



Département de Génie Mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER

En Génie Mécanique

Option : Modélisation Numérique

Thème :

Choix et calcul d'un schéma technologique alimenté par énergie pneumatique

Proposé et dirigé par :

Dr :Farsi Chouki

Présenté :

Mekki Bader

Année Universitaire : 2015 / 1016

N° d'ordre : GM/...../2016

DEDICACES

Je dédie ce travail de fin d'étude à la personne la plus chère à mes yeux, ma mère, qui a tout sacrifié pour ses enfants, et qui a veillé à mon éducation, qui, sans elle je ne serai pas ce que je suis ;

A mon père que j'adore, en signe de reconnaissance pour son sacrifices, lui qui m'a supporté et m'adonné la force continuer ma formation.

A ma mes frères et sœurs Hadjer, Djalal, Ramdne ,Lazhar, Samir ;

Aux enfants de mon frère/ Retadje, Fatah, chaban, amri

A mes oncles et tantes, ainsi que mes cousins et cousines, à qui je dois beaucoup.

A toutes ma famille que j'aime tellement.

A mes amis d'étude : Hamoud, Saddam , Saber, Zino, Ibrhim, Khirdin, Bibi, Didi ;

*A mes camarades, a mes amis de la résidence **Zaki,Ayache Salah ,Mabrouk , Lamine, Aboule***

A toutes les personnes que je connaisse et que je n'ai pas citées ;

A tous ceux que j'aime ;

REMERCIEMENTS

Nous tenons avant tout à remercier notre Bon Dieu tout Puissant de nous avoir donné le Courage, la force et de la volonté pour achever ce travail.

Puis Notre encadreur, Dr. farsi chouki , pour nous avoir encadrés, dirigé et conseillé, et pour mettre à notre disposition tous les moyens nécessaires à l'accomplissement de ce travail.

Nous tenons à remercier tout ce qui ont participé à l'élaboration de ce travail surtout les membres d'enseignants de notre département de génie mécanique

Nos remerciements s'adressent aussi aux membres de jury, pour avoir bien voulu accepter de juger ce travail. Nos reconnaissances vont également à l'ensemble des techniciens et responsables de laboratoire de la faculté de technologie de l'université du M'sila qui nous ont suivi dans toute la période de formation.

Résumé

Résumé

Actuellement l'énergie de l'air (pneumatique) est d'une importance très grande, que se soit en mécanique ou dans d'autres secteurs en commençant par les mines jusqu'à la médecine. Dans le présent travail on a fait un rapprochement et une contribution pour l'étude et l'analyse des déformations par simulation des conduites d'un schéma technologique qui se trouvent en processus de fatigue sous la pression de travail. Comme forme de conduite qu'on trouve très intéressante, et la plus liée à la déformation : c'est la forme coudé qui d'après les résultats de simulation nous a montré la distribution des forces de pression le long de cette conduite. D'après les valeurs trouvées la zone la plus dangereuse se trouve au milieu du coude et juste dans l'arc de petit rayon. C'est à dire le rayon interne du coude. D'ici cette simulation nous a aidé à comprendre la distribution des efforts les plus critique de travail.

summary

Currently the energy of the air (pneumatic) is of great importance, whether mechanical or other sectors, starting with mining to medicine. In the present work a reconciliation was made and a contribution to the study and analysis of deformation simulation of the pipes of a technological scheme that are in process of fatigue under the pressure of work. As form of conduct that we find very interesting, and more related to the deformation: the bent shape according to the simulation results showed us the distribution of the pressure forces along the pipe. According to the values found in the most dangerous area in the middle of the elbow and just in the arc of small radius. It has said the inner radius of the elbow. By this simulation has tied help understand the distribution of the most critical work efforts.

Sommaire

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Introduction générale.....	7
Chapitre01	
Généralité sur l'air comprimé	
1.1.Introduction.....	8
1.2. La pression.....	8
1.3. Production d'air comprimé.....	10
a) Le compresseur.....	10
b) Traitement.....	10
1.4. les réseaux d'air comprimé.....	13
a) Le problème de la condensation.....	13
1.5 Type des compresseurs d'air et dispositifs de régulation.....	14
a) Compresseurs rotatifs à vis.....	14
b) Compresseurs à pistons.....	16
c) Compresseurs à palettes.....	16
d) Moteurs de compresseurs.....	16
e) Dispositifs de régulation des compresseurs et rendement des systèmes.....	16
f) Dispositifs de régulation de système de compresseurs multiples.....	20
En conclusion.....	22
Chapitre02	
ETAPES DE SMULATION PAR LE LOGICIEL CATIA V5	
2.1 Introduction	24
a)-Partie des étapes d'exécution du dessin de la pièce.....	24
Etape 01.....	24
Etape 02.....	25
Etape 03.....	26
Etape 04.....	27
Modélisation mécanique	4

Sommaire

b)- partie simulation.....	28
Etape 01.....	28
Etape 02.....	30
Etape 03.....	30
Etape 04.....	31
Etape05.....	32
Conclusion.....	34
Chapitre 03	
Exemple de calcul d'une installation d'air comprimé dans une mine.....	35
3.1. Introduction.....	35
3.2.Types de compresseurs.....	35
3.3.Régime de fonctionnement des compresseurs et leurs réglages.....	38
3.4.Refroidissement des compresseurs et des réservoirs d'air comprimé.....	40
3.5.Calcul des paramètres technologiques et choix de l'installation d'air comprimé.....	42
a) Débit de l'air comprimé.....	42
b) Pression de travail et le réseau de conduites.....	42
c) Choix des compresseurs ;et leur réserve.....	45
d) Capacité du réservoir d'air.....	45
e) Consommation d'énergie électrique	45
Conclusion	47
Chapitre 04	
Guide de poche de la distribution.....	48
4.1.Introduction.....	48
4.2. Machines utilisant l'énergie pneumatique	48
4.2.1 Exemples pratiques: meulage, perçage, assemblage avec visseuses, boulonneuses clé à chocs et outils à impulsions.....	48
4.2.2 définition perte de charge.....	52
4.3. les accessoires de la ligne d'alimentation en air comprimé.....	52

Sommaire

4.3.1 Questions essentielles.....	52
4.3.2. flexibles.....	53
4.3.3 Accessoires de ligne.....	53
4.4. Installation.....	57
4.5. Maintenance.....	57
4.5.1 Les fuites.....	57
4.5.2 Calendrier de maintenance.....	58
4.6. Sécurité.....	58
4.7. Distribution d'air.....	60
Conclusion	60
Conclusion générale.....	61
Bibliographie.....	63
Résumé	

Introduction générale

L'air comprimé c'est de l'air atmosphérique qui, au moyen d'un compresseur, se comprimé à une pression supérieure à la pression atmosphérique. L'air sec est composé principalement d'oxygène et d'azote. Dans l'atmosphère, on trouve aussi de l'eau mélangée à l'air sec dont la quantité dépend de la température et de l'endroit où l'on se trouve sur la Terre.

L'air comprimé est un fluide qui, d'une manière sûre et fiable, permet de stocker de grandes quantités d'énergie. Cette forme d'énergie est largement établie et est utilisée dans pratiquement toutes les industries à travers le monde. Environ 90 % de toutes les entreprises manufacturières utilisent, d'une manière ou d'une autre, de l'air comprimé dans leur production.

Les fluides énergétiques comparables, comme le gaz, l'eau et l'électricité, sont normalement livrés sur le lieu de production par des fournisseurs externes. Ces fournisseurs doivent se conformer aux réglementations environnementale, de qualité et de sécurité mis en place par les clients et les organismes professionnels. Par contre, l'air comprimé quant à lui est le plus souvent produit sur place. Par conséquent, il est de la responsabilité de l'utilisateur de satisfaire aux exigences de qualité et de réduire les coûts de production autant que possible.

L'air comprimé est à bien des égards un vecteur d'énergie avantageux. Il est propre et sûr, facile à stocker et à transporter, et est très utile dans diverses applications industrielles. L'air comprimé peut être utilisé dans de nombreux domaines variés : de l'entraînement d'une visseuse et d'outils similaires à la génération d'un mouvement et d'un levage, ou pour le nettoyage, le refroidissement, le transport et le triage.

La technologie à air comprimé a longtemps été un domaine négligé sur lequel personne ne s'est vraiment penché. Au lieu de cela, on a calculé ses besoins avec une marge supplémentaire afin de faire face aux imprévus. Mais un besoins véridique à air comprimé peut contenir plus d'air qu'un petit, et sauf si la pression est optimisé pour l'application en cours, cela signifie que vous consommez plus d'air que nécessaire. La pression dans un système pneumatique est souvent trop élevée par rapport au besoin, de telle sorte que la consommation d'air augmente et qu'il faut plus d'énergie. En génie électrique, par exemple, on ne pourrait jamais prendre autant à la légère la conception d'une installation. Au rythme de l'évolution technologique, des composants de plus en plus intelligents qui permettent de réduire la consommation d'énergie dans les systèmes pneumatiques font également leur apparition.

L'air comprimé est utilisé dans les différentes industries comme, par exemple, une source d'alimentation pour outils et machines, pour le séchage et le refroidissement, ainsi que pour le nettoyage par soufflage. Pour utiliser l'air comprimé de façon optimale, assurez-vous de choisir l'équipement le mieux approprié à vos besoins.

Si l'on souhaite utiliser l'air comprimé pour le nettoyage, il convient d'utiliser des buses spécialement conçues qui peuvent bénéficier de l'effet d'éjection, autrement dit de la capacité à aspirer l'air entourant la buse. Par rapport aux méthodes conventionnelles, la consommation d'air peut être réduite jusqu'à 50 %.

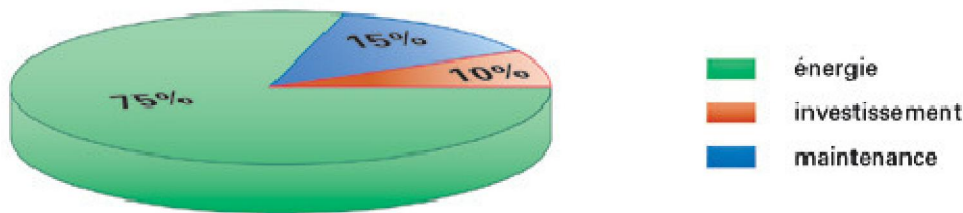
Choix et calcul d'un schémas technologique alimenté par énergie pneumatique

Généralité sur l'air comprimé

1.1.Introduction

Deuxième source d'énergie industrielle, après l'électricité, l'air comprimé doit légitimement bénéficier d'études particulières pour optimiser sa production et son utilisation.

Ceci d'autant plus que, malgré les idées reçues, l'air comprimé n'est pas une énergie gratuite. C'est pourquoi, les réseaux qui véhiculent l'air comprimé constituent logiquement un enjeu d'importance, pour chaque entreprise, en termes de coûts d'exploitation et de maintenance.



Fig(1.1) Cout d'exploitation d'air comprimé(3)

1.2. La pression

La pression est le rapport d'une force sur une surface définie.

Le Pascal (Pa) est l'unité de pression du Système International (SI), mais le bar est le plus souvent utilisé pour les applications industrielles.

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

La pression atmosphérique normale de l'air s'élève à 1,013 bar au niveau de la mer (0 m d'altitude). Elle sert généralement de référence pour la mesure des pressions mais elle est variable suivant l'altitude. Pour les tests et les mesures, il est préférable d'utiliser le bar absolu, correspondant à une pression absolue.

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{rel}$$

Pabs : pression absolue

Prel : pression relative

Patm : pression atmosphérique

a) La loi de Mariotte et Gay-Lussac:

La loi de Mariotte et Gay-Lussac est la loi la plus significative dans le domaine de la pneumatique industrielle :

$$P.V = a.T$$

P : pression absolue (Pa)

V : volume (m³)

T : température absolue (K)

a : constante

Cette relation est utilisée par le compresseur : un volume d'air constant est aspiré dans les chambres du compresseur dont le volume diminue. Cette diminution de volume engendre l'augmentation de la pression et de la température de l'air absorbé.

b) Les pertes de charges

Quand un fluide s'écoule dans un tube rectiligne, l'écoulement peut se faire suivant deux régimes: le régime laminaire ou le régime turbulent, suivant la valeur du nombre de Reynolds R.

L'air comprimé dans les réseaux est soumis au régime turbulent.

Ces turbulences engendrent des frottements qui font une résistance à la circulation de l'air comprimé dans les tubes. De plus, les parois intérieures des tubes ont une certaine rugosité.

Ces facteurs associés à un débit important engendrent des pertes de charge: c'est la chute de pression engendrée par les frottements dus à la mise en mouvement d'un fluide dans un tube.

Elles sont souvent notées $D p$ et sont exprimées en bar

c) Performances de pertes de charge pour un débit défini

Valeurs pour un mètre de réseau (tubes aluminium, composants à connexion instantanée et brides à col de cygne intégré).

Exemple:

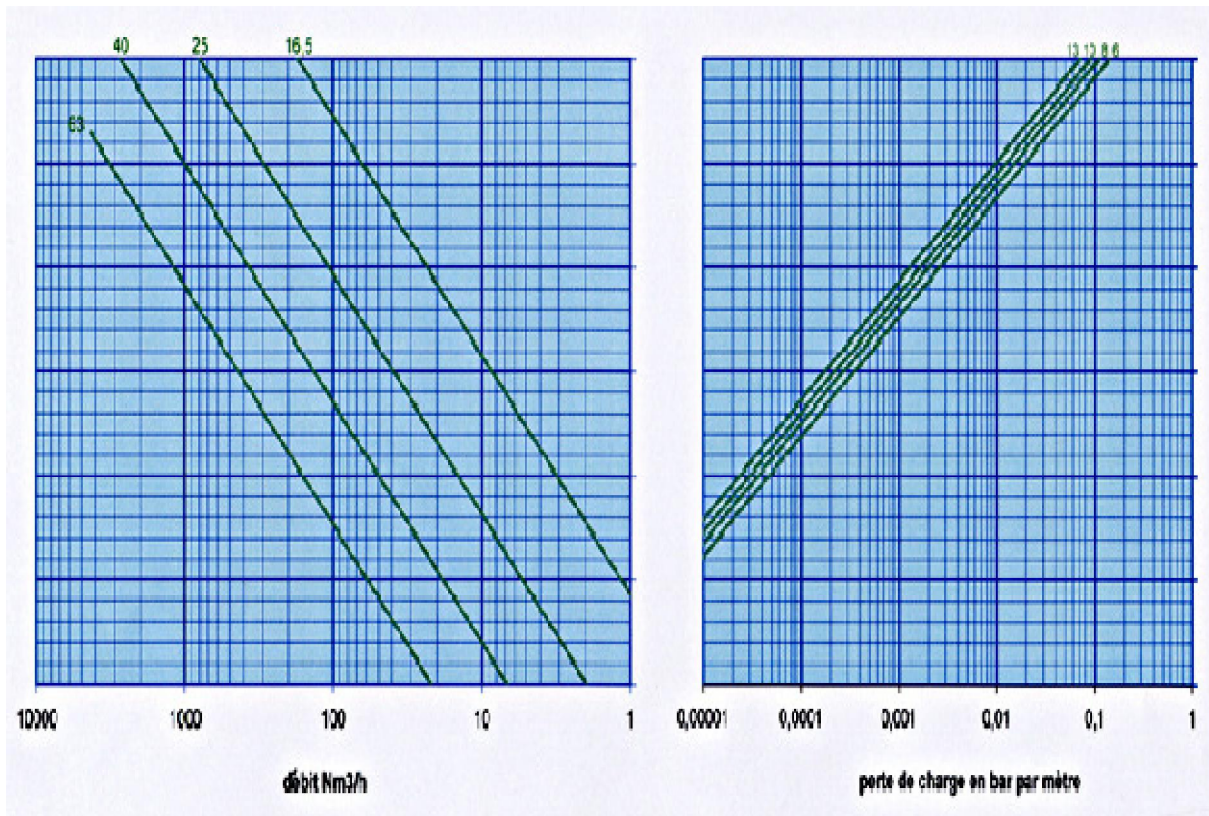
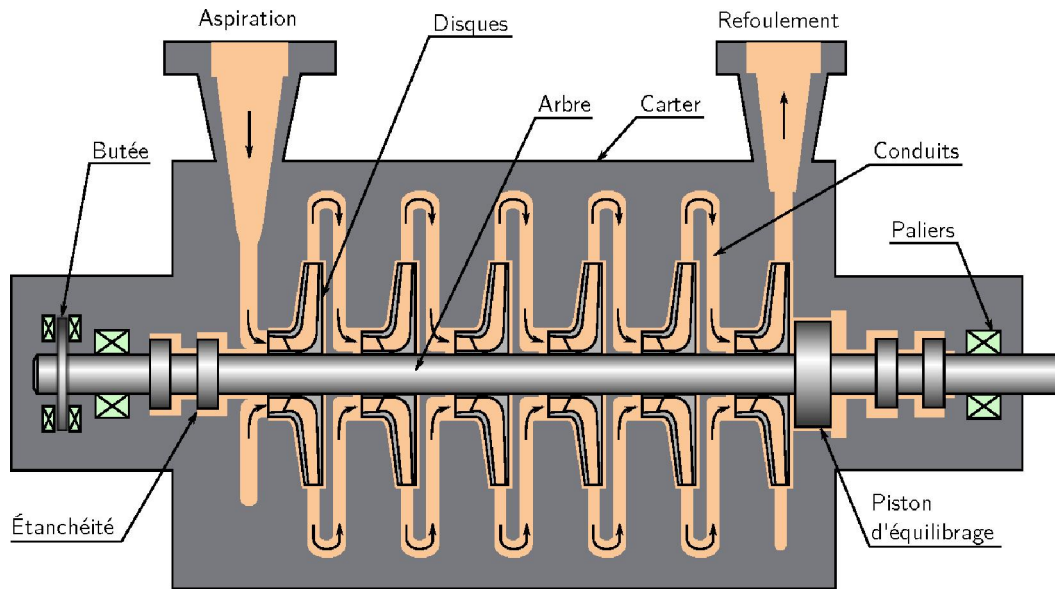


Fig (1.2)Exemple: débit de 100 m³/h pour un diamètre de 25 mm. Une pression de 8 bar donne un $D p/m = 0.003$. Donc, si votre réseau mesure 30 mètres, $D p = 0.003 \times 30 = 0.09$ bar et inversement.(3)ou $D p$:perte de charge

1.3. Production d'air comprimé

a) Le compresseur



Fig(1.3) Le compresseur (6)

La production de l'air comprimé peut se faire par deux méthodes:

- La compression dynamique (transformation de la vitesse de l'air en pression): compresseurs centrifuges et compresseurs axiaux.
- La compression volumétrique (réduction de volume à l'aide d'un élément comprimant): compresseur alternatifs (le plus souvent à piston) et rotatifs (compresseurs à vis, à palettes, à engrenages et à anneaux liquides).

b) traitement

Le réservoir



Fig(1.4) Le réservoir

Le réservoir permet d'obtenir momentanément une distribution d'air supérieure au débit délivré par le compresseur, de maintenir une pression quasi constante dans le circuit, de refroidir l'air comprimé et de récupérer le condensat.

Le sécheur

Le rôle du sécheur est de diminuer la teneur en vapeur d'eau de l'air comprimé. Cette vapeur d'eau, en se condensant peut en effet avoir de graves conséquences sur le réseau et l'outillage. Deux méthodes principales: le séchage par adsorption et par réfrigération.

