitent maintenant l'usage des pistons aux compresseurs de bas de gamme (de  $1,5 \text{ m}^3/\text{min}$  à  $8$  ou  $9 \text{ m}^3/\text{min}$ ), et certains proposent la vis à partir de  $1,8 \text{ m}^3/\text{min}$  jusqu'à  $57 \text{ m}^3/\text{min}$  et exceptionnellement jusqu'à  $142 \text{ m}^3/\text{min}$  (Ingersoll-Rand). Au-delà de ces débits, les puissances mises en jeu, donc le poids et l'encombrement, sont trop importants pour conserver aux engins leur mobilité.

Les compresseurs à palettes ne sont construits que par quelques constructeurs, dans une gamme de puissances se situant généralement entre  $1,8 \text{ m}^3/\text{min}$  et  $10$  à  $12 \text{ m}^3/\text{min}$  environ (par exemple, Ingersoll-Rand et Holman).

Qu'ils soient à pistons, à palettes ou à vis, ces compresseurs sont munis de dispositifs de régulation permettant de faire varier le débit d'air, la pression étant fixée selon les besoins de l'utilisateur.

Pour les compresseurs à moteurs thermiques, le système de régulation agira sur le moteur pour en faire varier la vitesse entre deux valeurs déterminées, et sur le compresseur pour en faire varier le débit. Alors que, pour les compresseurs à pistons, le système le plus couramment employé depuis des décennies était celui du tout ou rien, on trouve actuellement des systèmes mixtes de régulation (progressif et tout ou rien), permettant de faire varier le débit d'air en fonction de la vitesse du moteur. Ces systèmes se rapprochent beaucoup de ceux utilisés pour les compresseurs rotatifs à vis comme à palettes, dont la régulation progressive est facilitée par le fait que ce sont des machines à taux de compression fixe.

Pour les compresseurs à moteurs électriques, à courant alternatif, dont la vitesse est sensiblement constante, le type de régulation le plus couramment employé est celui du tout ou rien, combiné avec un arrêt du moteur, puis un démarrage automatique lorsque le besoin d'air réapparaît.

L'ensemble moto-compresseur est monté sur un châssis à un ou deux essieux, et roues pneumatiques, avec une carrosserie et un timon d'attelage. Si l'on désire tracter cet ensemble à plus de  $25 \text{ km/h}$ , le châssis devra satisfaire à toutes les exigences du code de la route (freinage, éclairage, suspension) et pourra être immatriculé : on l'appellera *remorque routièrè*. Pour des vitesses inférieures à  $25 \text{ km/h}$ , la remorque pourra être de conception très simplifiée, et sera alors classée dans la catégorie des engins de travaux publics, non soumis à l'immatriculation.

Pour être homologués conformément à l'arrêté du 11 avril 1972, modifié par l'arrêté du 19 décembre 1977 (JO du 20 janvier 1978), qui a fixé le niveau sonore que ne doivent pas dépasser les engins de travaux publics, les compresseurs mobiles devront être insonorisés [niveau sonore moyen des bruits aériens, mesuré à 1 m, limité à 85 dB (A)]. Cela est obtenu par des procédés divers, qui affectent notamment les matériaux utilisés pour la carrosserie, les silencieux d'aspiration et d'échappement, et la disposition des différents organes placés à l'intérieur du capotage. Plusieurs constructeurs obtiennent un niveau sonore inférieur à la valeur réglementaire en limitant au strict nécessaire l'emploi de matériaux isolants (laine de verre, polystyrène expansé, etc.), mais en organisant de façon très rationnelle les circuits d'air de refroidissement et d'alimentation du compresseur et du moteur ; en contrepartie, ces compresseurs doivent fonctionner avec le capotage fermé, afin de ne pas perturber les circuits d'air.

En outre, un groupe mobile moto-compresseur comporte les accessoires nécessaires à sa bonne utilisation et adaptés au type de compresseur utilisé.

Les **compresseurs à pistons**, généralement bi-étagés, comportent :

- un filtre d'air d'aspiration (parfois commun au compresseur et au moteur) ;
- un refroidisseur d'air intermédiaire, parfois équipé d'un ventilateur ;
- un réservoir d'air, qui peut être simplement constitué par le châssis tubulaire de la remorque ; il doit être équipé d'une soupape de sûreté et d'un purgeur automatique de condensats.

Les **compresseurs rotatifs à palettes ou à vis** (figure 1) comportent :

- un filtre d'air d'aspiration ;
- un circuit d'huile de refroidissement constitué d'un réservoir sous pression, qui est également séparateur d'huile, d'un refroidisseur d'huile, d'un filtre à huile et d'une soupape à minimum de pression et de non-retour ;
- un ventilateur actionné par le moteur pour refroidir aussi bien l'air sortant du groupe que l'huile de refroidissement.

Enfin, tous les compresseurs comportent évidemment les sorties d'air avec raccords normalisés et vannes.

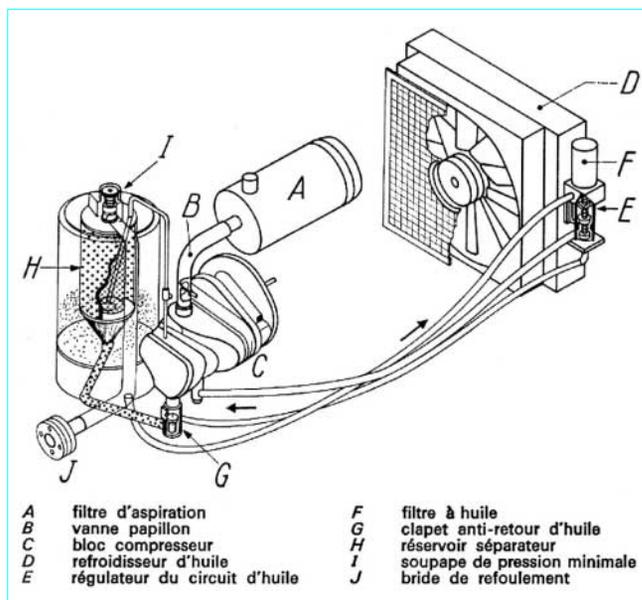


Figure 1 – Schéma de principe d'un compresseur à vis  
(d'après doc. Sullair)

■ Les avantages principaux des compresseurs mobiles sont :

— leur *facilité de déplacement*, par remorquage derrière des véhicules courants de chantiers, soit entre chantiers, soit sur le chantier lui-même ;  
— leur *facilité de mise en œuvre*, puisque celle-ci ne nécessite aucune installation particulière.

■ Leur inconvénient est leur *prix d'achat* supérieur à celui des compresseurs semi-fixes, puisque l'on achète avec le groupe moto-compresseur une remorque dont l'utilité n'est appréciable qu'en dehors des périodes effectives de service.

**Exemple :** dans les gammes courantes pour le matériel de travaux publics, les compresseurs diesel à vis coûtent 8 à 10 % de plus que les compresseurs à pistons qui, à leur tour, sont de 25 à 30 % plus chers que les électriques.

Par ailleurs, les compresseurs semi-fixes électriques coûtent environ 10 % de moins que les mobiles électriques.

Aussi, lorsqu'une entreprise dispose d'un camion équipé d'une grue hydraulique, devient-il aussi facile de transporter un compresseur semi-fixe (§ 1.2) dans une caisse de camion que de tracter un compresseur mobile, et le choix peut être difficile entre ces deux types d'engins.

### 1.1.2 Caractéristiques et choix

Dans le tableau 1, le nombre de constructeurs mentionnés a été très limité par rapport à celui des constructeurs connus, mais il a voulu être représentatif des grandes tendances qui se dégagent depuis environ 1975.

