Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologie de GAFSA Département d'électromécanique



Etude et conception d'un banc d'essais pour les compresseurs d'air

Présenté et soutenu par :

GASMI OUSSAMA

&

ALIBA RAYEN

En vue de l'obtention du

Licence en Génie Mécanique

Sous la Direction de :

M.ABID BOUBAKER Encadrant (ISSAT Gafsa)

M.DEBAOUI SALEM Encadrant Industriel (C.P.G)

Soutenu le

Devant le jury composé de :

Président : Mr.

Rapporteur: Mr.

Invité: M. DEBAOUI SALEM

Année universitaire :2022/2023

Dédicaces

A nos très chers parents,

Pour tout l'amour qu'ils me portent et pour leurs encouragements qu'ils m'ont apportés au cours de ce projet, je leur dédie ce travail en témoignage d'un grand amour et reconnaissance infinie, qu'ils trouvent ce travail en témoignage de ma profonde gratitude et mon infini dévouement.

A nos frères et nos sœurs,

Pour votre soutient et encouragements, vous occupez une place particulière dans mon cœur. Je vous dédie ce travail en vous souhaitant un avenir radieux, plein de bonheur et de succès.

A nos chers amis,

En souvenir de nos éclats de rire et des bons moments. En souvenir de tout ce qu'on a vécu ensemble. J'espère de tout mon cœur que notre amitié durera éternellement.

A tous ceux qui nous sont chers.

Remerciement

Nous souhaitons rendre un hommage tout particulier à nos encadreurs Mr.

ABID BOUBAKRI et Mr. DEBAOUI SALEM pour leurs amabilité, leur complète disponibilités et leurs précieux conseils qu'il m'ont prodigué au cours de l'élaboration de ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Nos sincères remerciements s'adressent également aux membres de jury :

- M.: le président du jury ;
- M.: le rapporteur ;
 D'avoir accepté de juger notre travail.

Nous voudrons, également, remercier vivement tous les cadres et agents de la compagnie de phosphates de Gafsa (CPG) qui m'ont aimablement accueilli durant la période du stage

Nos entières considérations vont à tout le personnel de l'ISSAT de GAFSA pour leur sympathie et leur collaboration.

Enfin, nos profondes gratitudes s'adressent à nos familles et à tous ceux et celles qui nous ont soutenue et qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce travail.

Avant-Propos

De 01/02/2023 au 30/06/2023, nous avons effectué notre stage de projet de fin d'études au sein de la direction de la maintenance et matériels (D.M.M) de la compagnie des phosphates de Gafsa (C.P.G). Au cours de ce stage dans l'unité de reconditionnement des moteurs thermiques.

La Compagnie des Phosphates de Gafsa (**C.P.G**), grande entreprise qui occupe un rang mondial important dans l'extraction et la commercialisation des Phosphates. L'extraction des phosphates nécessite une flotte importante et variée de machines qui sont, pour moi, une mine d'informations en relation avec la mécanique, thèmes de mes études.

Ce stage nous a donné l'occasion de vivre au sein des équipes d'exécutants et parvenir à savourer l'organisation et les conditions de travail ainsi que les relations professionnelles. Nous avons abordé ce travail comme l'aurait fait un ouvrier inexpérimenté, nous avons essayé d'atteindre attentivement les objectifs que l'on m'assignait dans les différents domaines.

Enfin nous avons révélé l'importance du stage, de m'avoir dégagé l'alternance entre la théorie et la pratique.

Sommaire

Introduction générale	11
CHAPITRE I: Etude bibliographique	14
CHAPITRE II: Introduction	14
1. Introduction	14
2. Présentation générale de la C.P.G	14
2.1. Définition	14
2.2. Organigramme de la C.P.G.	15
2.3. Secteurs d'activités de la CPG	15
3. Présentation de la direction de la maintenance et matériels	16
3.1. Présentation	16
3.2. Organigramme de la D.M.M	16
3.3. Service de Révision des Moteurs Thermiques et d'Injection	17
1. Généralités sur les moteurs thermiques	19
1.7. Définition d'un moteur thermique	19
1.8. Classification du moteur thermique	20
1.9. Architecture générale d'un moteur thermique	20
2. Généralités sur les bancs d'essais	21
2.1. Définition	21
2.2. Fonctionnement	22
2.3. Typologie de bancs d'essais	22
3. Généralités sur les compresseurs à air d'un moteur thermique	23
3.1. Description générale	23
3.2. Principe de fonctionnement	24
3.3. Lubrification d'un compresseur	25
CHAPITRE III: Analyse fonctionnelle	27
1. Analyse Fonctionnelle de besoin	27
1.1. Introduction	27
1.2. Enoncé le besoin	27
1.3. Validation de besoin	28