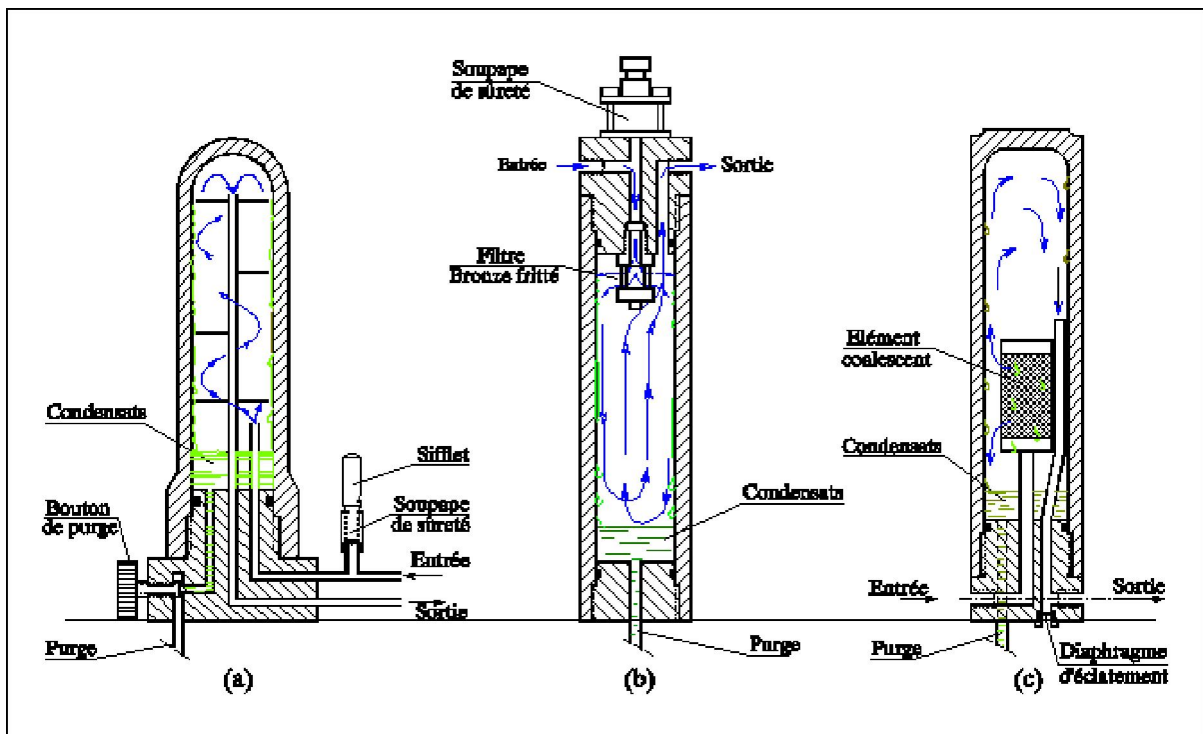
Les filtres



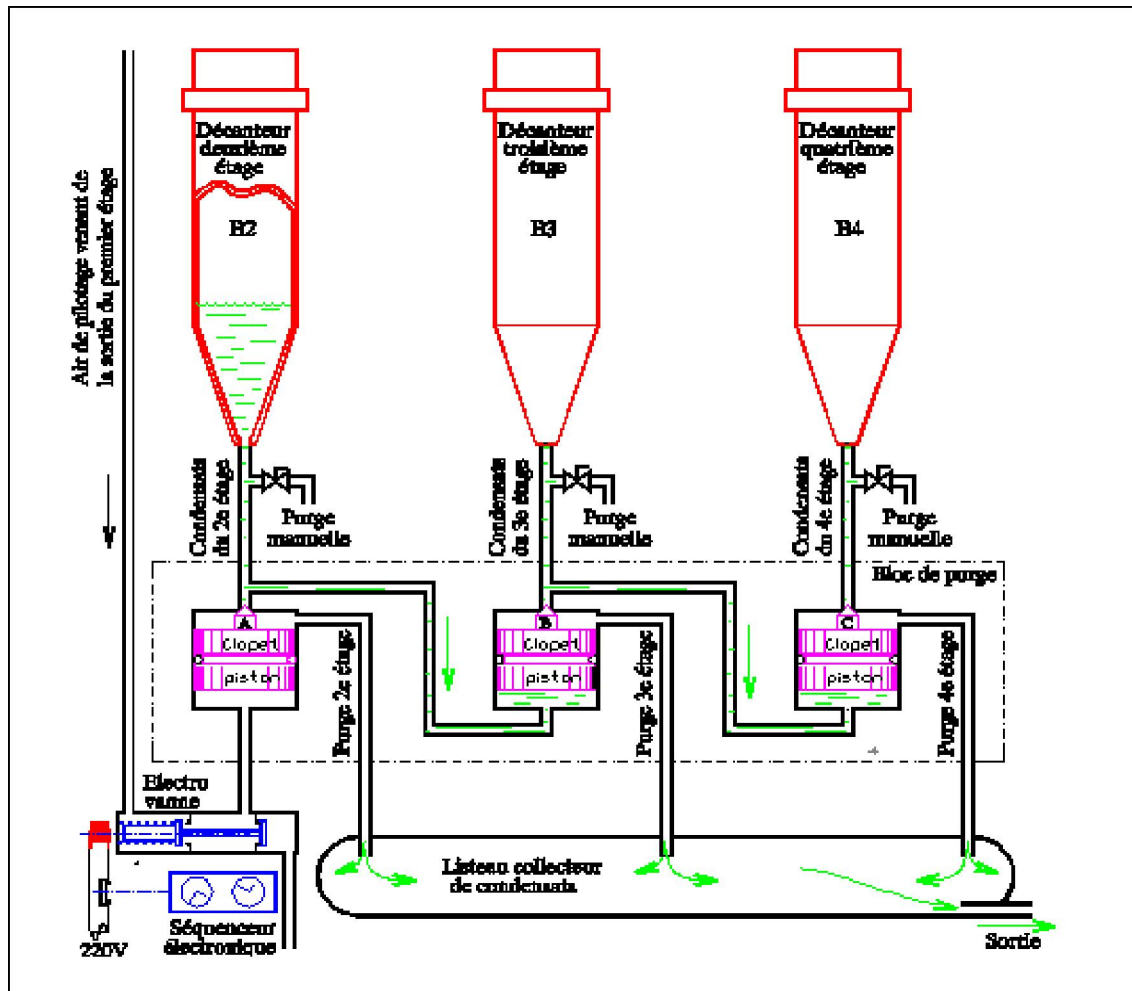
Fig(1.5) filtre régulateur lubrificateur pour air comprimé(6)

Les filtres limitent la concentration des particules, de l'huile et de l'eau qui sont véhiculées par l'air comprimé dans le réseau.

Les purges de condensat



Fig(1.6) différents type de décanteurs(6)

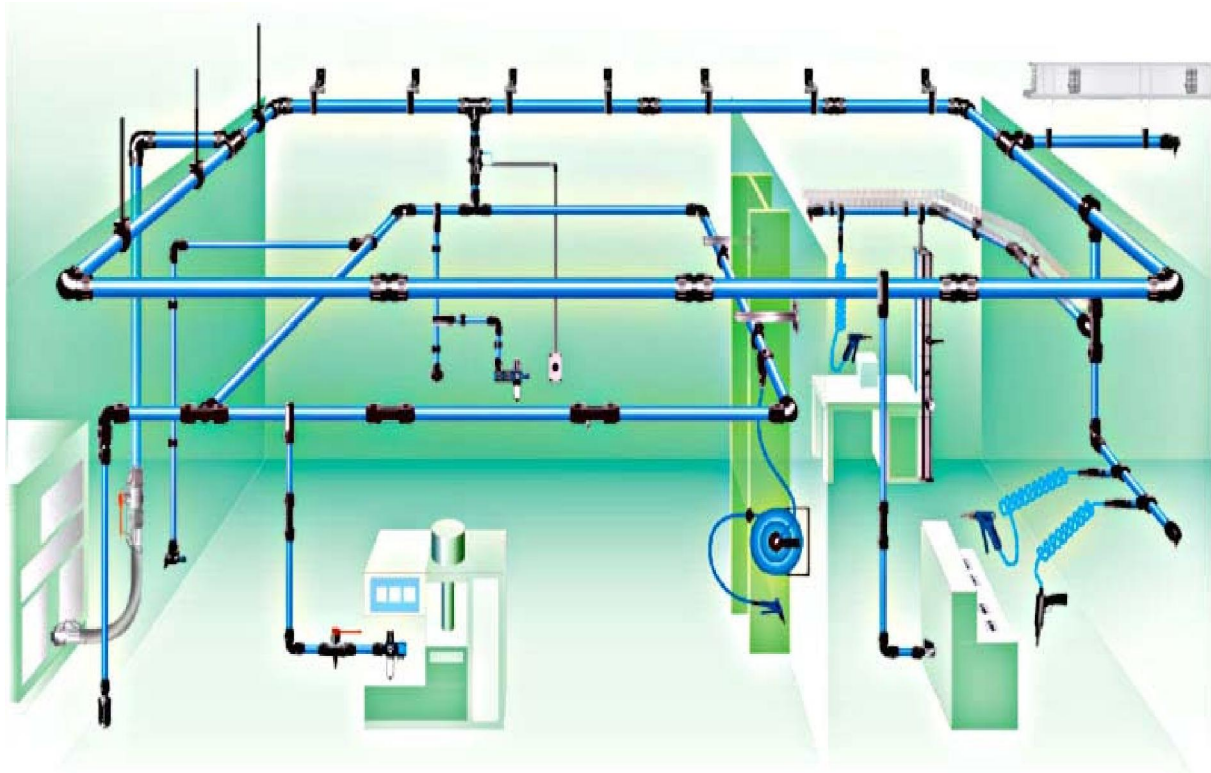


Fig(1.7) purges automatiques

Les purges évacuent les condensats (eau condensée mélangée avec de l'huile,...) générés par la production d'air comprimé.

Le séparateur

Le séparateur reçoit les condensats en provenance des purges. Sa fonction est de séparer l'huile de l'eau, évitant ainsi tout risque de rejet polluant.

1.4. les réseaux d'air comprimé

Fig(1.8) Exemple de réseau d'air comprimé(3)

a) Le problème de la condensation

L'échange de température entre l'air du réseau et l'air extérieur provoque une diminution de la température de l'air du réseau et une condensation de la vapeur d'eau. L'eau liquide se dépose dans le réseau et circule comme dans une gouttière

Cette eau n'est pas souhaitable pour les applications pneumatiques et il faut absolument éviter qu'elle ne descende vers les postes de travail si on veut limiter les risques de panne.

La solution proposée par tous les concepts est le col de cygne

L'eau condensée reste dans le réseau principal grâce au piquage et ainsi le poste de travail ne souffre pas d'une mauvaise qualité de l'air.

Les réseaux équipés de brides à col de cygnes sont indispensables même dans le cas de la présence d'un sécheur. Celui-ci n'élimine que partiellement la quantité d'eau comprise dans l'air comprimé, ce qui signifie de l'eau condensée dans le réseau lors de variations de température.

De plus, elles apportent une véritable sécurité pour la protection des équipements pneumatiques. En effet, en cas de défaillance ou mauvais fonctionnement du sécheur, 11 litres d'eau par heure vont être déversés dans le réseaux (compresseur délivrant 500 Nm³/h, température de 20°C).

Pour réaliser ces cols de cygne, de nombreux raccords sont nécessaires, augmentant ainsi le risque de fuites. C'est pourquoi de nouveaux systèmes sont apparus proposant des brides à col de cygne intégré

1.5 Type des compresseurs d'air et dispositifs de régulation

Il existe en gros deux types fondamentaux de compresseurs :

- Les compresseurs volumétriques
- Les compresseurs dynamiques.

Compresseurs volumétriques.

Dans le type volumétrique, une quantité donnée d'air est aspirée dans une chambre de compression puis le volume que l'air occupe est diminué, ce qui entraîne une augmentation correspondante de sa pression avant qu'il soit refoulé. Les compresseurs d'air rotatifs à vis, les compresseurs à palettes et les compresseurs à pistons sont les trois types les plus répandus de compresseurs volumétriques utilisés dans les petites et moyennes industries.

Compresseur dynamiques.

Les compresseurs d'air dynamiques, qui comprennent des machines centrifuges et des machines axiales, sont courants dans les très grosses installations de fabrication. Ces compresseurs sortent du cadre du présent document.

a) Compresseurs rotatifs à vis

Depuis les années 1980, les compresseurs rotatifs à vis connaissent une certaine popularité et ont conquis une part intéressante du marché (par rapport aux compresseurs à pistons). Ils sont les plus répandus pour des puissances comprises entre 5 et 900 HP. Le type le plus courant de compresseur rotatif est le compresseur à vis à deux rotors hélicoïdaux. Deux rotors accouplés sont engrainés ensemble, emprisonnant l'air et réduisant son volume le long des rotors. Selon les exigences de pureté de l'air, les compresseurs rotatifs à vis sont du type lubrifié ou sec (sans huile).

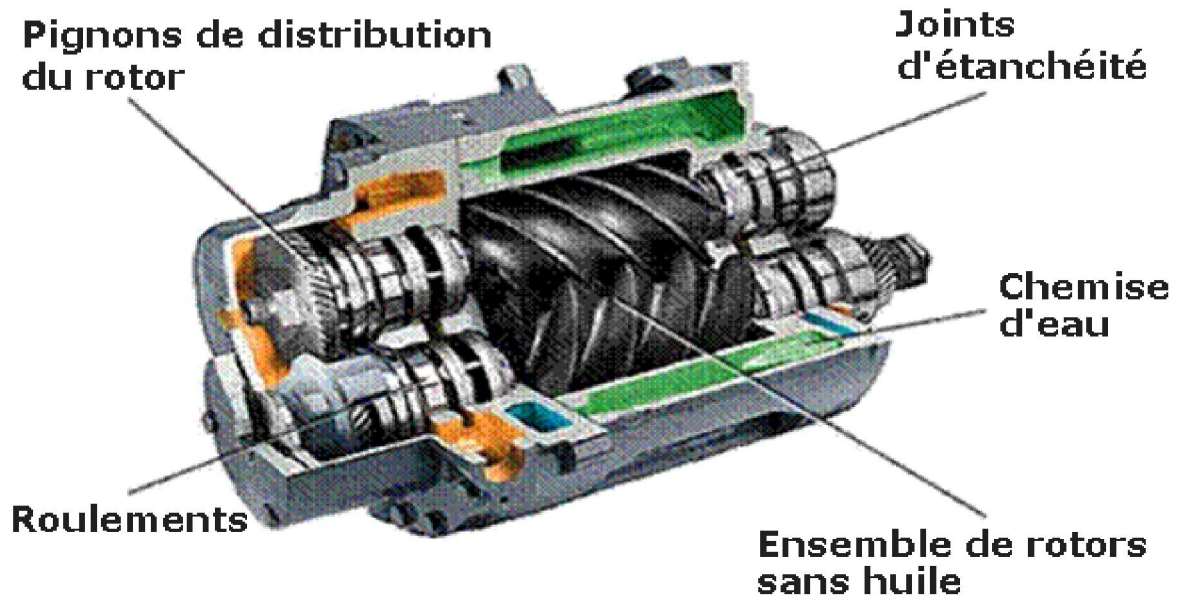


Fig (1.9) Coupe d'un compresseur rotatif à vis(5)

L'avantage majeur de compresseur à vis par rapport aux compresseur à pistons de petite puissance refroidis par air est qu'ils peuvent tourner sans interruption à pleine charge, alors que les compresseurs rotatifs à vis sont en outre bien plus silencieux et produisent de l'air plus froid qu'il est plus facile de sécher

Compresseur rotatif à vis à injection d'huile. Le compresseur rotatif à vis à injection d'huile constitue le type le plus répandu de compresseur industriel pour de nombreuses applications. Le lubrifiant employé dans ce type de compresseurs peut être soit à base d'hydrocarbures, soit un produit synthétique. En principe, la sortie d'air comprend un mélange d'air comprimé et de lubrifiant injecté et passe par un carter dans lequel le lubrifiant est extrait de l'air comprimé. Des changements de direction et de vitesse permettent de séparer la plus grande partie du liquide. Les aérosols résiduels dans l'air comprimé sont alors séparés dans un élément de séparation situé à l'intérieur du carter et il ne subsiste dans l'air comprimé que quelques parties par million (ppm) de lubrifiant.

Dans le cas des compresseurs à deux étages, le refroidissement entre étages et les pertes internes minimales en raison de la pression plus faible dans chaque étage, augmentent l'efficacité du processus de compression. Par suite, la compression de l'air à la pression finale demande moins d'énergie.

Compresseur rotatif à vis sec. Dans ce type de compresseur exempt d'huile, les rotors engrenant ne sont pas en contact, des engrenages de synchronisation extérieurs maintenant le

jeu qui les sépare dans des tolérances très faibles. Dans la plupart des modèles, on emploie deux étages de compression avec refroidisseur intermédiaire et refroidisseur de sortie. Les compresseurs rotatifs à vis .

b) Compresseurs à pistons

Les compresseurs de ce type comportent un piston entraîné par un vilebrequin et un moteur électrique. Les compresseurs à piston à usage général sont disponibles sur le marché dans des puissances comprises entre moins de 1 HP et 30 HP environ. Ils sont souvent employés pour fournir de l'air à des dispositifs de régulation et d'automatisation dans les bâtiments.

On trouve encore dans l'industrie des compresseurs à pistons de grande puissance, mais ils ne sont plus commercialisés au jourd'hui sauf pour des procédés spécialisés tels que les applications à haute pression

c) Compresseurs à palettes

Un compresseur rotatif à palettes met en jeu un rotor à rainures excentré, situé dans un cylindre. Les rainures longitudinales du rotor sont équipées chacune d'une palette. Lorsque le rotor tourne, ces palettes sont plaquées vers l'extérieur par la force centrifuge et elles coulissent à l'intérieur des rainures en raison de l'excentricité du rotor par rapport au stator. Les palettes balayent le cylindre, aspirant l'air d'un côté et le rejetant de l'autre. Les compresseurs à palettes servent généralement dans des applications de petite puissance lorsqu'existent des problèmes d'encombrement; ils ne sont toutefois pas aussi efficaces que les compresseurs rotatifs à vis.

d) Moteurs de compresseurs

Les moteurs électriques constituent le moyen le plus courant d'entraînement des compresseurs. En tant que moteurs d'entraînement, ils doivent délivrer une puissance suffisante pour démarrer le compresseur, l'accélérer jusqu'à sa pleine vitesse, et assurer son fonctionnement dans les diverses conditions prévues. La plupart des compresseurs d'air utilisent des moteurs électriques triphasés à induction classiques.

Pour les compresseurs d'air neufs ou de remplacement, on devra spécifier des moteurs à haut rendement certifiés Premium plutôt que des moteurs standards. Le coût marginal d'un moteur à haut rendement certifié Premium est en général amorti rapidement en raison des économies d'énergie qu'il procure.

e) Dispositifs de régulation des compresseurs et rendement des systèmes

Vu que les systèmes d'air comprimé fonctionnent rarement à leur pleine puissance en permanence, il est essentiel de pouvoir en contrôler le débit avec précision sous des charges partielles.

On devra tenir compte à la fois du choix du compresseur et de celui des dispositifs de régulation du système, car ce sont des éléments importants et qui influent sur le rendement du système et sur son efficacité énergétique.

- **Avantage de la marche des compresseurs.**

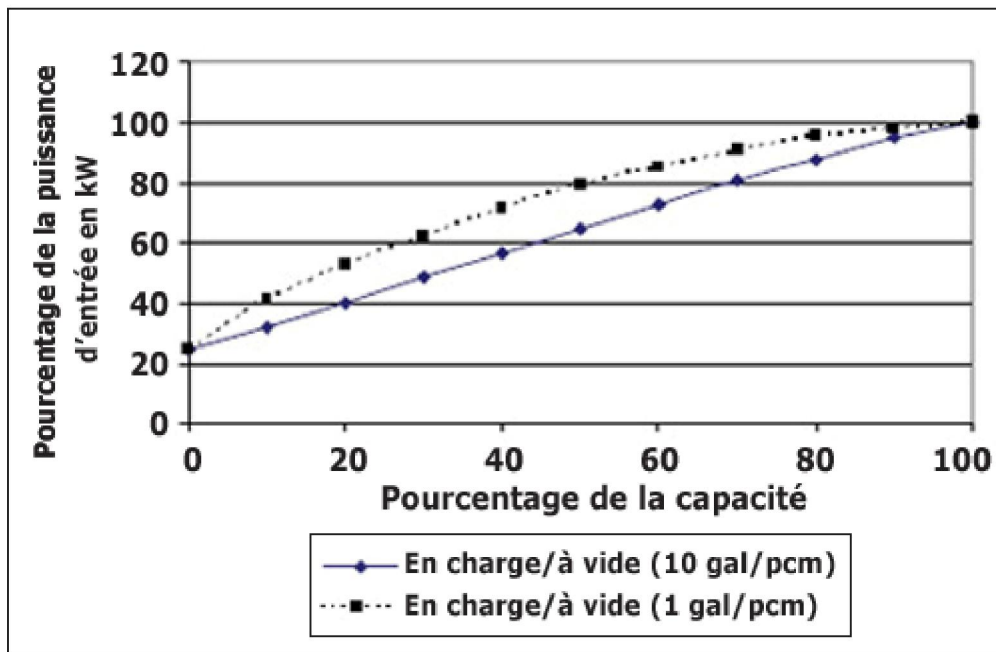
Il s'agit de la stratégie de régulation la plus simple et la plus efficace. Elle s'applique tant aux compresseurs à piston qu'aux compresseurs rotatifs à vis. Son principe est le suivant : le moteur entraînant le compresseur est mis en marche ou arrêté en fonction de la pression de refoulement de la machine. Dans ce mode, un pressostat délivre le signal marche/arrêt

du moteur. Les stratégies de régulation tout ou rien conviennent généralement aux compresseurs d'une puissance inférieure

Des démarrages répétés peuvent conduire à une surchauffe du moteur et exiger un plus grand entretien des composantes du compresseur, c'est pour cela que le dimensionnement des réservoirs de stockage et le maintien de larges plages de pression de fonctionnement devront faire l'objet d'une attention particulière, de façon à maintenir le nombre de démarrages du moteur dans des limites acceptables

- **Mode en charge/à vide.** Ce mode de régulation est parfois nommé régulation directe/indirecte. Le moteur fonctionne en permanence, mais le compresseur est délesté lorsque la pression de refoulement est appropriée. Les compresseurs rotatifs à vis fonctionnant à vide consomment de 15 à 35 % de leur puissance absorbée en charge, alors qu'ils ne produisent pas d'air comprimé. Des minuteriers de délestage facultatives permettent d'économiser de l'énergie en arrêtant automatiquement le compresseur et en le gardant en réserve s'il fonctionne à vide pendant une période de temps donnée (normalement 15 minutes).

Pour parvenir à un bon rendement du fonctionnement sous charge partielle, les modes de régulation en charge/à vide nécessitent des réservoirs de régulation de grande capacité.



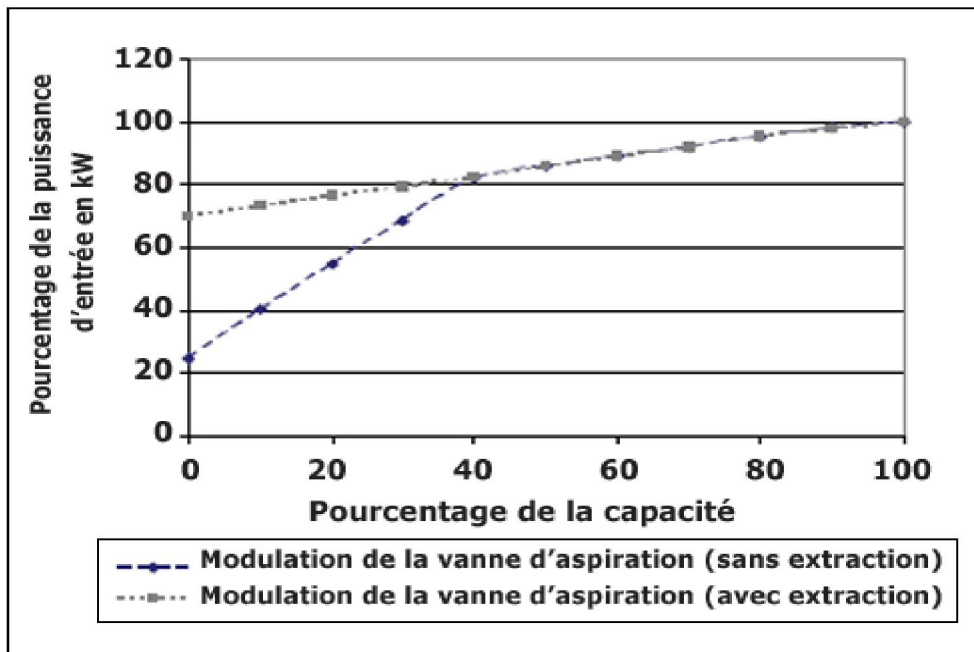
Fig(1.10) Puissance moyenne entre capacité d'un compresseur rotatif à vis avec régulation en charge/à vide et variation de la capacité du réservoir (2)

- **Régulation par modulation.** Ce mode de régulation fait varier le débit du compresseur pour répondre à la demande en réglant la vanne d'aspiration, réduisant ainsi l'entrée d'air du compresseur. Même dans le cas où ils sont modulés pour un débit nul, les compresseurs rotatifs à vis consomment environ 70 % de leur consommation à pleine charge. L'emploi de dispositifs de régulation de délestage actionnés par pressostats peut réduire la consommation de fonctionnement à vide entre 15 et 35 % de la consommation à pleine

charge. La régulation par modulation est spécifique aux compresseurs à vis lubrifiés et constitue la méthode la moins efficace de les faire fonctionner.

