



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Echahid Hamma Lakhdar - El Oued



Faculté de Technologie

Département de genie mecanique

MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Spécialité : electromecanique

Présenté par :

- BENNOUNA Brahim
- MEDJOUR Akram
- SEMMANE Abdelmoumen
- GHEMAM AMARA Djaafar

Intitulé :

Comparison le rendement entre les compresseurs a piston et a palette

Soutenue le : 03/06 /2024

Devant le jury composé de :

Dr : MILOUDI Khaled

Président

Université

Dr : MAHMOUDI Abdelkader

Examineur

Université

Dr : AROUDJ Mouhammed

Encadreur

Université

Année académique : 2023/2024

Remerciements

Nous remercions le bon Dieu, pour le courage qu'il nous a donné pour surmonter toutes les difficultés durant nos années d'étude.

Ce travail est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes qui méritent toute notre gratitude.

*Nous remercions vivement notre encadreur **AROUDJ MOUHAMMED** qui nous avons fait le grand honneur de diriger ce travail*

.Votre compréhension, votre collaboration et vos précieuses directives nous ont été d'un grand secours afin de mener à bien notre mémoire.

Je ne saurais, enfin, oublier de remercier tous mes enseignants et collègues et tous ceux qui m'ont aidés de près ou de loin.



Dedicas

*Je voudrais tout d'abord remercier Dieu allah Tout-Puissant, qui
représente pour moi la source de force et d'autorité pour y
parvenir*

*Au propriétaire d'une biographie parfumée et d'une pensée
éclairée, car il a eu le premier crédit pour mon éducation
supérieure (mon père bien-aimé), que Dieu prolonge sa vie.*

*A celle qui m'a mis sur le chemin de la vie, m'a calmé, et a pris
soin de moi jusqu'à ce que je devienne vieux (ma chère mère), que
Dieu t'accorde une longue vie.*

*À mes frères, qui ont eu un grand impact sur de nombreux
obstacles et difficultés,*

À mes amis et proches les plus chers Merci beaucoup.

MEDJOURAKRAM



Dédicace

*À l'exemple de l'amour et du sacrifice au cœur tendre A
celle qui t'a toujours tendu la main, ma mère*

*À l'exemple de la patience et de la foi et au symbole du
sacrifice*

*Et le Nil et le don, que Dieu le préserve et prolonge sa vie,
mon cher père*

*A ceux qui ont été solidaires et solidaires dans les moments les
plus difficiles, voici mes amis*

Que Dieu vous bénisse et dirige vos pas .

BENNOUNA BRAHIM



Dédicace

*En expression de ma gratitude, je dédie cet humble travail à
ceux à qui, en quelque terme que ce soit, je n'ai pas pu
exprimer mon amour sincère.*

*À l'homme ma précieuse offrande de Dieu à qui je dois ma vie,
mon succès et tout mon respect : mon cher père.*

*À la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a
pas rejeté mes exigences et qui n'a ménagé aucun effort pour
me plaire : ma mère aimante.*

À mes chers frères. à mes camarades.

*Sans oublier mes partenaires, leur soutien moral, leur grande
patience à mon égard et leur compréhension tout au long de ce
projet.*

SEMMANE ABDELMOUMANE



Dédicace

*Je dédie ce travail à ceux qui sont la source de mon
inspiration et mon courage.*

*A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de
vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.*

*A mon très cher père, pour ses encouragements et son
soutien,*

*Et surtout pour son sacrifice afin que rien n'entrave le
déroulement de mes études.*

Mes chers frères

Tous mes amis

GHEMAM AMAARA DJAAFAR

ملخص

تتناول هذه المذكرة دراسة مقارنة بين الضواغط ذات المكبس والضواغط ذات الريشة من حيث الأداء والكفاءة. تعتمد الدراسة على تحليل مبدأ العمل لكل نوع، ومكوناته، ومزاياه وعيوبه. تم إجراء تجارب لتحليل كفاءة الطاقة والأداء تحت ظروف تشغيل مختلفة. تُظهر النتائج أن لكل نوع من الضواغط ميزاته الخاصة التي تجعله مناسباً لتطبيقات معينة، حيث يتميز الضاغط ذو المكبس بكفاءته العالية في الضغوط العالية، بينما يتميز الضاغط ذو الريشة بكفاءته في الضغوط المنخفضة وسهولة الصيانة. وتقدم الدراسة توصيات لاختيار النوع الأنسب من الضواغط بناءً على التطبيق المطلوب.

Résumé:

Ce mémoire présente une étude comparative des compresseurs à piston et des compresseurs à palettes en termes de performance et d'efficacité. L'étude analyse le principe de fonctionnement de chaque type, leurs composants, avantages et inconvénients. Des essais ont été réalisés pour analyser l'efficacité énergétique et les performances sous différentes conditions de fonctionnement. Les résultats montrent que chaque type de compresseur a ses propres avantages qui le rendent adapté à certaines applications spécifiques. Le compresseur à piston se distingue par sa haute efficacité à des pressions élevées, tandis que le compresseur à palettes est plus efficace à des pressions basses et plus facile à entretenir. L'étude propose des recommandations pour choisir le type de compresseur le plus approprié en fonction de l'application souhaitée.

Summary:

This thesis presents a comparative study of piston compressors and vane compressors in terms of performance and efficiency. The study analyzes the working principle of each type, their components, advantages, and disadvantages. Experiments were conducted to analyze energy efficiency and performance under various operating conditions. The results show that each type of compressor has its own advantages, making it suitable for specific applications. The piston compressor is noted for its high efficiency at high pressures, while the vane compressor is more efficient at low pressures and easier to maintain. The study offers recommendations for selecting the most suitable type of compressor based on the desired application.

Table des matières

Liste des figures	vi
Liste des tableaux	vii
Introduction générale :	viii
1 Système pneumatique	1
1.1 Introduction :	1
1.2 Définition de la system pneumatique	1
1.2.1 avantages du système pneumatique :	2
1.2.2 Inconvénients du système pneumatique :	3
1.3 Domaine d'applications :	3
1.4 Différence entre la pneumatique et de l'hydraulique :	4
1.5 Les composent de système pneumatique	6
1.5.1 Les Distributeurs	6
1.5.2 Désignation des distributeurs :	8
1.5.3 Principe du repérage des orifices :	11
1.5.4 Symboles des commandes des distributeurs	11
1.5.5 Choix d'un distributeur pneumatique	11
1.5.6 Choix de la position de repos	11
1.5.7 Choix de la commande ou du pilotage	12
1.5.8 Choix de la taille du distributeur :	13
1.6 Les régulatuers	17
1.7 Les acctionneurs	17
1.7.1 Classification des vérins :	18

1.8	L'amortissement pneumatique	25
1.9	Accessoires	26
1.10	Repérage des composants des chaînes fonctionnelles	27
2	Les compresseurs	29
2.1	Introduction	29
2.2	Notion sur l'air :	29
2.3	Notion sur l'air comprimé :	30
2.4	Définition de compresseur	30
2.5	Les Différents types de compresseurs	30
2.5.1	Compresseur à piston :	32
2.5.2	Compresseur à membrane :	33
2.5.3	Les compresseurs volumétriques rotatifs :	34
2.5.4	Le compresseur à vis :	35
2.5.5	Compresseur à lobes (Roots) :	36
2.5.6	Caractéristiques générales :	38
2.5.7	Les compresseurs dynamiques axiaux	40
2.6	Les differntes applications	41
2.6.1	Les avantagesets les inconvenients des differents types de compres- seurs	42
2.6.2	Choix du compresseur	43
2.6.3	Les spécifications d'achat doivent reprendre les éléments suivants .	43
2.6.4	définition de rendement dun compresseur :	44
2.6.5	les type de rendement des compresseur :	44
2.7	calcul Le rendement d'un compresseur :	45
2.7.1	Le rendement	45
2.7.2	Le rendemet mécanique :	49
2.7.3	Le rendement volumétrique :	50
2.7.4	Le rendement general :	51
2.8	La différence entre les rendements mecanique et volumétrique et general :	52
2.9	conclusion :	52
3	calcule des rendements pour deux compresseur	53
3.1	Introduction	53

3.2	Étapes de l'expérience :	54
3.2.1	Préparation du matériel	54
3.2.2	Mesure du débit volumétrique :	54
3.2.3	Mesure de la pression :	54
3.2.4	Calcul du rendement volumétrique :	54
3.2.5	Calcul du rendement mécanique :	54
3.2.6	Calcul du rendement total :	54
3.2.7	Analyse des résultats :	54
3.3	Compresseur à piston :	55
3.3.1	Débit volumétrique (Q) :	55
3.3.2	La puissance (P)	57
3.4	Compresseur à palette :	60
3.4.1	Débit volumétrique (Q) :	60
3.4.2	La puissance (P) :	61
4	Comparaison entre le Compresseur à Piston et le Compresseur à Pa-	
	lettes	65
4.1	Introduction :	65
4.2	Fonctionnement et Conception :	67
4.2.1	Compresseur à Piston :	67
4.2.2	Compresseur à Palettes :	67
4.3	Conclusion :	69
	Conclusion Générale	70

Liste des figures

1.1	Les distributeurs[3]	6
1.2	Principe de symbolisation des distributeurs [5]	7
1.3	Exemple de représentation et symbolisation des positions repos etactivation(distributeur 3/2) [6]	8
1.4	Normalisation des principaux distributeurs et des dispositifs de pilotages correspondants	10
1.5	comparaison des temps de commutation (d'après Schneider) [7]	13
1.6	Détermination du débit d'air, facteur Kv	15
1.7	la tige notamment lors d'un arrêt d'urgence ou d'un réglage. Bloqueur 2/2 et un exemple d'implantation	16
1.8	Principe d'un démarreur progressif [1]	16
1.9	constitution d'un vérin	17
1.10	constitution d'un vér	18
1.11	vérinpneumatique à simple effe	19
1.12	les deux positions de tige	19
1.13	l'alimentation d'un vérin simple effet	20
1.14	Les vérins pneumatiques doubles effets (V.D.E.)	20
1.15	la position de tige	21
1.16	Utilisation d'un vérin double effets pour la fermeture et l'ouverture des portes	21
1.17	Vérin double effet commandé par un distributeur 5/2	21
1.18	vérin double tige	22
1.19	Vérin simple effet à tige télescopique [12]	22

1.20	Exemple de réalisation d'un vérin rotatif	23
1.21	Exemple de réalisation d'un vérin rotatif	23
1.22	Diagramme permettant de déterminer les limites de la course admissibles du piston en fonction de la charge axiale [14]	24
1.23	Principe de l'amortissement pneumatique réglable	25
1.24	application d'un vérin simple effet pour l'emballage des pièces	25
1.25	Capteurs de position sur vérin	26
1.26	Clapet Anti-Retour [13]	26
1.27	application d'un vérin simple effet pour l'emballage des pièces	27
2.1	les familles des compresseurs	31
2.2	les familles des compresseurs	32
2.3	Exemple de soupapes	33
2.4	Schéma de principe d'un piston à double effet	33
2.5	Compresseur à membrane	34
2.6	Compresseur a palette	35
2.7	Compresseur a palette	35
2.8	Cycle de compression	36
2.9	Lobes	37
2.10	Principe de fonctionnement du compresseur à lobes	37
2.11	Les étapes de fonctionnement du compresseur à lobes	38
2.12	Compresseur centrifuge	38
2.13	Roue d'un compresseur centrifuge (2)	39
2.14	Diffuseur et volute	40
2.15	Principe de la roue axiale	40
2.16	Principe de la roue axiale	41
3.1	Le débitmètre massique thermique	55
3.2	Le baromètre	57
4.1	Les graphiques à barres montrent les rendements pour les compresseur piston	66
4.2	Les graphiques à barres montrent les rendements pour les compresseur a palette	66

4.3	Les graphiques à barres montrent comparaison entre les rendements pour les compresseur piston et palette	67
-----	---	----

Liste des tableaux

1.1	Les codes du composants	28
2.1	Les avantages et les inconvénients des différents types de compresseurs .	42

Introduction générale :

Les systèmes pneumatiques jouent un rôle crucial dans de nombreuses applications industrielles et commerciales, offrant des solutions fiables et efficaces pour la transmission de puissance. Au cœur de ces systèmes se trouvent les compresseurs, des dispositifs essentiels pour la conversion de l'énergie mécanique en énergie pneumatique. Comprendre le fonctionnement, les types et l'efficacité des compresseurs est fondamental pour optimiser les performances des systèmes pneumatiques. Cette mémoire de master explore en profondeur les aspects théoriques et pratiques des compresseurs dans les systèmes pneumatiques. Le premier chapitre fournit une vue d'ensemble des systèmes pneumatiques, abordant leur importance, leurs composants et leurs applications variées. Ce contexte permet de saisir l'importance des compresseurs dans ces systèmes complexes. Le deuxième chapitre se concentre spécifiquement sur les compresseurs. Il présente les différents types de compresseurs, notamment les compresseurs à piston et à palettes, en détaillant leur fonctionnement, leurs avantages et inconvénients, ainsi que leurs domaines d'application. Cette classification est essentielle pour comprendre les choix technologiques disponibles et leurs implications. Dans le troisième chapitre, nous abordons les calculs de rendement pour les compresseurs à piston et à palettes. Une analyse rigoureuse de l'efficacité de ces compresseurs est effectuée en utilisant des formules thermodynamiques et mécaniques. Ces calculs permettent de quantifier les performances et d'identifier les facteurs influençant l'efficacité énergétique. Le quatrième chapitre propose une comparaison détaillée entre les compresseurs à piston et à palettes. Cette comparaison est basée sur les résultats des calculs de rendement, ainsi que sur des critères tels que la fiabilité, les coûts de maintenance, et l'adaptabilité à diverses applications industrielles. Cette analyse comparative vise à fournir des recommandations éclairées pour le choix du type de compresseur en fonction des besoins spécifiques.

Système pneumatique

1.1 Introduction :

Les systèmes pneumatiques sont des dispositifs qui font appel à l'air comprimé afin de réaliser différentes tâches mécaniques. Les systèmes de transmission de puissance sont couramment employés dans l'industrie en raison de leur fiabilité, de leur simplicité et de leur coût relativement bas par rapport à d'autres systèmes. L'étude des systèmes pneumatiques a pour objectif d'optimiser leur efficacité, leur longévité et leur performance globale. L'optimisation des composants, la modélisation et la simulation des systèmes, ainsi que le développement de nouvelles technologies pour satisfaire les exigences particulières des applications industrielles, sont des domaines de recherche. Les chercheurs s'efforcent d'étendre les frontières des systèmes pneumatiques et d'ouvrir de nouvelles perspectives pour leur utilisation dans différents domaines.

1.2 Définition de la system pneumatique

La technologie de la pneumatique consiste à utiliser un gaz sous pression afin de générer un mouvement mécanique. La plupart du temps, ce gaz est de l'air, sec ou lubrifiant. Les systèmes pneumatiques font usage de compresseurs d'air afin de diminuer la quantité d'air, ce qui entraîne une augmentation de sa pression. La circulation de l'air en pression dans les conduites pneumatiques est régulée par des distributeurs, des vannes, des clapets, jusqu'aux actionneurs, aux vérins et aux moteurs. Il est tout aussi crucial de procéder régulièrement à un filtrage et à un contrôle de l'air afin d'assurer sa qualité, ce qui améliore également la fiabilité et l'efficacité du système pneumatique. Scope d'uti-

lisation 1 En matière de manutention, d'assemblage, de robotique, de machines-outils, etc., les technologies pneumatique et hydraulique sont bénéfiques. Grâce à l'utilisation de l'énergie pneumatique, il est possible de concevoir des automatismes avec des éléments simples et solides, en particulier dans des environnements difficiles (températures élevées, conditions déflagrants, conditions humides). Les systèmes pneumatiques sont présents dans :

- L'industrie chimique, pétrochimique, médicale et alimentaire.
- Machines-outils.
- Les engins mobiles (Bateaux, Voitures, Camions, Chargeurs...)
- La manutention en général tel que serrage, transfert,...
- Dans divers domaines technologiques tel que le remplissage, emballage, ouverture et fermeture de portes...

1.2.1 avantages du système pneumatique :

Utilisation possible Les usines et les ateliers disposent généralement de sources d'air comprimé dans leur zone de travail, et des compresseurs mobiles peuvent être employés à d'autres moments. Disposez de l'air comprimé de grande capacité de manière facile en fonction des besoins. Il est facile de concevoir et de contrôler l'utilisation simple des composants pneumatiques, ce qui facilite leur adaptation au contrôle de systèmes automatiques simples. La transmission pneumatique offre les bénéfices d'une réponse rapide et d'une action rapide par rapport à la transmission hydraulique. Généralement, il n'est possible de régler que la pression et la vitesse nécessaires ; ainsi, il convient particulièrement à la commande automatique du système. Il est commode de gérer et de superviser. Il est capable de constituer non seulement un circuit de commande pneumatique complet, mais aussi de s'associer à une pression électrique et hydraulique pour effectuer un contrôle hybride. La sélection des éléments pneumatiques de mouvement facilite la régulation de vitesse en continu en utilisant le mouvement linéaire et rotatif. Économique en raison du prix adapté des composants pneumatiques, du coût global des dispositifs et de la durée de vie des composants pneumatiques, ce qui réduit les frais de maintenance. Les composants pneumatiques de haute qualité ont une durée de vie prolongée, ce qui garantit une fiabilité élevée pour le système. Dans une grande mesure, l'air comprimé n'est pas sensible aux températures élevées, à la poussière et à la corrosion, ce qui est hors de portée des

autres systèmes. Les éléments pneumatiques pour un environnement propre sont sûrs et utilisent des techniques spécifiques pour traiter l'air d'échappement, ce qui permet de les installer dans l'atelier propre standard. La sécurité veillera à éviter tout incendie dans les lieux dangereux. En cas de surcharge du système, l'actionneur ne fera que glisser ou s'arrêter. Les pneus de l'actionneur ne sont pas chauffés.