Alors que, jusqu'à ces dernières années, l'emploi des compresseurs à vis ne paraissait possible que pour les débits supérieurs à 10 m<sup>3</sup>/min, actuellement, le débit minimal compatible avec un bon rendement se situe aux abords de 2,5 m<sup>3</sup>/min.

Les compresseurs à pistons ne sont plus guère utilisés que pour les petites puissances, jusqu'à 8 ou 9 m<sup>3</sup>/min, tandis que les compresseurs rotatifs à palettes voient également leur plage d'utilisation limitée entre 1,8 et 10 m<sup>3</sup>/min.

Il en ressort qu'au-delà de 10 m<sup>3</sup>/min l'utilisateur ne pourra choisir que parmi les compresseurs à vis. De 2,5 à 10 m<sup>3</sup>/min, il aura le choix entre les trois types de compresseurs, tandis qu'à moins de 2,5 m<sup>3</sup>/min, il ne pourra se décider qu'entre les pistons et les palettes.

**Tableau 1 – Compresseurs mobiles : caractéristiques**

Constructeur	Type de compresseur	Compresseurs à moteur diesel				Compresseurs à moteur électrique			
		Puissance (kW)	Débit réel correspondant (m <sup>3</sup> /min)	Dimensions L × l × h (m)	Masse (kg)	Puissance (kW)	Débit réel correspondant (m <sup>3</sup> /min)	Dimensions L × l × h (m)	Masse (kg)
Demag-Spiros	pistons	11 à 26	1,5 à 3,4	2,32 × 1,32 × 1,23 à 3,08 × 1,34 × 1,38	640 à 1 060	22 à 75	3 à 10	3,56 × 1,30 × 1,35 à 4,52 × 1,55 × 1,64	1 225 à 2 500
	vis	20 à 147	2,8 à 22	3,50 × 1,30 × 1,35 à 5,10 × 1,96 × 2,08	750 à 4 400				
Maco-Meudon	pistons	12,5 à 60	1,5 à 7	2,31 × 1,31 × 1,23 à 4,66 × 1,90 × 1,80	630 à 2 130	15 à 37	2 à 5,2	2,60 × 1,38 × 1,30 à 3,94 × 1,57 × 1,56	700 à 1 300
	vis	25 à 140	3,6 à 19	3,25 × 1,52 × 1,47 à 4,45 × 1,89 × 2,01	1 030 à 3 900				
Ingersoll-Rand	palettes	20	1,98	3,00 × 1,04 × 1,15	680				
	vis	25 à 450	2,83 à 57	3,40 × 1,50 × 1,50 à 7,20 × 2,40 × 3,80	1 120 à 14 700				
		exceptionnel : 950	142	12 × 2,4 × 3,80	29 500				
Atlas Copco	vis	19,5 à 335	2,4 à 42,5	3,26 × 1,17 × 1,27 à 4,75 × 2,10 × 2,40	790 à 7 200	21 à 54	3,1 à 7,2	3,73 × 1,65 × 1,62 à 4,4 × 1,65 × 1,62	1 190 à 1 530
Compair Holman	palettes	20	2,4	3,38 × 1,28 × 1,36	890				
	vis	43 à 268	3,9 à 34	3,73 × 1,40 × 1,55 à 4,37 × 2,15 × 2,65	1 350 à 6 100				
Sullair	vis	20,6 à 335	2,5 à 45	2,90 × 1,57 × 1,14 à 4,70 × 2,34 × 3,12	740 à 8 440	22 à 132	3,3 à 23	3,40 × 1,58 × 1,65 à 5,45 × 2,20 × 2,50	1 200 à 4 350

■ Les **compresseurs à pistons** ont encore leurs partisans, et ils ont pour eux d'être bien connus des mécaniciens de chantiers, de nécessiter un entretien sommaire, limité bien souvent à l'échange préventif des clapets, et de permettre l'emploi d'une seule qualité d'huile pour le moteur thermique et le compresseur.

■ Les **compresseurs à palettes** sont peu nombreux sur le marché. Leur avantage principal réside dans la simplicité de leur construction et leur fiabilité ; l'entretien courant du compresseur lui-même est réduit, pendant plusieurs milliers d'heures, sauf accident, au contrôle du niveau d'huile. Par contre, les frottements des palettes sur la paroi du stator et dans les gorges du rotor provoquent l'échauffement des organes et de l'air comprimé, ce qui nécessite le refroidissement énergétique de l'huile, après qu'elle ait été séparée de l'air comprimé dans un appareillage encombrant de détente de l'air et de récupération de cette huile (appareillage analogue à celui des compresseurs à vis).

■ Les **compresseurs à vis** ont les mêmes avantages que ceux à palettes, en ce qui concerne la simplicité de l'entretien. En outre, les frottements internes étant très faibles (nuls, en principe, entre les deux vis), les échauffements mécaniques sont réduits, et l'énergie nécessaire au refroidissement du groupe est moindre que dans les compresseurs à palettes. Le rendement est donc meilleur.

**Exemple** : le rendement des compresseurs s'exprime en puissance spécifique ramenée au  $m^3$  par minute : celle des compresseurs à pistons simple effet est de l'ordre de 5,3 à 6,5  $kW/(m^3/min)$ . La puissance spécifique des compresseurs à vis varie de 6 à 9  $kW/(m^3/min)$  tandis que celle des compresseurs à palettes se situe entre 9 et 13  $kW/(m^3/min)$ .

En contrepartie, la réparation des vis, qui sont des pièces complexes appareillées en usine, n'est pas possible sur un chantier. La remise en état, en cas d'avarie, consistera donc obligatoirement en un échange standard nettement plus coûteux que celui des palettes, ou des clapets pour les compresseurs à pistons.

## 1.2 Compresseurs semi-fixes

### 1.2.1 Constitution

De conception analogue à celle des compresseurs mobiles, les compresseurs semi-fixes (figure 2) sont essentiellement constitués :

- d'un moteur électrique ;
- d'un compresseur à pistons ou à vis (il n'existe pratiquement pas de compresseurs semi-fixes à palettes) ;
- d'un accouplement qui peut-être direct ou par courroies de transmission ;
- d'un système de régulation identique à celui des compresseurs mobiles ;
- d'un système de refroidissement final de l'air comprimé ;
- d'un capotage de plus en plus souvent insonorisé.

L'ensemble est monté sur un châssis à poser sur des surfaces planes, sans fondations particulières, parfois par l'intermédiaire de plots élastiques. Ils peuvent comporter des réservoirs d'air incorporés. Dans ce cas, le groupe moto-compresseur peut être utilisé sans accessoires annexes. Dans le cas contraire, même pour des compresseurs à vis, il y aura avantage à faire débiter le compresseur dans une cuve à air indépendante.

Les compresseurs semi-fixes peuvent être laissés à l'air libre, si le capotage est suffisant, ou protégés des intempéries par un abri sommaire.