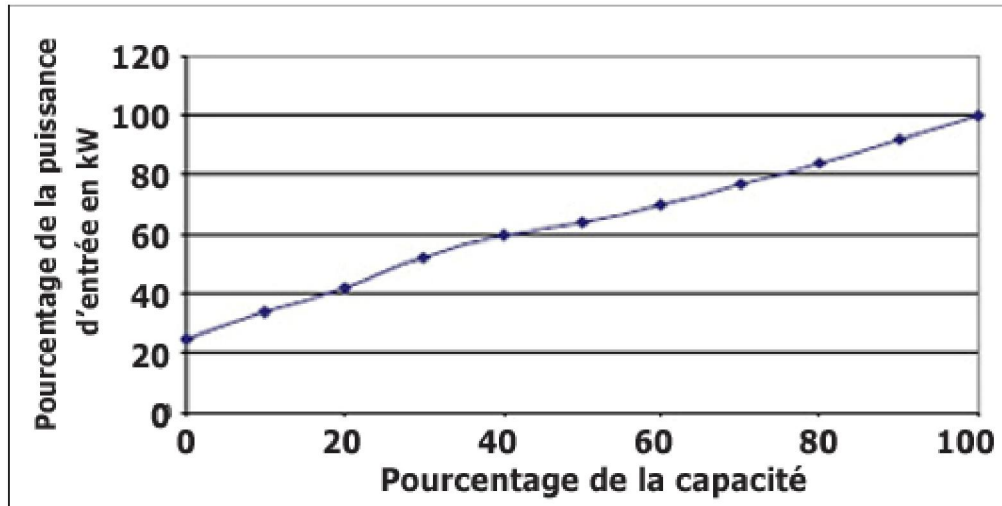
Les dispositifs de régulation des compresseurs ont un effet marqué sur leur consommation d'énergie, notamment dans le cas des faibles débits pour lesquels les régulations tout ou rien offrent en général le meilleur rendement énergétique.

La montre une courbe de rendement type de compresseurs commandés par modulation de la vanne d'aspiration avec et sans délestage du compresseur.



Fig(1.11) Compresseur rotatif à vis commandé par modulation de la vanne d'aspiration (2)

- **Compresseurs à cylindrée variable.** Certains modèles de compresseurs rotatifs à vis lubrifiés ont un débit de sortie variable qui est obtenu à l'aide de vannes de régulation spéciales, également appelées vannes à spirale, tournantes ou à clapet. Grâce à un système de régulation de la cylindrée variable, la pression de sortie et la consommation d'énergie du compresseur peuvent être très bien commandées sans avoir à démarrer/arrêter ou mettre en charge/ délester le compresseur. Ce mode de régulation offre un rendement satisfaisant pour des points de fonctionnement supérieurs à 60 % de la charge. Pour des débits inférieurs à 40 % de la capacité, l'utilisation de régulation de délestage par pressostats peut fortement réduire la consommation en énergie dans le cas des débits plus faibles.



Fig(1.12) Compresseur rotatif à vis à cylindrée variable (2)

- **Entraînement à vitesse variable (VSD).**

Dans ce mode de régulation, on fait varier la vitesse du compresseur en fonction des variations de la demande en air comprimé. On peut acheter des compresseurs à vis, lubrifiés ou non, avec des dispositifs de régulation de variation de la vitesse qui adaptent en continu la vitesse du moteur d'entraînement aux variations de la demande et assurent le maintien d'une pression constante. Normalement, ces types de compresseurs fonctionnent en régulation tout ou rien ou en charge/à vide lorsque la demande d'air comprimé tombe à une valeur inférieure à celle correspondant à la vitesse minimale de l'entraînement.

La plupart du temps, les compresseurs à vitesse variable offrent le meilleur rendement de fonctionnement à charge partielle. Théoriquement, lorsqu'une installation comporte de multiples compresseurs d'air, un ou plusieurs compresseurs à vitesse fixe devraient assurer la demande de base en air comprimé, un compresseur à vitesse variable (VSD) répondant alors aux demandes d'air variables ou momentanées.

Pour tirer pleinement parti des compresseurs à vitesse variable, on doit évaluer le volume approprié des réservoirs de stockage d'air pour différents scénarios de débit et de régulation.

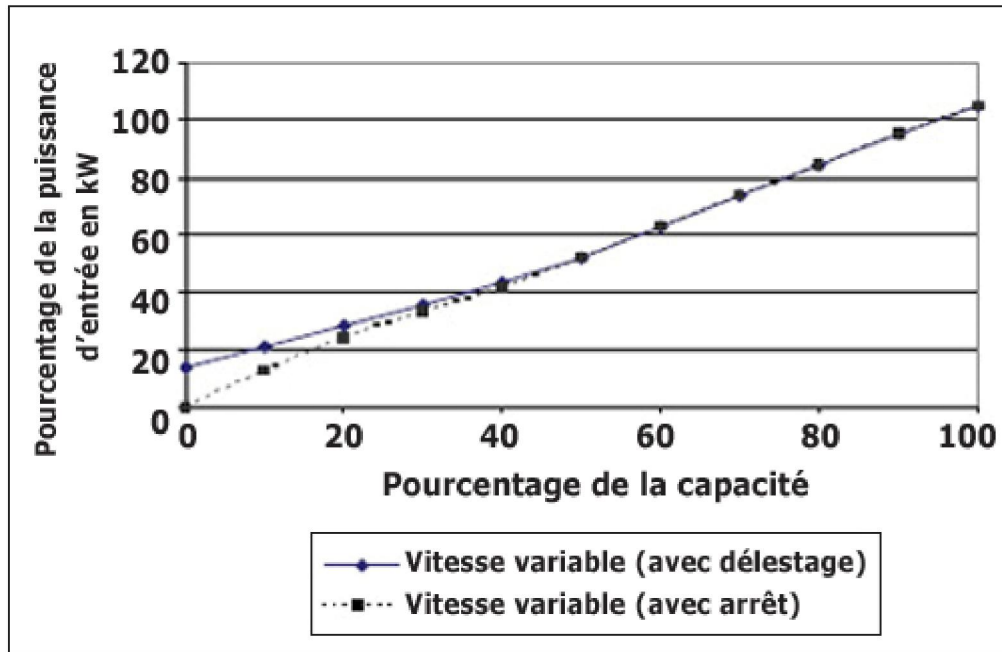


Fig (1.13) Courbe d'un compresseur rotatif à vis à vitesse variable en supposant des pertes de 5 % dans l'onduleur (2)

Il convient d'envisager des compresseurs à vitesse variable (VSD) pour répondre aux demandes momentanées (ou aux fluctuations de la demande), car ce sont en principe les compresseurs les plus efficaces pour alimenter des charges partielles.

Aptes à fournir de l'air à pression constante dans une gamme étendue de régulation, les compresseurs VSD ont une consommation d'énergie et un débit qui sont presque directement proportionnels à leur vitesse. Il pourrait ainsi en découler des économies d'énergie par rapport aux compresseurs à vitesse fixe comparables au cas où les compresseurs fonctionnent sous charge partielle. Souvenez-vous toutefois qu'aux pleines charges, les compresseurs VSD vont consommer légèrement plus d'énergie que les compresseurs à entraînement par moteur à vitesse constante de puissance comparable.

Comparaison des coûts de fonctionnement des différents modes de régulation

Le mode de régulation d'un compresseur peut avoir un effet prononcé sur ses coûts de fonctionnement. En mode de modulation, le compresseur va utiliser 90 % de sa puissance nominale. En mode en charge/à vide avec une capacité de stockage d'air minimale (1 gallon US par pi^3), le compresseur va consommer environ 92 % de sa puissance nominale. En portant la capacité de stockage de l'air à 10 gallons US par pi^3 , le compresseur en mode en charge/à vide va consommer environ 77 % de sa puissance nominale. Équipé d'un dispositif de régulation à vitesse variable, le même compresseur va consommer environ 66 % de sa puissance nominale.

f) Dispositifs de régulation de système de compresseurs multiples

Dans les systèmes de régulation de compresseurs multiples, le but recherché est de maintenir automatiquement, dans toutes les conditions de débit, la pression la moins élevée et la plus constante possible, tout en assurant que tous les compresseurs en service, à l'exception d'un seul, fonctionnent à pleine charge ou sont arrêtés. Le compresseur d'exception (unité d'appoint) devrait être celui qui est le plus apte à fonctionner avec un bon rendement aux charges partielles.

Les régulations locales du compresseur maintiennent de façon indépendante l'équilibre entre le débit du compresseur et la demande du système d'air comprimé et font toujours partie intégrante du compresseur. Pour atteindre le but recherché dans la régulation de compresseurs multiples, on doit faire appel à des dispositifs ou des modes de régulation plus sophistiqués (plages de pression en cascade, régulation supérieure en réseau ou du système) afin de coordonner le fonctionnement des compresseurs et la fourniture de l'air comprimé au système.

Dans un système d'air comprimé à compresseurs multiples, il est indispensable d'assurer une coordination appropriée qui permette de maintenir une pression adéquate et une efficacité accrue dès plusieurs compresseurs sont appelés à fonctionner.

Du fait que les systèmes de compresseurs sont généralement dimensionnés pour répondre à la demande maximale d'une installation, mais qu'ils fonctionnent normalement à des charges partielles, il est indispensable qu'une méthode de régulation garantisse que les compresseurs en marche fonctionnent avec une efficacité maximale. Voici une description de quelques méthodes courantes de régulation :

- **Régulation par plages de pression en cascade.** Ce type de régulation est la méthode la plus simple pour coordonner des compresseurs multiples. Dans ce mode de régulation, les pressostats de régulation locale des compresseurs sont réglés selon une configuration de chevauchement ou en cascade (voir la Figure 12). Cette méthode de régulation va mettre à vide ou en charge les compresseurs pour différentes valeurs de la pression dans le système, à mesure que la charge diminue ou augmente. La méthode de régulation en cascade se traduit par des pressions du système plus élevées que nécessaire pendant les périodes de charge partielle, ce qui occasionne une consommation d'énergie trop élevée. Par ailleurs, à mesure que le nombre de compresseurs à coordonner augmente, il devient de plus en plus difficile d'assurer une régulation précise des compresseurs sans dépasser, lors des faibles charges, la pression nominale des compresseurs raccordés au système, ou sans éprouver une pression basse dans le système pour les charges élevées.
- **Régulation en réseau.** Ce type de régulation fait appel à une caractéristique optionnelle de la régulation locale du compresseur pour le mettre en communication avec les autres compresseurs et former ainsi une chaîne de communication qui prend les décisions de marche/arrêt, mise en charge/délestage, modulation et variation de la vitesse. En général, un des compresseurs assure le rôle de chef de file alors que les autres sont asservis aux instructions du premier. Ce type de régulation est adaptable à un grand nombre de compresseurs tout en maintenant la pression dans le système, dans une plage de pressions plus faibles pour toutes les conditions de débit. En principe ce type de régulation ne peut interconnecter que des compresseurs du même fabricant.
- **Dispositifs de régulation supérieure des systèmes.** (Également appelés séquenceurs automatiques). Comparables aux dispositifs de régulation en réseau, ces dispositifs de régulation externes sont reliés au contrôleur local de chaque compresseur et permettent de maintenir la pression d'air comprimé du système dans une seule plage de pression plus étroite. La plupart des dispositifs de régulation supérieure peuvent s'adapter à des compresseurs de marques et types différents dans un même système d'air comprimé. Certains des dispositifs les plus récents comportent un grand nombre de fonctionnalités supplémentaires dont la possibilité de surveillance et de régulation des paramètres importants du système.
- **Régulation multiple de compresseurs VSD.** Les modes de régulation décrits plus haut peuvent englober un ou plusieurs compresseurs VSD. Il est alors important de s'assurer que la puissance variable totale est égale ou supérieure à celle du compresseur à vitesse fixe le plus puissant, à défaut de quoi il en résultera des lacunes dans la régulation. Une

lacune de régulation intervient lorsque, dans certaines conditions, la charge du système ne peut être satisfaite ni par la puissance de base, ni par celle des compresseurs VSD. Cette lacune de régulation va provoquer un conflit entre compresseurs de base et compresseurs VSD pour la position maîtresse, ce qui abaissera l'efficacité du système. Votre fournisseur pourra vous aider en termes de dimensionnement adéquat de vos compresseurs VSD.

- **En conclusion** :

- L'air comprimé est une source d'énergie essentielle pour la plupart des industries qui, cherchant à améliorer leurs gains de production, utilisent des équipements pneumatiques de plus en plus pointus.
- Dans cet objectif, s'assurer de la propreté de l'air est crucial. La meilleure qualité d'air possible permettra aux entreprises une meilleure productivité et une réduction des coûts de maintenance. Pour éviter toute contamination de l'air, il convient d'installer les composants nécessaires au bon traitement de l'air :
 - - des filtres
 - - des régulateurs
 - - des graisseurs
 - - des dessiccateurs d'air
 - - des séparateurs
 - et autres accessoires.

2.1 Introduction

CATIA : est un puissant logiciel de CFAO (Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur), conçu par Dassault Systèmes et commercialisé par IBM. Il est très utilisé en aéronautique et en automobile. La version 5 est disponible depuis fin 99. A chaque nouvelle release, il y a de nouveaux produits qui sont proposés et des fonctionnalités supplémentaires sont ajoutées aux modules existants. Au moment où ce manuel a été rédigé, la release 5 est opérationnelle depuis décembre 2000 (on parle de CATIA V5R5). A terme, tous les modules qui existent dans la version 4 (V4) seront présents dans la version 5. Le logiciel fournit une large gamme de solutions intégrées pour couvrir tous les aspects de design et de fabrication. Parmi les nombreuses fonctionnalités de base, on peut citer : conception de pièces assemblages rendu réaliste dessin interactif et génératif interfaces DXF/DWG, IGES Il permet ainsi de concevoir des pièces et des assemblages de pièces directement en 3 dimensions sans dessiner de plan. Lorsqu'on parle de la version 5, on utilise souvent la notion de maquette numérique. Ce terme désigne l'ensemble des données informatiques qui permet de manipuler un objet aussi bien ou mieux qu'on ne pourrait le faire avec une maquette réelle ou un prototype. On peut tester sa résistance à diverses contraintes, vérifier qu'un sous ensemble est montrable ou démontable, s'assurer que la mobilité des composants les uns par rapport aux autres ne génère pas de collision,... La maquette numérique permet de diminuer les coûts, les délais et d'augmenter la qualité car on évite de passer par une phase de prototype ou de maquette réelle. De plus, les modifications ultérieures sur les pièces sont beaucoup plus faciles à réaliser. Grâce au module de fabrication, on peut simuler l'usinage des pièces sur des machines à commande numérique et on peut générer automatiquement le fichier d'usinage qui est utilisé par la machine numérique réelle.

a) Partie des étapes d'exécution du dessin de la pièce**Etape 01**

1-Ouvrier le programme catia v5 en clique sur démarrer .

2-On choisi la fenêtre conception mécanique

3-On clique sur la fenêtre partie design pour choisir le plan YX

4-On commence par le dessin

5-Puis on clique sur la touche control

6-Tracer le cercle $R=25$ a partir du point 0 ensuite on prolonge les cotés de l'axe tangentiellement de 100 mm de chaque coté.

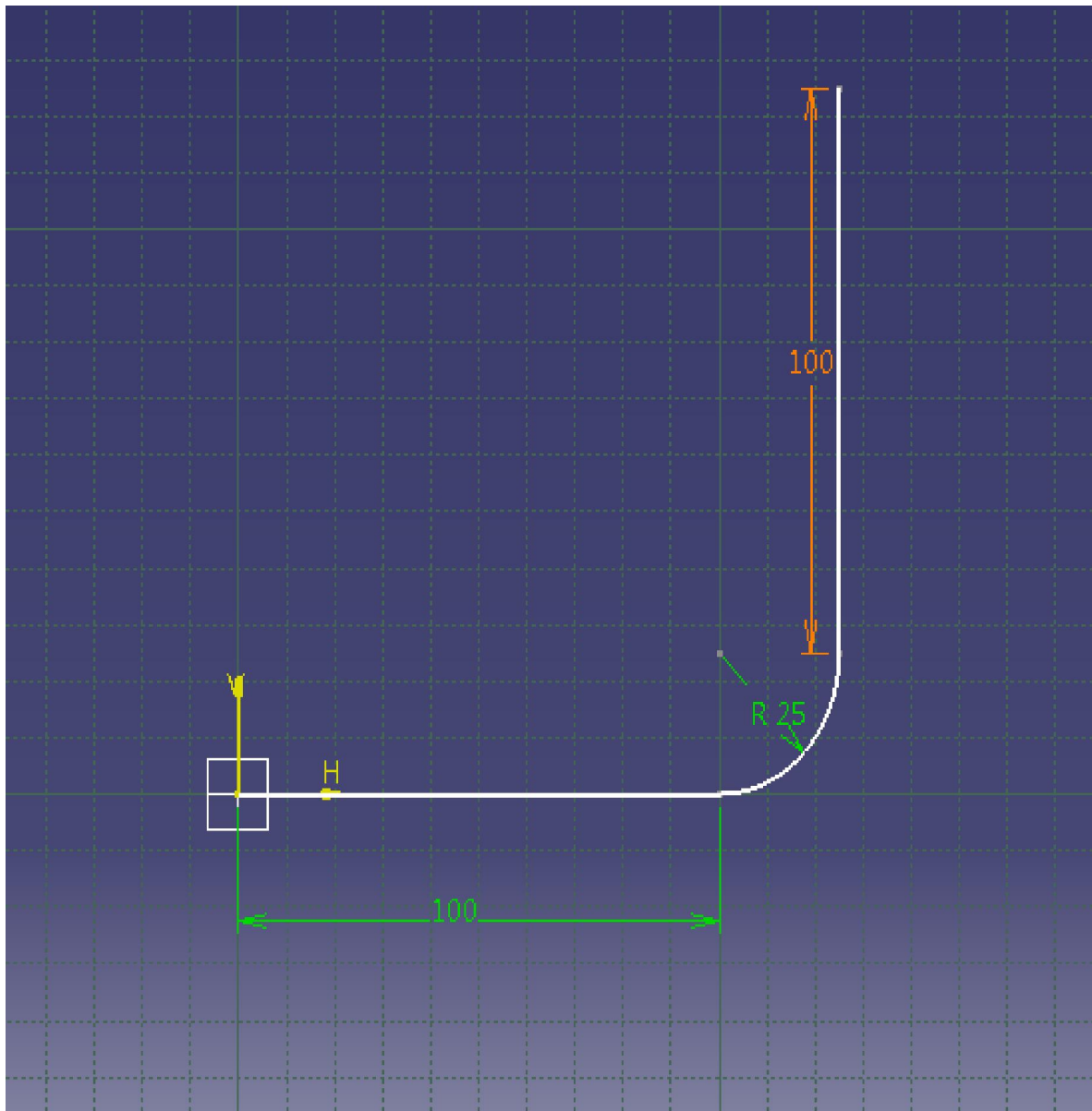
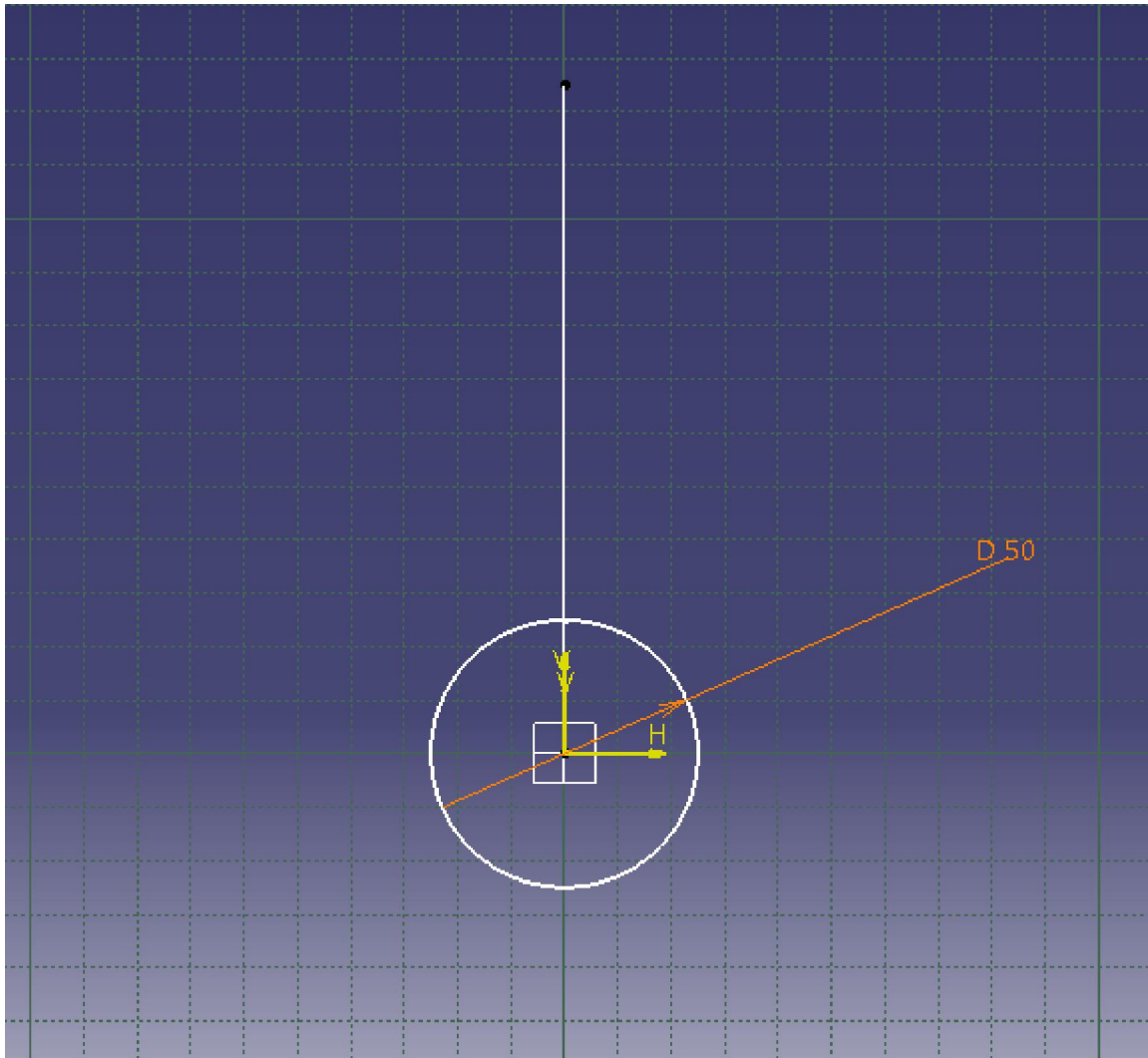