1.2.2 Inconvénients du système pneumatique :

La compressibilité de l'air entraîne une légère diminution de la stabilité du mouvement lorsque la charge change. Parce que la pression de travail est faible, il est difficile d'obtenir une force ou un couple de sortie considérables, ce qui rend la transmission pneumatique inadaptée aux systèmes lourds. Un bruit d'échappement est élevé. Car l'air n'est pas lubrifiant, il faut parfois ajuster le dispositif de lubrification d'alimentation en huile dans le circuit d'air. Le dispositif pneumatique ne peut transmettre le signal que dans la plage de vitesse du son, qui est plus lente que les signaux optiques et électriques. Par conséquent, il n'est pas pour des situations où la vitesse de transmission du signal est élevée. Parallèlement, il est compliqué d'effectuer le contrôle à distance de la production. Le système pneumatique présente une fuite, ce qui entraîne une perte d'énergie. On autorise également une certaine quantité de fuite. Toutefois, il est essentiel de réduire les fuites.[1]

1.3 Domaine d'applications :

La technologie pneumatique est bénéfique dans les domaines de la manutention, de l'assemblage, de la robotique, des machines-outils, etc. Grâce à l'utilisation de l'énergie pneumatique, il est possible de concevoir des automatismes avec des éléments simples et solides, en particulier dans des environnements difficiles (températures élevées, conditions déflagrants, conditions humides). Les systèmes pneumatiques sont présents dans :

- L'industrie chimique, pétrochimique, médicale et alimentaire.
- Machines-outils.
- Les engins mobiles (Bateaux, Voitures, Camions, Chargeurs...)
- La manutention en général tel que serrage, transfert,...
- Dans divers domaines technologiques tel que le remplissage, emballage, ouverture et fermeture de portes...[2]

1.4 Différence entre la pneumatique et de l'hydraulique :

Le principe fondamental des systèmes pneumatiques et hydrauliques est le même pour générer un mouvement mécanique et les mêmes actionneurs, vérins et moteurs sont utilisés pour générer une force linéaire ou un mouvement rotatif. La plupart du temps, l'hydraulique est considérée comme une version liquide de la pneumatique, mais la réalité est bien plus complexe. Cela s'explique par les caractéristiques des fluides qui diffèrent considérablement de celles des gaz. Les principaux points de divergence entre les deux technologies peuvent être résumés comme suit :

- **Fluide utilisé** : La principale distinction entre les deux méthodes est le fluide utilisé pour transférer la pression d'un point à un autre. En règle générale, la pneumatique utilise de l'air, tandis que l'hydraulique utilise de l'huile.

- **Nature du fluide** : En pneumatique, l'air est utilisé car il est naturellement compressible, tandis qu'en hydraulique, on utilise de l'huile qui n'est pas compressible.

- **Force** : L'hydraulique peut générer des efforts considérables dépassant les 50 000 N en raison des pressions élevées qui y sont associées. La plage de force en pneumatique est bien inférieure à 50 000 N.

- **Vitesse** : La vitesse en pneumatique est nettement supérieure à celle de l'hydraulique. Une vitesse allant de 15 à 50 m/s en pneumatique, tandis que l'hydraulique atteint 3 m/s. En raison de l'incompressibilité de l'huile, la vitesse hydraulique est plus précise et régulière, en plus du positionnement intermédiaire et précis des vérins, ce qui permet des applications plus sophistiquées en régulation et en asservissement.

- **Pression** : En pneumatique, la pression est habituellement inférieure à 8 bars, tandis qu'elle est rarement inférieure à 50 bars en hydraulique. Des pressions élevées peuvent être manipulées par les systèmes hydrauliques, allant de 700 bars pour les vérins de manutention à 20 000 bars pour la mise en forme par déformation hydrostatique.

- **Coût** : Le prix représente une autre distinction significative. Les systèmes pneumatiques sont généralement beaucoup plus abordables que les systèmes hydrauliques. Les installations pneumatiques sont relativement simples à mettre en place (tuyaux souples, raccords rapides,...). Cependant, les installations hydrauliques sont moins simples en raison de la gestion de l'étanchéité, du retour au réservoir, etc. Malgré les similitudes entre les actions et les applications, chacune de ces technologies répond à des exigences et des

spécialités distinctes. En général, l'une convient mieux à certaines tâches que l'autre, et vice versa. En général, le rendement des systèmes pneumatiques se situe entre 0,3 et 0,5, tandis que celui des systèmes hydrauliques est de 0,7 à 0,9. La circulation du fluide est également différente, dans les systèmes pneumatiques, l'air circule généralement en circuit ouvert, tandis que dans les systèmes hydrauliques, le fluide circule en circuit fermé.

1.5 Les composent de système pneumatique

1.5.1 Les Distributeurs



Figure 1.1 : Les distributeurs[3]

Fonction :

Ils servent à commuter et réguler le débit du fluide sous pression, à l'instar d'un aiguillage, à la réception d'un signal de commande, qu'il soit mécanique, électrique ou pneumatique. Les distributeurs de puissance permettent de : -gérer le déplacement de

la tige d'un vérin ou la rotation d'un moteur hydraulique ou pneumatique. -sélectionner la direction de circulation d'un fluide (aiguillage, dérive, etc.). -exécuter des fonctions logiques à partir d'un fluide tels que les fonctions ET, OU, mémoire, etc. -lancer ou mettre fin à la circulation d'un liquide (robinet d'arrêt, bloqueur,...). -Être capteurs de position (comme un vérin en course).

Symbolisation :

Un distributeur est caractérisé par :

- le nombre des orifices : 2, 3, 4 ou 5 ;
- le nombre des modes de distribution ou positions : 2 ou 3 .
- par le type de commande du pilotage assurant le changement de position : simple pilotage avec rappel par ressort ou double pilotage, avec éventuellement rappel au centre par ressort dans le cas des distributeurs à 3 positions .
- par la technologie de pilotage : pneumatique, électropneumatique ou mécanique ;
- par la technologie de commutation : clapets, tiroirs cylindriques , tiroirs plans.

Principe de la symbolisation

• **Nombre de cases** : Il indique le nombre de possibilités de commutation, une case par position. Si une place intermédiaire est présente, la case est définie par des traits pointillés.

• **Flèches** : Le sens de circulation du fluide entre les orifices est indiqué par des flèches dans chaque case ou position. On obture symboliquement les orifices non utilisés dans une position par un droit ou inversé. La quantité d'orifices est calculée pour une position et est constante pour toutes les positions.

• **Source de pression** : Un cercle noirci en hydraulique et clair en pneumatique la signalent. Un triangle noirci en hydraulique, clair en pneumatique, représente l'échappement.

• **Position initiale** : Les connexions entre le réseau et le distributeur se terminent toujours par la case qui représente la position initiale ou de repos. Cette case est située à droite pour les distributeurs à deux positions et au centre pour ceux à trois positions. S'il n'y a qu'un échappement (triangle), le symbole de la pression (cercle) est placé à droite de la case de repos et au milieu s'il y a deux échappements. On identifie les orifices à l'aide de lettres en hydraulique et de chiffres en pneumatique.

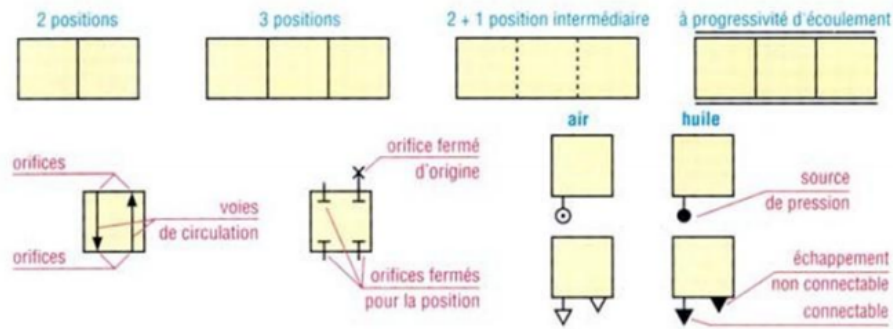


Figure 1.2 : Principe de symbolisation des distributeurs [5]

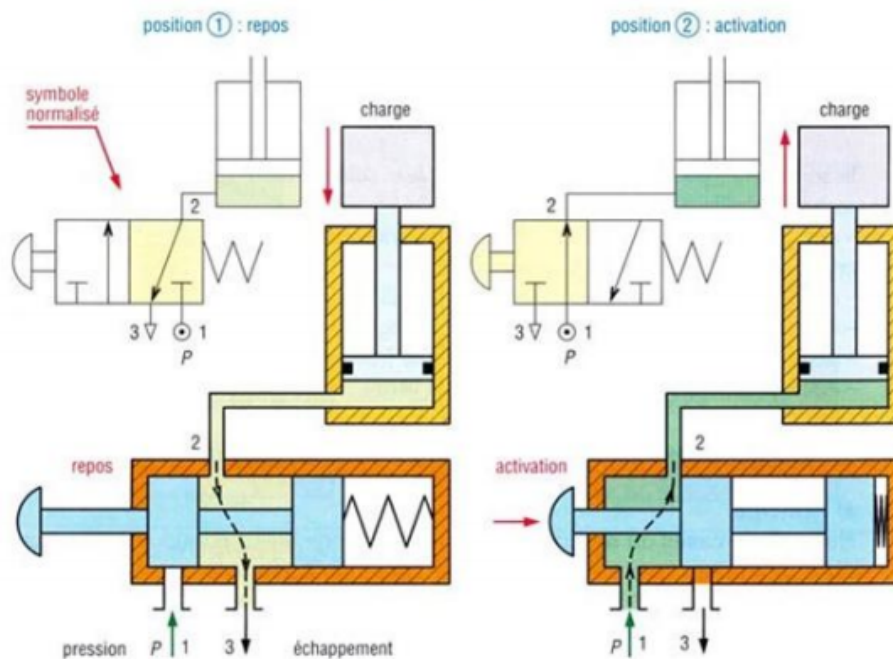


Figure 1.3 : Exemple de représentation et symbolisation des positions repos et activation (distributeur 3/2) [6]

1.5.2 Désignation des distributeurs :

Elle prend en considération le nombre d'ouvertures et le nombre de positions. Un distributeur 5/2, par exemple, correspond à un distributeur avec 5 orifices et 2 positions.

- **Distributeur normalement fermé (NF) :** Lorsque le fluide ne circule pas à travers le distributeur en position repos (ou initiale), on parle généralement de distributeur fermé.
- **Distributeur normalement ouvert (NO) :** c'est l'inverse du cas précédent ; au repos, il y a circulation du fluide à travers le distributeur.

- **Distributeur monostable** : distributeur ayant une seule position stable. Dans ce type de construction, un ressort de rappel ramène systématiquement le dispositif dans sa position initiale, ou repos, dès que le signal de commande ou d'activation est interrompu.
- **Distributeur bistable** : admet deux positions stables ou d'équilibre. Pour passer de l'une à l'autre, une impulsion de commande est nécessaire. Le maintien en position est assuré par adhérence ou par aimantation. Leur fonctionnement peut être comparé à celui d'une mémoire à deux états : 0 ou 1, oui ou non.
- **Centre fermé, pour 4/3 ou 5/3** : en position neutre ou repos à centre fermé, le fluide ne peut pas circuler entre les chambres et les échappements, ce qui bloque la tige ou l'arbre moteur. Il est intéressant pour un redémarrage sous charge (ex : charges suspendues, etc.).
- **Centre ouvert, pour un 4/3 ou un 5/3** : en position neutre à centre ouvert, le fluide peut circuler librement. La purge des chambres et la libre circulation de la tige (libre rotation de l'arbre moteur) sont ainsi possibles. Ce cas est intéressant pour supprimer les efforts développés et faire des réglages . Il existe d'autres types de centre pour ces distributeurs.



Figure 1.4 : Normalisation des principaux distributeurs et des dispositifs de pilotages correspondants

1.5.3 Principe du repérage des orifices :

Le repérage des orifices par des chiffres et des pilotages par des nombres est normalisé :
-repère 1 pour l'orifice d'alimentation en air comprimé, -repères 2 et 4 pour les orifices d'utilisation, -repères 3 et 5 pour les orifices d'échappement,

- repère 12 pour l'orifice de pilotage mettant la voie 1 -2en pression,
- repère 14 pour l'orifice de pilotage mettant la voie 1 -4en pression,
- repère 10 pour l'orifice de pilotage ne mettant aucunevoie en pression.

1.5.4 Symboles des commandes des distributeurs

La commande du changement de position est obtenue par déplacement du tiroir ou du ou des clapets, éléments mobiles essentiels des distributeurs. Ce pilotage peut être simple ou double. Le simple pilotage est associé à un rappel par ressort. Le dispositif de pilotage doit être indiqué pour chaque position du distributeur et apparaître dans la symbolisation.

1.5.5 Choix d'un distributeur pneumatique

Choix de la fonction (nombre d'orifices) Ce choix dépend naturellement de l'actionneur à alimenter :

- 2/2 pour moteur à un sens de marche, blocage ou ventouse ;
- 3/2 pour vérin simple effet, ventouse ou purgeage decircuit :
- 4/2 ou 5/2 pour vérin double effet ou actionneur deux sens de marche ;
- 5/3 pour les moteurs pneumatiques, ou les vérins double effet.

Les distributeurs 4/3 sont très utilisés en hydraulique. Les distributeurs à 5 orifices permettent des réglages indépendants, pour l'entrée et la sortie de tige, de la vitesse de la tige en agissant sur le débit d'air à l'échappement.

1.5.6 Choix de la position de repos

De ce choix dépend le comportement de l'actionneur alimenté lorsque l'énergie de commande est coupée. Distributeur monostable :

- 2/2, le circuit est coupé au repos (passage fermé dans les deux sens) ;

3/2, le circuit d'utilisation est à l'échappement (purge), donc l'actionneur revient en position de repos s'il s'agit d'un vérin simple effet, ou est libre s'il s'agit d'un autre type

d'actionneur

- 4/2, Lorsque la commande est coupée, le mouvement de l'actionneur est inversé. En cas de commande monostable, il est donc important de prendre en compte les répercussions d'une interruption d'alimentation sur la sécurité des individus et des équipements. En outre, il est nécessaire de prévoir dans la commande de maintenir l'ordre pendant la durée nécessaire, ce qui peut entraîner des consommations d'énergie considérables, voire excessives. Le distributeur à double pilotage est bistable. L'actionneur continue à agir. En raison de leur construction, les distributeurs bistables remplissent une fonction mémoire, ce qui rend inutile le maintien de l'ordre sur le pilote, ce qui diminue la consommation d'énergie, mais peut éventuellement entraîner des problèmes de sécurité.

1.5.7 Choix de la commande ou du pilotage

Il s'agit principalement de trois familles : Pilote pneumatique : conseillé dans des conditions atmosphériques explosives, humides ou agressives. Même avec une partie de commande électrique, il est possible de réaliser ce type de pilotage grâce à des interfaces électropneumatiques déportées et en armoire protégée.

- **Pilote électropneumatique** : Le tiroir du distributeur est déplacé grâce à l'air comprimé, mais il est accepté grâce à une mini électrovanne à clapet. Le plus courant est ce genre de pilotage car il convient aux parties de commande électrique tout en garantissant une consommation électrique minimale. .
- **Pilote électrique** Le clapet Il existe d'autres types de commande : pilotage manuel ou pilotage mécanique. du distributeur est déplacé directement grâce à un électroaimant. En général, ces pilotes sont conçus pour les mini-vérins, les ventouses et les interfaces électropneumatiques. Il est important de vérifier les temps de commutation lorsque cette caractéristique est importante, même si le choix entre les trois technologies reste possible.

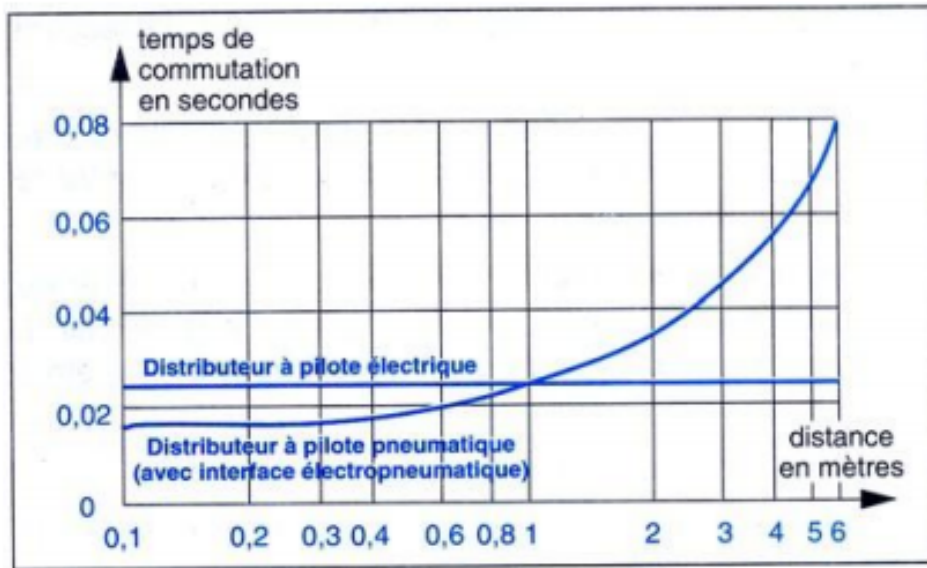


Figure 1.5 : comparaison des temps de commutation (d'après Schneider) [7]

Il existe d'autres types de commande : pilotage manuel ou pilotage mécanique.