De plus en plus couramment, les compresseurs semi-fixes se présentent sous la forme de blocs parallélépipédiques, comportant extérieurement :

- les entrées de l'air d'alimentation du compresseur et de refroidissement, et la sortie de l'air de refroidissement ;

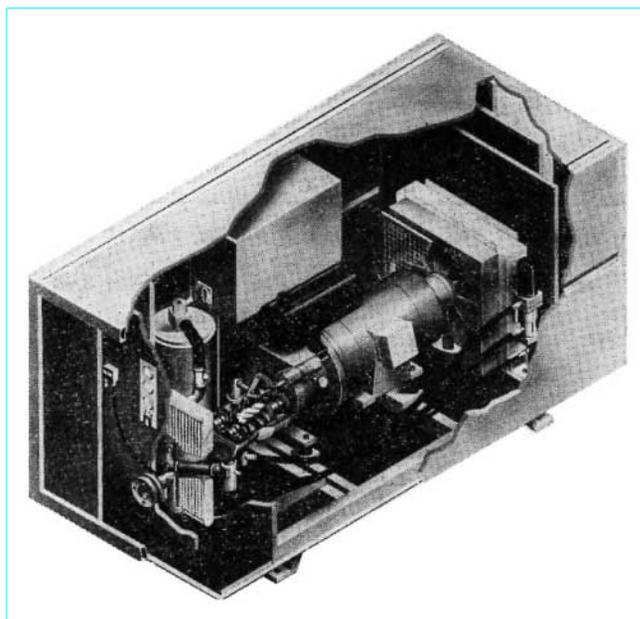


Figure 2 – Éclaté d'un compresseur à vis semi-fixe

- le boîtier de branchement électrique ;
- les sorties d'air comprimé, soit par brides sur tuyaux rigides, soit par raccords normalisés sur tuyaux souples ;
- les appareils de contrôle et de commande.

Ce bloc, monté sur un châssis rigide, comporte les anneaux de levage qui facilitent la manutention à la grue.

Les compresseurs semi-fixes à vis sont identiques aux compresseurs mobiles à vis (§ 1.1).

Les compresseurs à pistons, par contre, peuvent être soit à simple effet pour les gammes basse et moyenne, soit à double effet pour la gamme haute (débit supérieur à  $10 m^3/min$ ), ces derniers compresseurs, qui tournent lentement, ayant un meilleur rendement et nécessitant donc un moteur de moindre puissance.

Les compresseurs semi-fixes pouvant être utilisés seuls ou par groupe de plusieurs appareils, la régulation devra permettre de faire varier la quantité d'air produite en fonction des besoins, et donc le débit des compresseurs en service, en cas de marche en parallèle. Les systèmes de régulation font largement appel à l'électronique, pour obtenir les combinaisons optimales.

■ Les inconvénients des compresseurs semi-fixes, qui constituent de véritables centrales autonomes à air comprimé, sont :

- la *dépendance d'une alimentation électrique* (par le secteur, pour éviter la double perte au rendement en cas d'alimentation par groupe électrogène) ;
- la *nécessité d'un engin de levage* pour les déplacements supérieurs à quelques mètres.

■ Les avantages en sont :

- la *facilité de mise en œuvre* ;
- la *possibilité d'utilisation à l'air libre* ;
- l'*absence de circuit extérieur d'eau de refroidissement*, la plupart des groupes étant refroidis par air ou par eau en circuit fermé ;
- une *meilleure qualité d'air* ;
- un *meilleur rendement énergétique* que celui des groupes à moteurs thermiques ;
- un *déplacement aisé* par rapport aux centrales fixes ;
- un *prix d'achat et d'entretien* inférieur à celui des centrales mobiles (§ 1.1.1).

On utilise de plus en plus ces compresseurs semi-fixes sur des chantiers de durée limitée à quelques mois, ne nécessitant pas de déplacements fréquents de l'installation.

### 1.2.2 Caractéristiques et choix

Trois catégories de compresseurs semi-fixes (tableau 2) se partagent le marché :

- à pistons simple effet, pour les débits jusqu'à 10 ou 12 m<sup>3</sup>/min ;
- à pistons double effet de 10 à 25 m<sup>3</sup>/min ;
- à vis depuis les débits les plus faibles (2,5 m<sup>3</sup>/min) jusqu'aux plus élevés (80 m<sup>3</sup>/min).

Tous ces groupes ne sont pas insonorisés, de sorte qu'une première sélection des marques devra être effectuée selon que l'insonorisation sera obligatoire ou non.

La technologie la plus séduisante reste celle des compresseurs à vis, mais elle est très concurrencée par celle des pistons double effet, dont la fiabilité est très bonne, en raison de la vitesse de rotation peu élevée (1 500 tr/min au maximum, et plus couramment 1 000 tr/min), et dont le rendement est le meilleur. En effet, si l'on considère la *puissance spécifique* ramenée au mètre cube par minute, elle se situe pour les compresseurs à pistons double effet entre 5 et 5,5 kW/(m<sup>3</sup>/min) contre 5,3 à 6,5 kW/(m<sup>3</sup>/min) pour les compresseurs à pistons simple effet, soit un gain moyen de 10 %, et 5,8 à 7,6 kW/(m<sup>3</sup>/min) pour les compresseurs à vis, soit un gain moyen de 20 %.

Le mode de refroidissement est un autre élément du choix : l'air est le moyen le plus commode, mais il est parfois remplacé par

l'eau pour les compresseurs à pistons double effet au-delà de 10 à 12 m<sup>3</sup>/min, et l'huile associée à l'air pour les compresseurs à vis.

Si l'on se fonde sur le seul critère de puissance spécifique, le piston double effet est donc le plus intéressant. Par contre, les durées d'immobilisation pour l'entretien préventif risquent d'être plus longues pour les compresseurs à pistons (contrôle et échange des clapets essentiellement) que pour ceux à vis.

Les deux technologies ont actuellement leurs partisans respectifs.

## 1.3 Compresseurs fixes

Les compresseurs fixes sont destinés à des installations de longue durée, pour lesquelles on recherche avant tout l'économie d'exploitation.

### 1.3.1 Constitution

L'ensemble moto-compresseur est soit monté sur un châssis fixé sur une dalle ou un socle, soit scellé sur un socle préparé, les éléments étant alors indépendants. En général, le capotage insonorisant n'existe pas, et le groupe moto-compresseur devra donc être installé dans un local couvert, à l'abri des intempéries, disposant d'arrivées d'air suffisantes pour alimenter le compresseur.

Tableau 2 – Compresseurs semi-fixes : caractéristiques

Constructeur	Type	Puissance (kW)	Débit d'air réel (m <sup>3</sup> /min)	Mode de refroidissement	Pression de service (bar)	Dimensions L × l × h (m)	Masse (kg)
Demag-Spiros	pistons double effet	45 à 110	{ 14,7 à 30,6 8 à 17,6 7,7 à 16,9	eau eau ou air eau	3 à 4 8 12	1,62 × 1,50 × 1,28 à 2,13 × 1,71 × 1,35	1 450 à 2 715
	vis						
Bernard	pistons simple effet	7,5 à 75	1,1 à 12,6	air	8-10-14	1,89 × 1,10 × 1,14 à	550 à
	vis	44 à 110	5,5 à 16,6	huile et air	8-10	2,90 × 1,68 × 1,58	2 700
Atlas Copco	vis	18,5 à 160	2,6 à 22,2	{ huile et air ou huile et eau	7	2,31 × 1,14 × 1,35 à 3,57 × 1,64 × 2,30	845 à 3 170
		18,5 à 55	2 à 6,4		9		
		110 à 200	11,5 et 19,7		18		
Ingersoll-Rand	vis	37 à 220	6 à 40	{ huile et air	7-8,5	1,95 × 1,20 × 1,50 à 2,80 × 2,15 × 2,10	1 000 à 6 350
		220 à 370	41 à 70		7-8,5		
		48 à 185	6 à 25		10		
Maco-Meudon	pistons simple effet	8,8 à 75	{ 0,9 à 1,9 1,5 à 3 4,2 à 10,2	{ air	15	1,32 × 0,77 × 0,90 à 1,85 × 1,25 × 1,00	640 à 2 500
					10		
					8		
Sullair	vis	18,5 à 132	2,5 à 23	{ huile et air	7,5	2,24 × 1,05 × 1,15 à 3,45 × 1,60 × 1,72	625 à 3 100
					10		

Les types utilisés sont :

- les compresseurs à pistons, simple effet pour les petits et moyens débits, double effet pour les débits supérieurs ;
- les compresseurs à vis, de plus en plus utilisés pour les débits supérieurs à 2,5 m<sup>3</sup>/min.