Fig (2.1) Positionnement de la pièce sur les axe

Etape 02

-On choisi le plan ZX en suite on appuis sur la fenêtre cercle en traçant un cercle de 50mm



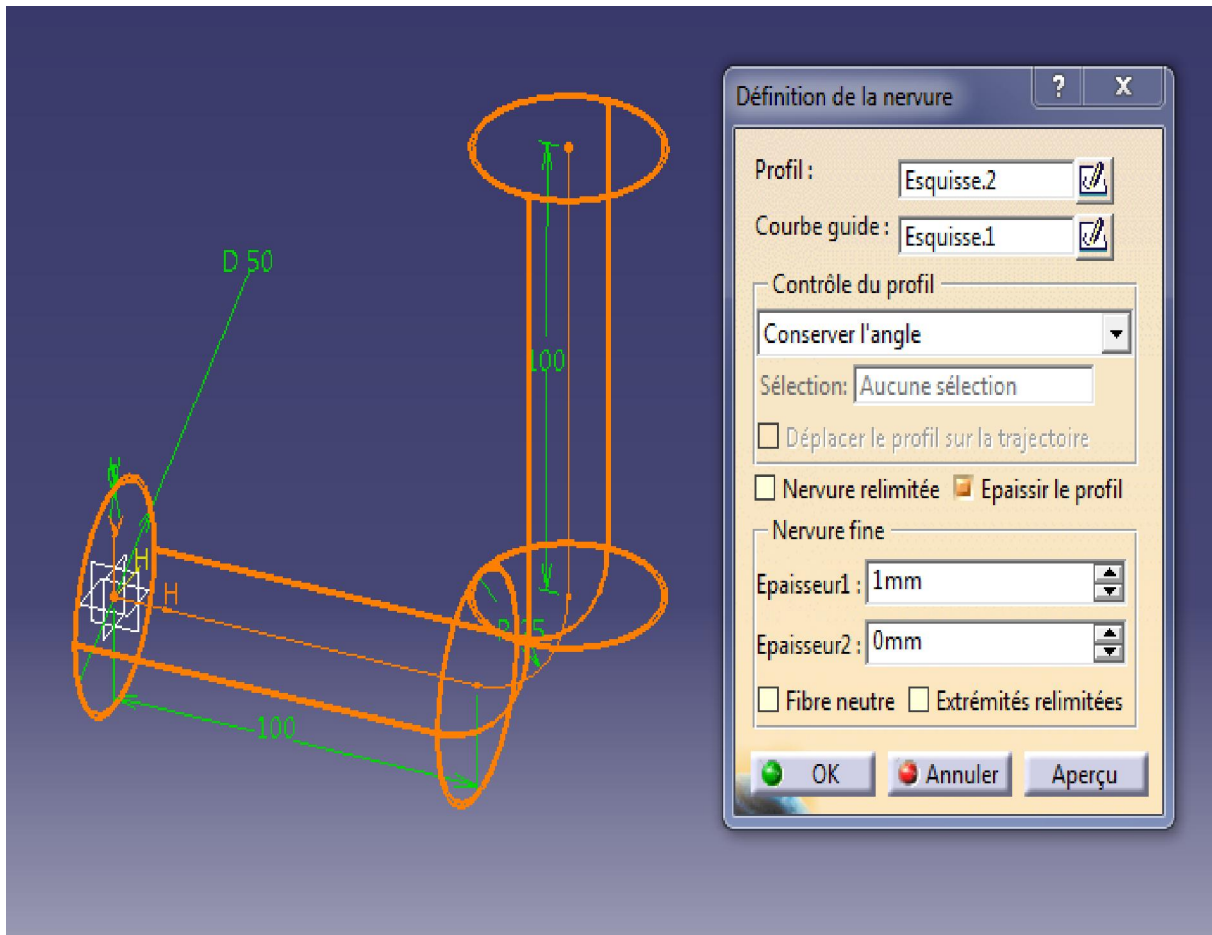
Fig(2.2) Réalisation d'un cercle.

Etape 03

On retourne vers notre partie pour choisir la nervure

-le profile c'est un cercle

-la courbe guide comme trajectoire qu'on a tracé



fig(2.3) Traçage de la nervure

Etape 04

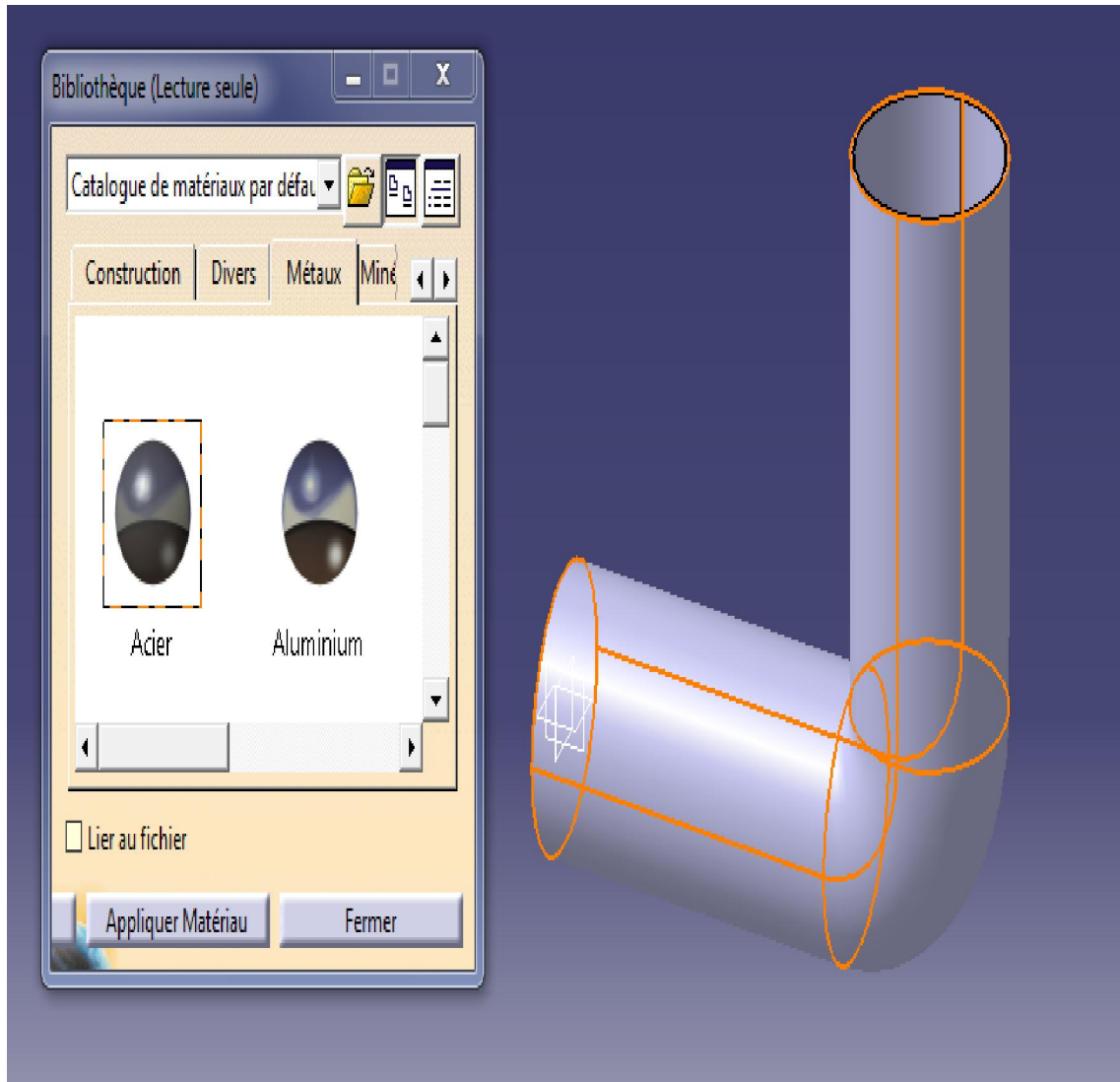
-On choisi le type de matériaux

-On clique sur la fenêtre appliquer des matériaux on prend le matériau de type acier

-On analyse le type de matériau est des matériaux isotopiques

-On indique les propriétés structurales

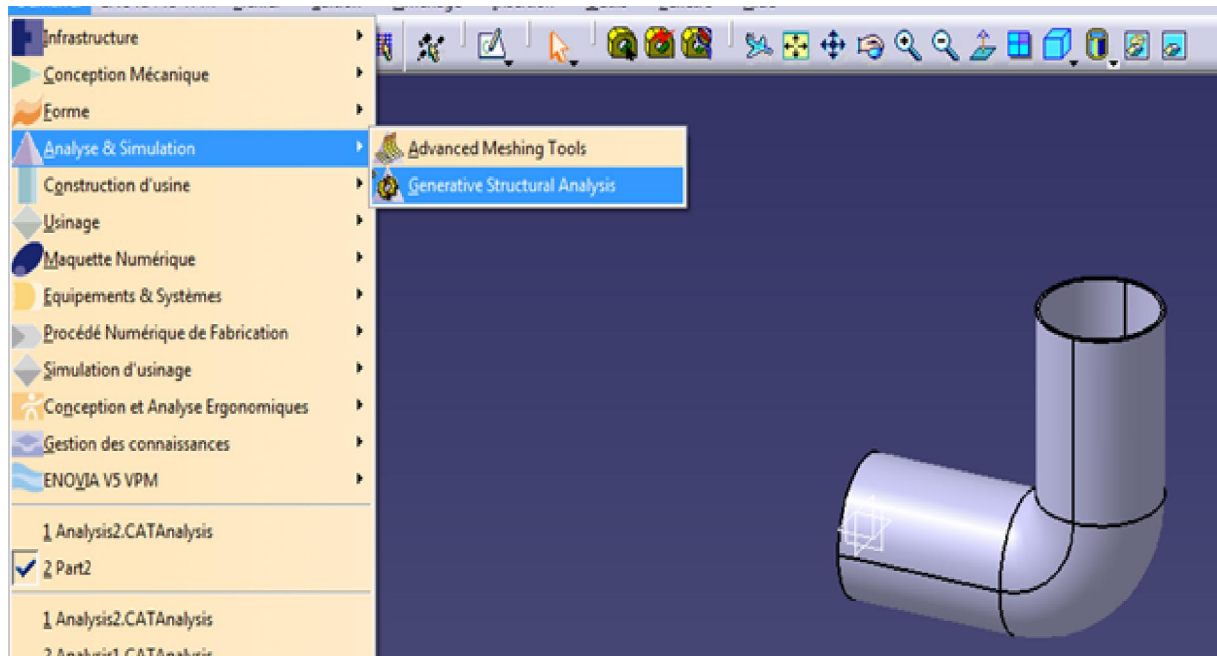
- 1) Module de Young : $2e +0,11 \text{ N.m}^2$
- 2) Coefficient de poisson : 0.266
- 3) Masse volumique : 7860 kg/m^3
- 4) Coefficient d'expansion thermique : $1.17e -005 \text{ k degré}$
- 5) Limite élastique : $2.5^e +008 \text{ N.m}^2$
Où : e-exponentiel



Fig(2.4)Choix des matériaux.

b) partie simulation**Etape 01**

-On clique sur la fenêtre (démarrer) et celle (analyse de simulation) puis sur (généralité structural analysis)



fig(2.5)Choix et analyse de simulation.

-On choisi la niveau d'analyse statique

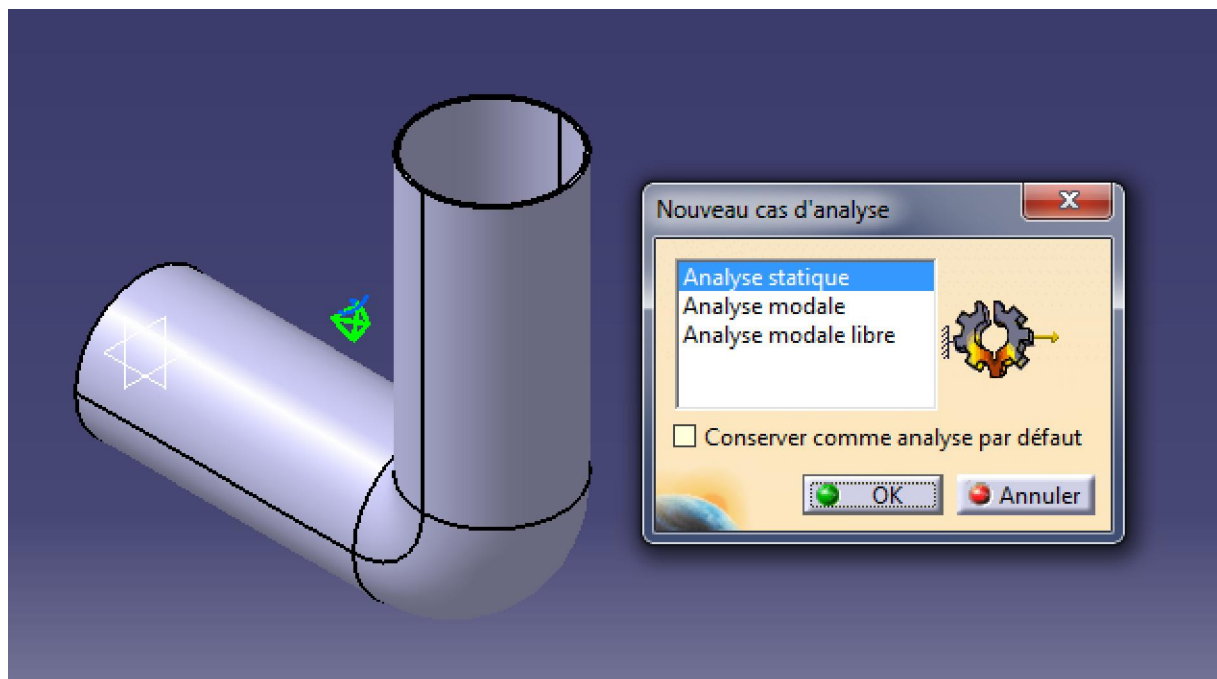
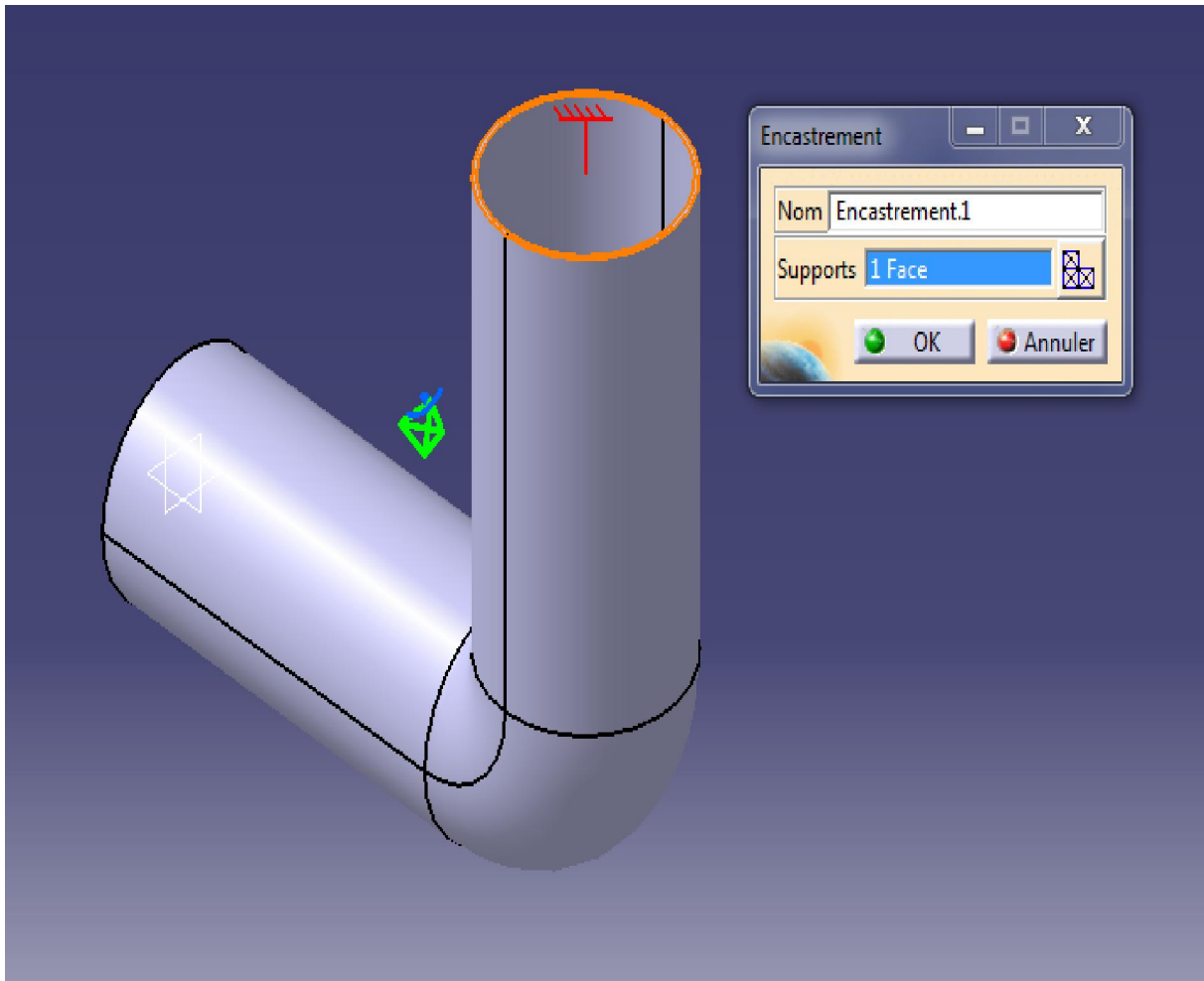


Fig (2.6) Analyse statique.

Etape 02

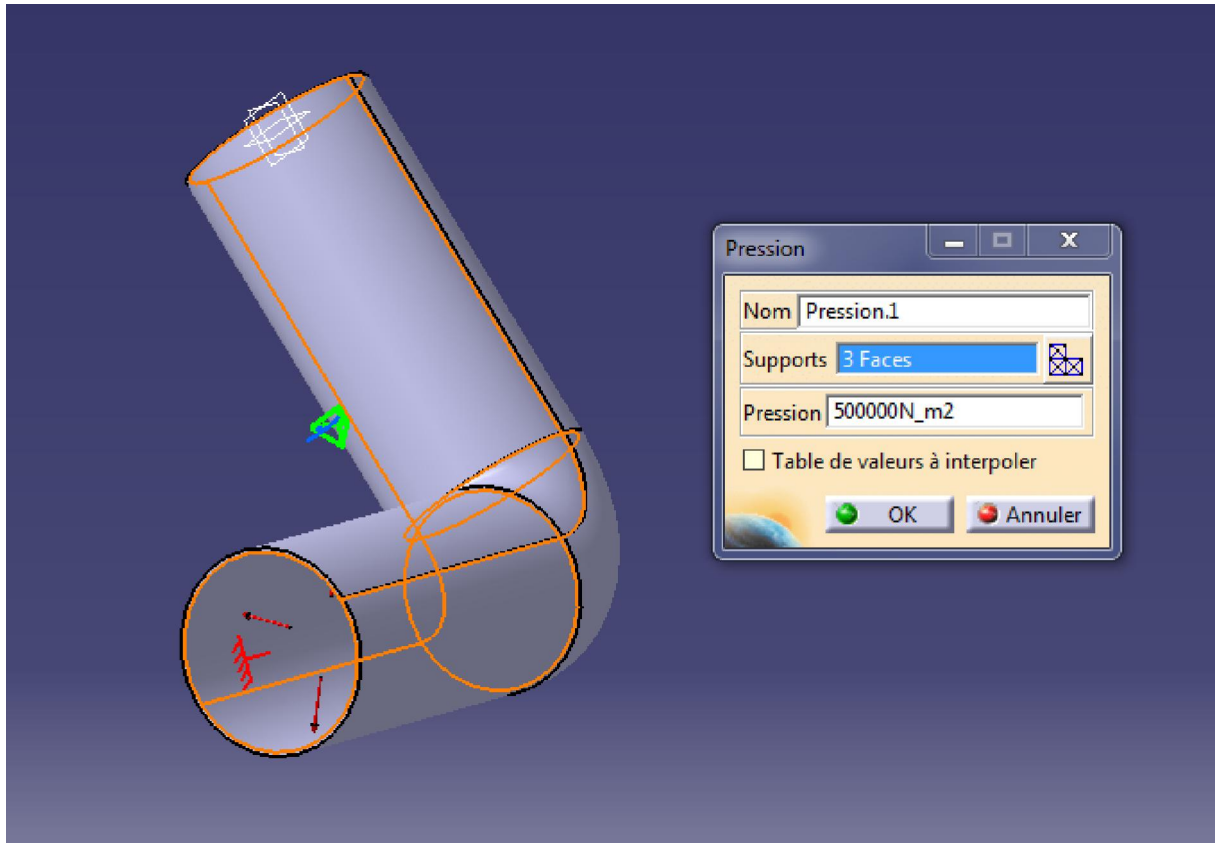
-On appuis sur la fenêtre (encastrement) puis on appuis sur (l'encastrement face 1)



Fig(2.7)Opération d'encastrement.