1.5.8 Choix de la taille du distributeur :

De ce choix dépend la régularité de déplacement, la vitesse maximale et le remplissage du vérin.

- **Méthode simplifiée** : Cette approche convient aux utilisations les plus fréquentes, c'est-à-dire pour des cylindrées inférieures ou équivalentes à 10 litres, des vitesses inférieures ou équivalentes à 0,1 m/s et un taux de charge de 0,5 ou pas. Il s'agit de sélectionner un distributeur dont les orifices de raccords sont équivalents ou immédiatement inférieurs à ceux du vérin à alimenter.
- **Exemple** : Les orifices sont conçus pour des raccords de 1/4" pour un vérin de 40 mm de diamètre, tandis que le distributeur approprié aura des raccords de 1/4" ou 1/8".
- **Dimensionnement précis** : Il est nécessaire d'utiliser les abaques des fabricants, de calculer le débit d'air qui traverse un distributeur et de vérifier le Kv (Coefficient Ventil). 3.4 Calcul du flux d'air, facteur Kv C'est une qualité fondamentale. Il est nécessaire que le débit soit adéquat pour remplir les chambres du vérin ou du moteur à la vitesse souhaitée. Il varie en fonction des propriétés de celui-ci : Diamètre D, course C, durée de course, pression d'alimentation et niveau de charge .
- **Facteur Kv** : Il est largement utilisé pour identifier le distributeur à connecter à un

vérin et représente le débit d'eau en litres (dm^3) par minute qui traverse le distributeur avec une perte de charge de 1 bar (différence de pression amont/aval de 1 bar). On peut mesurer le Kv en m^3/s . Les constructeurs offrent des abaques afin de mesurer le KV et la taille des distributeurs (voir ci-dessous).

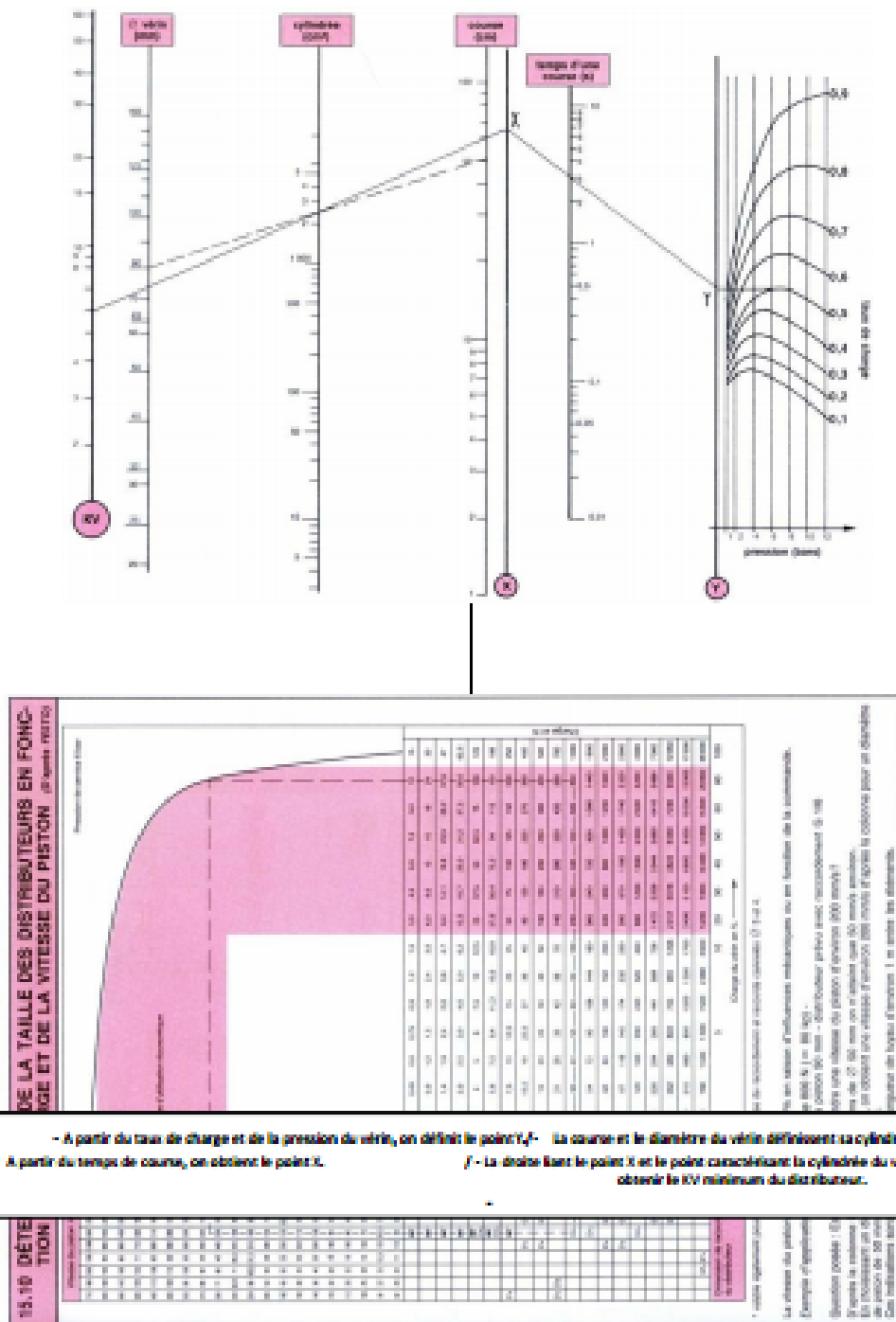


Figure 1.6 : Détermination du débit d'air, facteur Kv

Distributeurs particuliers Bloqueur 2/2 :

Distributeurs 2/2 qui réalisent le blocage la tige notamment lors d'un

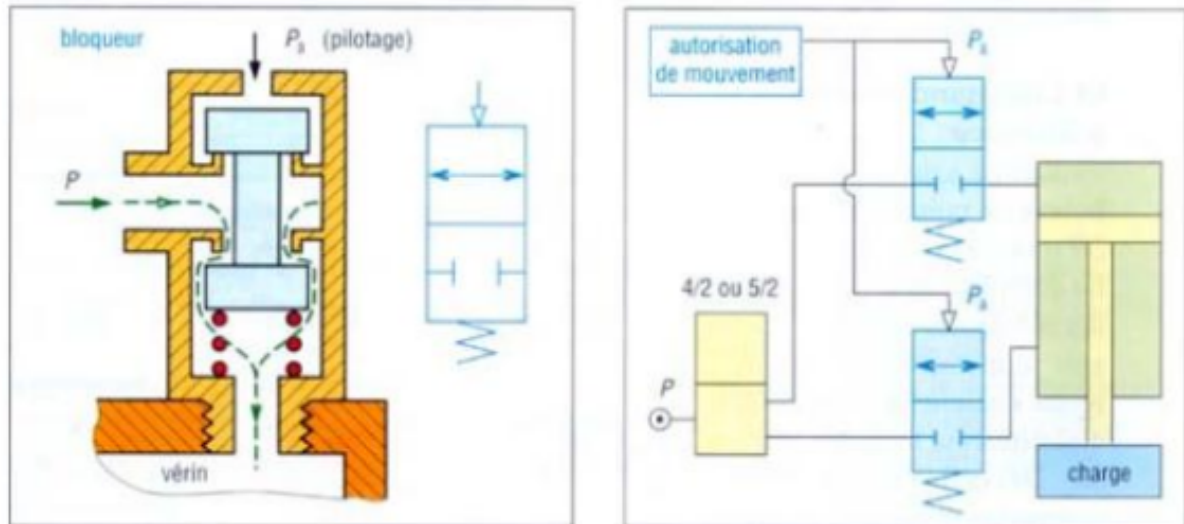


Figure 1.7 : la tige notamment lors d'un arrêt d'urgence ou d'un réglage. Bloqueur 2/2 et un exemple d'implantation

arrêt d'urgence ou d'un réglage. Bloqueur 2/2 et un exemple d'implantation

[1] Sectionneur général : voir § 1.10.2. Démarreur progressif : voir § 1.10.3.

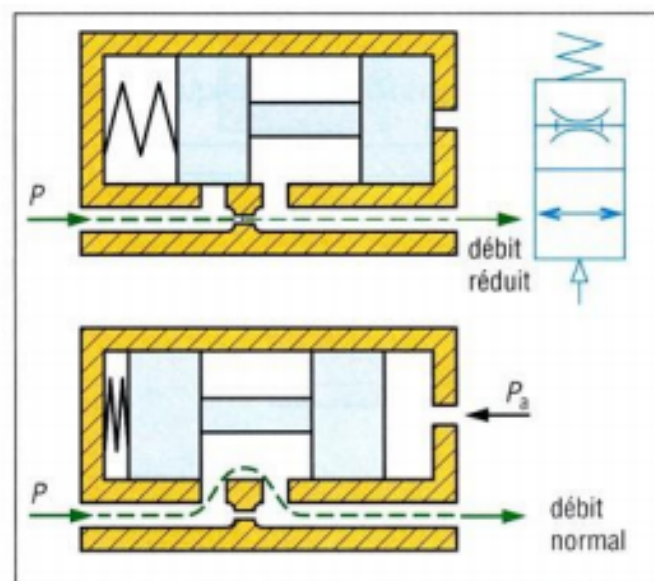


Figure 1.8 : Principe d'un démarreur progressif [1]

1.6 Les régulateurs

Les régulateurs (régulateurs de débit et régulateurs de vitesse) ont généralement pour fonction de réguler le débit et la pression du flux. Concernant la régulation du débit, il y a des valves de régulation du débit comme les réducteurs de débit. Leur utilisation principale consiste à diminuer le débit du fluide dans une partie du circuit pour contrôler la vitesse des actionneurs. Pour réguler la pression, il existe différents types de dispositifs tels que les limiteurs de pression, les réducteurs et les régulateurs de pression, ainsi que les valves de séquence. Le contrôle de la pression est principalement employé dans le but de garantir la sécurité.

1.7 Les actionneurs

Un vérin pneumatique est un dispositif qui convertit l'énergie de l'air comprimé en une action mécanique. Les pressions d'air comprimé exercées sur un vérin pneumatique permettent d'obtenir des mouvements dans un sens, puis dans l'autre. Il est possible d'obtenir des mouvements linéaires ou rotatifs. [8]

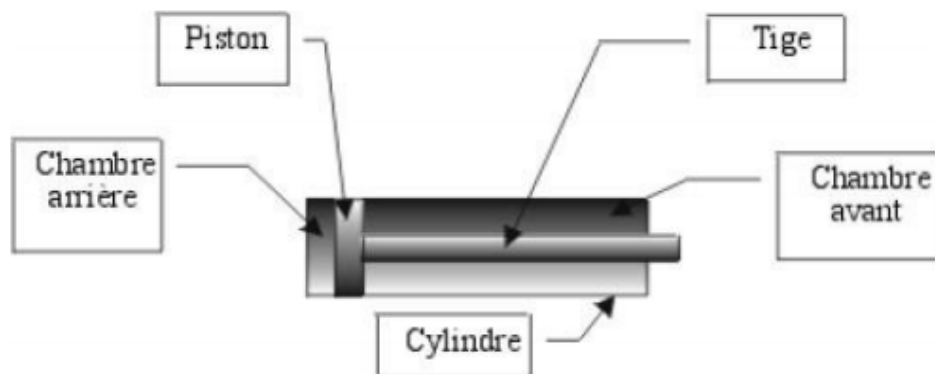


Figure 1.9 : constitution d'un vérin

Les vérins se composent d'un cylindre fermé aux deux extrémités, à l'intérieur duquel coulisser un ensemble de tiges piston. Il y a donc deux chambres distinctes : La chambre postérieure correspond à l'espace du cylindre qui ne renferme pas la tige du vérin. La partie antérieure du cylindre est celle qui abrite la tige du vérin. Leurs catégories prennent en considération la nature du fluide, qu'il soit pneumatique ou hydraulique, ainsi que le mode d'action de la tige : l'effet simple (air comprimé est admis sur une seule face

du piston), l'effet double (air comprimé est admis sur les deux faces du piston)... Les vérins pneumatiques utilisent l'air comprimé, de 2 à 10 bars en usage courant. Du fait de la simplicité de mise en œuvre, ils sont très nombreux dans les systèmes automatisés industriels.

Remarque : une grande quantité de fonctions complémentaires peut leur être intégrée : amortissement de fin de course, capteurs de position, dispositifs de fin de course, dispositifs de détection, distributeurs, guidage,

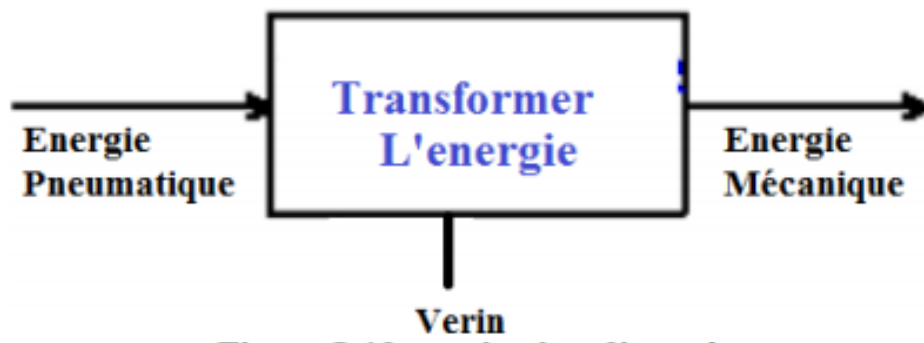


Figure 1.10 : constitution d'un vérin

1.7.1 Classification des vérins :

On distingue les familles de vérins suivantes[9] :

Les vérins simple effet ;

Les vérins double effets ;

les vérins télescopiques

les vérins rotatifs

Les vérins pneumatiques à simple effet

Il s'agit de vérins qui accomplissent un travail dans une seule direction. Ils offrent la possibilité de pousser ou de tirer une charge, uniquement. Avec ce genre de vérin, seules les positions extrêmes sont employées. Un vérin à simple effet pneumatique n'a qu'une seule entrée d'air sous pression et ne produit un effort que dans une seule direction. On effectue la course de retour à vide en détenant un ressort de rappel qui est inséré dans le corps du vérin.

Le vérin simple effet ne peut être alimenté que dans une seule chambre, c'est généralement la chambre arrière.

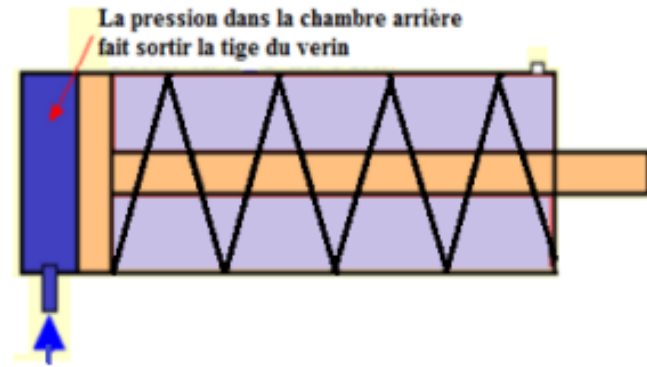


Figure 1.11 : vérin pneumatique à simple effet

- Lorsque l'on cesse d'alimenter en pression cette chambre, le retour s'effectue sous l'action d'un ressort situé dans la chambre opposée.
- Celui-ci ne possède donc qu'une seule position stable.
- La chambre contenant le ressort est ouverte à l'air libre afin de ne pas contrarier le déplacement du piston. Alimentation

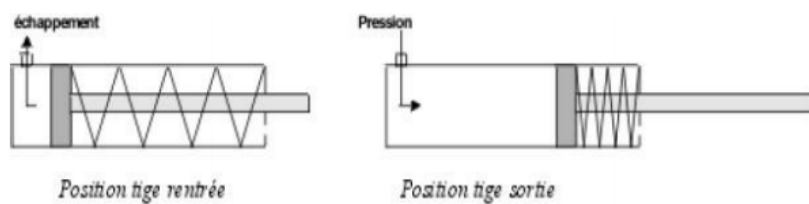


Figure 1.12 : les deux positions de tige

L'alimentation d'un vérin simple effet est obtenue à l'aide d'un distributeur 3/2.



Figure 1.13 : l'alimentation d'un vérin simple effet

Les vérins pneumatiques doubles effets (V.D.E.)

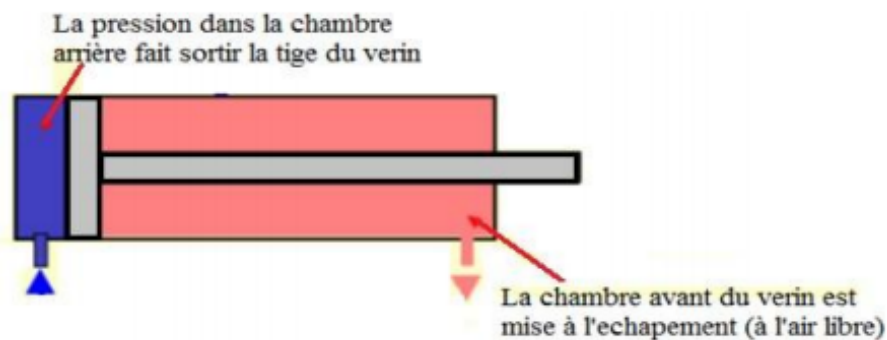


Figure 1.14 : Les vérins pneumatiques doubles effets (V.D.E.)