Le moteur d'entraînement est toujours électrique. Il entraîne le compresseur par accouplement direct ou par l'intermédiaire de courroies de transmission, permettant, pour un même compresseur de base, d'obtenir des débits différents selon les rapports de démultiplication utilisés.

### 1.3.2 Refroidissement

Les compresseurs à pistons sont parfois refroidis à l'air, pour les petites puissances, mais plus fréquemment à l'eau, en circuit ouvert, lorsque l'eau est abondante et peu coûteuse (ce qui devient rare), ou en circuit fermé avec pompe. L'eau circule alors dans un radiateur de refroidissement avec circulation forcée d'air.

Pour les compresseurs à vis, refroidis à l'huile, le refroidissement de cette huile est réalisé à l'air, pour les débits moyens, ou à l'eau, pour les débits supérieurs à 15 ou 20 m<sup>3</sup>/min.

### 1.3.3 Régulation

Comme pour tous les compresseurs, la régulation a pour but d'adapter le débit d'air produit à celui consommé, et de régler sa pression entre deux valeurs déterminées.

Dans le cas de plusieurs groupes fonctionnant en parallèle, il convient de prévoir un fonctionnement équilibré de tous les compresseurs, afin d'uniformiser leur usure et d'échelonner rationnellement leurs périodes d'arrêt pour entretien et réparation.

La régulation automatique est possible grâce à des dispositifs utilisant largement les composants électroniques, et elle est étudiée pour chaque cas particulier. Elle est complétée par des dispositifs de sécurité électrique et de pression de l'air.

### 1.3.4 Éléments annexes

#### 1.3.4.1 Réservoir-tampon ou réservoir d'air

Son volume est adapté aux besoins, et l'on peut le prévoir plus largement que pour les compresseurs mobiles et semi-fixes, compte tenu du fait que les impératifs d'encombrement sont beaucoup moins sévères.

#### 1.3.4.2 Réseau de distribution d'air

Il est constitué par des canalisations rigides, jusqu'au lieu d'utilisation, puis par des tuyaux souples, jusqu'à l'outil utilisé.

Les diamètres des canalisations sont calculés de façon à limiter les pertes de charge à une valeur admissible pour le bon fonctionnement des outils.

#### 1.3.4.3 Réfrigérant final

Il est destiné à abaisser la quantité d'eau contenue dans l'air comprimé, avant de le distribuer. Il est donc placé entre le compresseur et le réservoir-tampon. Il est refroidi soit par eau, soit par air. L'air comprimé en sort à une température proche de l'ambiante.

#### 1.3.4.4 Sécheur d'air

Dans certains cas (soit pour le transport de matériaux hygroscopiques, soit pour le travail en plein air sous des climats froids, soit pour toute autre utilisation nécessitant l'emploi d'un air sec), il est nécessaire d'éliminer presque totalement l'eau contenue dans l'air comprimé.

Le séchage de l'air est obtenu par des appareils construits selon divers principes :

- par réfrigération à + 2 °C environ, pour condenser l'eau, puis réchauffage ;
- par adsorption sur alumine activée ou gel de silice, la régénération de ces matériaux pouvant être effectuée par divers procédés (par exemple, chauffage des matériaux par résistances électriques).

### 1.3.4.5 Sécurité

Les compresseurs sont équipés de manomètres pour les pressions d'huile et d'air, de soupapes de sûreté, de thermo-contacts de sécurité, et de dispositifs permettant d'arrêter le groupe en cas de conditions anormales de fonctionnement.

Les réservoirs sont équipés de soupapes de sécurité, plaques de visite en trous d'homme, purgeurs automatiques, et sont soumis à des visites obligatoires par des représentants du service des Mines (décret du 18 janvier 1943 et arrêté ministériel du 23 juillet 1943).

### 1.3.5 Caractéristiques et choix

La gamme des compresseurs fixes est extrêmement étendue, depuis les petits compresseurs à pistons mono-étagés pour installation de graissage de station-service (par exemple 0,75 kW pour 0,18 m<sup>3</sup>/min à 7 bar), jusqu'aux groupes à pistons double effet ou à vis destinés aux chantiers importants de travaux souterrains, barrages, etc., dont les puissances et les débits peuvent dépasser largement 200 kW et 35 m<sup>3</sup>/min.

Le critère le plus important du choix (en dehors des groupes de faible puissance) est ici essentiellement le *coût d'exploitation*, mais le coût de l'installation ne doit pas être négligé. Aussi voit-on de plus en plus des groupes compresseurs fixes montés sur châssis-skis, ne nécessitant plus de fondations lourdes, même s'ils sont refroidis par un courant d'eau continu.

Le compresseur fixe à pistons double effet reste une valeur sûre, mais la concurrence de la vis devient très pressante, certains constructeurs ne proposant même que des compresseurs à vis pour des débits dépassant 80 m<sup>3</sup>/min (Sullair).

Une fois choisi le type de compresseur, il ne reste plus, dans la conception d'une centrale à air comprimé, qu'à fixer le nombre de groupes nécessaires, en fonction de la consommation réelle d'air, de ses niveaux au cours d'une journée de travail, des conditions possibles pour l'entretien, etc. Bien qu'il existe des compresseurs assez puissants pour qu'un seul assure, dans la plupart des cas, la satisfaction des besoins, il paraît plus sage de choisir plusieurs groupes moins puissants : 2, 3 ou 4, ce qui donne une plus grande sécurité de marche et facilite la programmation des opérations d'entretien. Il faut toutefois éviter de tomber dans l'excès, car si le nombre de compresseurs dépasse 4 ou 5, la régulation devient très difficile à assurer, l'encombrement est plus grand et le coût de l'installation, nécessitant un plus grand nombre de raccords entre compresseurs et réservoir, est également plus élevé.

## 1.4 Compresseurs spéciaux

Alors que la plupart des compresseurs décrits précédemment ont comme facteurs communs essentiels leur pression de service comprise entre 7 et 10 bar, et la lubrification des organes compresseurs (pistons, vis ou palettes), on peut considérer comme spéciaux :

- les compresseurs dont la pression de service est soit nettement inférieure (de l'ordre de 3 bar), soit nettement supérieure (au-delà de 12 à 13 bar) ;
- les compresseurs à pistons ou vis non lubrifiés, produisant donc un air exempt de vapeur d'huile.

### 1.4.1 Compresseurs à basse pression

Ils sont essentiellement destinés :

— au transport pneumatique de pulvérulents (ciment, chaux, etc. ; article *Manutention pneumatique de produits en vrac* [AG 7 510] dans le traité L'entreprise industrielle) ;

— à la mise sous pression de galeries souterraines en cas de risques de venue d'eau.

Ces compresseurs peuvent être à pistons, souvent mono-étagés, ou à vis. Les pressions courantes sont de 2 et 3 bar.

### 1.4.2 Compresseurs à haute pression

Des groupes de débit limité à quelques centaines de litres par minute sont utilisés très couramment dans les stations-service pour le gonflage des pneumatiques (pression de service : 12 à 15 bar). Ce sont des compresseurs à pistons simple effet, bi-étagés, à moteur électrique, souvent montés sur un réservoir d'air.