29
34
34
34
34
37
40

Liste des figures

15
17
18
18
19
20
21
22
23
24
25
28
29
30
33

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Identification de la C.P.G	14
Tableau 1.2 : Eléments d'environnement du banc d'essais.	29
Tableau 2.2 : Tableau fonctionnel.	30
Tableau 3.2 : Barème d'évaluation du degré d'importance	33
Tableau 4.2 : Barème d'évaluation du degré d'importance	33
Tableau 5.2 : Critères de choix.	37
Tableau 6.2 : Note d'intérêt.	38
Tableau 7.2 : Valorisation du critère de choix pour chaque solution	38
Tableau 8.2 : Coefficient de pondération affecté selon l'importance du critère de choix	38
Tableau 9.2 : Coefficient de pondération pour chaque critère de choix	39
Tableau 10.2 : Valorisation globale pour chaque solution	39

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

Dans le cadre de notre formation de licence en génie électromécanique, à l'institut supérieur des sciences appliqués et de technologie de GAFSA, nous sommes amenés, à l'issu de notre cursus, à réaliser un mémoire de fin d'études. Le but de ce projet est d'être confronté à une situation professionnelle qui est à la fois d'ordre scientifique et technique. Il regroupe donc l'ensemble les qualités que doit posséder un ingénieur dans son travail quotidien.

L'air est la principale source de fonctionnement de tout système hydraulique. C'est le travail du compresseur d'air de s'assurer que les freins à air ont le bon équilibre d'air dans les conduites de frein. Ceci est d'une importance vitale, car un système de freinage sans la bonne pression d'air ne parviendra pas à arrêter un gros camion lorsque les freins sont déclenchés. Comme vous pouvez l'imaginer, ce serait un problème majeur si un camion lourd était sur une pente.

Les compresseurs d'air pour véhicules lourds sont actionnés par un système d'engrenage ou à courroie, selon la marque, le modèle et l'année. De plus, les compresseurs d'air sont refroidis par un système à circuit fermé ou à moteur.

Il s'agit d'une étude minutieuse et à la fois détaillée d'un appareil de test et intitulé étude et conception d'un banc d'essais des compresseurs à air, c'est une unité de commande électrique et mécanique destinée à tester les performances d'un compresseur après la révision. Le banc d'essais est puissant et peut être très utile et efficace pour sa facilité d'entretien et l'exigence de procédures d'exploitations simples.

Ma mission était à la fois de concevoir et de dimensionner les différents éléments de l'électrolyseur.

Ce travail, se décompose sur 4 chapitres :

- Le 1^{er} chapitre, un aperçu bibliographie sur les moteurs thermiques, banc d'essais et les compresseurs
- Le 2^{ème} chapitre, s'attèle sur une analyse fonctionnelle de besoin permettant de bien élaborer les fonctions de service de banc d'essais à concevoir. Une analyse fonctionnelle technologique permettant de proposer des solutions technologiques pour le banc d'essais et de choisir celle la plus adéquate.

•	Le 3 ^{ème} chapitre, un calcul de vérification et de dimensionnement est mené pour dimensionner et vérifier la tenue en service de la conception.

Chapitre 1 : Etude bibliographique

CHAPITRE I: ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE CHAPITRE II: INTRODUCTION

1. Introduction

Avant de présenter le travail effectué tout au long ce stage, il s'avère nécessaire de mettre le point sur les moteurs thermiques et de présenter les généralités sur les compresseurs à air.

2. Présentation générale de la C.P.G

2.1. Définition

La Campanie de Phosphates de Gafsa set l'une des plus importantes entreprises de la Tunisie sa tâche est de s'occuper de l'extraction et le traitement des gisements du Phosphate situé dans le bassin de Gafsa qui couvre environ 5000 à 6000 Km2.