Etape 03

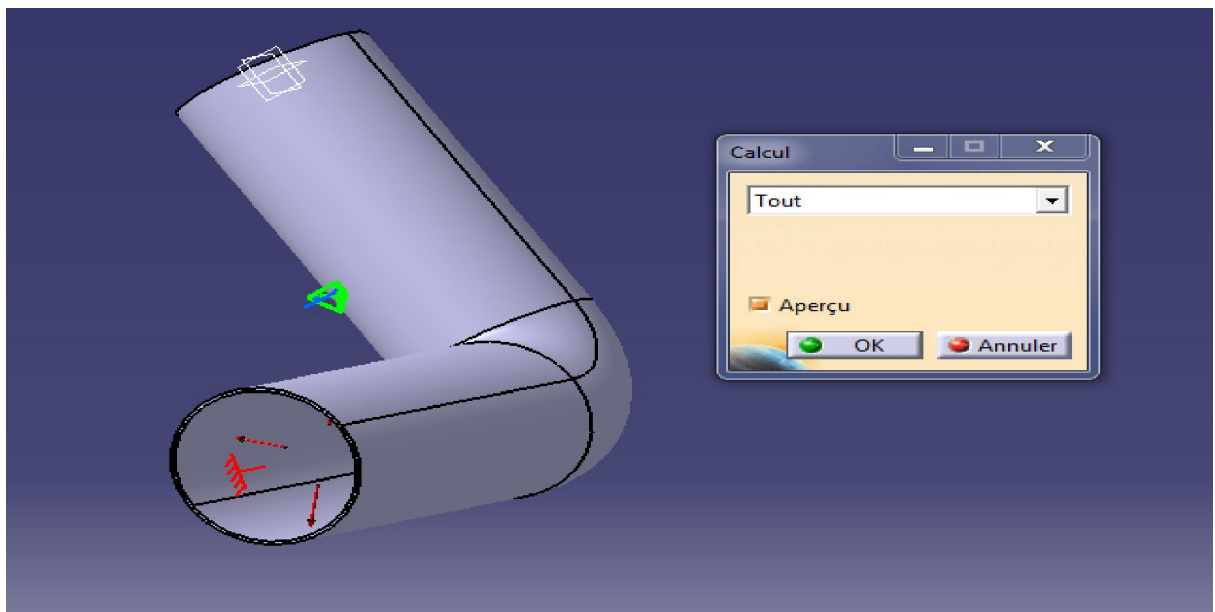
-On fait la distribution des pressions sur les trois faces 1 2 3 .La pression de charge dynamique appliquée sur la pièce est d'un ordre de 500000 N/m²



fig(2.8) Distribution des pressions.

Etape 04

-On fait le calcul sommaire



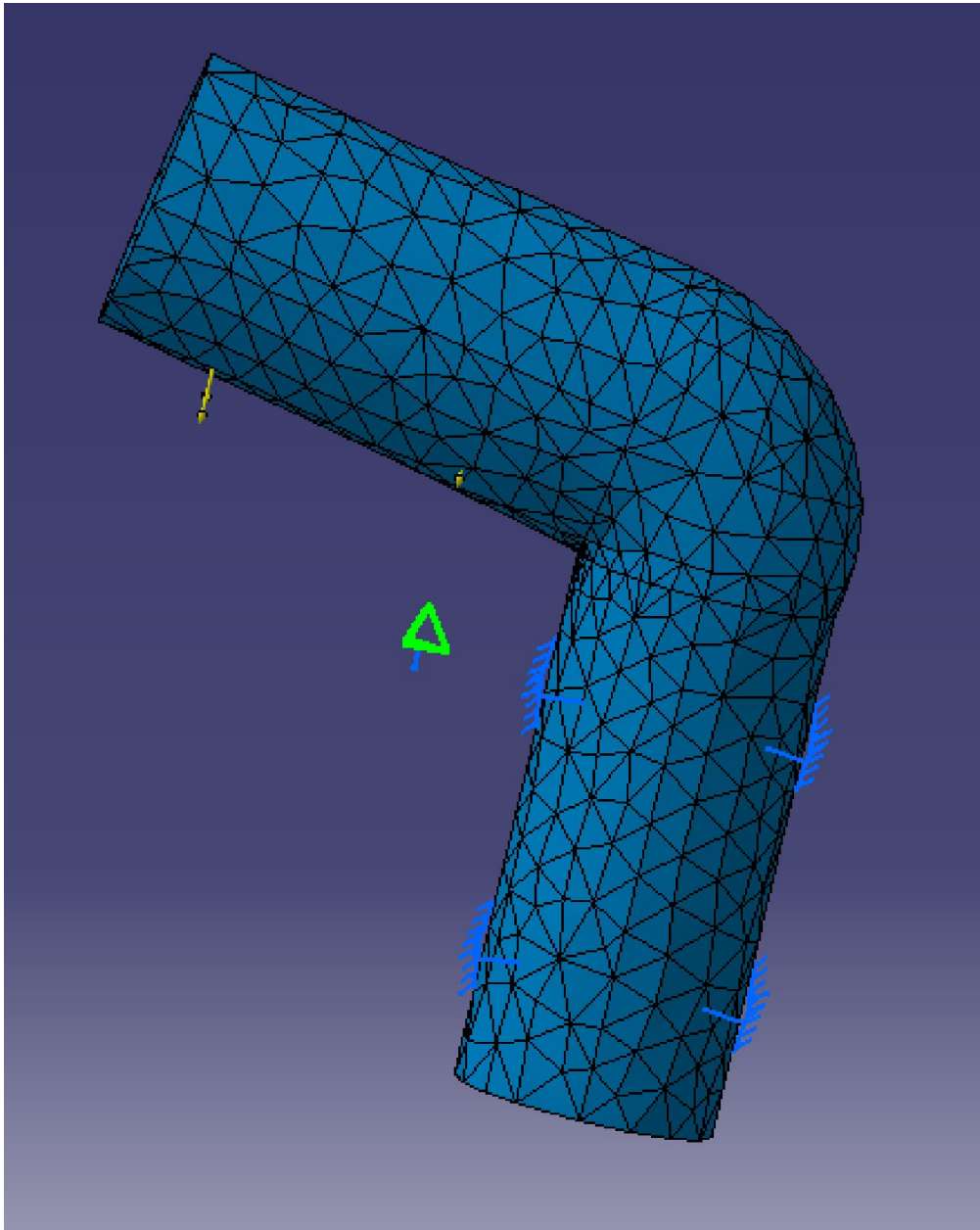
fig(2.9) Calcul sommaire

-On appuis sur calcul

Face 01 Face 02 Face 03

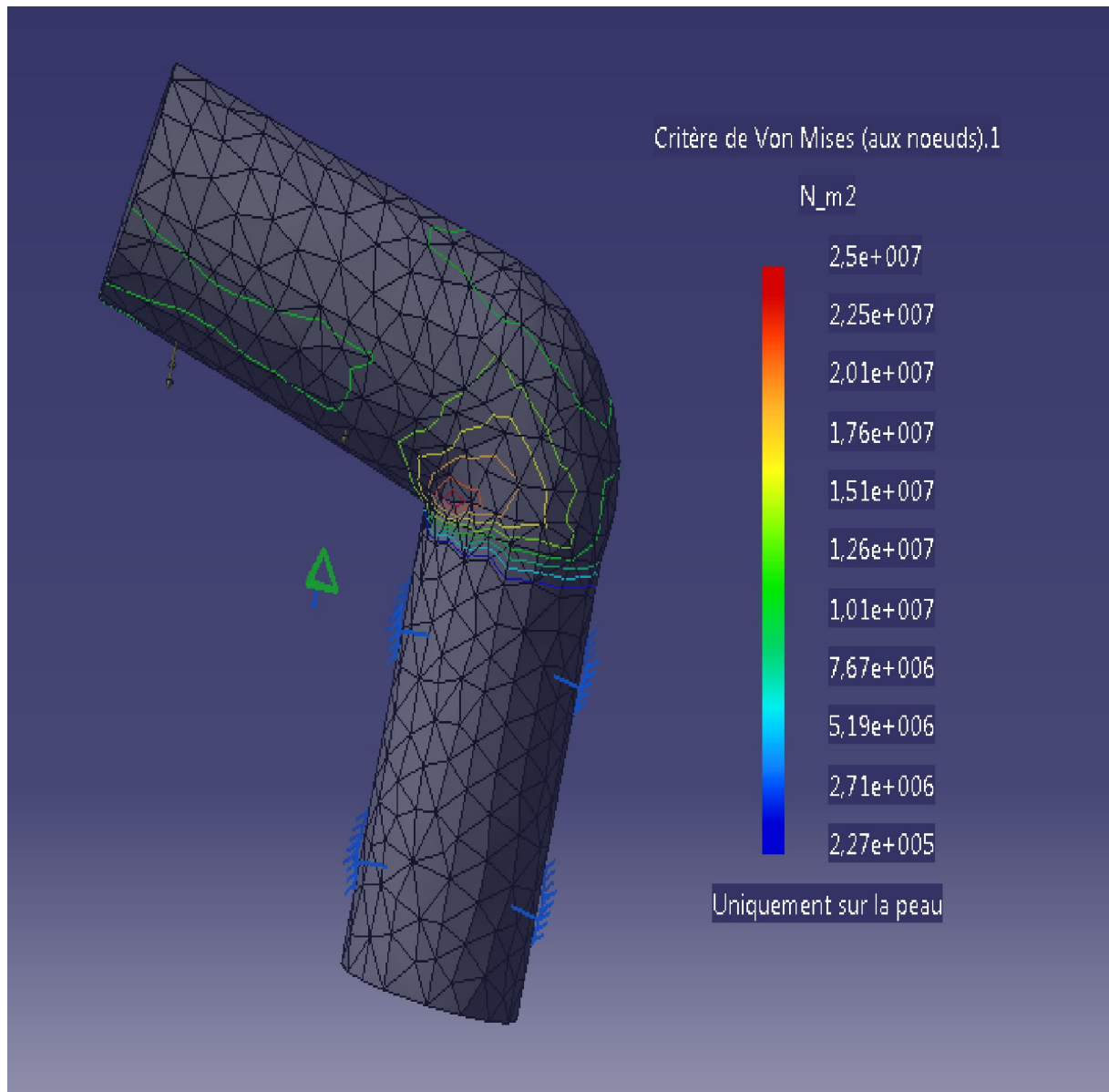
Etape05

-On choisi la fenêtre (image)
1-déformation



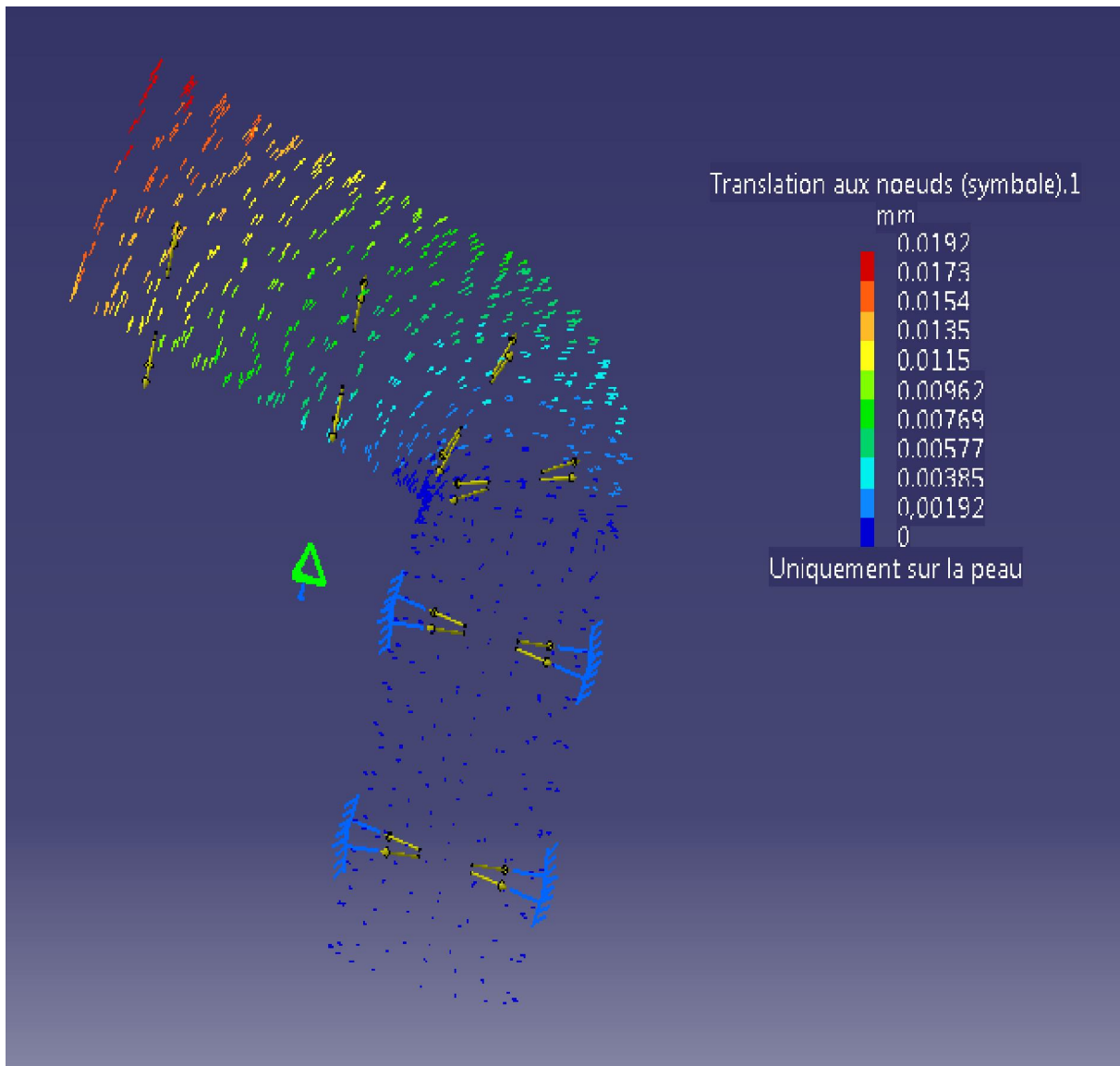
Fig(2.10)Extraction de la forme de déformation.

2-contraintes de van mises



Fig(2.11) Contraintes de van mises

3-Déplacement



fig(2.13) Déplacement.

Conclusion

Dans ce chapitre on a positionner notre pièce d'étude (tube d'air coudé se trouvant dans le circuit pneumatique) en indiquant les paramètres et dimensions principales et cela en trois démentions.

Pour la pression qui est notre paramètre d'étude dans cette partie du circuit ;sa distribution a l'intérieure de la conduite coudée est caractérisée par une augmentation ,de la partie extérieure du grand diamètre du coude vers la partie interne du coude d'un petit diamètre. Cet accroissement est expliquer par l'augmentation de la force selon les graphe tracés a l'intérieur du coude voir Figure (2.11),(2.12),(2.13).

Exemple de calcul d'une installation d'air comprimé dans une mine**3.1. Introduction**

Les installations d'air comprimé sont destinées à la production de l'air sous pression utilisé pour la commande pneumatique des différents dispositifs fonctionnant dans des entreprises surtout de mines. L'énergie pneumatique est la plus chère énergie à cause du petit rendement des dispositifs pneumatiques.

Mais malgré cet inconvénient elle est utilisée très largement dans les dispositifs mécaniques, y compris dans les entreprises minières modernes.

L'application de l'énergie pneumatique permet d'utiliser certains mécanismes de construction simple et de fonctionner sûrement. L'air comprimé après son utilisation par des mécanismes, n'exige pas la dérivation spéciale, mais au contraire il améliore l'atmosphère.

L'installation d'air comprimé de mine est composée des éléments suivants (fig.3.1) : - compresseur (un ou plusieurs réservoirs d'air, conduites d'air permettant de transporter l'air comprimé jusqu'aux consommateurs de l'énergie pneumatique et des dispositifs auxiliaires nécessaires pour aspirer l'air atmosphérique et pour refroidir l'air comprimé.

Les réservoirs d'air 2 et 4 sont destinés à stabiliser la pression et à séparer l'air et les vapeurs d'eau et d'huile existant dans l'air comprimé, le réservoir 4 est installé dans la recette du fond.

Les conduites principales d'air comprimé sont placées le long du puits et du travers-banc, ces conduites se ramifient en conduites d'amenée (en point de ramification 8) qui passent le long des galeries aux certains quartiers de la mine

Le long des galeries d'abattage on place les conduites ou les boyaux d'air comprimé pour joindre les consommateurs de l'énergie pneumatique.

Pour transporter l'air comprimé le long du puits, de travers-banc et des galeries on utilise les conduites de diamètre 25-250 mm, les conduites d'air comprimé expérimentalement doivent avoir la pente 1/300 à la direction du mouvement de l'air, elles doivent être suspendues par l'intermédiaire des colliers à boyau fixés dans le boisage.

3.2. Types de compresseurs

D'après le principe de fonctionnement tous les compresseurs sont divisés en trois groupes suivants :

1) Compresseurs à piston caractérisée par tel fait que la compression de l'air est réalisée en conséquence du mouvement alternatif du piston dans le cylindre.

2) Turbo compresseurs réalisant la compression de l'air par la force centrifuge née au cours de la rotation des roues mobiles.

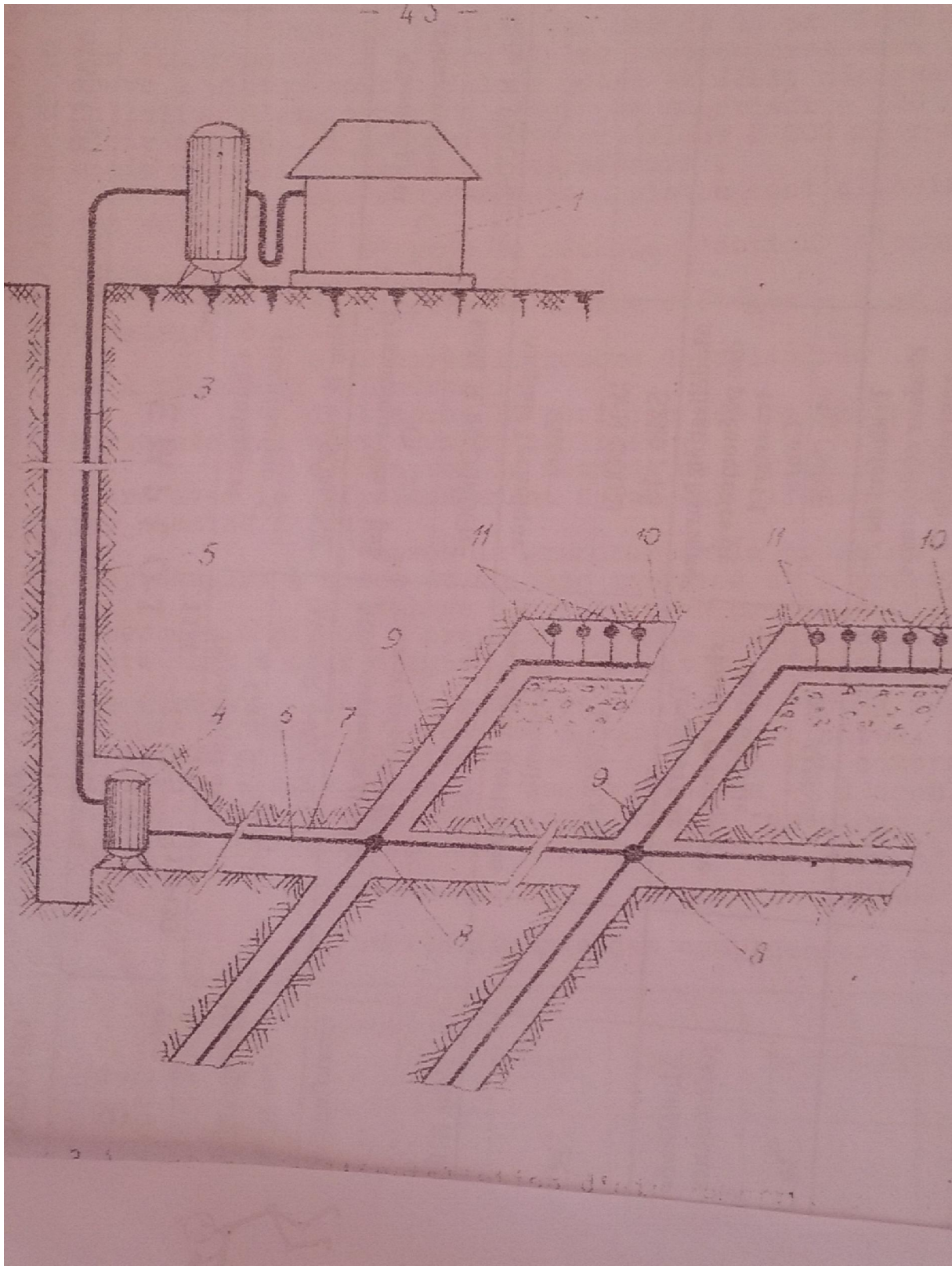


fig.(3.1) schéma de l'installation d'air comprimé (3).