Des groupes de plus grande puissance sont utilisés pour le service de certains chariots de forage (12 à 16 bar) et les marteaux fond de trou (jusqu'à 17 ou 20 bar). Ils sont à pistons bi-étagés ou à vis, et sont entraînés par moteurs thermiques ou électriques.

### 1.4.3 Compresseurs à pistons ou à vis non lubrifiés

Qu'ils soient à pistons ou à vis, à haute, moyenne ou basse pressions, ces compresseurs, dans lesquels aucune huile n'est introduite dans les chambres de compression, sont beaucoup moins utilisés sur les chantiers que les compresseurs classiques. Ils sont entraînés par moteurs thermiques ou électriques.

En basse pression, ils sont très bien adaptés au transport pneumatique exigeant l'absence d'eau et d'huile dans l'air. En moyenne et haute pressions, ils sont utilisés avec des sécheurs d'air en plus du réfrigérant habituel, pour le sablage, l'industrie alimentaire et l'industrie pétrochimique.

Le gonflage des bouteilles d'air comprimé des plongeurs et découpeurs sous l'eau est justiciable également des compresseurs non lubrifiés. Mais c'est une utilisation très particulière, réservée à des spécialistes.

## 2. Outillage à air comprimé

### 2.1 Emplois de l'air comprimé

L'air comprimé est une source d'énergie particulièrement appréciée dans tous les travaux du bâtiment et des travaux publics, malgré un rendement énergétique très médiocre et la difficulté d'insonoriser certains outils à percussion.

Ses principaux avantages sont ;

- la facilité de mise en œuvre ;
- la sécurité plus facile à assurer que pour l'outillage électrique ;
- la non-pollution, spécialement en travaux souterrains.

L'outillage à air comprimé subit depuis plusieurs années la concurrence de l'hydraulique, en matière de forage essentiellement, mais la simplicité et la sécurité de son emploi le feront toujours apprécier sur les chantiers.

Les outils à air comprimé, étant très variés, pourront être classés : soit en fonction de leur *mode de travail* :

- outils à percussion,
- outils à percussion et rotation,

- outils à rotation,
  - outils à translation ;
- soit en fonction de leur *utilisation* :
- outillage à main, pour travaux courants,
  - outillage monté sur porteurs, pour travaux spécialisés,
  - appareillages divers.

Nous adopterons cette dernière classification.

### 2.2 Outillage à main

Leur caractéristique commune est leur masse inférieure à 40 kg, un outil à main devant être manipulé par un homme seul ; certains outils ne pèsent que 1 à 2 kg.

#### 2.2.1 Marteaux piqueurs

Qu'ils soient utilisés avec des pics, des burins, des pelles-bêches, des gouges ou des bouchardes, que leur masse soit 1 ou 40 kg (ils s'appellent alors *brise-béton*), leur principe de fonctionnement est toujours le même : une masse frappante (piston), animée d'un mouvement alternatif, agit sur l'outil soit directement, soit par l'intermédiaire d'une masse-enclume.

Les marteaux piqueurs sont utilisés pour tous travaux de démolition : les plus légers par les électriciens, par exemple pour exécuter des saignées dans le plâtre et la brique avant la pose de câbles, les plus lourds pour la destruction d'éléments en béton, le creusement de tranchées, de puits, etc.

Ces outils peuvent consommer entre 0,3 et 2 m<sup>3</sup>/min d'air à la pression de 5 à 8 bar, selon les modèles.

#### 2.2.2 Marteaux perforateurs

Ils sont utilisés surtout pour percer des trous dans des matériaux résistants (roches, béton), mais peuvent servir également aux démolitions ou au bouchardage. La différence avec les marteaux piqueurs est que leur piston comporte une ou plusieurs gorges hélicoïdales, transmettant un mouvement de rotation au manchon porte-outil, et donc à l'outil, et un système à cliquet ne permettant qu'un sens de rotation.

Les marteaux perforateurs les plus lourds sont utilisés à l'abat-tage en carrière, au déroctage, au débitage secondaire de gros blocs de rochers, et ils sont alors équipés de fleurets soit monoblocs, soit à taillant rapporté. Les taillants sont maintenant munis de pastilles de carbure de tungstène, que l'on peut affûter, ou de boutons également au carbure de tungstène. Les taillants en acier trempé ont pratiquement disparu. Les fleurets et leurs taillants sont creux, et un circuit secondaire d'air comprimé permet de chasser les poussières de roches défilées hors du trou foré.

La consommation d'air peut dépasser 3 m<sup>3</sup>/min à la pression de 5 à 8 bar.

Une précaution élémentaire à prendre est de lubrifier très régulièrement ces marteaux, certains étant munis de graisseurs de ligne transparents, qui assurent la lubrification continue des pièces en mouvement.

La mise en œuvre de ces marteaux s'effectue souvent grâce à des poussoirs pneumatiques, facilitant considérablement le travail de l'ouvrier. Ces poussoirs sont des vérins à expansion simple, double ou triple, et leurs caractéristiques sont adaptées à celles des marteaux.

**Exemple** : pour des masses comprises entre 14 et 28 kg, les poussées sont de 108 à 277 daN à 5,5 bar, et la course de 0,90 à 2,90 m (Montabert).

La fixation de l'outil sur le poussoir est différente selon que les trous à forer sont sensiblement horizontaux ou ascendants. Dans ce dernier cas, le marteau est monté dans l'axe du poussoir ou parallèlement à lui pour diminuer l'encombrement : ces appareils sont appelés *stoppers* ou *semi-stoppers* (Montabert).

### 2.2.3 Foreuse à main

Utilisée pour le forage de gros trous dans des matériaux tendres ne nécessitant pas la percussion (bois, plâtre, calcaire tendre, etc.), la foreuse à main fonctionne grâce à un moteur rotatif à palettes, qui entraîne l'outil de foration par l'intermédiaire d'un réducteur ; un inverseur permet de changer le sens de rotation de l'outil.

**Exemple** : un perforateur de 8 kg environ, dont la vitesse de rotation est de 800 tr/min, consomme 0,2 m<sup>3</sup>/min d'air.

### 2.2.4 Clé à choc

Très commode pour serrer et desserrer rapidement écrous et vis, elle fonctionne avec un moteur rotatif à palettes, comme la foreuse, mais l'outil d'adaptation à l'écrou est entraîné en rotation saccadée par une masse de chocs et son ressort de masse.

**Exemple** : le couple de serrage d'une clé à chocs de 13,5 kg peut atteindre 115 daN · m pour une vitesse de rotation à vide de 700 tr/min, pour 1 400 coups/min, et une consommation de 1,7 m<sup>3</sup>/min d'air à la pression de 5 à 8 bar.

### 2.2.5 Pompe à eau

Deux types de pompes sont couramment utilisés :

— la **pompe immergée centrifuge à moteur à palettes**.

**Exemple** : pompe de 32 kg consommant 2,5 à 3 m<sup>3</sup>/min à partir de 4 bar, et débitant 0,35 m<sup>3</sup>/min (21 m<sup>3</sup>/h) à 20 m de hauteur manométrique totale (*SUP 32* de Maco-Meudon) ;

— la **pompe à membranes** comportant deux corps d'aspiration symétriques, chaque membrane étant liée à l'autre par un piston animé d'un mouvement rectiligne alternatif ; cette pompe ne comporte pas de pièces en rotation ; elle absorbe les eaux chargées et peut être utilisée soit avec un coude d'aspiration jusqu'à 6,50 m (amorçage automatique), soit comme pompe immergée.