Deux options d'alimentation sont disponibles pour les vérins doubles effets : soit par la chambre arrière, soit par la chambre avant. [9] Lorsque la chambre arrière est alimentée en pression, le piston se déplace vers l'avant, ce qui pousse l'air de la chambre avant. Quand la chambre avant est alimentée en pression, le piston se déplace vers l'arrière, ce qui pousse l'air de la chambre arrière. Il est nécessaire que l'air de la chambre à l'échappement puisse être évacué pour ne pas entraver le déplacement du piston. Dans un vérin double effet, les chambres sont donc soumises à la pression et à l'échappement de manière alternée.

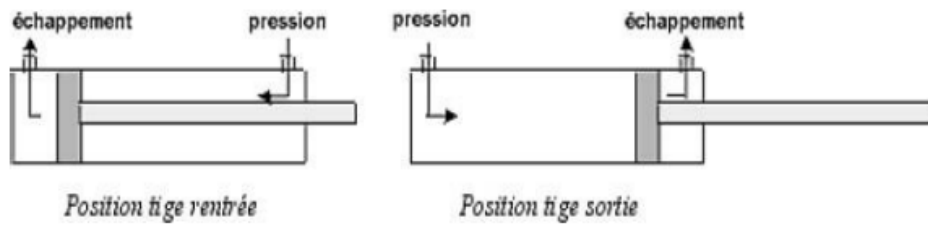


Figure 1.15 : la position de tige

Exemple d'utilisation d'un vérin double effet :

Porte manœuvrée par un Figure 1.15 :

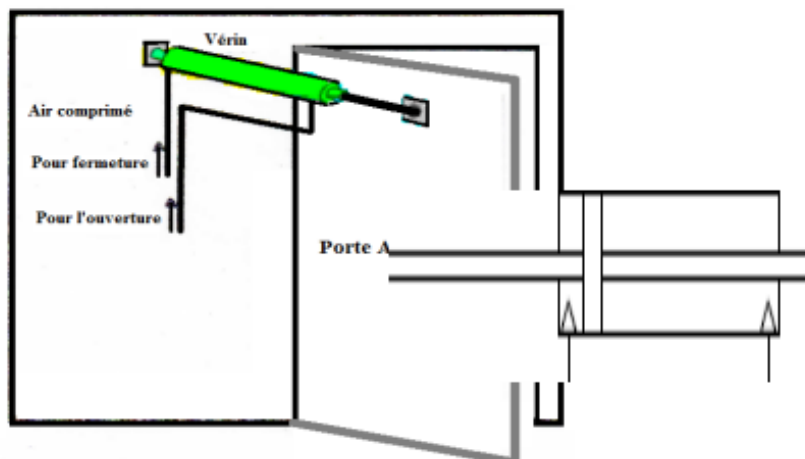


Figure 1.16 : Utilisation d'un vérin double effets pour la fermeture et l'ouverture des portes

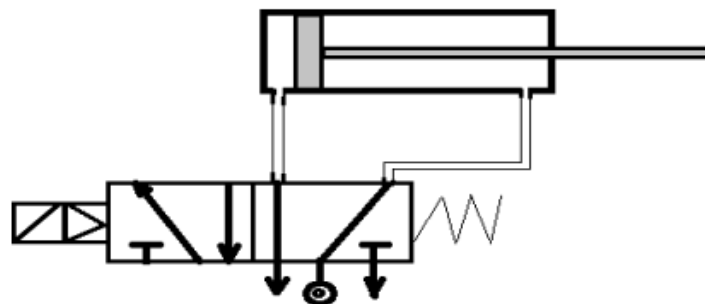


Figure 1.17 : Vérin double effet commandé par un distributeur 5/2

Vérin double tige :

Ce type de vérin absorbe mieux les forces latérales grâce au double palier de la tige [10]

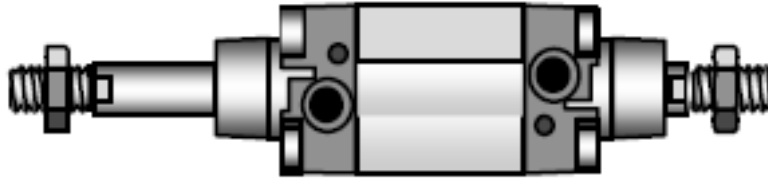


Figure 1.18 : vérin double tige

Vérin à tige télescopique

simple effet et généralement hydraulique, il permet des courses importantes tout en conservant une longueur repliée raisonnable.

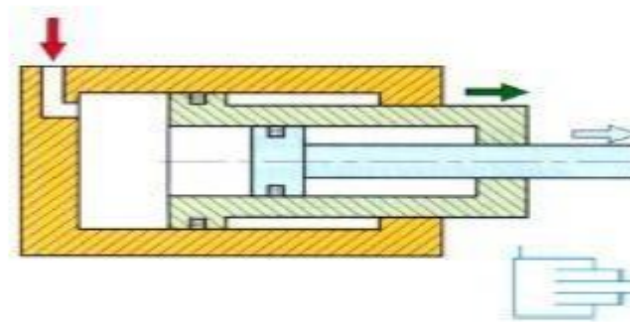


Figure 1.19 : Vérin simple effet à tige télescopique [12]

Vérin rotatif

On convertit l'énergie du fluide en un mouvement de rotation, comme dans le cas d'un vérin double effet qui entraîne un système de pignon crémaillère. L'angle d'inclinaison peut être compris entre 90 et 360°. Les amortissements peuvent être effectués.

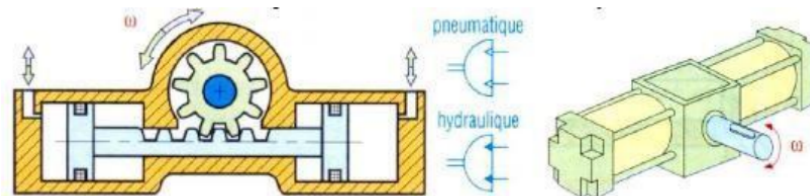


Figure 1.20 : Exemple de réalisation d'un vérin rotatif

La raideur d'un vérin

L'effort du piston sur le ressort en A et celui du nez avant sur le ressort en B ; lors de la sortie du piston[11]

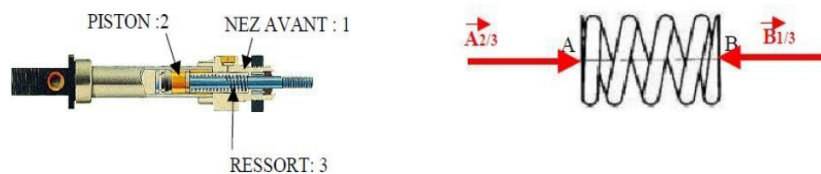
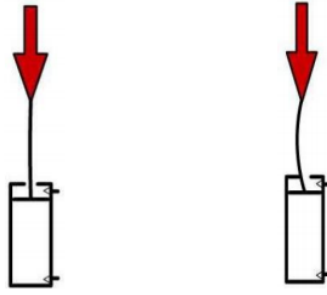


Figure 1.21 : Exemple de réalisation d'un vérin rotatif

Connaissant la course du vérin (écrasement du ressort), la longueur du ressort libre L_0 et la force de rappel max F ;

Résistance au flambage : Sous l'action d'une charge axiale, la tige du vérin est sollicitée au flambage. Plus la course est longue et le diamètre de tige petit, plus le flambage est élevé [12]



Le diagramme de la page suivante permet de déterminer les limites de course admissibles en fonction de la charge axiale

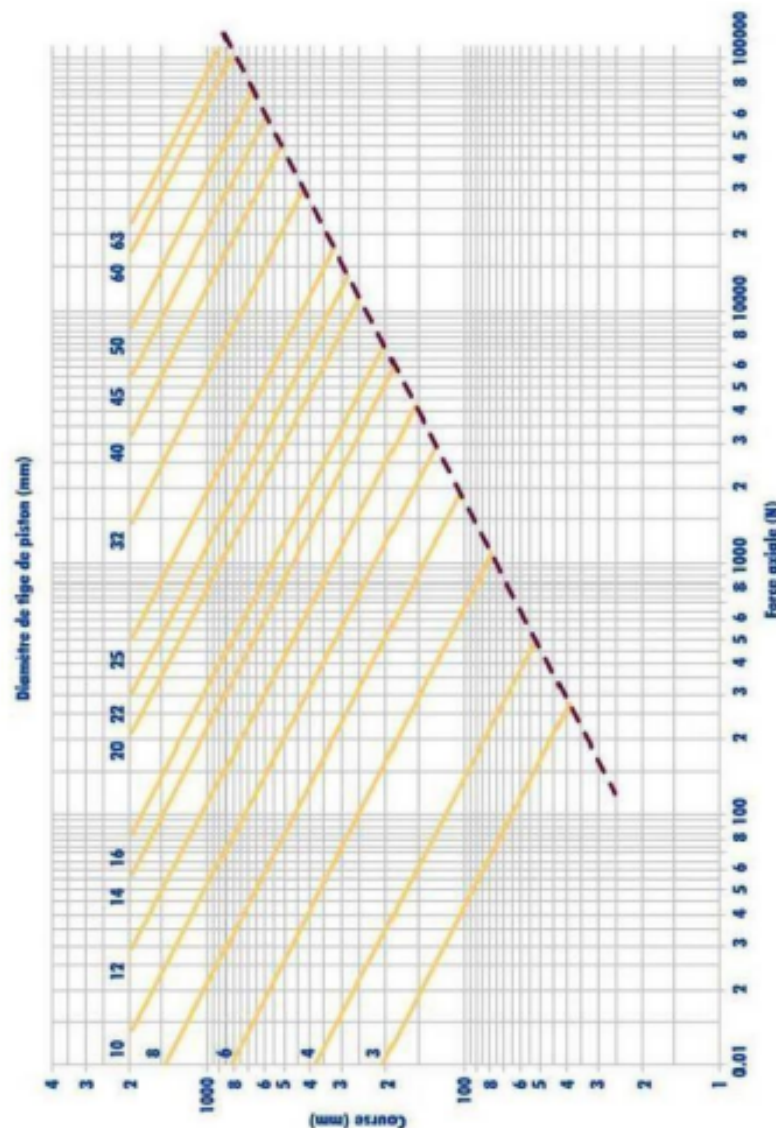


Figure 1.22 : Diagramme permettant de déterminer les limites de la course admissibles du piston en fonction de la charge axiale [14]

1.8 L'amortissement pneumatique

L'amortissement est réalisé par le travail de la force d'une contre-pression s'appliquant sur le côté du piston situé à l'échappement. Il est intégré au vérin et est réglable. En fin de mouvement, le piston emprisonne un volume d'air qui doit s'échapper par un trou calibré réglable.

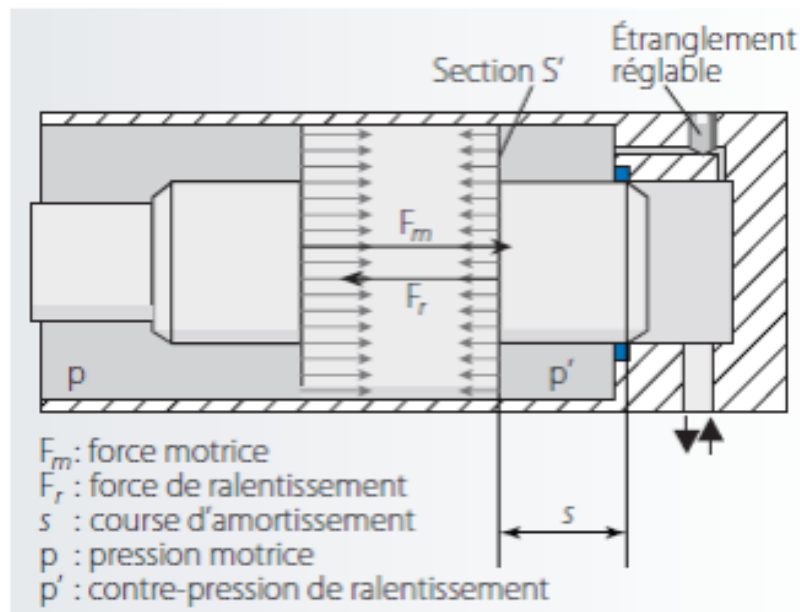


Figure 1.23 : Principe de l'amortissement pneumatique réglable

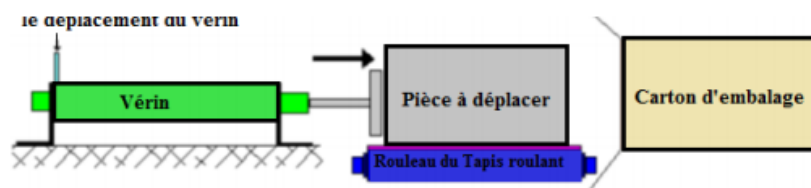


Figure 1.24 : application d'un vérin simple effet pour l'emballage des pièces

1.9 Accessoires

Capteurs de position sur vérin : pour indiquer à la partie commande la position de la tige. Ce sont souvent des ILS.

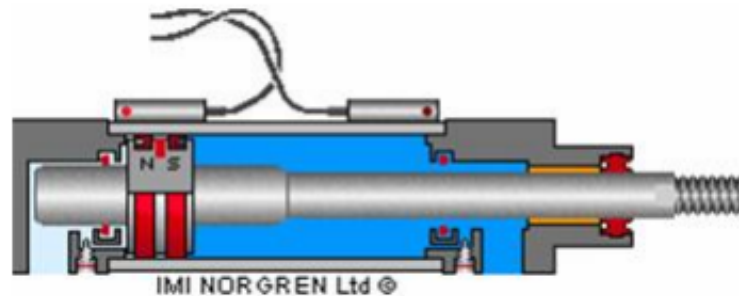


Figure 1.25 : Capteurs de position sur vérin

Capteurs de fin de course : pneumatique à action mécanique.

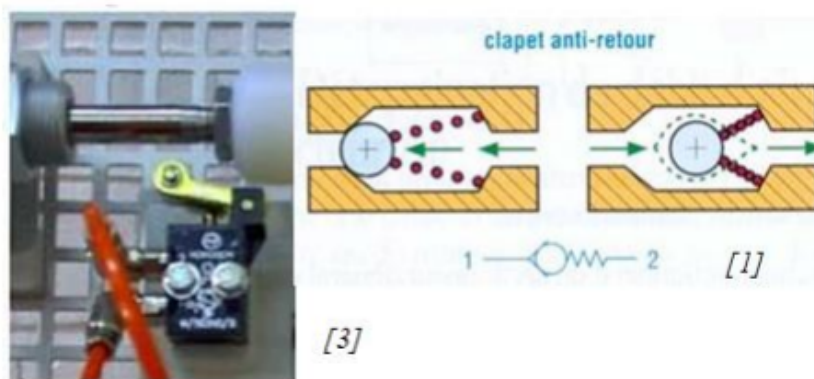


Figure 1.26 : Clapet Anti-Retour [13] .

1.10 Repérage des composants des chaînes fonctionnelles



Figure 1.27 : application d'un vérin simple effet pour l'emballage des pièces

La réalisation et l'exploitation de schémas nécessitent l'identification et le repérage des composants. Principe : la norme E 04-157 préconise un codage en trois parties : -un repère d'ordre fonctionnel qui peut comporter plusieurs caractères (numéro de chaîne fonctionnelle par exemple) ; -un code du composant (voir tableau ci-dessous) ; -un code de l'état ou de l'action (pour les préactionneurs, un chiffre 0 est affecté au pilotage qui va donner la mise en position initiale ; pour les capteurs associés aux actionneurs, le chiffre 0 pour le capteur actionné à l'état initial du cycle, les chiffres 1, 2, 3, ... pour le capteur actionné dans l'ordre du cycle ; pour les composants auxiliaires, le repère de l'orifice de liaison).

Table 1.1 : Les codes du composants

code	Type de matériel	Exemple
A	Accumulateurs	
B	Multiplicateurs et échangeurs de pression	
C	Vérins	Vérin
D	Distributeurs	Distributeur
F	Appareils de conditionnement	Filtre
G	Appareil de mesurage	Manomètre
M	Moteurs	
N	Clapets antiretour	
P	Clapets antiretour	
Q	Appareils de réglage du débit	Réducteur de débit
R	Appareils de réglage de la pression	
S	Détecteurs mécaniques	Bouton
T	Réservoirs	
U	Organes de ligne et de raccordement	Silencieux Raccord
YV	Commande électrique	Electrovanne

Chapitre 2

Les compresseurs

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons exposer les différentes classes de compresseurs ainsi que leurs principes de fonctionnement, ainsi que leurs avantages, inconvénients et utilisations. Les Compresseurs jouent un rôle essentiel dans l'augmentation de la pression d'un fluide, comme l'air ou l'gaz, afin de le comprimer et de le stocker pour une utilisation future. Ils se trouvent partout dans différents domaines, comme l'industrie pétrolière et gazière, la production de produits chimiques, la climatisation et la réfrigération. La diversité des types de compresseurs dépend des exigences de production ou de traitement. [14]

2.2 Notion sur l'air :

L'atmosphère terrestre est composée d'un mélange de gaz, dont certains sont plus prédominants que d'autres, comme le montre la composition en volumes suivante : azote (78,13%), oxygène (20,99%), argon (0.94%), gaz rares et autres (0.04%). Il n'a ni teinte, ni parfum, ni saveur. Les particules solides, l'environnement et l'altitude contribuent naturellement à la pollution de l'air. La vapeur d'eau est un autre composé naturel présent en quantité variable dans l'air. Le processus de compression est fortement influencé par la quantité d'eau et de contamination de l'air, ainsi que par la quantité d'eau fournie par le compresseur. [15]

2.3 Notion sur l'air comprimé :

Le comprimé d'air est propre, sécurisé, facile et performant. En comprimant l'air, il n'y a pas de risque d'échappement de gaz dangereux ou d'autres substances toxiques. Il s'agit d'une source d'énergie non combustible et non polluante. La compression de l'air entraîne une augmentation de la concentration d'humidité et de contaminants. S'il est toléré dans le système, ce mélange corrosif a néanmoins des conséquences néfastes sur l'équipement pneumatique : des interruptions de production superflues, une détérioration de la machine et une diminution de la durée de vie des équipements. Les impuretés sont éliminées par les filtres à air comprimé, tandis que la vapeur d'eau est éliminée par les sècheurs d'air comprimé avant que l'air ne parvienne au point de production.