La CPG figure parmi les plus importants producteurs de phosphates, occupant la cinquième place mondiale avec une production de presque huit millions de tonnes en 2009, et on 2010, Cette activité nécessite près de dix millions de m3 d'eau pompée dans les nappes fossiles et engendre le déversement d'eau de lavage dans la nature, causant la colère des agriculteurs et des écologistes.

En effet, en 1885 une couche de phosphate a été découverte dans la région THELJA Métlaoui par la géologue français PHILIPE THOMAS. Cette découverte a été à l'origine de la création de la compagnie des phosphates et de chemin de fer Gafsa.

Tableau 1.1: Identification de la C.P.G

Nom	Compagnie des Phosphates de Gafsa (CPG)			
Date de création	1897			
Domaine d'activité	Extraction et production du phosphate			
Capital	268 Millions Dinars			
Effectif	6469			
Nombre de cadres supérieurs	385			
Siège Social	Cité Bayech - 2100 - Gafsa- Tunisie			
Capacité de production	8 Millions de tonnes			
Production 2015	3,5 Millions de tonnes			

Rang mondial de Production	5ème			
Sites d'exploitation	Redyef- Molayares- Metlaoui- Mdhila-Gafsa			
Nombre de sites d'exploitation	8			
Nombre d'unités de production	10			

2.2. Organigramme de la C.P.G

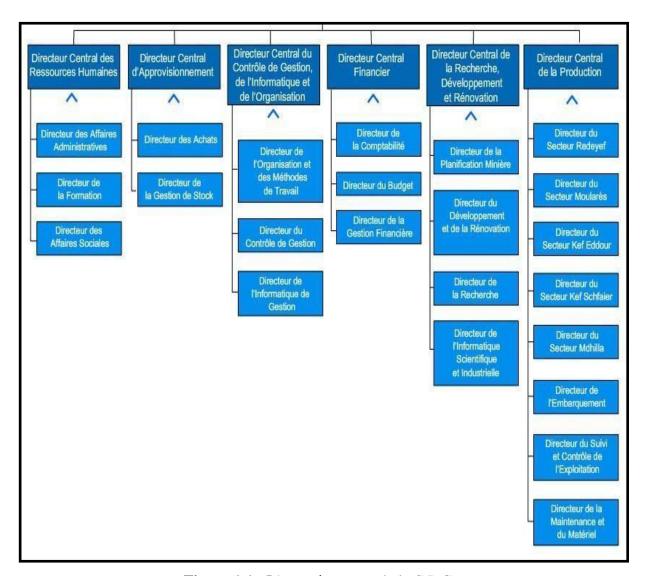


Figure 1.1: L'organigramme de la C.P.G.

2.3. Secteurs d'activités de la CPG:

Les secteurs d'activités de la CPG sont classés en trois secteurs :

- L'extraction
- Production

Maintenance

3. Présentation de la direction de la maintenance et matériels

3.1. Présentation

La direction de la maintenance et du matériel est un groupement des ateliers ou s'exécutent des travaux spéciaux de la CPG, elle s'occupe de matériel et maintenance (électriques et mécanique). Elle réalise des travaux de modification ou d'extension des usines, élabore les cahiers des charges, elle chargée aussi par la réception et le suivit du matériel.

Une tournée générale dans tous les altiers nous donne une idée sur le travail dans l'entreprise, on découvre plusieurs travaux (entretien maintenance et fabrication des pièces de différents formes).

La DMM répond par ses différentes activités aux demandes de prestation de maintenance et de gestion de matériel exprimé par les unités de production.

La plupart de ses demandes ne peut pas être réaliser chez les demandeurs leurs unités ne dispose pas la qualification technique et des équipement nécessaire pour la réalisation de ce genre de travaux.

Pour assurer la maintenance, la réparation, la révision et le suivi des engins de carrière de manière efficace, la C.P.G a divisé sa flotte en plusieurs familles selon leurs fonctions :

- Engins de Défonçage (Tracteurs à chaine ou Bulldozers, bulls sur pneu...)
- Engins de Chargement (Chargeuses, pelles hydrauliques, Pelles sur chenilles...)
- Engins de Transport (Tombereaux rigides de Chantier, Tombereaux articulés de Chantier...) Locomotive (Locomotives de traction...)
- Engins des Travaux Annexes (Niveleuses, Arroseuses, Camions de gasoil, Camions explosifs...)
- Engins de Manutention (Chariots élévateurs...)