**Exemple** : une de ces pompes, d'une masse de 38 kg, peut refouler jusqu'à 61 m à débit nul, son débit courant étant de 0,225 m<sup>3</sup>/min (13,5 m<sup>3</sup>/h) à 42 m, pour une consommation d'air de 1,7 m<sup>3</sup>/min à 6,3 bar (*SUR 33* de Maco-Meudon).

### 2.2.6 Aiguille vibrante et règle surfaceuse vibrante

Outils de mise en œuvre du béton, le premier agissant dans la masse, le second par contact superficiel, ils fonctionnent tous deux par rotation d'un rotor excentré à palettes. Simples de conception, faciles à employer et à entretenir, ils sont utilisés concurremment aux outils électriques.

Les **aiguilles vibrantes** sont caractérisées par leurs dimensions (diamètre de l'aiguille essentiellement) et par leur force centrifuge.

**Exemple** : Maco-Meudon distribue quatre types d'aiguilles de diamètre 36 à 105 mm, dont la force centrifuge varie de 1 200 à 25 000 N. Leurs masses respectives vont de 4 à 26 kg, et la consommation d'air de 0,5 à 2,5 m<sup>3</sup>/min. La capacité vibrable varie de 12 à 60 m<sup>3</sup>/h de béton.

Les **règles surfaceuses vibrantes** sont caractérisées essentiellement par leur longueur et par leur force centrifuge.

**Exemple** : Maco-Meudon distribue trois longueurs de règles : 2,60 m, 3,60 m, 4,50 m, les forces centrifuges étant respectivement de 5 000 N, 7 000 N, 7 500 N, pour des masses de 51 kg, 69 kg, 96 kg et des consommations d'air de 0,85, et 1,2 m<sup>3</sup>/min. Les rendements horaires sont de l'ordre de 38, 50 et 62 m<sup>2</sup>.

### 2.2.7 Outils divers

D'autres outils à air comprimé sont utilisés sur les chantiers. Citons : les meuleuses et ponceuses, les pistolets à peinture, les treuils, les palans, les fouloirs et jusqu'au simple appareil de soufflage pour le nettoyage des pièces mécaniques.

## 2.3 Outillage monté sur porteur

La famille la plus importante est celle des chariots de forage pour travaux souterrains et de surface, qui sont utilisés pour les terrassements à l'explosif, les sondages, les injections de consolidation des sols, la pose de tirants d'ancrage, etc.

### 2.3.1 Chariot de forage léger

Constitué par un châssis à roues pneumatiques, tracté par un véhicule ou à main, le chariot de forage léger ne possède qu'un seul bras de forage.

Celui-ci comporte en général :

— une glissière, montée sur un support pivotant qui en permet le débattement soit seulement vertical, soit vertical et horizontal ;

— un berceau porte-marteau, dont le mouvement d'avance et de retrait sur la glissière est assuré par un moteur pneumatique réversible, ou par un avanceur à chaîne ou à câble ;

— un guide-fleuret ;

— un marteau perforateur hors-trou, travaillant avec soufflage pneumatique ou avec injection d'eau.

Ce chariot de forage léger permet des longueurs de forage vertical (avec tiges-rallonges) atteignant une quarantaine de mètres, ou horizontal de l'ordre de 20 m, pour un diamètre maximal de 102 mm.

Le marteau hors-trou peut être remplacé par un marteau fond de trou ; le berceau monté sur la glissière supporte alors le moteur de rotation du tube au bout duquel est fixé le marteau lui-même.

**Exemple** : le diamètre du marteau est compris entre 104 et 140 mm chez Atlas Copco, et entre 85 et 150 mm (et plus) chez Compair.

La tête du marteau comporte des taillants en croix dans les plus petits diamètres et pour tous, de plus en plus, des boutons de carbure de tungstène, à tête hémisphérique.

À pression et débit d'air égaux, les marteaux fond de trou donnent des vitesses d'avancement supérieures à celles des marteaux hors-trou. Mais leur principal avantage est de pouvoir forer des trous de grand diamètre (jusqu'à 250 mm, alors que les marteaux hors-trou n'atteignent que 100 à 125 mm de diamètre), dont le guidage est meilleur, grâce à la plus grande rigidité des tubes-rallonges, qui ne supportent que les efforts de rotation, la percussion s'effectuant au fond du trou.

Les pressions et les consommations d'air varient suivant les types de marteaux utilisés.

**Exemple :** marteaux Atlas Copco.

— Marteau hors-trou *BBC 100 f* : pour un forage de production de 46 à 64 mm, avec une pression de service de 6 bar, le mécanisme de percussion et rotation exige 7,5 m<sup>3</sup>/min, celui d'injection d'air 2,7 m<sup>3</sup>/min au maximum (total 10,2 m<sup>3</sup>/min).

— Marteau fond de trou *COP 4* : pour un forage de production de 105 à 115 mm, avec une pression de service de 6 bar, le mécanisme de percussion et rotation exige 3,6 m<sup>3</sup>/min, celui d'injection d'air 6,8 m<sup>3</sup>/min au maximum (total 10,4 m<sup>3</sup>/min). Ce marteau peut être utilisé à des pressions supérieures : à 18 bar, la consommation en air de percussion et de rotation est de 11,7 m<sup>3</sup>/min, le soufflage n'étant plus nécessaire.

Le chariot de forage léger, conduit par un seul homme, est très apprécié en carrière ou dans des travaux de génie civil ne nécessitant pas le forage simultané de plusieurs trous.

### 2.3.2 Perforatrice sur chenilles

Le chariot est constitué d'un châssis articulé entre deux chenilles entraînées chacune par un moteur pneumatique, le compresseur d'alimentation pouvant être tracté par le chariot lui-même. Ce châssis supporte un bras support de glissière, à débattement latéral et vertical, le support de glissière ayant une double articulation. Les possibilités de manœuvre sont beaucoup plus variées qu'avec le chariot de forage léger sur pneus, et donnent à cet engin une polyvalence appréciée aussi bien en carrière qu'en travaux publics. Les mouvements du bras, du support de glissière et de la glissière peuvent être assurés par moteurs et vérins pneumatiques, ou par moteurs pneumatiques et vérins hydrauliques (*ROC 301* d'Atlas Copco, *Holtrac 4* de Holman).

Les marteaux sont hors-trou ou fond de trou, comme sur les chariots légers.

L'amélioration des possibilités de débattement est obtenue sur certains chariots, plus lourds, par un bras intermédiaire qui supporte la glissière (*ROC 701* d'Atlas Copco, par exemple).

Notons que certains constructeurs ont remplacé les chenilles par des roues, qui donnent une plus grande rapidité de déplacement (*Motofore* de Montabert).

### 2.3.3 Chariot de forage à bras multiples (jumbo)

Ces chariots sont surtout utilisés dans les travaux publics au forage des tunnels (articles *Travaux souterrains* [C 5 565] et *Tunneliers* [C 5 570] dans ce traité) : en forage horizontal ou peu incliné pour l'abattage à l'explosif, en forage vertical (ou sensiblement perpendiculaire aux parois) pour la pose de boulons d'ancrage.

Le rôle de ces engins étant de forer le plus grand nombre possible de trous dans le minimum de temps, l'amélioration de leurs caractéristiques, par rapport à celles des chariots de forage des paragraphes précédents, concerne essentiellement l'automatisme du guidage, la longueur des glissières étant telle que la tige de l'outil de forage n'ait pas à être allongée en cours de travail. Le nombre de bras varie de deux à cinq, pour les chariots les plus courants, mais peut être augmenté selon la section de la galerie et la nature du terrain.