1) compresseur 2) Réservoir d'air 3) Conduite d'air dans le puits 4) Réservoir d'air intermédiaires 5) puits 6) Conduite d'air dans les travers-banc 7) travers-banc 8) Point de ramification 9) galerie 10) Taille d'abattage 11) consommateur d'air comprimé

3) compresseurs rotatifs à palettes multiples effectuant la compression de l'air pour le compte de la diminution graduelle des volumes séparés de l'air aspiré.

Dans la plupart des cas de la pratique on utilise les compresseurs à piston et les turbocompresseurs, les compresseurs à piston sont utilisés quand le débit nécessaire de l'installation d'air comprimé n'est pas supérieur à 200 m³/min (de l'air aspiré), si le débit est supérieur à 200 m³/min on recommande d'utiliser les turbocompresseurs.

Les compresseurs à piston sont classifiés de façon suivante :

- a) d'après la méthode d'action – compresseurs à simple effet et à double effet ;
- b) d'après le nombre d'étages – à un étages et à plusieurs étages
- c) d'après le nombre de cylindres – à un cylindres et à plusieurs cylindres ;
- d) d'après la position des cylindres – compresseurs horizontaux, verticaux et inclinés ;
- e) d'après la méthode de refroidissement – compresseurs avec le refroidissement forcé par circulation d'air et par chemise d'eau ;
- f) d'après la grandeur de la pression finale – compresseurs à basse et à haute pression et à moyenne,

On utilise d'habitude en pratique minière les compresseurs à piston à pression moyenne jusqu'à 8 at. Les compresseurs sont à deux étages, leur débit ne dépasse pas 130-150 m³/min. Les compresseurs de débit $Q > 10$ m³/min sont fabriqués d'habitude à deux et à quatre cylindres, à simple effet, verticaux. Si le débit $10 < Q < 50$ m³/min les compresseurs sont fabriqués à deux étages, à deux cylindres et à double effet (fig 3.2). les paramètres principaux

De certains compresseurs à piston fabriqués en URSS sont représentés dans le tableau (3.1)

TABLEAU (3.1) Caractéristiques des compresseurs à piston (3)

type de compresseur		200-10/8	2p-20/8	b-300-2k	55-b	2p
débit, m ³ /min		10	20	40	60	100
pression effective at		8	8	8	8	8
nombre de va et vient du piston, t/min		720	500	330	187	167
puissance absorbée, kW		75	120	250	360	560

D'après leur principe de fonctionnement les turbocompresseurs sont des turbomachines, c'est pourquoi ils sont composés partiellement de compresseur centrifuges, de plusieurs roues mobiles, fixées sur l'arbre commun et liées en série, le nombre d'étages de compression d'un turbocompresseur correspond au nombre de roues mobiles.

Puisque la pression maximum réalisée par une roue mobiles est limitée par la vitesse tangentielle maximum possible sa valeur pratiquement est étale à 0, 3/0, 5 at.

C'est pourquoi on utilise en pratique minière les turbocompresseurs dont le nombre d'étages est de 5 à 16 (fig.3.3).

En tenant compte de tel fait que le volume d'air diminue après avoir passé un étage, on utilise les roues mobiles de diamètre extérieur différent.

Les canaux de dérivation pour la distribution, sont munis par les appareils directeurs, et servent à transformer la pression dynamique en pression statique et à augmenter la pression totale pour la diminution de la vitesse d'écoulement d'air à l'entrée de la roue mobile de chaque étage.

3.3.Régime de fonctionnement des compresseurs et leurs réglages.

Le régime de fonctionnement des compresseurs est déterminé par leurs caractéristiques et par les caractéristiques des réseaux extérieurs, le réseau d'air comprimé est caractérisée par la variation du débit de l'air.

Le débit réel d'un compresseur à piston est défini par le volume utile du cylindre du premier étage et dans le cas d'un compresseur à double effet est étage à :

$$Q=\lambda(2S-S')ln , m^3/min \quad (3.1)$$

Et dans le cas d'un compresseur à simple effet :

$$Q=S ln, m^3/min \quad (3.2)$$

Où

S- est la section du piston m^2 ;

S- est la section de la tige –glissière du piston, m^2 ;

L- est le course de va- et- vient du piston par minute ;

λ - est le coefficient de débit dont la grandeur en cas des compresseurs à un étage $\lambda = 0.80/0, 0.87$ et en cas des compresseurs à deux étage $\lambda = 0.88/0.92$

La variation du débit de l'air comprimé dans le réseau provoque un petit changement du débit d'un compresseur à piston, c'est pourquoi, du point de vue pratique, on peut compter le régime de fonctionnement des compresseurs à piston indépendamment du réseau extérieur de l'installation d'air comprimé.

Le régime de fonctionnement des turbocompresseurs diffère de celui d'autre turbomachine par le débit non constant de l'air et celui de la pression.

La variation du débit de l'air comprimé dans le réseau due à la variation de la résistance du système définit automatiquement le changement du débit du turbocompresseur (fig.3.4).

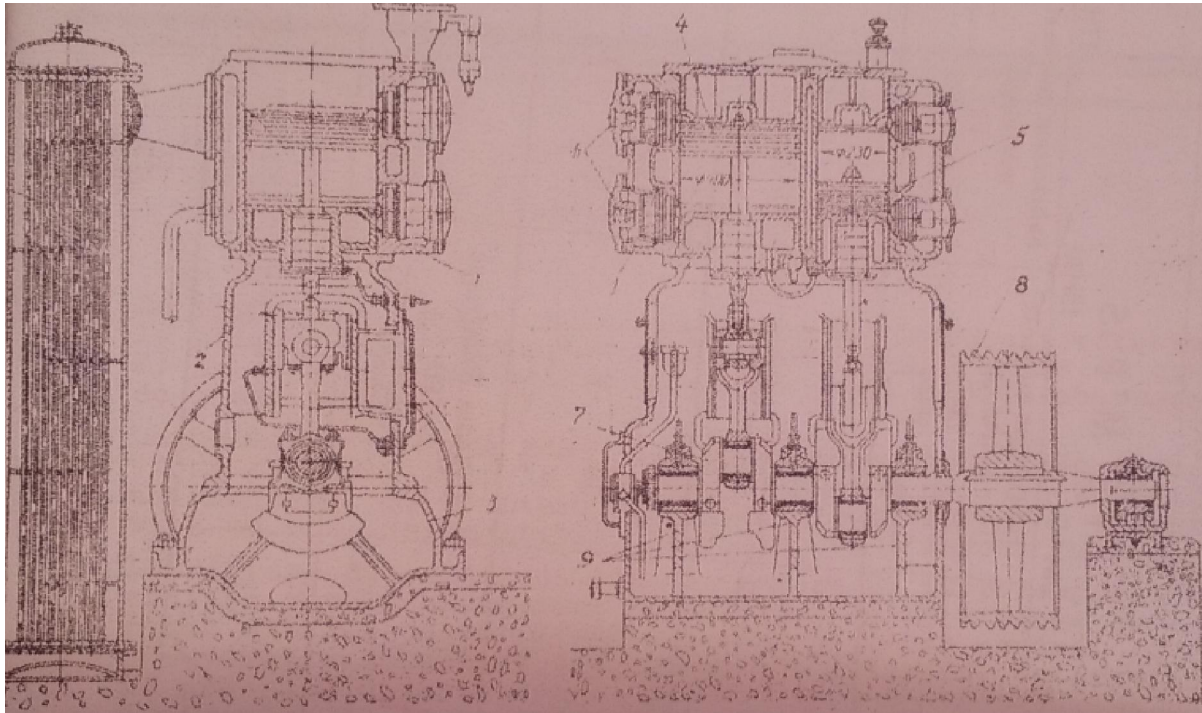


Fig.(3.2) Compresseur a deux étages et a double effet.(3)

- 1) bloc de cylindre 2) base 3) châssis 4,5) pistons 6) clapets 7) arbre coudé 8) poulie commandée 9) coussinet 10) réfrigérant

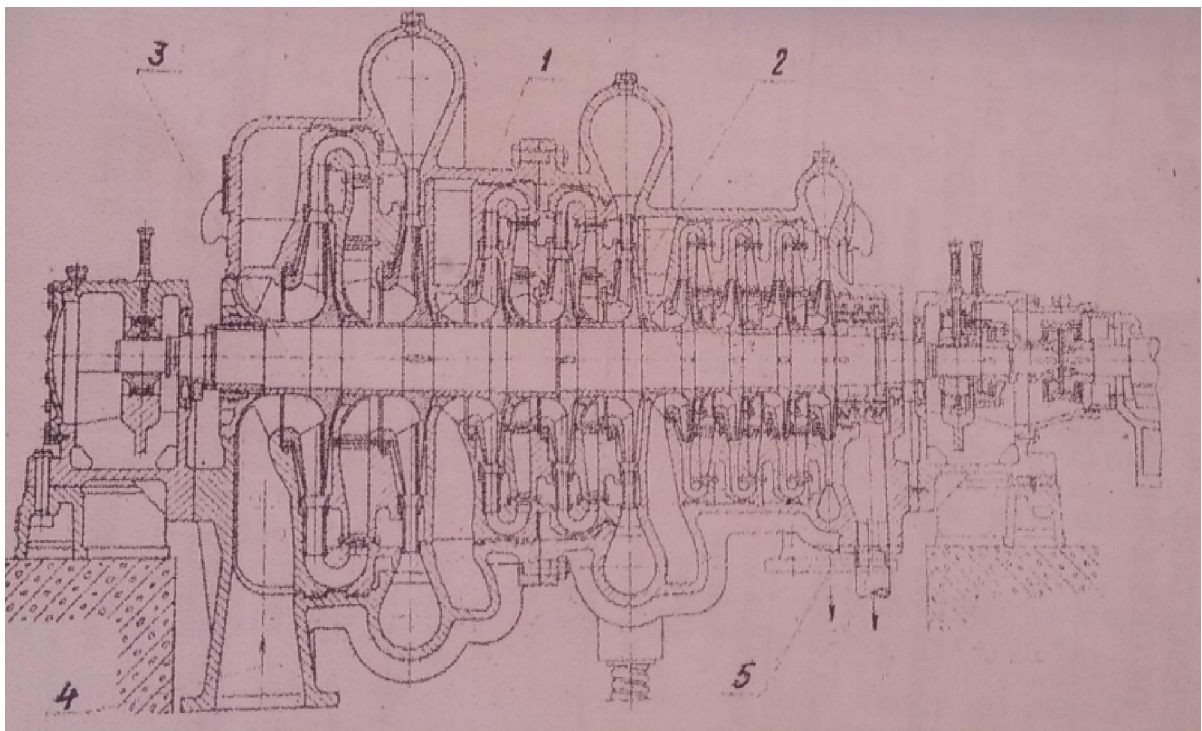


Fig.(3.3) Turbocompresseur à neuf étages (3)

- 1) corps 2) roues mobiles 3) arbre commun 4) entrée de l'air atmosphérique 5) sortie de l'air comprimé

Le réglage du débit des compresseurs à piston est effectué par :

- 1) le changement de la vitesse de rotation de l'arbre du compresseur
- 2) le stoppage périodique du compresseur
- 3) le changement du volume d'air aspiré

La première méthode n'est pas pratiquement utilisée dans les installations de mine, dans la plupart des cas on utilise la troisième méthode réalisée par l'intermédiaire de l'ouverture des clapets d'aspiration ou par l'augmentation du volume de l'espace nuisible.

Le réglage du régime de fonctionnement du turbocompresseur peut être réalisé par le changement automatique de la vitesse de rotation des roues mobiles ou par l'étranglement de l'air aspiré, le degré de l'ouverture du clapet étrangleur est déterminé automatiquement selon la pression dans le réseau pneumatique, l'étranglement définit la diminution de la pression à l'entrée de l'air dans la première roue et par conséquent, la diminution de la pression finale critique P_{\max} (fig.3.5) et la largeur de la zone stable du fonctionnement du turbocompresseur.

Le régime stable du fonctionnement d'un turbocompresseur est limité par la valeur de la pression $P=0.9 P_{\max}$.

3.4. Refroidissement des compresseurs et des réservoirs d'air comprimé

Le refroidissement de l'air comprimé dans les compresseurs à plusieurs étages est effectué à l'aide des chemises d'eau et des refroidisseur d'air intermédiaires.

Pour refroidir les cylindres des compresseurs à piston et les chambres de travail des turbocompresseurs on utilise les chemises d'eau autour de ces cylindres et leurs couvercles ou autour des chambres de travail.

Dans ces cas l'eau passe dans les chemises avec circulation pendant le fonctionnement des compresseurs, mais pour les petits compresseurs on utilise le refroidissement à air.

Des refroidissements intermédiaires utilisés pour réduire la température de l'air avant l'entrée dans le suivant étage du compresseur, dans ces refroidissements l'eau réfrigérante passe entre des tubes (fig.3.6).

Le débit nécessaire de l'eau pour bien refroidir le compresseur est déterminé par le débit d'air de ce compresseur.

Chaque installation d'air comprimé doit avoir un réservoir d'air dont la position est entre le compresseur (ou les compresseurs) et le réseau d'air comprimé, la capacité du réservoir d'air dépend du débit de l'installation et elle est déterminée d'après les formules empiriques.

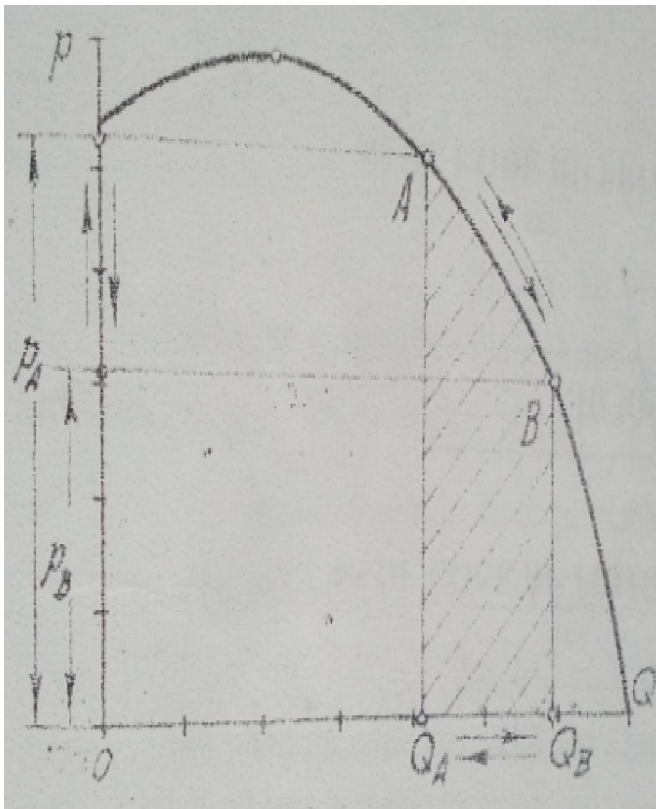


fig.(3.4) Régime de fonctionnement d'un Turbocompresseur (3)

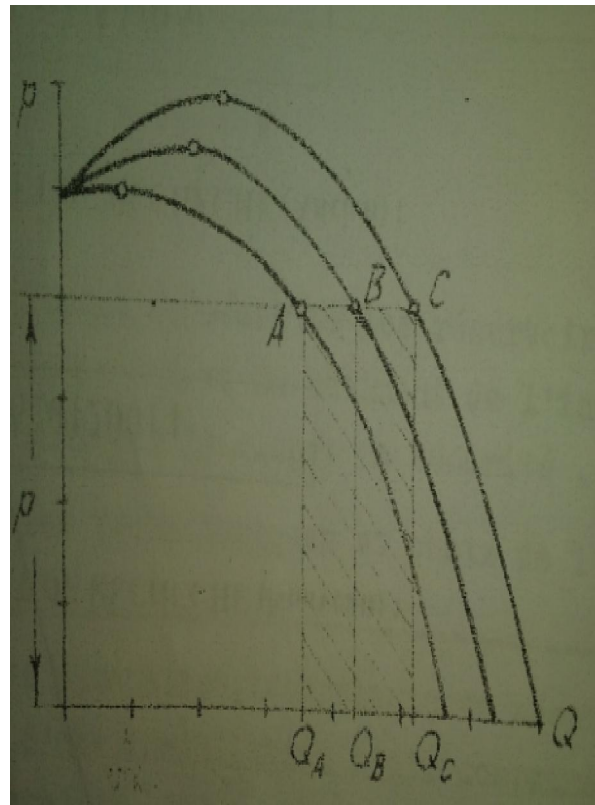


fig.(3.5) Réglage du régime par l'étranglement de l'air aspiré(3)

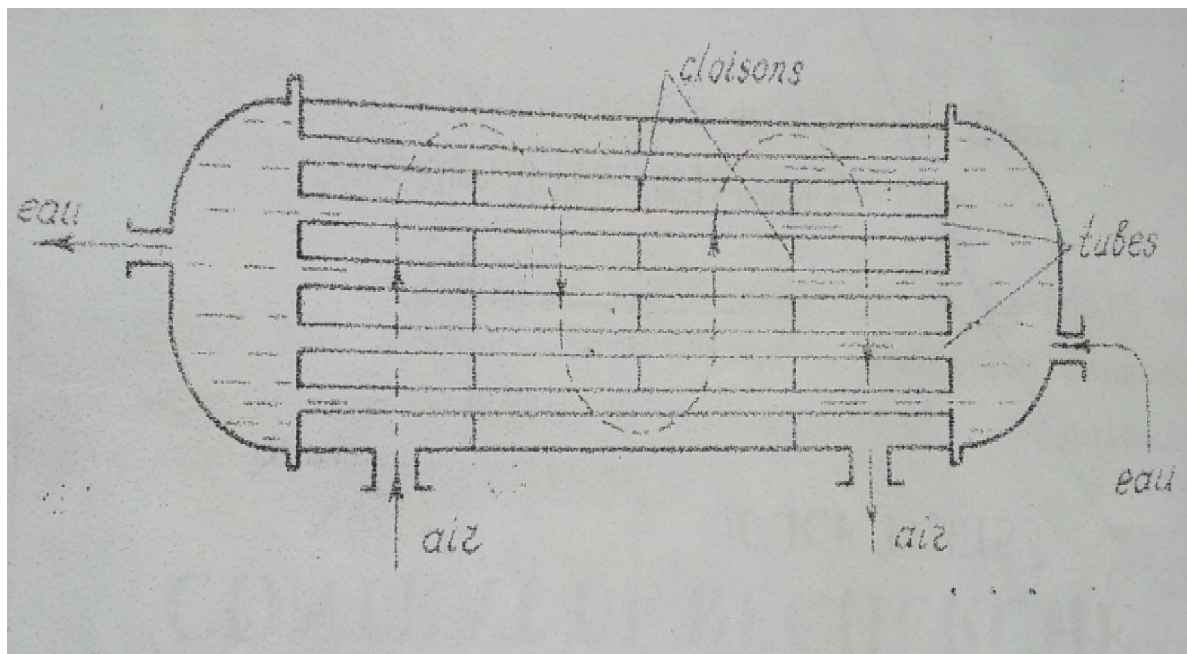


Fig.(3.6) Schéma du refroidisseur (3)

Selon le règlement de sécurité les réservoirs d'air doivent être installés au dehors du bâtiment de l'installation, chaque réservoir d'air est muni par le clapet de sécurité.

Selon le règlement de sécurité les réservoirs d'air doivent être installés au dehors du bâtiment de l'installation, chaque réservoir d'air est muni par le clapet de sécurité.

3.5. Calcul des paramètres technologiques et choix de l'installation d'air comprimé

Le calcul des paramètres technologiques nécessaire au cours de la projection d'une installation d'air comprimé comprend les étapes suivantes :

- 1) Détermination du débit de l'air comprimé par les consommations de la mine.
- 2) Calcul du réseau des conduites d'air comprimé .
- 3) Détermination de la pression de travail de l'installation.
- 4) Choix des compresseurs et détermination de leur réserve.
- 5) Détermination du débit de l'eau réfrigérante et de la consommation de l'énergie électrique.

a) Débit de l'air comprimé

Le débit de l'air comprimé pour toute la mine dépend du genre des consommateur de leur nombre et régime de fonctionnement, on calcule ce débit d'après la formule suivant :

$$Q_c = \sum^n q_i k_i m_i n, q_j, m^3/\text{min} \quad (3.3)$$

Où : q_j - est la quantité de l'air par consommateur m^3/min ,

m_i - est le nombre de consommateur, identiques,

n -est le nombre de différents groupes.

K_i -est le coefficient de simultanéité du fonctionnement des consommateurs identiques

$k_i = 1,0/0.7$ si $m_i = 1/50$ et $k_i = 0.7$ si $m > 50$;

α - est le coefficient qui tient compte de l'usure des machines pneumatique, $q_i = 1,1-1.15$

b) Pression de travail et le réseau de conduites.

La pression de travail de l'air comprimé dans les mines métallifères et dans les carrières est de 5/6 at. Par rapport aux mines houillères qui est de 4/4,5 at.

Pour réaliser ces grandeurs de la pression dans les endroits du fonctionnement de consommation de l'air comprimé il faut prendre en considération les pertes de pression dans le réseau, ces pertes sont dues aux fuites de l'air comprimé .

Dans les premières on tient compte de l'augmentation de la quantité d'air qui est nécessaire pour les consommateurs (coefficient α dans la formule 3.3).

Les pertes qualitatives sont calculées d'après la formule de Darcy veisbach, connue de l'hydraulique, en tenant compte des résistances locales et la répartition des conduites.

En désignant les pertes de pression par Δp , on a :

$$\Delta p = 8 \cdot 10^{-5} \lambda \frac{Q_{com}^2 L \alpha}{\alpha g} \quad , \text{at. (3.4)}$$

Où λ est le coefficient de frottement hydraulique ;

d est le diamètre de la conduite, m ;

L est la longueur des conduites qui tient compte de la longueur équivalente L_{equiv} des résistances locales, m :

$$L_{equiv} = \frac{d \sum \xi}{\lambda^2} ,$$

$\sum \xi$ est la somme des coefficients de pertes locales

Q_{com} est le débit de l'air comprimé, m^3/s ;

g est l'accélération de la pesanteur, m/s^2 ;

Pour faciliter les calculs on utilise le nomogramme, construit d'après la formule (3.4) et représenté sur la (fig.3.7) mais le débit de l'air comprimé est transformé sur ce nomogramme en débit de l'air atmosphérique et les pertes de pression sont données en fonction de cette pression dans la conduite.