2.4 Definition de compresseur

Un compresseur est un appareil qui effectue une compression (pressage, oppression, réduction de volume). Le mot est employé pour désigner toute machine capable de déplacer des fluides compressibles comme les gaz grâce à une augmentation de pression. Le compresseur offre non seulement la possibilité de déplacer les fluides, mais il a également la capacité de modifier la densité et la température du fluide compressible. Les compresseurs sont utilisés dans différents domaines comme les conditionneurs (appareils de climatisation de l'air), les réfrigérateurs, les turboréacteurs et certains systèmes de production électrique. Les compresseurs peuvent être classés en alternatifs ou à pistons (les valves s'ouvrent et se ferment pour aspirer ou comprimer le gaz), en rotatifs (avec des vis en rotation) ou en centrifuges (rotordynamique), etc.[1]

2.5 Les Différents types de compresseurs

Le marché principal des compresseurs, avec une puissance allant de 10 à 400 kW, est largement contrôlé par les compresseurs à piston (représentant 75% des ventes) en raison de leur solidité et de leurs coûts d'investissement légèrement plus bas. Cependant, il y a un grand nombre d'autres technologies telles que les vis, les membranes, les palettes et les spirales centrifuges qui occupent des positions plus spécifiques sur le marché. D'autres paramètres de choix incluent la sélection entre les technologies à injection ou sans huile, ainsi que les mono- étagés et les polys étagés. Il y a donc de nombreuses variantes dans chaque

famille de compresseurs. L'illustration ci-dessous présente les principales catégories de compresseurs. :

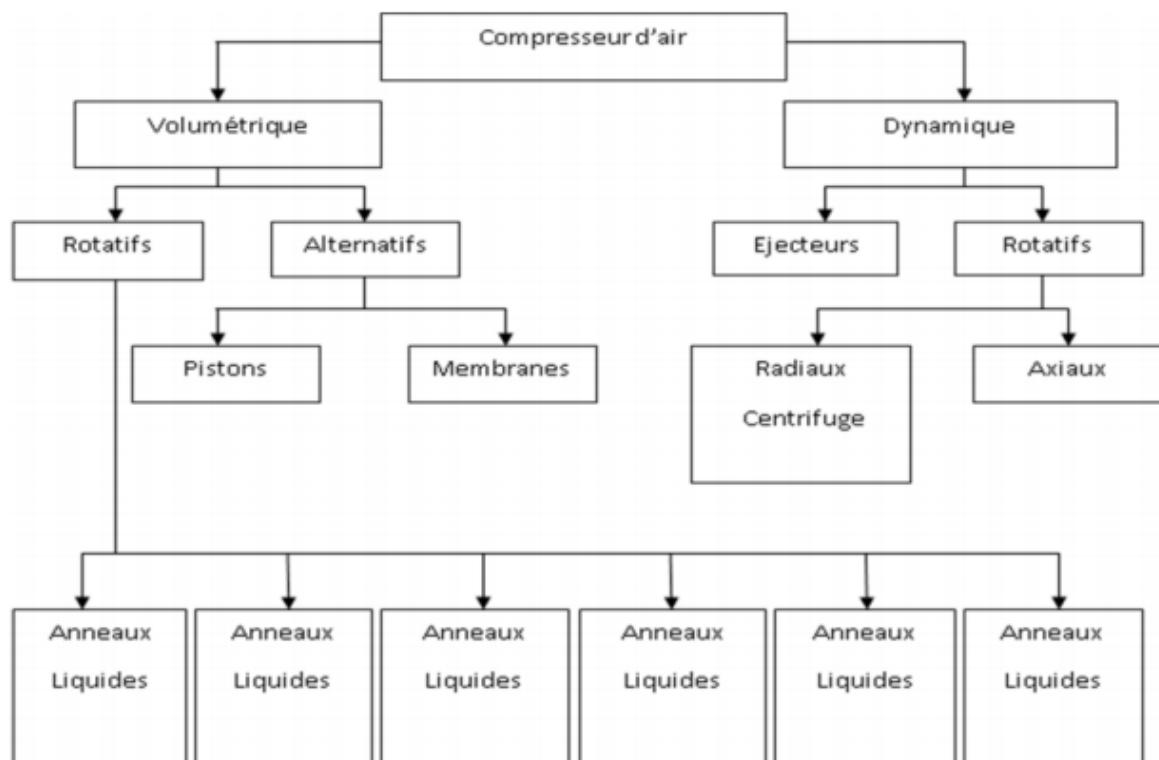


Figure 2.1 : les familles des compresseurs

2.5.1 Compresseur à piston :

Les compresseurs à piston alternatif sont constitués de pistons qui circulent dans un cylindre. Un volume de gaz est aspiré lorsque le piston se déplace, contrairement au déplacement du piston. Ils sont courants dans la pétrochimie où les débits de gaz sont faibles à moyens et les taux de compression sont élevés. L'exemple typique du principe alternatif est la pompe à vélo. Le cylindre représente le corps de la pompe, tandis que le PISTON représente la partie du cylindre qui est en mouvement. [5].

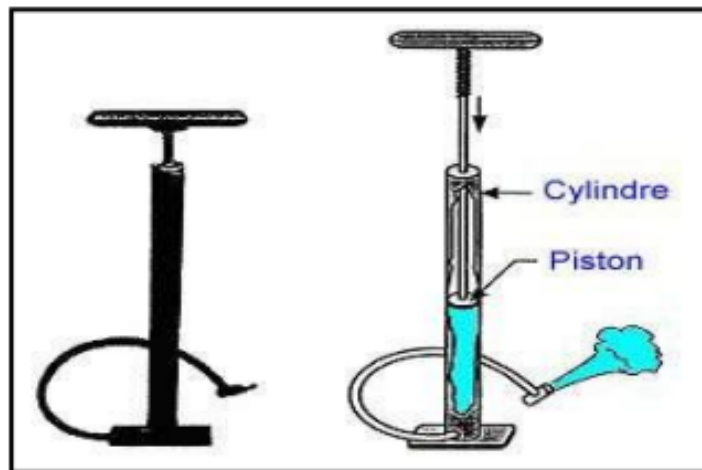


Figure 2.2 : les familles des compresseurs

Quand le piston commence à descendre, l'air du cylindre est évacué du cylindre par le flexible qui relie la pompe au vélo. L'air dans le pneu augmente à mesure que l'opération est répétée. [4].

Un nouveau volume d'air est entraîné dans le cylindre lorsque le piston se déplace vers le haut. Si le piston comprime le gaz uniquement sur une course (mouvement aller), on parle de compresseur à simple effet.

Si le piston comprime le gaz sur les deux courses (aller et retour), on parle de compresseur à double effet[5]. La compression est réalisée dans un compresseur alternatif à pistons, où chaque cylindre déplace un piston selon un mouvement alternatif transmis par le vilebrequin et la tige de piston depuis la partie de mouvement. Notons que le piston forme deux chambres (ou effets) dans le cylindre, dont le volume varie lors du déplacement du piston. Les soupapes ou les clapets d'aspiration et de refoulement contrôlent respectivement l'aspiration et le refoulement du gaz dans chaque effet. La différence de pression entre les deux côtés de la soupape en question ouvre ces soupapes. Par effet, il y a entre 1 et 4 soupapes d'aspiration et autant de soupapes de refoulement, en fonction

de la taille du cylindre.



Figure 2.3 : Exemple de soupapes

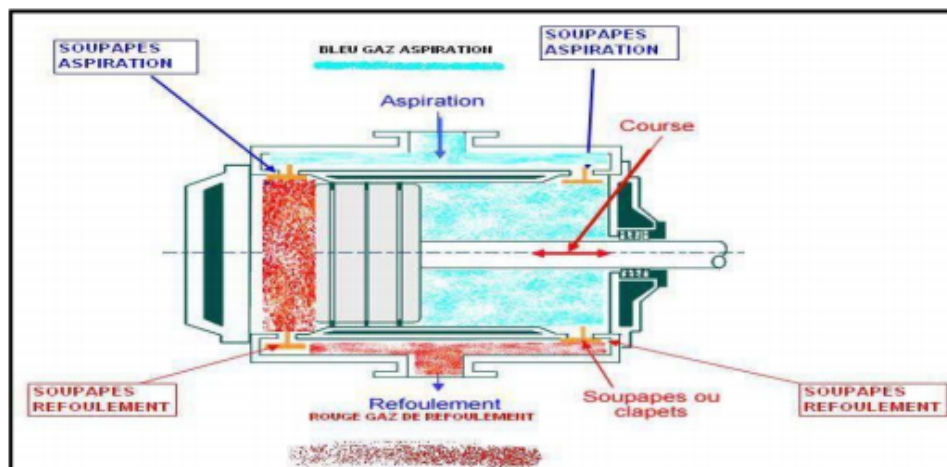


Figure 2.4 : Schéma de principe d'un piston à double effet

2.5.2 Compresseur à membrane :

La déformation élastique d'une membrane est responsable de l'aspiration et de la compression du gaz. Un dispositif hydraulique permet de faire pivoter la membrane : un piston se déplace dans le cylindre et agit sur le fluide hydraulique qui transmettra son mouvement oscillatoire à la membrane[5]. L'objectif du plateau à trous est d'assurer une répartition optimale du fluide sous la membrane. Cette méthode, souvent constituée de trois disques métalliques, a l'avantage de permettre la détection de la rupture de la membrane par mesure de poids. L'étanchéité permanente du côté du procédé gazeux est assurée par la membrane. Ainsi, les compresseurs membranaires sont utilisés pour des gaz

dangereux, toxiques et préjudiciables. La membrane garantit également une étanchéité vis-à-vis de la partie mécanique[5].

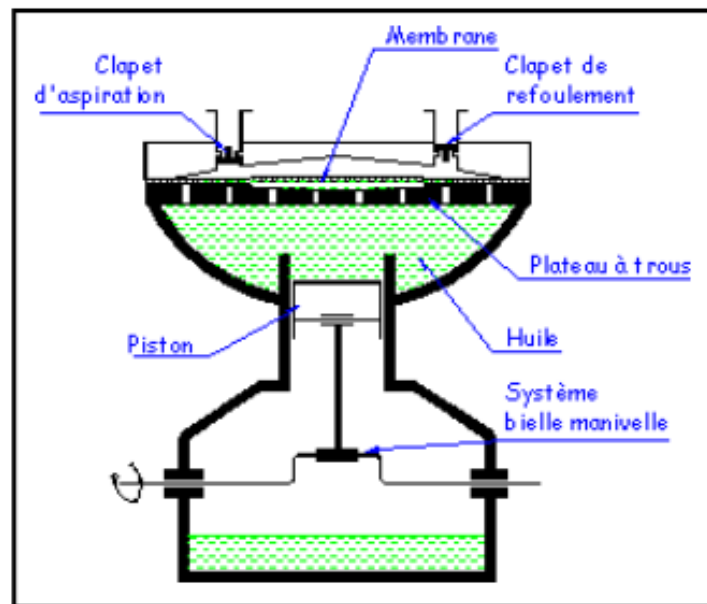


Figure 2.5 : Compresseur à membrane

2.5.3 Les compresseurs volumétriques rotatifs :

Le compresseur à palettes est un compresseur constitué d'un stator actionné par un rotor excentré. Il est muni de trous où des palettes sont placées contre la paroi du stator par la force centrifuge. La force centrifuge est responsable de l'application continue des palettes au cylindre. Une différence de volume se produit entre deux palettes[5]. Le gaz aspiré est ensuite recueilli progressivement entre deux palettes et dirigé vers le refoulement en augmentant progressivement son volume. Dans cette zone de refoulement, le volume diminue et le gaz comprimé s'échappe dans la canalisation de refoulement[5].

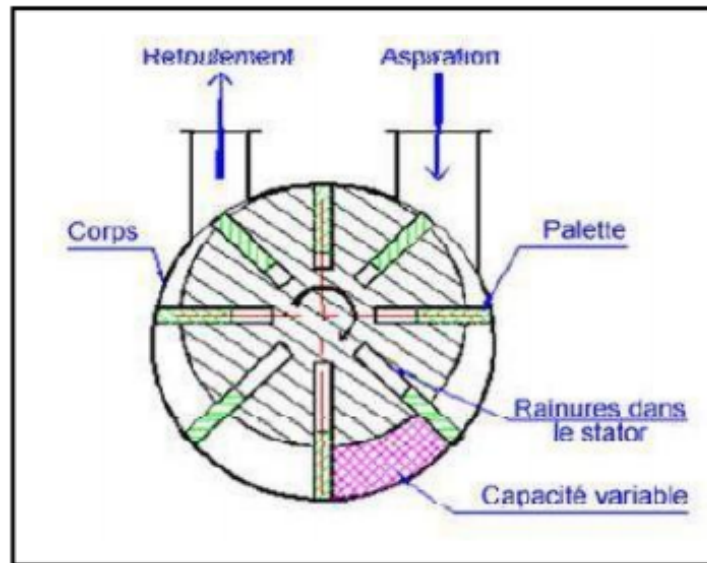


Figure 2.6 : Compresseur a palette

2.5.4 Le compresseur à vis :

Dans ce compresseur (Figure II.8), la partie mobile est constituée de deux vis qui s'engrenent l'une dans l'autre et tournent en sens inverse. Le gaz passe parallèlement aux axes des deux vis, et la vis femelle présente toujours un pas supplémentaire par rapport à la vis mâle, avec un profil différent. [16]



Figure 2.7 : Compresseur a palette

En passant par des capacités de plus en plus petites, le gaz est comprimé progressivement jusqu'à la tubulure de refoulement (les chambres sont constituées par les parois du corps et les filets des deux vis) comme illustré dans la figure ci-dessous :

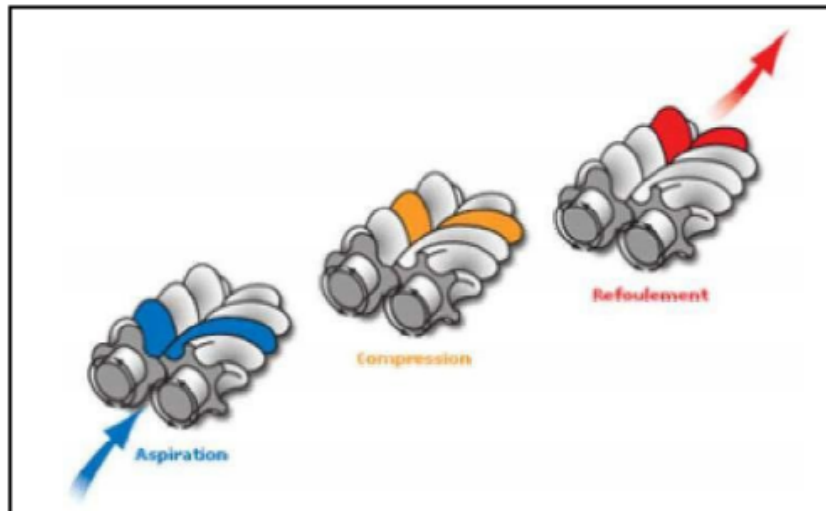


Figure 2.8 : Cycle de compression

Une cannelure peut être considérée comme un cylindre dont le volume est progressivement réduit par un lobe qui l'obstrue et remplit fonction de piston.

1ère phase : Aspiration De part et d'autre de la tubulure d'aspiration, une cannelure se regorge de gaz lorsque celle-ci est exposée à la lumière d'aspiration.

2ème phase : Compression Du fait de la rotation des rotors, la cannelure se trouve séparée de la lumière d'aspiration. Le gaz qui y est emprisonné est comprimé car le volume qui lui est offert est réduit par l'engrènement des lobes du rotor male avec le rotor femelle.

3ème phase : Refoulement La compression se termine lorsque la cannelure atteint le bord de la lumière de refoulement. Le gaz comprimé est alors refoulé régulièrement jusqu'à ce que la lumière de refoulement soit à nouveau obstruée. Dans le but de maintenir le débit de gaz constant lors du refoulement, le système est conçu de façon à ce qu'il y ait toujours deux cannelures en contact avec la lumière d'aspiration et de régulation. La cannelure interagit donc avec la lumière de refoulement avant qu'elle ne soit complètement vide et ne soit dépassée.[5].

2.5.5 Compresseur à lobes (Roots) :

Les compresseurs de ce genre (figure) sont composés de deux rotors engrenés dont le profil ressemble à celui d'un lobe. Ils ont deux orifices dans le corps, l'un pour l'aspiration, l'autre pour le refoulement.