Les porteurs sont des chariots sur voie ferrée ou sur roues à pneumatiques, ou encore des portiques. Dans le cas de chariots sur roues à pneumatiques, il est souvent avantageux d'utiliser un châssis d'engin robuste, comme celui des tombereaux automoteurs (ou *dumpers*), qui peut ne pas être neuf, mais seulement rénové, et dont le prix de revient est inférieur à celui d'un porteur conçu essentiellement pour le travail désiré.

Les bras de foration ayant été décrits en détail dans l'article *Travaux souterrains* [C 5 565], nous nous contenterons d'en signaler quelques types avec leurs caractéristiques essentielles.

■ Bras de foration *ALF* de Maco-Meudon : tous les mouvements du bras, télescopique ou non, et du support de glissière sont assurés par vérins hydrauliques, avec une centrale hydraulique à moteur électrique ; l'avanceur de marteau est pneumatique à câble ; le marteau perforateur peut être pneumatique ou hydraulique (de 25 à 50 kg) ou hydro-pneumatique à rotation indépendante de la frappe.

Un chariot à un bras peut forer en trous parallèles sur 5,50 m de hauteur à la clé et 5,50 m de largeur ; la largeur de forage peut atteindre 7 m pour un chariot à trois bras.

La largeur minimale d'un engin à deux bras, sur chenilles, peut être de 0,95 m pour une hauteur de 1,75 m.

■ *Pantofore* à bras parallèle *BPR 24* de Montabert (qui peut utiliser des marteaux pneumatiques ou hydrauliques) : il est conçu pour forer suivant la méthode de tir dite *bouchon canadien* ou *burn cut*. Celle-ci permet d'obtenir des volées de grande longueur, même en petite section, l'automatisme du parallélisme des trous, la reproduction systématique du plan de tir par l'emploi du système de repérage des trous. Un bras couvre complètement un cercle de 4,70 m de diamètre. Les marteaux sont montés sur avanceurs pneumatiques à vis, permettant des perforations jusqu'à 3,50 m de profondeur. Notons que Montabert s'oriente depuis plusieurs années vers les marteaux hydrauliques, et ne développe plus d'appareils uniquement pneumatiques.

■ Bras *But 14 ER* d'Atlas Copco, à extension télescopique et basculement de glissière : il est doté d'un dispositif d'alignement automatique en parallèle, c'est-à-dire que la glissière conserve son alignement d'origine quand le bras se déplace dans le plan vertical ou horizontal. Ce bras peut être équipé d'un marteau perforateur lourd pneumatique ou hydraulique (*BBC 120 F*, *COP 90 ED*, *COP 125 D* ou *COP 126 ED*). Le *COP 126 ED* pèse 175 kg, consomme 15,9 m<sup>3</sup>/min d'air à la pression de 4 à 8 bar pour des taillants de 51 à 76 mm. La longueur des fleurets monoblocs est de 4 600 mm, que les glissières soient à vis ou à chaînes.

## 2.4 Appareillages divers

### 2.4.1 Appareil à main *Sablon S 3* de Maco-Meudon

Il permet la pulvérisation, l'application d'enduit, le crépissage, la tyrolienne, sur surfaces verticales ou horizontales élevées, ou bien au sol. Cet appareil fonctionne à une pression de 3,5 bar (avec mano-détendeur pour les compresseurs courants) et consomme de 0,6 à 1 m<sup>3</sup>/min selon le type d'ajutage utilisé.

### 2.4.2 Sableuses de Maco-Meudon

Constituées par une cuve sous pression de 3 à 7 bar et l'appareillage nécessaire à régler les débits de sable et d'air, elles permettent le décapage de tous matériaux et le ravalement des façades à sec ou humide. Elles consomment de 0,275 à 4 m<sup>3</sup>/min suivant la pression de l'air et le diamètre des buses utilisées.

### 2.4.3 Appareils à projeter le béton

Certains utilisent le même principe (cuve sous pression) que les sableuses, mais sont de moins en moins utilisés, car ils ne permettent pas un fonctionnement continu, en raison de la nécessité d'ouvrir la cuve pour en assurer le remplissage, puis de la remettre en pression.

Le principe a été amélioré par un système de trémie et de barillet tournant, mettant successivement sous pression chaque cylindre du barillet après qu'il se soit rempli du mélange de ciment et d'agrégats provenant de la trémie placée sur le barillet. Ce système (machines Meynadier ou Aliva) permet de transporter un mélange sec, qui est humidifié à la lance, ou quelques mètres avant la lance, pour favoriser l'homogénéité du mélange.

Notons que ces appareils sont fortement concurrencés par les  **pompes à béton**  et les  **machines à projeter**  à pistons ou à vis.

#### 2.4.4 Autres appareils

— **Treuil à air**, souvent remplacés par des appareils de traction à brin libre (à main ou à moteur électrique).

— **Palans**, utilisés seulement en atelier.

— **Moteurs pneumatiques** assurant le fonctionnement d'engins de travaux souterrains, comme les pelles de chargement et de transport (Atlas Copco, Eimco, Salzgitter), et les berlines de transport (Hägglunds, Salzgitter, etc.).

— **Engins de battage** fonctionnant aussi bien à l'air comprimé qu'à la vapeur (marques Pajot, Demag).

— **Vérins de commande** de certains organes constitutifs de centrales à béton (casques d'alimentation en agrégats, trappe d'ouverture des malaxeurs, etc.).

**Nota** : pour plus de détails, on pourra se reporter à l'article *Travaux souterrains* [C 5 565] dans le présent traité.

## 3. Ventilateurs

### 3.1 Généralités

Les ventilateurs sont essentiellement utilisés dans les travaux souterrains et, d'une façon générale, chaque fois que le renouvellement naturel de l'air dans les locaux de travail n'est pas suffisant pour assurer la sécurité des travailleurs.

Ces ventilateurs, installés pendant la durée des travaux, doivent gêner le moins possible l'exécution de ceux-ci, ce qui amène à choisir les appareils les moins encombrants et les plus faciles à utiliser ; aussi la plupart de ces ventilateurs seront-ils axiaux (hélicoïdes), soufflants ou aspirants, et réversibles.

Pour les installations définitives, la ventilation des locaux peut également être assurée par des ventilateurs centrifuges et centrifugo-axiaux (dits aussi hélico-centrifuges).

### 3.2 Ventilateurs axiaux ou hélicoïdes

#### 3.2.1 Constitution

Ils sont constitués par une roue ou hélice en alliage léger ou en matière plastique, entraînée directement par un moteur électrique ou hydraulique. L'ensemble moto-ventilateur est enfermé dans une virole en tôle (ou stator), comportant à ses deux extrémités (d'aspiration et de refoulement) les brides qui permettent la jonction par boulons avec les conduits de ventilation.

Un ventilateur peut être constitué de deux ensembles en tandem, chacun étant indépendant, ce qui permet une grande souplesse de fonctionnement.

#### 3.2.2 Caractéristiques

Les caractéristiques des ventilateurs, qu'ils soient axiaux ou centrifuges, sont données en débit ( $m^3/s$  ou  $m^3/h$ ) à une pression totale (mbar ou mm d'eau), la masse volumique de l'air à 20 °C étant fixée à  $1,2 \text{ kg}/m^3$ . Elles sont variables selon les types d'appareils, mais on peut estimer que le débit des ventilateurs axiaux peut atteindre plusieurs centaines de  $m^3/s$ , alors que la pression maximale ne dépasse guère 100 mbar (1 000 mm d'eau). En fait, les ventilateurs le plus couramment utilisés sur les chantiers ont des performances plus modestes : débit jusqu'à  $50 \text{ m}^3/s$  et pression de 5 à 50 mbar.