3.2. Organigramme de la D.M.M

Le DMM contient 7 divisions, chaque division est répartie en services

✓ Division électromécanique ;

- ✓ Division engins;
- ✓ Division électronique ;
- ✓ Division technique;
- ✓ Division inventaire ;
- ✓ Division technologie ;
- ✓ Division structure.

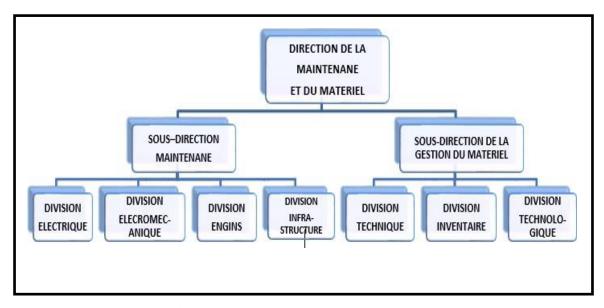


Figure 2.1 : Organigramme de la D.M.M.

3.3. Service de Révision des Moteurs Thermiques et d'Injection

L'atelier moteur se divise en six sections tels que :

- Section de démontage : On s'occupe dans cette section du lavage, du démontage des sous-ensembles puis d'une expertise générale du moteur.
- Section préparation et planification : Dans laquelle on prépare les pièces nécessaires pour la révision ; la résolution des problèmes techniques ; le suivi des étapes de travail suivant un planning...
- **Section usinage :** Elle est réservée pour effectuer toutes les opérations d'usinage, la rectification des vilebrequins, les blocs moteurs, les cylindres...
- Section sous-ensemble : Elle est conçue pour réviser les pompes, les turbos, les soupapes.

- **Section injection**: Dans cette section on trouve les pompes d'injection et les injecteurs pour s'assurer qu'ils sont dans les normes du constructeur ou non.
- Section assemblage : Dans laquelle on assure l'assemblage des organes st des différents sous-ensembles des moteurs.

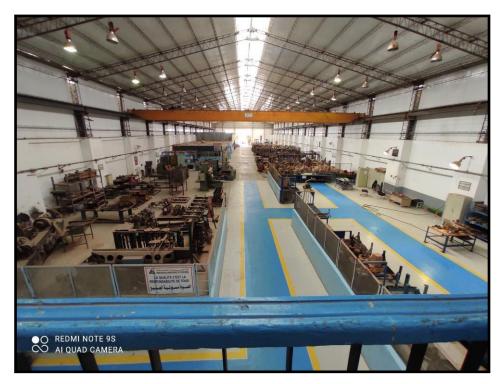


Figure 3.1: L'atelier moteur.

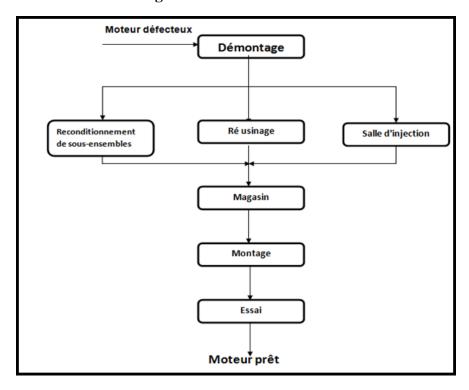


Figure 4.1 : Organigramme de l'atelier moteur.

1. Généralités sur les moteurs thermiques

1.7. Définition d'un moteur thermique

Les moteurs thermiques ont pour rôle de transformer l'énergie thermique à l'énergie mécanique. Ils sont encore appelés les moteurs à combustion qui sont généralement distingués en deux types :

- Les moteurs à combustion interne où le système est renouvelé à chaque cycle. Le système est en contact avec une seule source de chaleur (l'atmosphère).
- Les moteurs à combustion externe où le système (air) est recyclé, sans renouvellement, ce qui nécessite alors 2 sources de chaleur, entrent par exemple dans cette dernière catégorie : les machines à vapeur, le moteur Stirling.

Un moteur thermique à combustion interne est un organe transformateur d'énergie. Il transforme l'énergie thermique produite par la combustion (carburant + comburant) en énergie motrice mécanique. [2]

La figure ci-dessous, présente un exemple d'un moteur thermique de marque CATERPILLAR :



Figure 5.1: Moteur thermique CATERPILLAR. [2].