On utilise un ensemble de pignons de synchronisation pour engrener les deux rotors en dehors de la machine. La distance qui sépare les rotors varie de 0,1 à 1 mm selon le type de

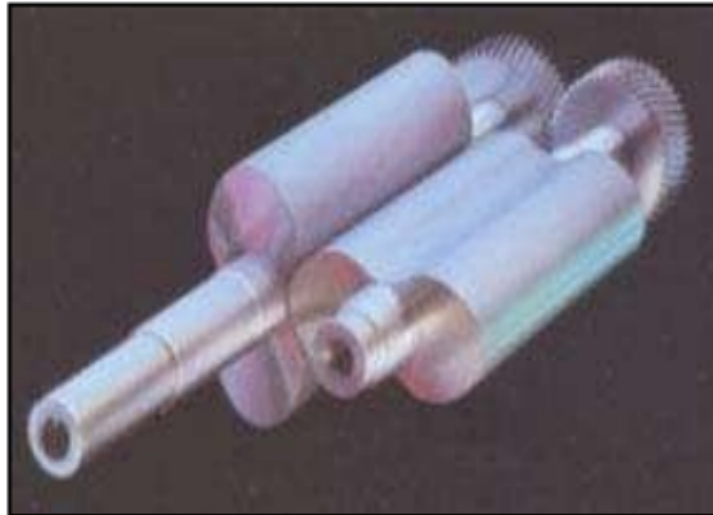


Figure 2.9 : Lobes

machine. Les arbres des rotors sont soutenus par des roulements extérieurs. L'étanchéité extérieure peut être assurée par des presses étoupes ou des garnitures mécaniques[5]. L'entraînement des deux rotors se fait en sens inverse l'un de l'autre.

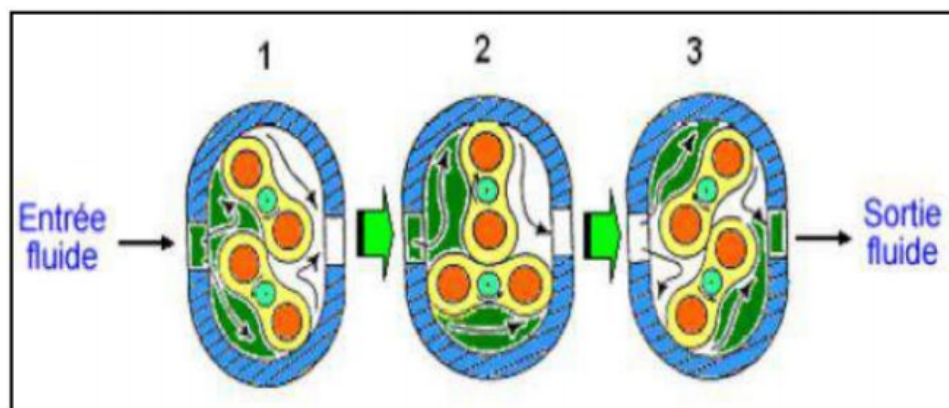


Figure 2.10 : Principe de fonctionnement du compresseur à lobes

La rotation des lobes de l'aspiration vers le refoulement provoque l'émission de gaz, sans modification de volume pendant le passage de l'aspiration vers le refoulement.

La rotation des rotors se faisant sans contact, il n'est pas nécessaire de les lubrifier et la compression est donc exempte d'impuretés.

Débit : De 200 à 30 000 m^3/h . Taux de compression usuel : De 1,2 à 1,8.

Vitesse de rotation courante : 1500 à 2000 tr/mn.

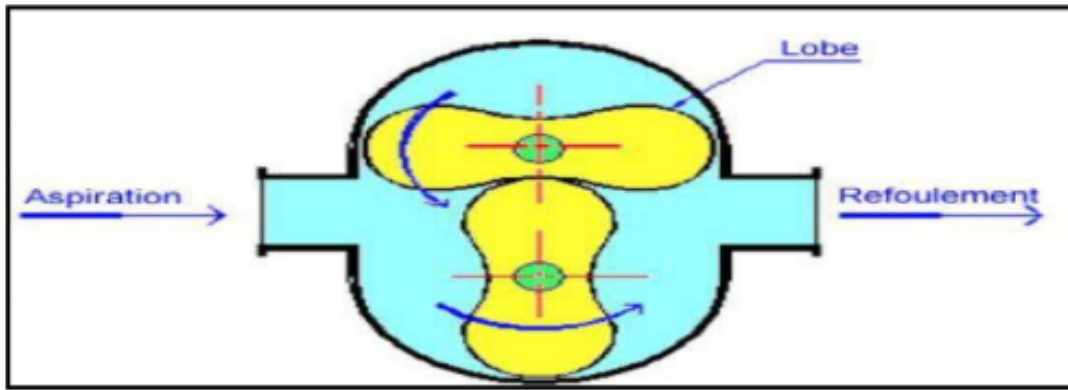


Figure 2.11 : Les étapes de fonctionnement du compresseur à lobes

2.5.6 Caractéristiques générales :

Il s'agit de machines (Figure 1.12) où l'énergie est échangée entre un rotor équipé d'aubages tournant autour d'un axe et un fluide en circulation continue. Un compresseur



Figure 2.12 : Compresseur centrifuge

centrifuge est un appareil de compression dynamique qui exploite la force centrifuge afin d'accroître la pression du gaz d'un point à un autre. La photo montre une roue CENTAC (roue ouverte). Généralement les roues sont fermées.

On considère le compresseur centrifuge comme une machine en mouvement, contrairement à une machine à déplacement positif. On le compose de : Une roue à aubes qui tourne autour de son axe ; Un distributeur positionné dans le sens de la roue ; Un collecteur croissant de section, en forme de spirale, connu sous le nom de volute. Le gaz est introduit dans l'axe de l'appareil par le distributeur, puis la force centrifuge, générée par

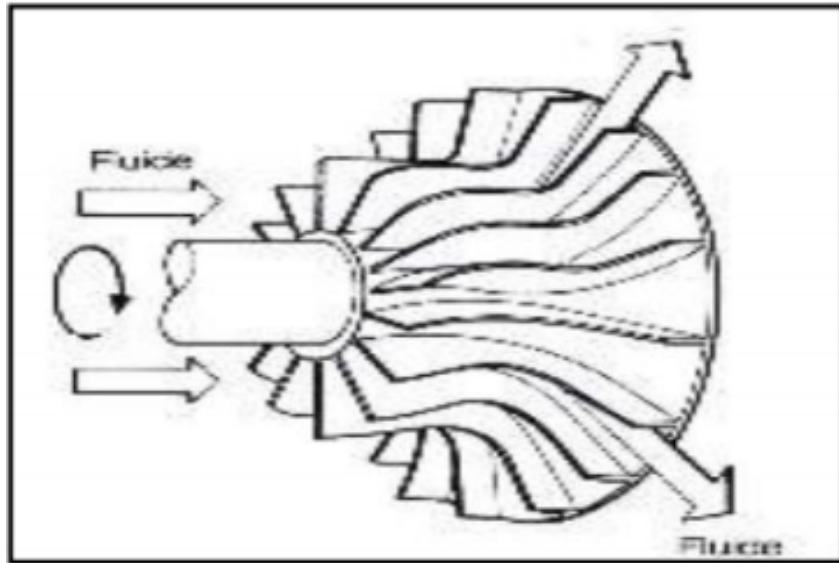


Figure 2.13 : Roue d'un compresseur centrifuge (2)

la rotation de la roue à aubes, le déplace à l'extérieur de la roue. Dans la volute, l'énergie cinétique qu'il reçoit se transforme en énergie de pression lorsque la section augmente. A l'entrée et la sortie de chaque roue le gaz est guidé par des pièces du stator qui sont constitué de :

Le canal d'entrée du gaz de la bride d'aspiration à l'entrée de la première roue ; Le diffuseur à la sortie de chaque roue. Dans le diffuseur se produit une augmentation de pression de gaz par ralentissement ; due à l'augmentation de section ; Le canal de retour qui guide le fluide a la sortie du diffuseur et l'amène à l'entrée de la roué suivante ; La volute d'évacuation du gaz vers la bride de refoulement [5].

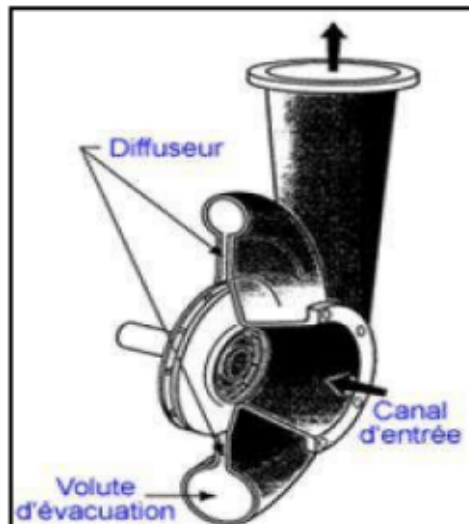


Figure 2.14 : Diffuseur et volute

2.5.7 Les compresseurs dynamiques axiaux

Dans ces compresseurs (Figure 1.15) le gaz traverse le compresseur parallèlement à l'axe de la roue mobile, et le rotor aspire et accélère le gaz. Ce dernier, est alors ralenti dans le stator. Cette chute de vitesse prov

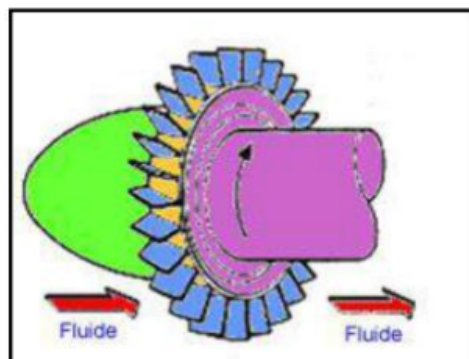


Figure 2.15 : Principe de la roue axiale



Figure 2.16 : Principe de la roue axiale

2.6 Les differntes applications

Le choix du compresseur alternatif ou centrifuge sera basé sur les débits et les pressions souhaités. D'autres critères devront être pris en considération pour prendre la décision finale (taille, poids, prix), etc.

2.6.1 Les avantages et les inconvénients des différents types de compresseurs

Le tableau suivant regroupe les avantages et les inconvénients des différents types de compresseurs,

Tableau 2-1 : Les avantages et les inconvénients des différents types de compresseurs

Type de compresseur	Compresseur volumétriques		Compresseur dynamiques	
	Alternatifs	Rotatifs	Centrifuge	Axiaux
Avantages	Bien adaptés aux petits débits	Peuvent véhiculer de gaz dans une large plage de débit	Bien adaptés aux moyens et grands débits de gaz	Très bon rendement
	Peuvent véhiculer du gaz à toutes les pressions	Débit régulier Fiabilité satisfaisante	Relativement souple à exploiter	Bien adaptés aux très grands débits et aux pressions modérées
	Relativement souple à exploiter	Débit plus régulier que les compresseurs alternatifs	Excellente fiabilité	Excellente fiabilité
Inconvénients	Débit puisé Fiabilité moyenne au niveau des soupapes Avoir une machine en secours	Pas appliqué aux hautes pressions (maxi 50 Bars)	Pas adapté aux faibles débits Pompage à faible débit rend l'exploitation délicate Prix élevé	Rotors de grande taille, délicats à construire et coûteux

2.6.2 Choix du compresseur

Le meilleur choix d'un compresseur doit tenir compte des exigences particulières de l'installation.

2.6.3 Les spécifications d'achat doivent reprendre les éléments suivants

- Les informations sur le site et son passé.
- Les besoins moyens, maximum (les pics) mais aussi minimum.
- La plage de températures ambiante sur le site de fonctionnement, ainsi que les niveaux de pression attendus.
- Les températures maximums attendues des fluides de refroidissements, (air ou Eau) sur le site
- L'attitude du site au-dessus de la mer.
- Les stratégies de régulation du compresseur en fonction du besoin.
- La pression minimale requise au point d'utilisation.
- La qualité de l'air requise au point d'utilisation.
- Le niveau de bruit maximum.
- Le nombre d'heures d'utilisation par ans. [18].

Les équipements doivent apporter les informations suivantes avec leurs offres

- La configuration de la machine.
- Les conditions de pression et de température de l'air d'humidité relative et de température de refroidissement pour lesquelles le compresseur est conçu.
- La quantité nominale d'air comprimé en Nm^3/h (sous les conditions moyennes de température et de pression du site).
- Le système de traitement de l'air associé.
- La pression requise à la sortie du compresseur, en aval du système de traitement.
- La puissance à l'arbre du compresseur au fonctionnement nominal
- La spécification (rendement et puissance nominale) de l'ensemble des auxiliaires que sont les systèmes de refroidissement, incluant les pompes, les ventilateurs, les moteurs électriques.
- Le nombre d'étages de compression.

- Les tolérances du débit en Nm^3/h .
- Les frais de maintenance pour 5 ou 10 ans.
- La consommation spécifique(C_s) à pleine charges et à charges partielles. [17].

Afin de bénéficier de meilleures options, il est nécessaire de prendre en considération les spécificités des technologies du compresseur.

2.6.4 définition de rendement d'un compresseur :

Le rendement d'un compresseur représente la capacité d'un compresseur à comprimer un fluide (généralement un gaz). On le présente habituellement en pourcentage et correspond au rapport entre la puissance de sortie du compresseur et la puissance d'entrée requise pour son fonctionnement. Plus précisément, on peut définir le rendement d'un compresseur comme la proportion d'énergie mécanique fournie au compresseur qui est réellement utilisée pour comprimer le fluide, par rapport à la quantité totale d'énergie fournie. Souvent, cela implique des pertes d'énergie causées par la friction, la chaleur et d'autres éléments. Un niveau de performance élevé indique que le compresseur transforme de manière efficace l'énergie d'entrée en travail de compression, ce qui se traduit par une diminution de la consommation d'énergie et une amélioration des performances.

2.6.5 les type de rendement des compresseur :

Différents types de rendement peuvent être utilisés pour évaluer les compresseurs, chacun se focalisant sur des aspects particuliers de leur performance. Certains des types de rendement couramment employés pour évaluer les compresseurs sont les suivants :

rendement general :

Ce rendement prend en compte tous les aspects de la performance du compresseur, y compris les pertes de chaleur, les pertes mécaniques, les fuites et d'autres facteurs, pour fournir une évaluation globale de son efficacité.

rendement volumétrique

: rendement se rapporte à la capacité du compresseur à déplacer un volume donné de fluide dans une unité de temps. Il tient compte des pertes dues aux fuites internes et aux dégagements de compression.

rendement mécanique :

Il mesure l'efficacité de conversion de l'énergie mécanique en travail utile pour comprimer le fluide. Il tient compte des pertes mécaniques telles que la friction dans les paliers et les engrenages.

2.7 calcul Le rendement d'un compresseur :

2.7.1 Le rendement

:

$$\eta(\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.1)$$

$\eta(\%)$: le rendement de compresseur

P_{out} : puissance de sortie utile

P_{in} : Puissance d'entrée théorique

- La puissance de sortie utile est la puissance fournie par le compresseur pour effectuer un travail utile, comme la compression de l'air.

- La puissance d'entrée théorique est la puissance théorique nécessaire pour effectuer le travail, généralement basée sur la consommation d'énergie électrique du compresseur.

La puissance de sortie utile d'un compresseur peut être calculée en utilisant différentes méthodes, en fonction de ce que vous considérez comme la sortie utile. Voici quelques-unes des méthodes couramment utilisées pour calculer la puissance de sortie utile d'un compresseur ;

1. **Débit d'air et pression de sortie :** Vous pouvez calculer la puissance de sortie utile en utilisant le débit d'air (en mètre cube par minute ou en pied cube par minute) et la pression de sortie (en bars ou en psi). La formule générale est :

$$P_{out} = Q \times P_2 \times C \quad (2.2)$$

Le facteur de conversion dépend des unités utilisées pour le débit d'air et la pression (par exemple, pour convertir de mètre cube par minute à litres par seconde). Le facteur de

conversion dépend des unités utilisées pour le débit d'air et la pression (par exemple, pour convertir de mètre cube par minute à litres par seconde).

2. Couple et vitesse de rotation : Si votre compresseur est entraîné par un moteur, vous pouvez mesurer le couple (en Newton-mètres) produit par le moteur et la vitesse de rotation (en tours par minute). La puissance de sortie utile peut alors être calculée à l'aide de la formule suivante

$$P_{out} = \tau \times \omega \times C \quad (2.3)$$

P_{out} : puissance de sortie utile

τ : le couple de rotation

ω : Vitesse de rotation

C : Facteur de conversion.

Mesure directe de la puissance de sortie : Dans certains cas, il est possible de mesurer directement la puissance de sortie du compresseur à l'aide d'équipements de mesure spécifiques. Le débit d'air d'un compresseur peut être calculé en utilisant la formule suivante :

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.4)$$

où :

V : est le volume d'air comprimé (en mètres cubes ou en pieds cubes),

t : est le temps nécessaire pour comprimer cet air (en secondes).

Q : le débit d'air

La pression de sortie d'un compresseur peut être calculée en fonction de plusieurs facteurs, notamment la pression de fonctionnement, les caractéristiques du système dans lequel le compresseur est utilisé, et les spécifications du compresseur lui-même. Voici quelques méthodes courantes pour calculer la pression de sortie

1. Loi des gaz parfaits : Si vous connaissez la pression d'entrée, la température d'entrée, le volume d'air comprimé et les changements de température ou de volume pendant le processus de compression, vous pouvez utiliser la loi des gaz parfaits pour calculer la pression de sortie. La formule générale est :

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^\gamma \quad (2.5)$$

où : P_1 : est la pression d'entrée,

P_2 : est la pression de sortie,

V_1 : est le volume initial,

V_2 : est le volume final après la compression,

γ : est le rapport des capacités thermiques à pression constante et à volume constant (généralement autour de 1.4 pour l'air).

2. Spécifications du compresseur : La plupart des compresseurs affichent leur capacité maximale de pression de sortie dans leurs spécifications techniques. Vous pouvez simplement utiliser cette valeur comme pression de sortie maximale.