Un même ventilateur peut avoir des caractéristiques différentes à puissance de moteur égale, grâce à l'adoption de pales variables : soit par réglage de chaque pale de la roue à l'arrêt, soit par réglage simultané de toutes les pales à l'arrêt, et même en marche.

#### 3.2.3 Installation

Un ventilateur est conçu pour être soit soufflant, soit aspirant (ce qui n'empêche d'ailleurs pas la réversibilité). Il débite dans des conduits de ventilation, ou *canars*.

Pour les ventilateurs soufflants, les canars peuvent être souples et légers, donc faciles à transporter et à monter malgré la nécessité d'étudier soigneusement le positionnement des supports. Ils sont toutefois plus fragiles que les canars rigides. Ceux-ci sont surtout utilisés en amont des ventilateurs aspirants. Ils sont métalliques, en tôle d'acier ou d'alliage léger, soudée ou agrafée ; ils sont souvent fabriqués à pied d'œuvre, pour éviter les frais de transport de ces tuyaux dont le volume au colisage peut être très important.

Le choix des canars dépend donc des impératifs du chantier ; pour des raisons d'économie, on tend vers l'utilisation de canars souples ; mais souvent, par exemple pour l'aspiration des gaz d'échappement des moteurs thermiques utilisés dans une galerie, ou du bouchon de gaz provoqué par la détonation des explosifs, il faudra utiliser des canars rigides.

Certains ventilateurs axiaux ne sont que des accélérateurs d'air, servant à la ventilation d'appoint ; ils sont utilisés sans canars et sont équipés de silencieux.

### 3.3 Ventilateurs centrifuges

#### 3.3.1 Constitution

Les ventilateurs centrifuges comportent :

- un stator en tôle raidie, avec pavillon d'aspiration, socle support de ligne d'arbre, volute et orifice de refoulement ;
- un rotor avec roue centrifuge en tôle d'acier ;
- un moteur électrique ou hydraulique, et un dispositif d'entraînement du rotor, qui peut être direct ou par courroie.

Ces appareils sont plus encombrants que les ventilateurs axiaux, les orifices d'aspiration et de refoulement étant placés dans deux plans perpendiculaires.

#### 3.3.2 Caractéristiques

La pression maximale atteinte couramment par ce type d'appareils à un seul étage dépasse 200 mbar pour des débits supérieurs à  $100 \text{ m}^3/s$ . Cependant la zone couverte par les matériels standard se situe entre 3 et 50 mbar pour des débits de 1 à  $120 \text{ m}^3/s$ . Certains appareils, appelés *surpresseurs*, atteignent la pression de 500 mbar, mais en deux étages.

### 3.3.3 Installation

Ces ventilateurs exigent d'être montés sur un socle rigide et massif. Ils ne sont donc guère utilisés sur des chantiers, sauf si leur durée peut se justifier.

L'orifice de sortie est le plus souvent de forme rectangulaire ; le refoulement s'effectue alors dans des gaines de même section, ou circulaires, tandis que l'aspiration est fréquemment libre.

## 3.4 Ventilateurs centrifugo-axiaux ou hélico-centrifuges

### 3.4.1 Constitution

Ils se rapprochent des ventilateurs axiaux par la disposition de leurs éléments constitutifs, mais en diffèrent essentiellement par la roue, centrifuge au lieu d'être hélicoïde.

Les plans des orifices d'aspiration et de refoulement sont parallèles entre eux, et perpendiculaires à l'axe roue-moteur.

Ces appareils sont susceptibles de fonctionner indifféremment verticalement ou horizontalement, et peuvent se raccorder à des conduits d'aspiration et de refoulement, comme les ventilateurs axiaux.

### 3.4.2 Caractéristiques

À caractéristiques aérodynamiques sensiblement identiques à celles des ventilateurs centrifuges ayant les mêmes roues, ces ventilateurs ont un niveau de pression sonore inférieur à celui d'un ventilateur axial aux caractéristiques équivalentes, et une pression totale supérieure à celle d'un appareil du type axial de même diamètre, tout en ayant la même facilité d'implantation.

### 3.4.3 Installation

Ces ventilateurs, dont la roue est celle d'un appareil du type centrifuge, ne sont pas réversibles. Ils peuvent être installés comme les ventilateurs axiaux, mais le canar d'aspiration devra être rigide, alors que le canar de refoulement pourra être souple.

## 3.5 Choix d'un ventilateur

Il est essentiel de définir tout d'abord les conditions du chantier :

- débit d'air nécessaire en un point donné ;
- ventilateur soufflant ou aspirant ;
- diamètre possible des canars, et longueur à prévoir au cours du déroulement des travaux ;
- type de canars à adopter.

Il faut ensuite disposer des courbes de fonctionnement de ventilateurs établies par les constructeurs (Neu, par exemple) et calculer la vitesse d'écoulement en fonction du débit d'air, du diamètre du canar et de sa longueur, donc de la pression à fournir par le ventilateur, à l'aide d'abaques fournies par ces constructeurs.

Tous ces éléments permettent donc de déterminer :

- d'abord le genre de ventilateur : hélicoïde, centrifuge ou hélico-centrifuge ;
- ensuite le débit en fonction de la pression, ce qui permet de sélectionner les types de ventilateurs possibles par examen des courbes de caractéristiques fournies par les constructeurs ;
- enfin, parmi ces types possibles, chercher celui qui permet le rendement maximal, et la puissance absorbée correspondante qui permettra de définir la puissance du moteur d'entraînement.

L'affinement du choix se fera le plus souvent en collaboration avec les constructeurs, dont l'expérience est indispensable pour éviter les erreurs d'appréciation du responsable de l'entreprise. La ventilation est, en effet, un problème souvent très complexe, dans lequel tous les facteurs ne sont pas mesurables ou estimables, et qui nécessitera pour sa résolution des études approfondies et des mises au point délicates.

# Matériels à air comprimé

par **Henri LE GUILLOU**

*Ingénieur de l'École Supérieure du Génie Militaire  
Ingénieur en Chef à la Société Générale d'Entreprises  
pour les Travaux Publics et Industriels*

## Constructeurs

### Compresseurs

Airénergie.  
Atlas Copco France (Sté).  
Bernard Compresseurs.  
Chapuis H. et Cie (Sté).  
CIT-Alcatel *Service compresseurs*.  
Compair France.  
Demag-Spiros.  
Gardner-Denver France.  
Holman [Compair France].  
Ingersoll-Rand (Cie).  
Maco-Meudon.  
Sté Commerciale des Moteurs (CLM).  
Sullair Europe Co.  
Thomé Compresseurs.

### Matériel à Air Comprimé

Aliva [Kris France].  
Atlas Copco France (Sté).  
CPOAC (Cie Parisienne d'Outillage à Air Comprimé).

Compair France.  
Demag-Spiros.  
Eimco France.  
Gardner-Denver France.  
Häggglunds [Atlas Copco France (Sté)].  
Hausherr-France.  
Ingersoll-Rand (Cie).  
Maco-Meudon.  
Maco-Meudon *Division mines*.  
Meynadier [Caourep (Sté)].  
Montabert (Éts).  
Pajot (Éts A.).  
Salzgitter Maschinen.  
Secoma.

### Ventilateurs

Air-Études-Contrôle.  
Neu (Éts).  
Semafor.  
Solyvent-Ventec.