1.8. Classification du moteur thermique

Selon la disposition des cylindres, On trouve plus couramment :

- Moteur en ligne (vertical, horizontal, incliné).
- Moteur enV.
- Moteurs à plat, à cylindres opposés horizontaux.

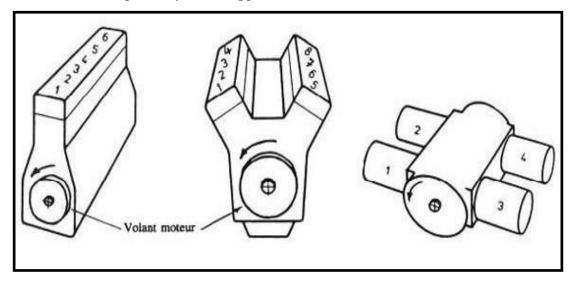


Figure 6.1: Dispositions des cylindres.

1.9. Architecture générale d'un moteur thermique

On distingue dans un moteur thermique:

- Des parties fixes ;
- Des parties mobiles.

Les parties fixes comprennent principalement :

- ✓ Le bloc moteur ou bloc cylindres.
- ✓ La culasse qui sert de couvercle hermétique à la partie supérieure des cylindres et supportant l'arbre à cames et les soupapes.

Les parties mobiles comprennent deux parties principales :

- ✓ L'attelage mobile qui inclut : le vilebrequin, les bielles, les pistons munis de leurs segments.
- ✓ La distribution qui inclut : l'arbre à cames, soupapes et ressorts de rappel, un système de rappel entre le ou les arbres à cames et le vilebrequin constitué d'une ou plusieurs chaînes ou courroies crantées.

13 La culasse Le bouchon remplissage L'arbre à cames d'huile Le bloc-cylindres Les soupapes Les pistons Le couvre-culasse La boîte à eau (thermostat) Le carter inférieur O Les bielles Le filtre à huile La jauge à huile Le vilebrequin La courroie d'accessoires

La figure 3.2, présente les différents organes d'un moteur thermiques :

Figure 7.1: Les différents organes d'un moteur thermique. [3]

2. Généralités sur les bancs d'essais

2.1. Définition

Un banc d'essais, est un système physique permettant de mettre un produit en conditions d'utilisation paramétrables et contrôlées afin d'observer et mesurer son comportement. Le banc d'essais est largement utilisé dans l'industrie, au point de représenter une part importante du budget de développement d'un produit. Les essais sont essentiellement destinés à vérifier les fonctionnalités du produit à l'état de carte électronique mais aussi sous la forme définitive (produit fini), ce sont alors des bancs d'essais fonctionnels. Les besoins de test étant très différents selon le format définitif du produit à tester.



Figure 8.1: Banc d'essais des moteurs thermiques.

2.2. Fonctionnement

Le banc de test mesure les performances du produit grâce à des instruments de mesure. Un banc de test semi-automatique guide un opérateur pour réaliser les mesures, alors qu'un banc automatique pilote directement les instruments de mesure et réalise le test en autonomie. À cette fin, la plupart des instruments industriels sont télécommandables.

2.3. Typologie de bancs d'essais

Selon le cycle de vie du produit, plusieurs catégories de bancs peuvent être distinguées :

- ❖ Banc de test: En phase de développement, c'est une plate-forme permettant de mesurer les performances d'un système (ou d'un sous-système) et d'en effectuer la mise au point. Le terme est aussi utilisé dans plusieurs disciplines pour désigner un environnement de développement protégé des dangers des expériences.
- ❖ Banc de validation: En phase de production, le banc de test valide entièrement le produit avant sa commercialisation, afin d'assurer que ses performances correspondent aux spécifications.
- **Banc d'endurance :** En phase de développement, le banc de test permet de vérifier si le produit respecte le besoin en termes de durée de vie et de fiabilité.
- * Banc de charge pour la maintenance : En phase de maintenance, c'est un outil permettant au technicien de maintenance de réparer le produit défectueux (essentiellement dans le domaine de l'électronique). Le banc mesure les performances du produit, permet de localiser l'origine de la panne et dans certains cas propose le

- remplacement des pièces défectueuses, de la carte électronique au composant selon le niveau de maintenance visé.
- ❖ *Banc de vérification*: Banc léger et économique qui vérifie si le produit est en état de marche, sans aller jusqu'à en tester les performances.