3. Système de régulation de pression : Certains compresseurs sont équipés de systèmes de régulation de pression qui vous permettent de régler la pression de sortie selon vos besoins. Dans ce cas, vous pouvez régler la pression de sortie à l'aide des commandes du compresseur. Le facteur de conversion dépend des unités utilisées pour mesurer le débit d'air, la pression et la puissance. Voici quelques exemples de facteurs de conversion couramment utilisés :

1. Débit d'air :

- Si le débit d'air est mesuré en mètres cubes par minute (m^3/min), vous pouvez utiliser le facteur de conversion $1 (m^3/\text{min}) = 16,6667$ litres par seconde (l/s).

- Si le débit d'air est mesuré en pieds cubes par minute (cfm), le facteur de conversion est $1 \text{ cfm} = 0,47194745$ litres par seconde (l/s).

1. Pression :

- Si la pression est mesurée en bars, il n'est généralement pas nécessaire de convertir, à moins que vous ne souhaitiez utiliser une autre unité de pression.

- Si la pression est mesurée en psi (livres par pouce carré), le facteur de conversion est $1 \text{ psi} = 0,0689475729$ bars.

2. Puissance :

- Si la puissance est mesurée en kilowatts (kW), aucun facteur de conversion n'est nécessaire.

- Si la puissance est mesurée en chevaux (hp), le facteur de conversion est $1 \text{ hp} = 0,745699872 \text{ kW}$.

3. La puissance d'entrée théorique d'un compresseur peut être calculée en fonction de plusieurs facteurs, notamment la pression d'entrée, le débit d'air et les caractéristiques de l'air comprimé. Voici une méthode générale pour calculer la puissance d'entrée théorique d'un compresseur :

$$P_{in} = \frac{Q \times P}{\eta} \quad (2.6)$$

où :

Q : est le débit d'air (en m^3/min ou en pieds cubes par minute),

P : est la pression absolue d'entrée (en bars ou en psi),

(η) : est l'efficacité adiabatique du compresseur.

P_{in} : Puissance d'entree theorique .

L'efficacité adiabatique (η) est un paramètre qui représente la performance du compresseur dans le processus adiabatique de compression de l'air. Elle est généralement fournie par le fabricant du compresseur ou peut être calculée en fonction de la géométrie du compresseur et de ses caractéristiques de fonctionnement. L'efficacité adiabatique (η) d'un compresseur peut être calculée à partir de son rapport de compression (r) et du rapport des capacités thermiques à pression constante et à volume constant (γ) de l'air compressé. Le rapport de compression est défini comme le rapport de la pression de sortie à la pression d'entrée.

$$\eta = 1 - \frac{1}{r(\gamma - 1)} \quad (2.7)$$

où :

r : est le rapport de compression (P_2/P_1 , où P_2 est la pression de sortie et P_1 est la pression d'entrée),

γ : est le rapport des capacités thermiques à pression constante et à volume constant de l'air (généralement autour de 1.4).

r : est le rapport de compression (P_2/P_1 , où P_2 est la pression de sortie et P_1 est la pression d'entrée),

γ : est le rapport des capacités thermiques à pression constante et à volume constant de l'air (généralement autour de 1.4). [18]

2.7.2 Le rendement mécanique :

Le rendement mécanique d'un compresseur peut être calculé en comparant la puissance de sortie mécanique effective du compresseur à la puissance d'entrée mécanique théorique nécessaire pour faire fonctionner le compresseur. Voici la formule générale pour calculer le rendement mécanique :

$$\eta_{me'ca}(\%) = \frac{P_{out,me'ca}}{P_{in,me'ca}} \times 100\% \quad (2.8)$$

$\eta_{me'ca}$: Rendement mecanique

$P_{out,me'ca}$: Puissance de sortie mecanique effective

$P_{in,me'ca}$: Puissance dentree mecanique theorique

- La puissance de sortie mécanique effective est la puissance réelle fournie par le compresseur pour effectuer un travail utile, tel que la compression de l'air. Cela peut être mesuré directement à l'aide d'instruments de mesure appropriés.

- La puissance d'entrée mécanique théorique est la puissance mécanique théorique nécessaire pour faire fonctionner le compresseur. Elle peut être calculée en fonction de la force de couple et de la vitesse de rotation du compresseur. Si le compresseur est entraîné par un moteur électrique, la puissance électrique d'entrée peut également être utilisée comme approximation de la puissance d'entrée mécanique.

1. La puissance de sortie mécanique effective :

$$P_{out,me'ca} = \tau \times \omega \quad (2.9)$$

Puissance dentree mecanique theorique :

$$P_{in,me'ca} = \tau \times \omega \quad (2.10)$$

τ :le Couple

ω : Vitesse de rotation

- Le couple est une mesure de la force de rotation appliquée par le compresseur. Il est généralement mesuré en Newton-mètres (Nm).

- La vitesse de rotation est la vitesse à laquelle le compresseur tourne. Elle est généralement mesurée en tours par minute (RPM).

2.7.3 Le rendement volumétrique :

Le rendement volumétrique d'un compresseur est une mesure de son efficacité à comprimer un volume donné d'air par rapport à son volume théorique idéal. Il est calculé en comparant le volume d'air effectivement aspiré ou comprimé par le compresseur à son volume théorique idéal. Voici la formule générale pour calculer le rendement volumétrique :

$$\eta_v = \frac{V_a}{V_t} \times 100\% \quad (2.11)$$

η_v : Rendement volumétrique

V_a : le volume d'air

V_t : le volume théorique idéal

- V_a est le volume d'air effectivement aspiré ou comprimé par le compresseur pendant une période donnée. Ce volume peut être mesuré à l'aide d'un débitmètre ou estimé en fonction du déplacement du compresseur.

- V_t est le volume théorique idéal que le compresseur devrait aspirer ou comprimer pendant la même période. Ce volume est calculé en fonction de la géométrie du compresseur, de sa cylindrée, de sa course et de sa vitesse de rotation

1) volume d'air : Le volume d'air aspiré ou comprimé par un compresseur peut être calculé en fonction de plusieurs facteurs, notamment la géométrie du compresseur, les conditions de fonctionnement et les caractéristiques de l'air. Voici quelques méthodes courantes pour calculer le volume d'air :

- Mesure directe du débit d'air : Utilisez un débitmètre pour mesurer directement le débit d'air à travers le compresseur pendant une période de temps donnée. Le débitmètre fournira une mesure précise du volume d'air aspiré ou comprimé par le compresseur

- Calcul du volume théorique : Si vous connaissez la géométrie du compresseur, vous pouvez calculer le volume théorique d'air aspiré ou comprimé en fonction de la cylindrée du compresseur, de la course, de la vitesse de rotation et d'autres paramètres de conception. Cette méthode est souvent utilisée pour les compresseurs alternatifs, tels que les compresseurs à piston, où le volume d'air aspiré ou comprimé peut être calculé en fonction du déplacement du piston.

- Mesure de la pression et de la température : Utilisez des capteurs de pression et de température pour mesurer la pression et la température de l'air à l'entrée et à la sortie du compresseur, puis utilisez ces mesures pour calculer le volume d'air aspiré ou comprimé en fonction des lois des gaz parfaits.

- Mesure du déplacement du compresseur : Si vous connaissez le déplacement du compresseur (c'est-à-dire le volume d'air aspiré ou comprimé par unité de temps), vous pouvez utiliser cette mesure pour calculer le volume d'air aspiré ou comprimé pendant une période de temps donnée.

2) le volume théorique : le volume théorique aspiré ou comprimé par un compresseur peut être calculé en fonction de la géométrie du compresseur, de sa cylindrée, de la course et de la vitesse de rotation. Voici la formule générale pour calculer le volume théorique :

$$V_t = A \times L \times N \quad (2.12)$$

- V_t : est le volume théorique aspiré ou comprimé par le compresseur pendant une période donnée,

- A : est la surface de la tête du piston ou l'aire de section transversale de la chambre de compression,

- L : est la longueur de la course du piston ou la distance parcourue par les éléments de compression,

- N : est le nombre de cycles par unité de temps (généralement mesuré en tours par minute pour un compresseur à piston).

2.7.4 Le rendement general :

Le rendement général d'un compresseur est une mesure globale de son efficacité, prenant en compte à la fois le rendement mécanique et le rendement volumétrique. Pour calculer le rendement général d'un compresseur, vous pouvez utiliser la formule suivante :

$$\eta_{total} = \eta_m \times \eta_v \times 100\% \quad (2.13)$$

η_{total} : Rendement general (%)

η_m : Rendement mecanique (%)

η_v : Rendement volumetrique (%)

2.8 La différence entre les rendements mecanique et volumétrique et general :

En bref, le rendement mécanique se focalise sur les pertes internes du compresseur, le rendement volumétrique se focalise sur les pertes liées au volume d'air comprimé, tandis que le rendement général est une mesure globale de l'efficacité du compresseur, en prenant en considération à la fois les aspects mécaniques et volumétriques, ainsi que d'autres pertes potentielles.

2.9 conclusion :

En somme, la connaissance peut être due à la nécessité technique de transférer une quantité de gaz d'un système à une pression donnée vers un autre système à une pression plus élevée. Au cours de ce chapitre, nous avons étudié de nouveaux dispositifs qui permettent de réaliser cette tâche. Les différentes utilisations de ces dispositifs compresseurs aphasés varient considérablement en fonction du niveau de pression et des débits désirés par l'utilisateur.

Chapitre 3

calcul des rendements pour deux compresseur

3.1 Introduction

L'introduction de cette étude comparative vise à présenter et à contextualiser la différence des rendements entre un compresseur à piston et un compresseur à palette. Les compresseurs jouent un rôle essentiel dans de nombreuses industries, fournissant de l'air comprimé pour une variété de processus et d'applications. Il est donc crucial de calculer le rendement des compresseurs populaires afin de prendre des décisions éclairées en matière de conception et d'exploitation. Cette comparaison de rendements mettra en évidence les caractéristiques et les performances spécifiques de chaque type de compresseur, permettant ainsi de déterminer quel compresseur convient le mieux à un certain contexte industriel. Nous avons fait une expérience pour mesurer des données pour calculer le rendement des compresseurs à piston et à palette. Voici les étapes que vous pourriez suivre : Matériel nécessaire :

Un compresseur à piston avec ses spécifications techniques.

Un compresseur à palette avec ses spécifications techniques.

Instruments de mesure appropriés tels qu'un débitmètre, un baromètre, etc.

Des outils de calcul comme une calculatrice.

3.2 Étapes de l'expérience :

3.2.1 Préparation du matériel

: Rassemblez tous les compresseurs et les instruments de mesure nécessaires. Assurez-vous que les compresseurs sont correctement installés et prêts à fonctionner.

3.2.2 Mesure du débit volumétrique :

Utilisez le débitmètre pour mesurer le débit volumétrique de chaque compresseur. Assurez-vous de suivre les instructions du fabricant pour utiliser correctement le débitmètre.

3.2.3 Mesure de la pression :

Utilisez le barromètre pour mesurer la pression d'entrée de chaque compresseur. Connectez le barromètre au compresseur selon les instructions du fabricant.

3.2.4 Calcul du rendement volumétrique :

Calculez le rendement volumétrique pour chaque compresseur en utilisant les valeurs mesurées du débit volumétrique et les spécifications techniques du compresseur. Utilisez la formule appropriée pour le rendement volumétrique.

3.2.5 Calcul du rendement mécanique :

Calculez le rendement mécanique pour chaque compresseur en utilisant les valeurs mesurées de la puissance d'entrée et de sortie, selon la formule appropriée pour le rendement mécanique.

3.2.6 Calcul du rendement total :

Utilisez les valeurs calculées du rendement volumétrique et du rendement mécanique pour chaque compresseur pour calculer le rendement total, selon la formule appropriée.

3.2.7 Analyse des résultats :

Comparez les rendements total des deux compresseurs pour déterminer lequel est le plus efficace.

3.3 Compresseur à piston :

Nous avons mené une expérience pour mesurer les données permettant de calculer l'efficacité du compresseur à piston et, en conséquence, nous avons choisi les données suivantes :

3.3.1 Débit volumétrique (Q) :

Pour mesurer le débit volumétrique à l'aide d'un débitmètre, suivez ces étapes générales :

Choix du débitmètre approprié

Dans cette expérience, nous avons utilisé un appareil débitmètre massique thermique pour mesure Débit volumétrique.



Figure 3.1 : Le débitmètre massique thermique

Installation du débitmètre

On installe un débitmètre dans la conduite du liquide dont on veut mesurer le débit. Nous nous sommes assurés de suivre les instructions du fabricant pour une installation correcte, y compris l'orientation du débitmètre et la longueur droite recommandée du tube en haut et en bas du débitmètre pour garantir des mesures précises. III.3.1.3 Nous avons configuré le débitmètre en fonction de nos besoins spécifiques, en choisissant l'unité de mesure appropriée (mètres cubes par minute) et en ajustant les paramètres en fonction des propriétés du fluide et du processus.

Calibrage du débitmètre

Nous nous sommes assurés que le débitmètre était correctement calibré pour garantir des lectures précises. Nous avons suivi les procédures d'étalonnage recommandées par

Mesure du débit

Une fois que nous aurons installé et configuré le débitmètre, il commencera à mesurer le débit de fluide à travers le pipeline. On lit la valeur affichée sur le débitmètre pour obtenir le débit volumétrique.

Interprétation des résultats

Nous avons pris soin de tenir compte de toute variation de débit due à des changements dans les conditions d'exploitation ou à d'autres facteurs externes.

3.3.2 La puissance (P)

Pour mesurer la puissance à l'aide d'un baromètre on utilise la formule suivant :



Figure 3.2 : Le baromètre

Formule pour Calculer la Puissance

La formule que vous avez fournie est :

$$P = Q \times \frac{P_2 - P_1}{\eta} \quad (3.1)$$

où :

- P est la puissance,
- Q est le débit volumétrique,
- P_2 est la pression de sortie,
- P_1 la pression d'entrée,
- Supposons que les pressions mesurées sont :
- η est le rendement.

La puissance d'entrée(P_i)

Nous mesurons la pression à l'entrée du compresseur. Cette méthode dépend de la mesure de la pression atmosphérique à l'entrée du compresseur et de la différence de pression entre l'entrée et la sortie du compresseur. Voici comment calculer la puissance d'entrée à l'aide d'un baromètre Mesurer la pression atmosphérique Nous utilisons un baromètre pour mesurer la pression atmosphérique à l'entrée du compresseur. Cette mesure est généralement exprimée en pascals (Pa) ou en bars

- **Mesurer la pression à la sortie du compresseur**

On place un manomètre à la sortie du compresseur pour y mesurer la pression. Encore une fois, cette mesure est généralement exprimée en pascals (Pa) ou en bars.

- **Calculez la différence de pression**

Nous calculons la différence de pression entre l'entrée et la sortie du compresseur en soustrayant la pression d'entrée de la pression de sortie. Cette différence de pression fait référence au travail effectué par le compresseur pour augmenter la pression du fluide

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

Calcul de la puissance d'entrée

La puissance d'entrée (P_i) Il est calculée à l'aide de la formule suivante, qui prend en compte la différence de pression et le débit volumétrique (Q) du compresseur :

$$P_i = \frac{\Delta P \times Q}{\eta} \quad (3.2)$$

où :

- ΔP est la différence de pression entre l'entrée et la sortie du compresseur (en pascals ou en bar).
- Q est le débit volumétrique du compresseur (en m^3/s).
- η est le rendement isentropique du compresseur (sans unité).

La puissance de sortie (P_o)

: Pour un compresseur utilisant un baromètre, c'est un peu plus compliqué car cela nécessite une mesure indirecte. La puissance de sortie est calculée en fonction de la pression de sortie et du débit volumétrique du compresseur. Cela peut être fait en suivant ces étapes :

- **Mesurer la pression à la sortie du compresseur** Comme pour le calcul de la puissance d'entrée, nous utilisons un manomètre pour mesurer la pression à la sortie du compresseur. Nous veillons à effectuer cette mesure à un endroit adapté où la pression est représentative du débit du compresseur.

- **Calcul de la puissance de sortie à partir de la pression** La puissance de sortie (P_o) peut être calculée à l'aide de la formule suivante, qui prend en compte la

pression à la sortie, le débit volumétrique (Q) du compresseur, et le rendement isentropique (η) :

$$P_o = \frac{\Delta P \times Q}{\eta} \quad (3.3)$$

• ΔP est la différence de pression entre l'entrée et la sortie du compresseur (en pascals ou en bar). Cette valeur peut être calculée en soustrayant la pression à l'entrée de la

• est le débit volumétrique du compresseur (en m^3/s).

• η est le rendement isentropique du compresseur (sans unité).

• Pour calculer la rendement Les spécification de Compresseur à piston suivante :

• Puissance d'entrée (P_i) : 15 kW

• Puissance de sortie (P_o) : 12 kW • Débit volumétrique (Q) : $50 m^3/min$ Application numérique

1 . Rendement volumétrique (η_v) :

$$\eta_v = \frac{Q}{V_t} \times 100\% \quad (3.4)$$

Q =Debit volumetrique mesure

= Volume aspire theorique

$$\eta_{vpiston} = \frac{50m^3min}{V_{tpiston}} \times 100\% = 83.33\%$$

2. Rendement mécanique (m) :

$$\eta_m(\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (3.5)$$

P_{out} = Puissance de sortie

P_{in} = Puissance de dentree

$$\eta_{mpiston}(\%) = \frac{12Kw}{15Kw} \times 100\% = 80\%$$

Rendement general :

$$\eta_{tpiston} = \eta_{mpiston} \times \eta_{mpiston} = 80\% \times 83.33\% = 66.67\% \quad (3.6)$$

3.4 Compresseur à palette :

Nous avons mené une expérience pour mesurer les données permettant de calculer l'efficacité du compresseur à palette et, en conséquence, nous avons choisi les données suivantes :

3.4.1 Débit volumétrique (Q) :

Pour mesurer le débit volumétrique d'un compresseur à palettes à l'aide d'un débitmètre, nous suivons ces étapes :

Choisissez le bon débitmètre

nous nous assurons de disposer d'un débitmètre capable de mesurer le débit d'air dans les conditions de pression et de température spécifiques de notre compresseur à palettes. Nous choisissons un débitmètre capable de gérer le débit attendu du compresseur. Dans cette expérience, nous avons utilisé un appareil débitmètre massique thermique pour mesure Débit volumétrique

Installez le débitmètre

Nous plaçons le débitmètre dans la conduite d'air du compresseur, en nous assurant qu'il est correctement installé et qu'il n'obstrue pas le flux d'air.