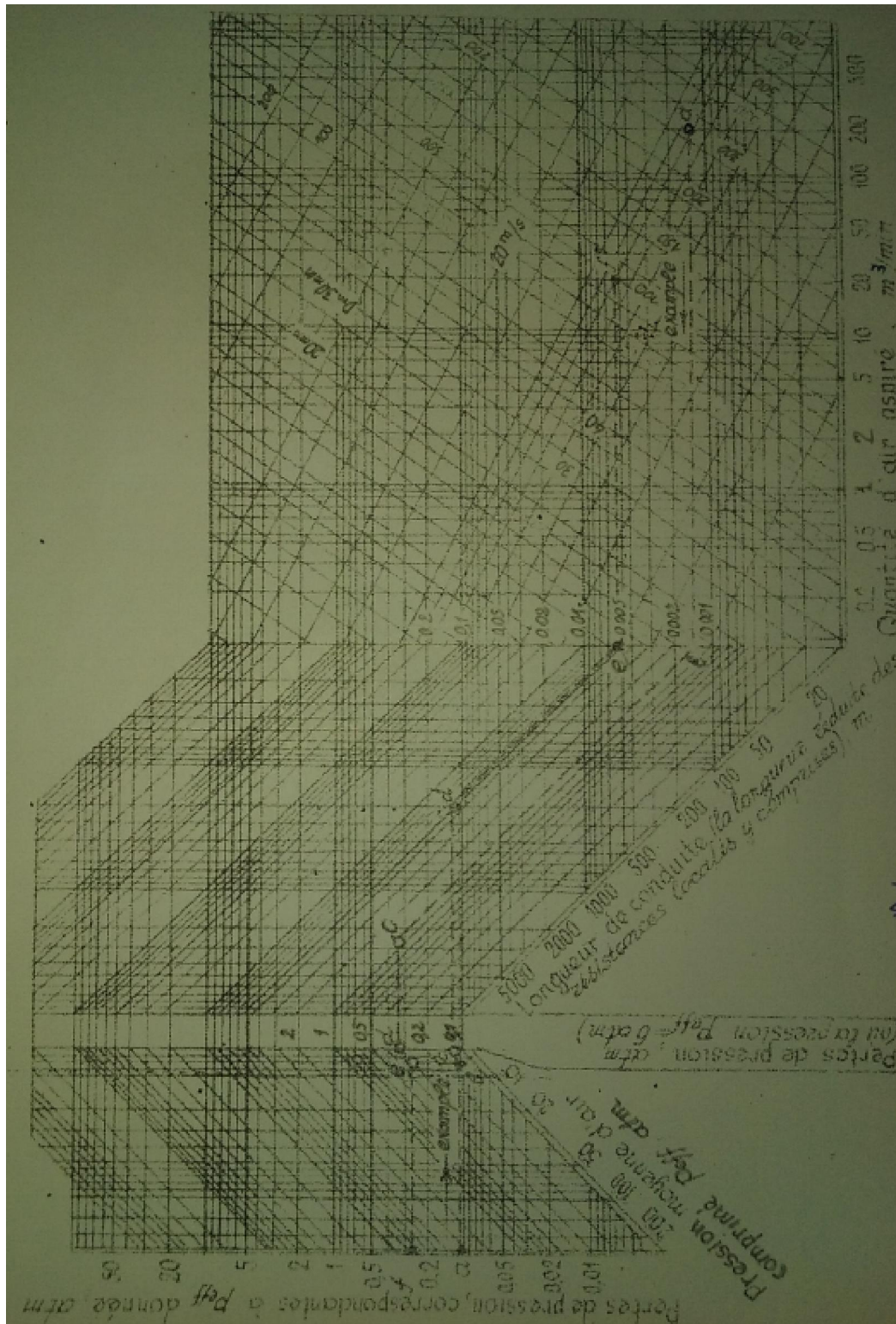


Fig.(3.7) Nomogramme par le calcul des conduites d'air comprimé (3)

D'habitude on donne les pertes de pression comme $\Delta p/1 \text{ km} = 0.05 \text{ p}$ et on détermine le diamètre de la conduite, les pertes maximum ne doivent pas être supérieur à 1.5 at.

c) Choix des compresseurs ;et leur réserve.

Le choix du compresseur est effectué d'après le débit Q_c et la pression p_c , le débit nécessaire du compresseur dépend du nombre de ces compresseur.

Il est préférable d'avoir trois compresseurs identique, le débit de chacun de compresseur doit être égal à $0.5 Q_c$, dans ce cas un compresseur est réservé.

Si le débit de calcul Q_c est inférieur à $30 \text{ m}^3 / \text{min}$ (mètres cubes Norma) on choisit deux compresseurs : en service et réservé.

d) Capacité du réservoir d'air

La consommation d'eau réfrigérante, la capacité du réservoir d'air V_r est déterminée d'après la formule suivante :

$$V_r \geq 1.6 \sqrt{Q_c} \quad , \quad (3.5)$$

Où Q_c est pris en m^3 / min .

La consommation d'eau réfrigérante Q_{eau} est donnée dans le passeport technique du compresseur ou peut être déterminée d'après la consommation spécifique égale à $4-51/\text{m}^3$:

$$Q_{eau} = 0.06 : q \cdot Q \quad , \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (3.6)$$

Où Q est le débit du compresseur, m^3/min .

e) Consommation d'énergie électrique .

La consommation d'énergie électrique par les compresseurs est calculée d'après la formule suivante :

$$E_{com} = m \cdot m_j \left[\alpha \frac{\sum N}{\eta_m \eta_{tr}} + (1 - \alpha) \frac{\sum N'}{\eta_{tr} \eta'_m} \right] \frac{\text{kw-h}}{\text{an}} \quad (3.7)$$

Où N est la puissance absorbée par tous les compresseurs de travail correspondant au régime optimal de fonctionnement ;

N' est la puissance totale de la marche à vide de les compresseur de travail ;

η_{tr} est le rendement de la transmission (pour la transmission)

$q_1 = 4 \text{ m}^3/\text{min}$; $q_1 = 15 \text{ m}^3/\text{min}$; $q_1 = q_2 = 1.15$

2) pression de travail est de 5 at.

3) distance maximum du puits aux consommateurs est de 1.2 km.

4) profondeur du puits est égale à 300m .

5) productivité de la mine est de 1 Mt/année.

1. le débit nécessaire de l'air comprimé.

$$Q_c = 1.15(0,85.16.4 + 0,95.2.15) = 1010 \text{ m}^3/\text{min}$$

prenons $Q_c = 110 \text{ m}^3/\text{min}$.

2. Réseau des conduites d'air comprimé.

d'après l'équation $\Delta p/1\text{km} = 0.05p$, nous avons:

$$\Delta p = 0.05.5.(1.2 + 0.3) = 0.35 \text{ at.}$$

En tenant compte du débit $Q_c = 110 \text{ m}^3/\text{min}$ et des pertes de pression $\Delta p = 0.38 \text{ at}$. nous trouvons selon le nomogramme sur la fig.3.7

Le diamètre de la conduite $d = 200 \text{ mm}$.

3. Choix des compresseurs.

Selon le débit nécessaire de l'installation d'air comprimé $Q_c = 110 \text{ m}^3/\text{min}$, choisissons d'après le tableau (3.1) trois compresseurs du type 55 B : deux compresseurs en service et un compresseur réserve, la caractéristique des compresseurs 55 B est suivante :

Débit, m^3/min60

Pression effective, at.....8

Nombre de va- et- vient.....17

Du piston par minute, t/min.....187

Puissance absorbée, kW.....360

4. Consommation d'énergie électrique.

La consommation d'énergie électrique par deux compresseurs selon la formule (3.7) est égale à :

$$E_{\text{com}} = 300.20/0,75 \frac{2.360}{0,97.0,9} + (1+0,75) \frac{2.110}{0,97.0,8} = 1.13.10^6, \frac{\text{kw-h}}{\text{an}}$$

La consommation d'énergie électrique par les pompes du système de refroidissement des compresseurs est égale à :

$$E_{\text{ref}} = 300.20 \frac{32,5.15}{367.0,7.0,9} = 0,13.10^5, \frac{\text{kw-h}}{\text{an}}$$

La consommation d'énergie totale :

$$E = \frac{4,13 \cdot 10^6 + 1,05 \cdot 0,13 \cdot 10^5}{0,95} = 1,36 \cdot 10^6, \frac{kw-h}{an}$$

La consommation d'énergie électrique à 1 tonne de minerai extrait :

$$e = \frac{1,36 \cdot 10^6}{10^6} = 1,36, \frac{kw-h}{an}$$

Conclusion :

Ce chapitre englobe un exemple de calcul d'une installation de distribution d'air comprimé dans une mine. On a décidé d'introduire cette partie dans le but de donner une vue générale sur notre partie spéciale qui explique les sollicitations que subissent les conduites pendant leurs exploitation. Avec ce calcul nous pouvons comparer nos résultats de simulation surtout au point de vue de déformation par la pression de notre conduite qui a la forme coudé.

Guide de poche de la distribution d'air

4.1.Introduction

Les outils pneumatiques et les systèmes à air comprimé sont utilisés dans tous les secteurs industriels, dans ce chapitre on a donner une large explication pour mieux comprendre le fonctionnement des systèmes pneumatiques, et on a présenter quelques principes élémentaires pour la conception, et pour mettre en évidence les inconvénients et les surcoûts occasionnés par des Installations .

Ce travail sera utile aux ingénieurs et aux dessinateurs industriels chargés de la conception, de l'installation ou de la maintenance des systèmes pneumatiques.

4.2. Machines utilisant l'énergie pneumatique

Une pression d'air trop faible réduit considérablement les performances de la plupart des outils pneumatiques, qui sont généralement conçus pour fonctionner à une pression de 6,3 bars: une pression inférieure réduit considérablement l'efficacité de l'outil et fait chuter la productivité. De nombreuses installations pneumatiques actuelles peuvent être améliorées grâce à des accessoires adéquats placés sur la ligne d'alimentation en air. La durée d'amortissement est assez courte, entre un jour et une ou deux années, comme le montrent les exemples des pages suivantes.

Meulage

Consommation de l'utilisation d'une meuleuse

Nous avons réalisé un test avec une meuleuse verticale LSS 64 S085 de 2 kW équipée d'une meule à moyeu déporté. La pièce meulée a été pesée avant et après l'utilisation de la machine, et nous avons obtenu les résultats suivants:

Pression efficace (bar)	6,3	5,8	5,3
Matière enlevée (kg/ h)	5,5	4,5	4,0

Tableau(4.1) les résultats(1)

Une chute de pression de 1 bar réduit de 30% environ la quantité de matière enlevée. Cela signifie que le temps de travail de l'opérateur est allongé de 40% pour la même opération. La durée efficace d'utilisation d'une meuleuse est de 3 heures par jour. Si le coût d'une heure de travail, par exemple, le temps de travail supplémentaire imposé à l'opérateur

pour terminer sa tâche coûte $1,2 \text{ heures} \times 20 = 24$

Coûts liés au compresseur pendant le meulage

L'utilisation du compresseur entraîne également des dépenses supplémentaires. Supposons que la pression libérée par le compresseur soit constante à un niveau donné de 7 ou 7,5 bar, indépendamment des pertes de pression du système. Si la consommation d'air est faible, en raison d'une faible pression au niveau de l'outil, le compresseur fonctionnera toujours à la même pression mais plus longtemps jusqu'à ce que la tâche prévue soit accomplie. Le surcoût énergétique engendré par la perte de charge dans le système peut être calculé de la manière

Consommation du compresseur pendant le meulage:

– Une meuleuse LSS 64 S085 consomme généralement 50 litres d'air par seconde mais, avec une pression de 1 bar inférieure, la consommation d'air est réduite à 80% : elle est donc de 50 l/s x 80% = 40 l/s. Nous avons vu que le temps de travail de l'opérateur était allongé de 40%, ce qui donne 140% x 3 heures = 4,2 heures. Comprimer un mètre cube d'air demande environ 0,105 kWh.

Perçage

Consommation d'une perceuse

Pression efficace (bar)	6,3	5,8
Durée de perçage d'un trou en (secondes)	2,0	3,2

Tableau(4.2)Consommation d'une perceuse(1)

On sait que 1,2 seconde de plus par trou représente une durée supplémentaire de 60%. Si la durée efficace d'utilisation d'une perceuse est de une heure par jour, donc 36 minutes supplémentaires sont nécessaires pour accomplir la même tâche.

Consommation liés au compresseur pendant le perçage

La perceuse LBB 36 H060 consomme normalement 16,5 litres d'air par seconde, mais avec une pression d'un demi bar inférieure, la consommation d'air est réduite à 92% , donc à 16,5 l/s x 92% = 15,2 l/s.

Le temps de travail de l'opérateur est allongé de 60%, soit 160% x 1,0 heures = 1,6 heures (1 heure et 36 minutes). Comprimer un mètre cube d'air demande environ 0,105 kWh.

Consommation d'un assemblage avec une visseuse

L'utilisation d'une visseuse pour l'assemblage :

Pression efficace (bar) 6,3 et 5,8

Couple maximum (Nm) 248 et 240

Durée en (secondes) 0,8 et 0,9

Consommation pendant le vissage

Un calcul analogue peut être réalisé sur le temps de travail excédentaire du compresseur: Une visseuse LUM 21 SR 10-U consomme normalement 4 litres d'air par seconde, mais, avec une pression d'un demi bar inférieure, la consommation d'air est réduite à 92% , soit $4 \text{ l/s} \times 92\% = 3,68 \text{ l/s}$. Le temps de travail de l'opérateur était plus long de 12,5% soit $112,5\% \times 4 \text{ heures} = 4,5 \text{ heures}$ de travail au total (4 heures et 30 minutes). Comprimer un mètre cube d'air demande environ 0,105 kWh.

Boulonneuses à calage

Une baisse de pression de 0,5 bar a peu d'influence sur la vitesse au ralenti d'une boulonneuse à calage, mais le couple diminue de 7%. L'assemblage avec une boulonneuses à calage LMV 22

Pression efficace (bar) 6,3 et 5,8

Couple maximum (Nm) 17,6 et 16,3

Vitesse de rotation (t/mn) 735 et 720

Consommation liés au compresseur pendant l'assemblage avec une boulonneuses à calage

Les surcoûts associés au compresseur pendant l'assemblage avec ce type de boulonneuse sont négligeables car la diminution de la vitesse de rotation (2%) n'entraîne qu'une perte de productivité de 2%.

Clé à chocs

Consommation d'un assemblage avec une clé à chocs à contrôle de couple

Avec le temps, le couple exercé par une clé à chocs à contrôle de couple augmente pour atteindre des valeurs très supérieures à celles attendues. La clé à chocs LTS 37 exerce un couple de serrage indépendant de la pression efficace. Une réduction de pression augmente le temps nécessaire pour atteindre le couple désiré. Des tests réalisés avec cette clé montrent que la durée augmente de 12,5% lorsque la pression baisse d'un demi bar.

Consommation liés au compresseur pendant l'assemblage (clé à chocs à contrôle de couple)

Une clé à chocs LTS 36 HR 13 consomme normalement 10 litres d'air par seconde, mais avec une pression d'un demi bar inférieure, la consommation d'air est réduite à 92% (*), soit $10 \text{ l/s} \times 92\% = 9,2 \text{ l/s}$. Le temps de travail de l'opérateur était allongé de 12,5% soit $112,5\% \times 4 \text{ heures} = 4,5 \text{ heures}$ de travail au total (4 heures et 30 minutes). Comprimer un mètre cube d'air demande environ 0,105 kWh.

Consommation d'un assemblage avec une clé à chocs standard

Sur la clé à chocs sans contrôle de couple LMS 37, le couple de serrage dépend de la pression efficace. Les tests effectués donnent les résultats suivants:

Pression efficace(bar)	Couple de serrage(Nm)
6,3	333
5,8	316
5,3	310

Consommation liés au compresseur pendant l'assemblage (clé à chocs standard)

L'utilisation d'une clé à chocs sans contrôle de couple n'augmente pas la durée du temps de travail car l'utilisateur ne se rend généralement pas compte de l'insuffisance de la pression d'air. La qualité de l'assemblage s'en ressent, bien entendu.

Outil à impulsion

Consommation liés à l'utilisation d'un outil à impulsion

Les tests réalisés sur des outils Atlas Copco Ergo Pulse 8 XS – montrent qu'une diminution de la pression efficace augmente de manière significative la durée nécessaire au serrage et réduit le couple de serrage obtenu. Les tests ont donné les résultats suivants:

Ergo Pulse 8 XS

Pression(bar)	Durée(s)	Couple (Nm)
6,3	6,5	48,3
5,3	10	44,3
4,3	10	38.2

tableau (4.3) Ergo Pulse 8 XS (4)

Les valeurs ci-dessus montrent qu'une pression efficace trop faible augmente la durée du cycle et réduit la valeur du couple de serrage. Une simple différence entre les durées dans le meilleur et le pire des cas donne: ce qui correspond à une augmentation de la durée du cycle de plus de 50%.

Consommation liés au compresseur pendant l'assemblage (outil à impulsion)

Un outil à impulsion Ergo Pulse 8 XS consomme normalement 9 litres d'air par seconde, mais, avec une pression d'un bar inférieure, la consommation d'air est réduite à 80% , soit $9 \text{ l/s} \times 80\% = 7,2 \text{ l/s}$. Le temps de travail de l'opérateur était allongé de 50% soit $150\% \times 2,67 \text{ heures} = 4 \text{ heures}$. Comprimer un mètre cube d'air demande environ 0,105 kWh.

4.2.2 définition perte de charge

La perte de charge dépend du flux d'air: plus le flux est important, plus la perte de charge est importante. Ainsi, la perte de charge dans une installation dépend du flux d'air exigé par l'outil. Les pertes dans les unités de traitement d'air, les accouplements et les flexibles ne doivent pas excéder l'intervalle 0,6 –1,0 bar. Il est normal de travailler avec un système qui délivre 7 bar de pression en sortie pour une pression efficace de 6,3 bar au niveau de l'outil: la productivité de l'outil est alors satisfaisante

4.3. les accessoires de la ligne d'alimentation en air comprimé

Les capacités des accessoires pneumatiques fabriqués par Atlas Copco ont été mesurées et le flux d'air est donné ci-dessous avec la chute de pression correspondante. L'utilisateur dispose ainsi d'un tableau qui lui permet de choisir les accessoires adéquats pour l'application désirée et réduire la perte de charge à un niveau acceptable. Diverses compressions en ligne, comme les accouplements trop étroits et les flexibles trop longs ou de diamètre trop faible sont capables de générer des pertes de charge. En raison de leur forme, les tubes spiralés sont très longs et sont capables de créer une chute de pression importante. L'autre solution, un flexible en PVC normal, doit toujours être étudié en fonction des chutes de pression potentielles. Chaque accouplement d'une installation occasionne une chute de pression. Une rallonge de tuyau, par exemple, permet de travailler plus facilement avec l'outil mais l'accouplement supplémentaire et le faible diamètre du flexible peuvent occasionner une chute de pression comprise entre 0,2 et 0,5 bar suivant la taille et la consommation d'air

4.3.1 Questions essentielles

Une fois que vous avez sélectionné l'outil pneumatique qui convient en taille et en puissance pour votre application, on doit également choisir les accessoires de taille adéquate pour la ligne d'alimentation en air. Voici les principales questions qui mènent au bon choix:

- **L'outil doit-il être lubrifié ?** Certains constructeurs conçoivent des outils dont les palettes ne nécessitent aucun graissage, pas plus que les turbines. Toutefois, d'autres outils peuvent demander une lubrification: lorsque l'outil a une courte durée d'utilisation, la lubrification est directe type spécial, mais s'il doit être utilisé longtemps, et doit être équipé d'un lubrificateur à brouillard d'huile.
- **Quelle est la distance entre l'outil et piquage?** Dans le meilleur des cas, la distance entre l'outil et piquage ne doit pas dépasser 3 à 5 mètres. Dans la réalité, ceci n'est pas toujours possible, par exemple sur les chantiers navals où les distances sont souvent de l'ordre de 20 mètres et plus.
- **Quelles sont les dimensions du filetage de l'arrivée d'air de l'outil ?** Les connexions entre les flexibles et les outils peuvent avoir des tailles diverses de 1/8" jusqu'à 1/2". Choisissez le raccord convenable pour chaque outil.
- **Quel est l'environnement de travail?** Le choix des accessoires dépend de l'environnement de travail. En extérieur ou dans des conditions pénibles en fonderie par exemple les

accessoires de la ligne d'alimentation en air doivent être plus résistants que ceux destinés à un banc d'assemblage léger dans un atelier couvert.

– **Quelle est la consommation d'air?** La consommation d'air des outils détermine la taille des accessoires: plus la consommation est grande et plus la taille des accessoires doit être grande.

– **Quelle est la chute de pression admissible?** Pour fonctionner convenablement, un outil doit disposer d'une pression suffisante. La pression du système doit être élevée si la chute de pression est importante mais il est indispensable de déterminer, dans tous les cas, la chute de pression maximale admissible des accessoires afin de choisir ces derniers convenablement.

4.3.2. flexibles

Installations usuelles pour les flexibles des outils d'assemblage

Les petits accouplements comme Ergo QIC 08 et QIC 10 conviennent aux outils d'assemblage qui ne demandent pas de flux d'air trop important. Les grosses clés à chocs exigent des accouplements de plus grande taille. Le diamètre des flexibles des outils d'assemblage est généralement compris entre 6 et 13 mm, et leur longueur entre 3 et 5 m. Dans certains cas, le flexible peut être plus large et plus long.

L'installation ci-dessus est la plus fréquente lorsque l'on travaille avec des outils d'assemblage à poignée pistolet ne générant que de faibles vibrations.

Les visseuses droites sont généralement associées à un enrouleur; les accouplements ne servent qu'à permettre à l'opérateur de changer ou non d'outil.