3. Généralités sur les compresseurs à air d'un moteur thermique

3.1. Description générale

Dans un système de freinage pneumatique, l'air comprimé est utilisé pour transmettre la force. La source de cet air est un compresseur. La fonction d'un compresseur est de pomper de l'air dans un réservoir pour produire de l'air comprimé.

Le compresseur est entraîné par le moteur du véhicule. De nos jours, la plupart des compresseurs sont entraînés par des arbres et des engrenages, tandis que certains étaient auparavant entraînés par des courroies et des poulies. Il est nécessaire d'inspecter tous les jours les compresseurs entraînés par courroie pour vérifier la présence de craquelures sur la courroie et la tension de celle-ci. Il faut également inspecter le compresseur et vérifier si des supports de fixation sont cassés ou si des boulons sont desserrés.



Figure 9.1 : Exemple d'un compresseur.

3.2. Principe de fonctionnement

Le compresseur est constamment entraîné par le moteur. Donc, lorsque le moteur tourne, le compresseur tourne lui aussi. Lorsque la pression du système atteint le niveau adéquat, c'est-à-dire entre le minimum de 80 psi et le maximum de 135 psi, le compresseur n'a plus besoin de pomper de l'air. Un régulateur actionne le pompage de l'air (fonction qu'on appelle la « charge ») afin de maintenir la pression au-dessus du minimum et laisse la pression s'échapper (fonction qu'on appelle le « délestage ») lorsqu'elle atteint le maximum.

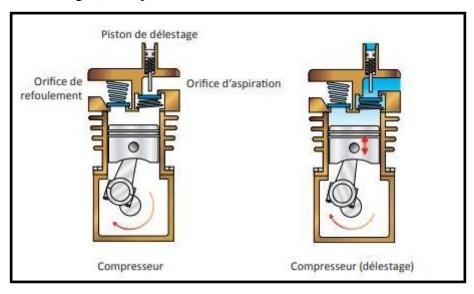


Figure 10.1: Coupe d'un compresseur.

Le délestage consiste à diriger la pression d'air vers les clapets d'aspiration du compresseur pour les maintenir ouverts, ce qui permet le mouvement de va-et-vient de l'air entre les deux cylindres, au lieu de la compression de l'air. Lorsque la pression du système chute, les clapets d'aspiration se ferment, ce qui remet le compresseur en fonction de charge. Le régulateur doit actionner la fonction de charge avant que la pression ne chute sous 80 psi, soit environ 20 psi sous la pression maximale du système. Le compresseur peut refroidir pendant qu'il est en fonction de délestage.

Un compresseur à pistons fonctionne selon le même principe que les courses d'admission et de compression d'un moteur :

- Course d'admission : La course descendante du piston crée une dépression dans le cylindre qui entraîne l'ouverture du clapet d'aspiration. Ceci entraîne le passage de l'air atmosphérique par le clapet d'aspiration dans le cylindre.
- Course de compression : Le mouvement vers le haut du piston comprime l'air dans le cylindre. L'augmentation de la pression fait que l'air ne peut s'échapper par le clapet d'aspiration (qui a été fermé par l'air comprimé). Lorsque le piston

arrive en fin de course, l'air sous pression passe par le clapet de refoulement dans la conduite de refoulement vers le réservoir.

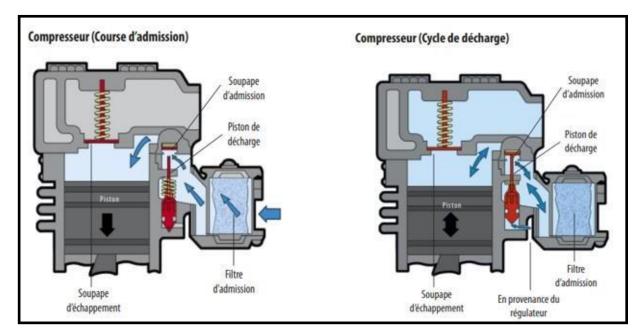


Figure 11.1: Principe de fonctionnement d'un compresseur.

3.3. Lubrification d'un compresseur

Les compresseurs sont généralement lubrifiés depuis le système de graissage du moteur, sauf pour ce qui est des compresseurs autolubrifiants dont le niveau de lubrifiant doit être vérifié chaque jour.