Calibrage du débitmètre

Nous avons calibré le débitmètre selon les instructions du fabricant pour garantir des lectures précises. L'étalonnage peut varier en fonction du type de débitmètre utilisé.

Assurez-vous que le travail du compresseur est chargé

sur le toit Pour surveiller des mesures volumétriques précises, nous nous assurons que le travail du compresseur est à la capacité du toit ou à une capacité inférieure.

Mesure du débit d'air :

Nous allumons le compresseur et observons la lecture du débitmètre. On note la valeur affichée représentant le débit volumétrique d'air généré par le compresseur à palettes.

Effectuez des mesures

supplémentaires si nécessaire Si le débitmètre fournit des données supplémentaires telles que la pression et la température, nous utilisons ces informations pour calculer le débit volumétrique corrigé.

Assurer la fiabilité des mesures

Nous répétons les mesures plusieurs fois pour garantir la fiabilité des résultats.

3.4.2 La puissance (P) :

Formule pour Calculer la Puissance La formule que vous avez fournie est :

$$P = Q \times \frac{P_2 - P_1}{\eta} \quad (3.7)$$

où :

- P est la puissance,

- Q est le débit volumétrique,
- P_2 est la pression de sortie,
- P_1 est la pression d'entrée,
- Supposons que les pressions mesurées sont :
- η est le rendement.

La puissance d'entrée (P_t) :

Pour calculer la puissance de l'air comprimé (P_i) dans un compresseur à palettes en utilisant la relation

$$P_i = \frac{\Delta P \times Q}{\eta} \quad (3.8)$$

Étapes de calcul

1. Collecte des données nécessaires :

- Pression d'entrée (P_{in}) : pression de l'air avant qu'il entre dans le compresseur.
- Pression de sortie (P_{out}) : pression de l'air après qu'il ait été comprimé.
- Débit volumétrique (Q) : volume d'air passant à travers le compresseur par unité de temps (par exemple, en m^3/s).
- Rendement (η) : efficacité du compresseur (une valeur entre 0 et 1, souvent donnée par le fabricant).

2. **Calcul de la différence de pression (ΔP)** : La différence de pression est calculée comme suit :

$$\Delta P = P_{out} - P_{in}$$

La puissance de sortie (P_o) :

Pour calculer la puissance de sortie (P_o) d'un compresseur à palettes en utilisant la relation

$$P_o = \frac{Q \times \Delta P}{\eta} \quad (3.9)$$

Étapes de calcul

1. Collecte des données nécessaires :

- Pression d'entrée (P_{in}) : pression de l'air avant qu'il entre dans le compresseur.
- Pression de sortie (P_{out}) : pression de l'air après qu'il ait été comprimé.
- Débit volumétrique (Q) : volume d'air passant à travers le compresseur par unité de temps (par exemple, en m^3/s).
- Rendement (η) : efficacité du compresseur (une valeur entre 0 et 1, souvent donnée par le fabricant).

Calcul de la différence de pression (ΔP) : La différence de pression est calculée comme suit

$$\Delta P = P_{out} - P_{in} \quad (3.10)$$

Pour calculer la rendement Les spécification de Compresseur à palette suivante :

Compresseur à palette

- Puissance d'entrée (P_i) : 20 kW
- Puissance de sortie (P_o) : 16 kW
- Débit volumétrique (Q) : 60 m^3/min

Application numérique

1 . Rendement volumétrique (η_v) :

$$\eta_v = \frac{Q}{V_t} \times 100\% \quad (3.11)$$

Q=Debit volumetrique mesure

V_t = Volume aspire theorique

$$V_t = A \times L \times N$$

$$\eta_{palette} = \frac{60m^3min}{70} \times 100\% = 85.71\%$$

2. Rendement mécanique (m) :

$$\eta_m(\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (3.12)$$

P_{out} =Puissance de sortie

P_{in} = Puissance de dentree

$$\eta_{mpalette}(\%) = \frac{16Kw}{20Kw} \times 100\% = 80\%$$

3. Rendement general :

$$\eta_{tpalette}(\%) = \eta_{vpalette} \times \eta_{mpalette} \quad (3.13)$$

$$\eta_{tpalette}(\%) = 85.71\% \times 80\% = 68.57\%$$

Comparaison entre le Compresseur à Piston et le Compresseur à Palettes

4.1 Introduction :

Le rendement total du compresseur à piston est de 66,67 %, tandis que le rendement général du compresseur à palettes est légèrement supérieur à 68,57 %. Cette différence indique que le compresseur à palettes est plus efficace en termes de conversion de l'énergie mécanique en énergie pneumatique. Cette efficacité accrue peut se traduire par des économies d'énergie sur le long terme, particulièrement dans des applications industrielles intensives. Voici les graphiques suivants :

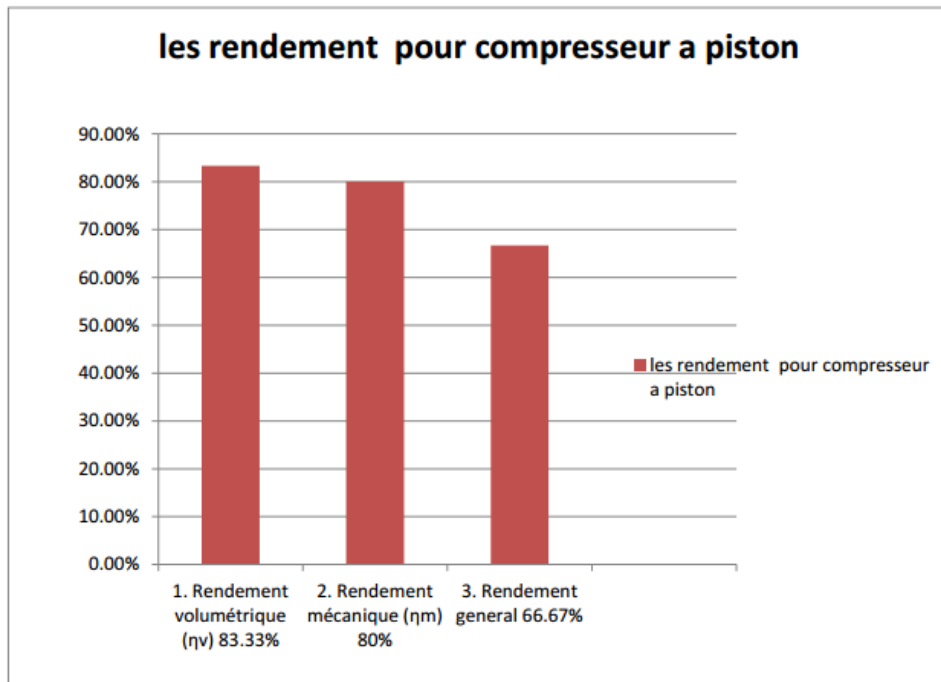


Figure 4.1 : Les graphiques à barres montrent les rendements pour les compresseur piston

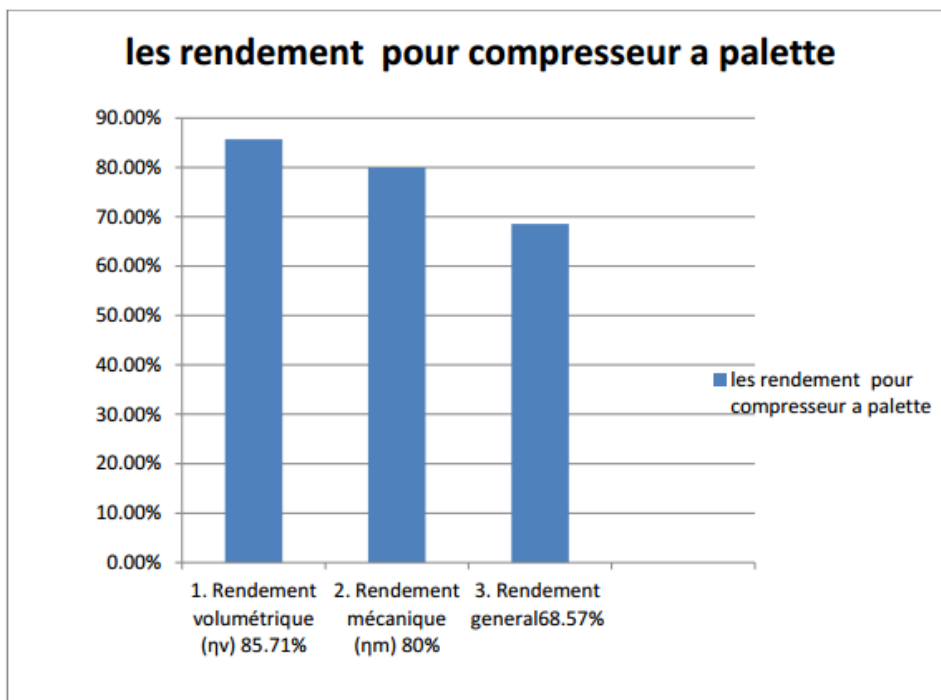


Figure 4.2 : Les graphiques à barres montrent les rendements pour les compresseur a palette

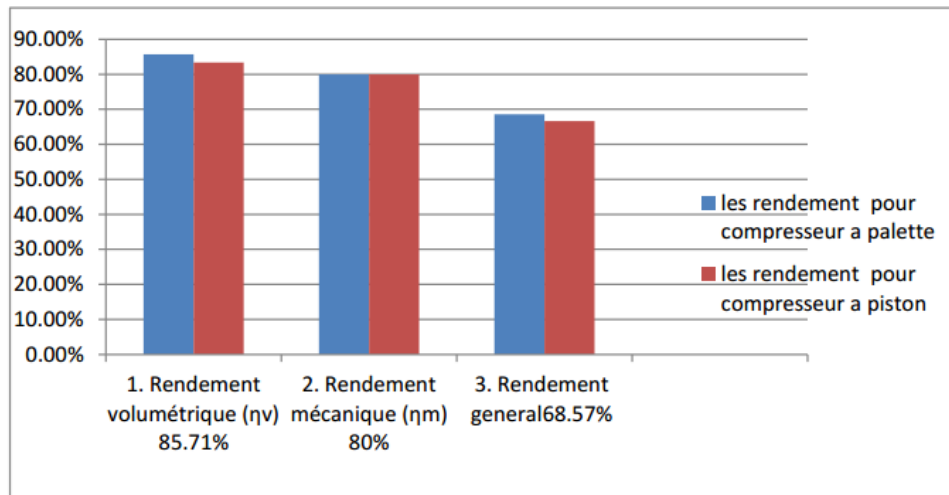


Figure 4.3 : Les graphiques à barres montrent comparaison entre les rendements pour les compresseur piston et palette

4.2 Fonctionnement et Conception :

4.2.1 Compresseur à Piston :

Principe de Fonctionnement : Utilise un piston qui se déplace dans un cylindre pour comprimer l'air.

Avantages :

- Haute pression de sortie.
- Adapté pour des cycles de service exigeants.

Inconvénients :

- Niveau de bruit élevé.
- Entretien plus complexe et plus fréquent.
- Vibrations significatives pendant le fonctionnement.

4.2.2 Compresseur à Palettes :

• **Principe de Fonctionnement :** Utilise des palettes insérées dans un rotor qui tourne à l'intérieur d'un cylindre, comprimant l'air par réduction du volume des chambres formées par les palettes.

Avantages :

- Fonctionnement plus silencieux.

- Moins de vibrations.
- Entretien généralement plus simple et moins fréquent.
- **Inconvénients :**
- Pression de sortie généralement plus faible que les compresseurs à piston.
- Moins adapté aux applications nécessitant des pressions très élevées.

Coûts et Maintenance :

- **Compresseur à Piston :**

- Coûts Initiaux : Généralement plus bas que les compresseurs à palettes.
- Maintenance : Plus coûteuse et plus fréquente en raison des pièces mobiles soumises à une usure importante.

- **Compresseur à Palettes :**

- Coûts Initiaux : Potentiellement plus élevés en raison de la conception plus complexe.
- Maintenance : Moins fréquente et moins coûteuse, les palettes étant moins sujettes à l'usure intense par rapport aux pistons. Applications :

- **Compresseur à Piston :** Idéal pour des applications nécessitant de hautes pressions, telles que les systèmes pneumatiques industriels lourds et les équipements de chantier.

- **Compresseur à Palettes :** Préféré pour des applications nécessitant un fonctionnement continu et silencieux, comme dans les industries de fabrication, les laboratoires, et les systèmes HVAC (chauffage, ventilation et climatisation). Solution Préconisée À la lumière des analyses et des comparaisons effectuées, la solution préconisée dans cette thèse est de choisir le type de compresseur en fonction des besoins spécifiques de chaque application :

- Pour des applications nécessitant des pressions élevées et une robustesse accrue, les compresseurs à piston sont recommandés, malgré leurs inconvénients en termes de bruit et de maintenance.

- Pour des applications nécessitant une utilisation continue, silencieuse et avec des coûts de maintenance réduits, les compresseurs à palettes sont préférés en raison de leur rendement énergétique supérieur et de leur fonctionnement plus stable.

4.3 Conclusion :

En conclusion, cette thèse propose une approche équilibrée pour le choix des compresseurs dans les systèmes pneumatiques, tenant compte des critères d'efficacité énergétique, de coût, de maintenance et d'applications spécifiques. Les recommandations pour les recherches futures incluent l'exploration de nouvelles technologies et matériaux pour améliorer encore l'efficacité des compresseurs, ainsi que des études approfondies sur l'impact environnemental de ces équipements. L'objectif ultime est de contribuer à la conception de systèmes pneumatiques plus efficaces, durables et économiquement viables, répondant aux besoins croissants de l'industrie et de la société.

Conclusion Générale

Cette mémoire a exploré en détail les aspects théoriques et pratiques des compresseurs dans les systèmes pneumatiques, en mettant l'accent sur les compresseurs à piston et à palettes. À travers une analyse comparative basée sur le rendement, la conception, les coûts de maintenance et les applications, il apparaît que chaque type de compresseur présente des avantages et des inconvénients spécifiques qui le rendent plus adapté à certains contextes. Le compresseur à piston, avec un rendement de 66,67 %, est particulièrement efficace pour des applications nécessitant de hautes pressions, malgré son entretien plus exigeant et ses niveaux de bruit et de vibration plus élevés. En revanche, le compresseur à palettes, avec un rendement légèrement supérieur de 68,57 %, offre un fonctionnement plus silencieux et une maintenance plus simple, ce qui le rend idéal pour des applications continues et moins exigeantes en termes de pression. En conclusion, le choix entre un compresseur à piston et un compresseur à palettes doit être guidé par les exigences spécifiques de l'application, en considérant des facteurs tels que la pression nécessaire, le budget d'entretien, le niveau de bruit acceptable, et l'efficacité énergétique. Cette recherche contribue à une meilleure compréhension des performances et des coûts associés aux différents types de compresseurs, fournissant ainsi des informations précieuses pour les ingénieurs et les décideurs dans le domaine des systèmes pneumatiques. Future research could focus on improving the efficiencies of these compressors further and exploring new materials and technologies to enhance their performance and sustainability.

Références

[1] <http://elearning.univ-biskra.dz/moodle/mod/resource/view.php?id=100991>

[2] Course actionneurs

[3] <http://www.prm.ucl.ac.be/cours/meca2755/docu/pneumatique1.pdf>

[4] pneumatique.doc .L.ISAMBERT, 22/04/2005

[5] Guide des Sciences et Technologies Industrielles, par Jean-Louis Fanchon,

Editions Nathan

[6] Guide des Sciences et Technologies Industrielles, par Jean-Louis Fanchon,

Editions Nathan

[7] Automatique, Informatique Industrielle, lère et Term, Collection Sciences et Techniques Industrielles, par

Christian Merlaud, Jacques Perrin et Jean-Paul Trichard, Editions Dunod.

[8] D.NIKOLAIDIS, « Mécanisation Pneumatique » Initiation à la pneumatique, 2014, Giessen, Allemagne.

[9] M. CHOUCHENE, S. ISET, « Technologie des Systèmes Hydrauliques »,

2001, Tunisie

[10] JM. Bousquet, « PNEUMATIQUE ET HYDRAULIQUE, Caractéristiques et

structures des circuits, 2009, France

[11] Hanzelet « VERIN SIMPLE EFFET PNEUMATIQUE », M01-Modélisation des actions mécaniques, 3 février 2017, France.

Références

[12] L. CUVELIER, « Dimensionnement et choix des vérins », Source : Le guide des automatismes, 2010, France.

[13] <http://www.prm.ucl.ac.be/cours/meca2755/docu/pneumatique1.pdf>

[14] Handbook of Compressed Gases" par Constantin Poling (2018)

[15] Document KAISER, constructeur de compresseur volumétrique, et de différent Dispositif

[16] <https://fr.scribd.com/document/463248385/COMPRESSUERS-docx>

[17] <http://créent.free.fr/Air%20comprim%E9/ADEME/LES%20COMPRESSEURS%20D%27AIR.doc>

[18] Calculating Air Consumption for Applications and Components." KaeserCompressors