Le plus souvent, le flexible spiralé de petit diamètre est utilisé avec une visseuse droite et un équilibreur. Une autre méthode consiste à utiliser un flexible spiralé plus large avec des outils à poignée pistolet. Les accouplements ne servent qu'à permettre à l'opérateur de changer ou non d'outil.

Le graissage peut utiliser un brouillard d'huile ou un lubrificateur à mono point type Dosol. Veillez à ne pas utiliser d'accouplement avec un lubrificateur direct (mono point) car le tube capillaire en nylon est à l'intérieur du flexible d'air.

4.3.3 Accessoires de ligne

Vannes d'arrêt

La vanne d'arrêt influe largement sur les performances d'un outil pneumatique, et il est préférable de choisir une vanne de type sphérique qui garantit une perte de charge négligeable. La vanne doit pouvoir être fermée ou ouverte lentement pour éviter les brusques surpressions. Les vannes sphériques sont indispensables pour la maintenance des unités de traitement d'air: elles sont l'unique moyen de couper le flux d'air sur un système équipé d'accouplements, agriffes.

Les vannes sphériques disponibles sont de deux types: BAL et BAL-1A. Les deux sont

lubrifiés avec une graisse sans silicone, une caractéristique très importante car quelques gouttes de silicone suffisent à endommager une surface fraîchement peinte. Les vannes de type BAL peuvent être utilisées dans n'importe quelle position d'ouverture. Utilisées comme manette des gaz, elles peuvent également servir à faire varier la vitesse sur les moteurs pneumatiques.

Lorsqu'une vanne d'arrêt est fermée, la pression reste la même des deux côtés. Avant de retirer un outil connecté en aval de la vanne, le flexible doit être purgé: il suffit de maintenir enfoncée la détente de l'outil après avoir fermé la vanne pour faire sortir l'air. Une autre méthode consiste à utiliser un type spécial de vanne sphérique appelé vanne de dépressurisation. Les vannes de dépressurisation sont des vannes sphériques possédant un orifice d'échappement: lorsque la vanne est fermée, la pression accumulée dans le flexible est lentement dissipée. L'avantage de cette solution est qu'elle évite les accidents liés à la dépressurisation du flexible.

Unités de traitement d'air

La gamme d'unités de traitement d'air Atlas Copco – MINI, MIDI, MIDI +DOSOL et MAXI – comprend trois niveaux de consommation d'air. Les instructions suivantes permettent de choisir plus facilement la taille appropriée.

Critères de sélection pour MIDI:

MIDI convient à la plupart des outils d'assemblage et de percussion, ainsi qu'aux perceuses, grignoteuses, scies et petites meuleuses (en fait, à près de 90% des applications). Les unités MIDI peuvent accepter jusqu'à 43 l/s. MIDI possède une connexion fileté de 1/2".

Critères de sélection MIDI + DOSOL:

Si la durée d'utilisation de l'outil est courte ou si sa consommation d'air est très faible, la lubrification directe s'impose. Une goutte d'huile est envoyée dans l'outil dès que l'opérateur en actionne la détente. MIDI + DOSOL sont le plus souvent utilisés avec certains outils d'assemblage dont la consommation d'air peut varier de 2,3 l/s jusqu'à 43 l/s.

Critères de sélection pour MAXI:

MAXI est un complément parfait pour MIDI, surtout pour certains outils à forte consommation d'air comme les grandes meuleuses. MAXI possède une connexion fileté de 1".

Critères de sélection pour MINI:

MINI peut servir en complément de MIDI pour des outils à faible consommation d'air (environ 10 l/s) comme les petites visseuses. MINI est particulièrement apprécié avec des composants pneumatiques. MINI possède une connexion fileté de 1/4"..

Filtres à air

Le filtre permet de retenir les impuretés comme l'eau ou les particules solides. Sans filtre, les outils pneumatiques durent moins longtemps, coûtent plus cher en maintenance et perdent en efficacité. Les anciens systèmes pneumatiques avec sécheur refroidissant, par exemple, produisent beaucoup de rouille: si les outils en amont ne sont pas protégés par un filtre, ils peuvent tomber en panne en moins d'une semaine. Un système pneumatique bien entretenu produit de l'air propre. Malgré les apparences, le plus petit fragment de rouille peut endommager un outil. Avec un air de qualité moyenne, le temps moyen entre deux pannes se réduit et les coûts de maintenance augmentent. A titre d'exemple, le coût d'un entretien sur une perceuse LBB 45 est de 60 Euros.

Les filtres Atlas Copco séparent jusqu'à 98% de l'eau dans les conditions normales d'utilisation. Les trois types (MINI, MIDI et MAXI) ont de très faibles pertes de charge.

Les filtres sont généralement équipés d'une purge semi-automatique. Tous les filtres sont livrés avec un kit qui permet une conversion facile du mode de purge semi-automatique au mode manuelle.

La purge semi-automatique se déclenche seule lorsque la pression dans la cuve tombe en dessous de 0,2 bar (ce qui exige d'interrompre régulièrement l'alimentation en air). En mode purge automatique, la cuve est vidée dès que l'eau accumulée atteint un certain niveau.

Lorsque l'environnement est susceptible de contenir des solvants, une cuve métallique sera utilisée. Les solvants capables de fragiliser les cuves en polycarbonate sont les substances qui contiennent de l'acétone, du benzène, de la glycérine, certaines huiles hydrauliques ou synthétiques, le chloroforme, l'alcool méthylique, le tétrachlorure de carbone et les solvants analogues, le disulfure de carbone, le per chlorure d'éthylène, le toluène, le trichloréthylène, le xylène (diluant de la nitrocellulose) et l'acide acétique. Si la cuve standard vient à se briser, utilisez une cuve métallique. Les protections de cuve métalliques sont conseillées dans certains environnements.

Régulateurs de pression d'air

Le régulateur de pression d'air garantit la constance de la pression efficace définie sans tenir compte des variations de la pression au niveau de l'arrivée d'air et des fluctuations mineures dans le débit. En évitant toute consommation inutile, le régulateur de pression pneumatique contribue à réduire les frais d'exploitation. A titre d'exemple, une pression de 1 bar supérieure à la pression nécessaire entraîne une augmentation de 16% de la consommation d'air. Si cette consommation est de 20 l/s, l'excédent produit sera de 3,2 l/s, soit 12 m³/h. Un compresseur à vis Atlas Copco GA90 a besoin de 1,3 kWh d'énergie pour fabriquer

Lubrificateurs

Sans lubrificateur, les palettes doivent être changées plus souvent, car leur durée de vie peut être réduite au dixième de la valeur normale. Les tests menés dans les laboratoires Atlas Copco ont montré que la puissance de sortie d'une meuleuse diminue de 15 à 20% après 20 minutes sans lubrification. Le type de lubrificateur le plus répandu, le lubrificateur à brouillard d'huile, distribue des gouttelettes d'huile dans le flexible d'air: système standard de

lubrification, il sert à lubrifier les outils pneumatiques à durée d'utilisation normale. Lorsque l'environnement est corrosif, il est préférable d'utiliser une cuve métallique (voir la section "Filtres"). Sur les unités équipées d'une cuve métallique, il est possible d'adapter un dôme de contrôle en verre..

Avec les outils pneumatiques dont l'utilisation est fréquente et courte, ou dont la consommation d'air est très faible, il est préférable d'utiliser un lubrificateur direct qui distribue l'huile en gouttelettes directement dans l'outil par un tube capillaire intégré au flexible. Le système est contrôlé par la fréquence de démarrage de l'outil. De nombreux outils d'assemblage – sauf ceux dont les palettes ne sont pas lubrifiées – peuvent être utilisés avec un lubrificateur direct. Les outils couramment associés au système DOSOL appartiennent aux séries LTV et LMP/LTP. Lorsque le flexible est long, il peut facilement se créer un point de retenue – c'est à dire une boucle du flexible avec un point bas où s'accumulent les gouttes d'huile. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser, lorsque cela est possible, un lubrificateur à brouillard d'huile portable ou de déposer manuellement toutes les heures quelques gouttes d'huile dans l'orifice d'alimentation de l'outil.

Unités F/R (filtrage / régulation)

Une unité F/R est l'association d'une unité de filtrage et d'un régulateur. Les unités F/R sont recommandées chaque fois qu'il est nécessaire de disposer de filtres et de régulateurs. Les propriétés de filtrage, de régulation et de lubrification de ces unités composées sont presque les mêmes que celles des unités individuelles.

Sorties en T

Dans certains cas, il est nécessaire que l'air qui sort des unités ne soit pas lubrifié. Dans ce cas, on intercale, en amont du lubrificateur, une sortie en T qui sert de source d'air propre et sans huile.

Bloc de sécurité

Lorsqu'un raccord de flexible sous pression se détache, le flexible devient incontrôlable et cingle violemment l'air au risque de blesser des personnes et d'endommager l'ouvrage et le matériel. Le bloc de sécurité permet d'éviter ce type d'accident.

Les dimensions des flexibles d'alimentation en air doivent normalement être choisies en fonction du flux d'air, du diamètre et de la longueur du flexible. Pour que le bloc de sécurité fonctionne correctement, choisissez des accouplements à faible perte de charge. Sélectionnez soigneusement les blocs de sécurité que vous utiliserez avec les clés à chocs ou les outils à impulsions. Pour éviter le déclenchement du dispositif quand l'outil tourne à vide, pensez à augmenter de 50% le flux d'air en charge pour atteindre le débit prévu.

Flexibles

Les flexibles doivent être choisis en fonction de l'environnement de travail. Leur longueur doit être comprise entre 3 et 5 m pour permettre une mobilité suffisante dans l'atelier et

réduire les pertes de charge. Pour les outils pneumatiques légers sur poste de travail propre, nous recommandons CABLAIR, un flexible souple et léger en PVC qui pèse de 30 à 50% de moins que les flexibles PVC normaux. Les flexibles PVC conviennent pour la plupart des applications, du simple meulage à l'assemblage lourd. Pour les applications plus exigeantes, préférez des flexibles en caoutchouc. Atlas Copco en propose de deux types: RUBAIR et TURBO. est léger et très résistant tandis que RUBAIR, disponible dans un plus grand nombre de dimensions, présente des qualités de robustesse encore supérieures. Pour éviter une perte de charge trop importante, le diamètre du flexible doit être augmenté d'une taille lorsque la longueur est comprise entre 5 et 10 m, de deux tailles pour une longueur de 20 m et de trois tailles pour une longueur comprise entre 20 et 40 m.

4.4. Installation

L'image ci-dessus présente une unité de traitement d'air avec une vanne d'arrêt, un bloc de sécurité, un flexible, un outil et un équilibreur.

La vanne d'arrêt peut être montée avec le levier vers le haut ou vers le bas, au choix de l'utilisateur. Lorsque la vanne BAL 1-A est montée avec le levier vers le haut, celui-ci peut être bloqué par l'unité de traitement d'air. Utilisez une vanne BAL 1, (poignée papillon) ou bien montez la vanne dans l'autre sens.

Sur les unités de traitement d'air et sur le bloc de sécurité, la direction du flux d'air est indiquée par des flèches. L'ordre de montage des unités de traitement d'air est le suivant: comme le montre la photo ci-dessus. Le filtre et le régulateur peuvent être remplacés.

Lorsque vous utilisez des installations équipées de lubrificateurs DIM, il est important d'éviter la formation de points de retenue dans le flexible, (c'est à dire une boucle du flexible avec un point bas où l'huile peut s'accumuler): dans ce cas, en effet, l'huile restera dans le flexible et ne parviendra pas aux éléments qu'elle est sensée lubrifier. Les unités de traitement d'air doivent être placées à 1-1,5 m au-dessus de l'emplacement de travail. Ceci est particulièrement important avec un lubrificateur DIM. Les systèmes de filtrage, de régulation et d'injection DOSOL peuvent être placés plus bas pour faciliter la séparation de l'eau.

4.5. Maintenance

4.5.1 Les fuites

Sur un système de distribution d'air bien conçu et convenablement entretenu, les fuites ne représentent pas plus de 5% de la capacité de l'installation. Malheureusement un taux de fuite de 15 à 20% est beaucoup plus fréquent.

Les fuites se traduisent par une perte de capacité d'air, ce qui signifie que le compresseur doit être utilisé plus longtemps pour compenser le volume manquant, entraînant une augmentation significative des dépenses énergétiques. Souvenez-vous qu'une fuite est souvent continue, 24 heures par jour !

4.5.2 Calendrier de maintenance

Les opérations de maintenance doivent être effectuées de manière régulière sur le système d'air.

Une fois par jour:

Les filtres à purge manuel doivent être drainés chaque jour.

Une fois par semaine:

– Procédez chaque semaine à une recherche de fuites aux abords immédiats de l'espace de travail. Vérifiez les joints entre les outils et les raccords, les accouplements, les flexibles et les unités de traitement d'air. Remplissez d'huile les lubrificateurs.

Tous les deux mois:

– Vérifiez l'intégralité du système tous les deux mois. Commencez par rechercher les fuites (au bruit) après les heures de travail; passez une main sur les zones suspectes. Pour déterminer l'endroit précis où se trouve une fuite, utilisez de l'eau savonneuse et guettez l'apparition de bulles. Réparez soigneusement les fuites éventuelles.

– Chaque poste de travail doit être vérifié tous les deux mois avec le simulateur d'outil pneumatique. Connectez le simulateur d'outil pneumatique au flexible et donnez le nombre de tours indiqué par le tableau fourni avec le simulateur au bouton de l'appareil. Pour que l'outil fonctionne correctement, la pression à l'extrémité du flexible doit être de 6,3 bar. Effectuez les réparations ou les remplacements nécessaires sur le système FRL, le flexible ou l'accouplement.

Tous les six mois:

– Les éléments du filtre doivent être nettoyés tous les six mois à la soufflette à air comprimé pour éviter une perte de charge supplémentaire.

– La vanne de dépressurisation du bloc de sécurité doit être nettoyée tous les six mois à la soufflette à air comprimé pour éviter le déclenchement intempestif du bloc de sécurité.

– Atlas Copco peut vous proposer un calendrier de maintenance spécialement adapté à votre site et se charger de son application si nécessaire.

4.6. Sécurité

Vannes sphériques: Lorsque l'installation n'est pas en service, fermez l'arrivée d'air comprimé à l'aide de la vanne sphérique. Ouvrez lentement chaque vanne sphérique pour mettre en évidence les éléments mal connectés.

Unités de traitement d'air: Surveillez la présence de solvants susceptibles de modifier la structure des cuves en polycarbonate et de les fragiliser. Des équipements spéciaux sont nécessaires lorsque vous utilisez des solvants agressifs.

Le polycarbonate présente une bonne résistance chimique à tous les solvants sauf à ceux qui contiennent de l'acétone, du benzène, de la glycérine, certaines huiles hydrauliques ou synthétiques, le chloroforme, l'alcool méthylique, le tétrachlorure de carbone et les solvants analogues, le sulfure de carbone, le perchloréthylène, le toluène, le trichloréthylène, le xylène (diluant de la nitrocellulose) et l'acide acétique.

Un moyen simple d'éliminer ce risque sur les unités MINI et MIDI est d'utiliser une cuve métallique. L'unité MAXI possède une cuve métallique de série. Si la cuve vient à se briser, installez une cuve métallique à la place. Il est important de vérifier que les cuves sont convenablement ajustées et que tous les éléments sont assemblés avant d'actionner la vanne sphérique qui commande le flux d'air comprimé.

Raccords rapides: Les raccords rapides sont normalement très sûrs. Une attention particulière doit toutefois leur être portée lorsqu'ils sont utilisés avec des flexibles de diamètre supérieur à 16 mm ou de longueur supérieure à 3 m. Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser un raccord de sécurité qui évacue de manière contrôlée l'air du flexible.

Raccords à griffe: Les raccords à griffe sont toujours ouverts et doivent être utilisés avec beaucoup de précautions. Respectez la séquence suivante:

Ouverture ...

1. Fermez la vanne sphérique
2. Actionnez l'outil pour purger l'air
3. Ouvrez le raccord à griffe

Fermeture ...

1. Vérifiez que les deux accouplements sont convenablement assemblés
2. Ouvrez soigneusement la vanne.

Colliers et connexions: Vérifiez que les colliers sont suffisamment serrés. Utilisez de préférence une clé pour serrer les colliers

– un tournevis peut glisser et provoquer une blessure. Si vous devez utiliser un tournevis, placez le collier dans un étau pour éviter les accidents.

Flexibles: Utilisez de l'eau savonneuse pour faciliter l'insertion d'un flexible sur un raccord. N'utilisez pas d'huile qui ne sécherait pas après application. Éliminez les flexibles qui présentent des fuites

Bloc de sécurité: Lorsqu'un raccord de flexible sous pression se détache, le flexible devient incontrôlable et cingle l'air violemment au risque de blesser des personnes et d'endommager l'ouvrage et le matériel. Le bloc de sécurité permet d'éviter ce type d'accident. L'emploi d'un bloc de sécurité est également recommandé lorsque l'on travaille avec des accouplements à griffe afin de minimiser les risques.

4.7. Distribution d'air

La distribution d'air est le lien essentiel entre l'installation de compression et la machine ou l'outil. Elle s'appuie sur un système efficace de lignes d'alimentation en air et d'accessoires. Le bon fonctionnement des outils pneumatiques dépend largement de la capacité du système à fournir une quantité d'air suffisante, de bonne qualité et à la bonne pression. Les principes qui régissent la conception d'un système de distribution d'air sont plus clairs lorsque l'on comprend ce qui arrive à l'air comprimé lorsqu'il circule dans une conduite.

Le système

La ligne principale achemine l'air produit par le compresseur et les divers équipements vers le circuit principal de distribution d'air, c'est à dire l'endroit où l'air sera utilisé. Pour les systèmes importants de production d'air comprimé qui desservent plusieurs sites de travail ou plusieurs secteurs, la ligne principale doit être conçue pour que chaque unité puisse être mise hors service sans perturber le reste du système.

Des purges placées dans le système permettent d'éliminer l'eau présente dans l'air comprimé. Les conduites sont installées en pente et un récipient, équipé d'un système de purges, est placé au point le plus bas

Conclusion

La productivité de chaque appareil ou mécanisme pneumatique est jugée par sa productivité et par sa consommation soit en air comprimé ou sa consommation au point de vue d'entretien dans cette partie de mémoire on a rassemblé plusieurs données qui nous ont ramenés à distinguer entre les consommateurs d'air comprimé et de leurs bon principe de fonctionnement le développement énergétique de ces machines est liée au développement constructif de leurs accessoires.

Conclusion générale

Les solutions dans l'utilisation d'un réseau d'air comprimé performant résident dans la production ; l'emmagasinage et la distribution d'un volume d'air comprimé suffisant, égal ou supérieur à la consommation totale des outils et applications d'air comprimé. Tout défaut à produire, emmagasiner et distribuer l'air comprimé, empêchera le réseau de remplacer l'air consommé pour les outils et applications, ce qui provoquera une chute de pression excessive et un rendement médiocre de l'outillage. C'est pour cette raison qu'on a fait l'étude de simulation caractérisée par la déformation des conduites d'emmagasinement par les efforts de pression et comme exemple on a pris une forme coudée .

Il en résultera aussi des coûts de production et de remplacement supplémentaires, de même qu'un surplus d'entretien, mais encore plus important, cela aura un impact sur le rendement du travailleur et la qualité de la production alors que les travailleurs tenteront de compenser le rendement médiocre de l'outillage. Finalement, ceci peut s'avérer l'élément le plus coûteux, mais il n'est pratiquement jamais calculé. Pour une bonne part, le problème de perte de pression excessive peut être évité en configurant, dès le début, un réseau de distribution d'air comprimé à l'aide de tuyaux de bonne qualité et aux dimensions appropriées. Il existe plusieurs options de tuyaux qui améliorent le débit par rapport aux matériaux traditionnels tout en éliminant la détérioration due à la corrosion. Des tuyaux ayant des dimensions propres à réduire la baisse de pression et à maximiser le débit, rapporteront des dividendes immédiatement. De plus, le choix des accessoires pour l'air comprimé est important, pour ainsi éviter les pertes de pression excessives. Il faut faire une sélection judicieuse des raccords rapides, valves, raccordements, unités de filtration, tuyaux flexibles et autres composantes, en tenant compte de la consommation de l'outillage. L'installation d'une composante ayant un débit insuffisant pour le travail à exécuter provoquera une grande perte de pression qui limitera l'efficacité de l'outil. Par exemple:

- La plupart des raccords rapides utilisés de nos jours procurent un débit insuffisant pour la majorité des outils à air rotatifs; il faut donc choisir avec soin un modèle qui assurera un débit suffisant
- Les divers matériaux qui entrent dans la fabrication des tuyaux flexibles présentent différentes qualités de débit et de résistance à l'usure
- Des tuyaux dont les dimensions sont basées sur la consommation de l'outil et la longueur maintiennent une chute de pression minimale
- Des éléments filtrants saturés provoquent des baisses de pression; des programmes d'entretien préventifs où leur remplacement s'effectue avant saturation peuvent faire économiser plusieurs de chute de pression

Un programme de détection et de réparation des fuites peut aussi s'avérer un moyen économique de réduire les pertes de pression coûteuses. Le remplacement des raccords rapides défectueux et des tuyaux flexibles qui présentent des fuites, le serrage des raccords aux endroits requis, l'entretien des éléments de filtration et l'utilisation d'un scellant adéquat pour filet, finalement toutes ces opérations permettront de résoudre une bonne partie du problème à peu de frais.

Conclusion générale

Enfin, choisir un compresseur à partir des besoins de consommation présents et futurs est toujours une décision gagnante. En calculant l'utilisation totale de débit d'air et les besoins futurs en prolongement, il est possible de trouver le compromis idéal entre la capacité du compresseur et les besoins du réseau.

Bibliographie

- (1).....Atlas Copco
- (2).....de Compressed Air Challenge
- (3)..... Richard MATHIEU 1
- (4).....mécanique minière (anaba 1975)
- (5).....JETLAG 2000. 9833 1266 03 2000:1
- (6).....l'air comprimé : tome 1.2 par :gean LEFEVERE