Il est très important que l'air entrant dans le système soit aussi propre que possible. L'air doit d'abord passer par un filtre qui élimine les particules de poussière. Le filtre à air doit être nettoyé régulièrement. Un filtre sale limite le débit d'air dans le compresseur, ce qui réduit son efficacité. Sur certains véhicules, l'orifice d'aspiration du compresseur est raccordé à la tubulure d'admission et reçoit l'air filtré par le filtre à air du moteur.

Chapitre 2 : Analyse Fonctionnelle

CHAPITRE III: ANALYSE FONCTIONNELLE

1. Analyse Fonctionnelle de besoin

1.1. Introduction

L'analyse fonctionnelle externe consiste à analyser le besoin auquel devra répondre le produit, les fonctions de service qu'il devra remplir, les contraintes auxquelles il sera soumis et à caractériser ces fonctions et ces contraintes. C'est la base de l'élaboration du cahier des charges fonctionnel.

Dans ce chapitre, on s'attèlera sur l'analyse fonctionnelle externe du banc d'essais. Dans ce qui suit, on entend par machine de production. 4 objectifs sont à réaliser :

- Enoncer d'une manière claire, nette et précise le besoin à satisfaire par le banc d'essais.
- Valider le besoin énoncé.
- Distinguer les éléments d'environnement de la machine et identifier ses différentes fonctions de services (fonction(s) principale(s) et fonctions contraintes)
- Valider, caractériser et hiérarchiser les fonctions de service.

Besoin: Vérifier les performances d'un compresseur à air.

Produit : Banc d'essais pour les compresseurs à air.

1.2. Enoncé le besoin

Il s'agit d'exprimer d'une manière concise et précise les buts de l'étude du système en posant les trois questions suivantes :

• Q1 : A qui (à quoi) le système rend-t-il service ?

R1: Technicien

• Q2 : Sur qui (sur quoi) agit-il ?

R2 : Les compresseurs à air d'un moteur thermique

• *Q3* : *Dans quel but* ?

La figure 1.2, présente un modèle graphique pour l'énoncée du besoin

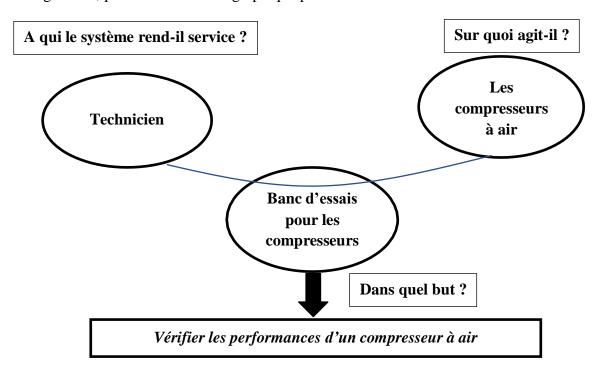


Figure 1.2 : L'énoncé de besoin.

1.3. Validation de besoin

Il est nécessaire de vérifier la durabilité du besoin dans le temps, Pour cela, on doit répondre concisément à 4 questions substantielles.

• Q1 : Pourquoi ce besoin existe –t-il ?

R1 : Pour garantir la fiabilité du compresseur avant le montage du moteur, il faut tester leurs performances.

• Q2 : Dans quel but ce besoin existe-t-il?

R2 : Vérifier les performances d'un compresseur après la révision

• Q3 : Qu'est ce qui pourrait faire disparaître ou évoluer ce besoin ?

R3: Le développement technologique

Q4 : Les risques de disparition ou évolution du besoin sont-ils réels dans le prochain avenir ?

R4 : apparition des systèmes automatisés plus sophistiquées Besoin validé

1.4. Environnement et fonctions de services

1.4.1. Eléments de l'environnement

On peut différencier 9 éléments environnants l'électrolyseur durant de sa séquence d'utilisation et 4 éléments de la séquence d'hors utilisation. Les éléments d'environnement sont résumés dans le tableau 1.2.

Tableau 1.2: Eléments d'environnement du banc d'essais.

Eléments d'environnements					
Séquence d'utilisation	Séquence hors utilisation				
- Technicien	-Agent de maintenance				
- Compresseur à air	-Outillages de maintenance				
- Energie d'alimentation	- Pièces de rechange.				
- Normes de sécurité					
- Normes spécifiques					
- Local d'implantation					

1.4.2. Diagramme de pieuvre

Les relations entre la machine à concevoir et les éléments environnants sont modélisées par le diagramme Pieuvre.

La figure 2.2 représente le diagramme Pieuvre associé à la séquence d'utilisation :

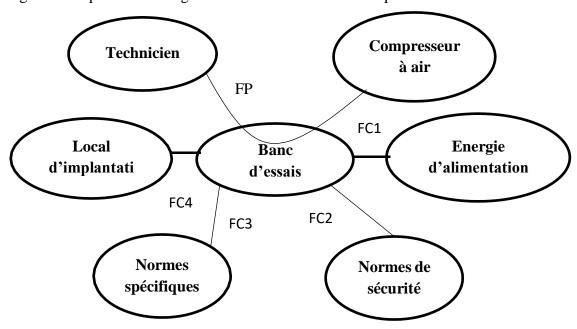


Figure 2.2 : Diagramme pieuvre (Séquence d'utilisation).

La figure 3.3 représente le diagramme Pieuvre associé à la séquence de hors utilisation.

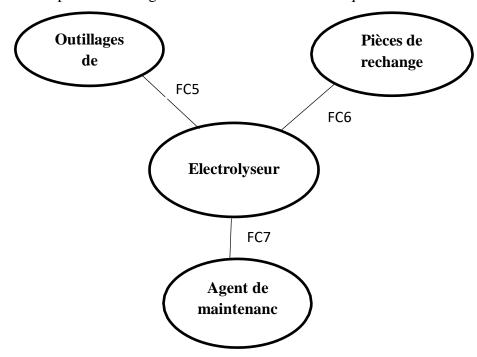


Figure 3.2 : Diagramme pieuvre (Séquence hors utilisation).

1.4.3. Les fonctions de service

Les fonctions de service sont résumées dans le tableau 2.2.

Tableau 2.2: Tableau fonctionnel.

	Fonctions de service				
FP1	Permettre le technicien de tester et vérifier les performances d'un compresseur à air				
FC1	S'adapter à l'énergie d'alimentation électrique				
FC2	Se conformer aux normes de sécurité.				
FC3	Respecter les normes spécifiques.				
FC4	S'adapter aux dimensions de l'espace du local d'implantation.				
FC5	Exiger des agents de maintenance qualifiés				
FC6	S'adapter à l'outillage de maintenance standard				
FC7	S'adapter aux pièces de rechange standards.				

1.4.4. Validation des fonctions de service

Pour valider une fonction de service il faut répondre clairement aux 4 questions suivantes :

Q1 : Dans quel but la fonction existe-t-elle?

Q2 : Pour quelles raisons la fonction existe-t-elle ?

Q3 : Qu'est ce qui pourrait faire disparaitre ou évoluer la fonction ?

Q4 : Qu'elle est la probabilité de disparition ou d'évolution de la fonction dans le futur Proche?

FP: Permettre le technicien de tester et vérifier les performances d'un compresseur à air

R1 : Assurer le bon fonctionnement de compresseur à air.

R2 : Tester les performances du compresseur après la révision.

R3 : Apparition d'autres techniques de vérification.

R4: Nulle.

Faible

Yalidation : FP validée

FC1: S'adapter à l'énergie d'alimentation électrique

R1 : S'alimenter d'une manière correcte en énergie électrique

R2 : Nécessité d'une source d'énergie électrique pour faire fonctionner le banc d'essais.

R3: Rien.

R4: Nulle.



Validation : FC1 validée

FC2 : Se conformer aux normes de sécurité.

R1: Tester le compresseur à air en toute sécurité.

R2: Protéger l'utilisateur et l'environnement

R3 : Développement des nouveaux bancs d'essais ne présentant aucun risque.

R4: Moyen.

Validation : FC2 validée

FC3: Respecter les normes spécifiques.

R1 : S'assurer de la tenue en considération des contraintes et des définitions spécifiques normalisées relatives aux bancs d'essais.

R2 : Les pratiques d'usage induisent une acceptation implicite des normes spécifiques en vigueur.

R3: Evolution des normes en vigueur.

R4: Faible.

Validation : FC3 validée

• FC4: S'adapter aux dimensions de l'espace du local d'implantation.

R1 : S'implanter d'une manière correcte termes de dimensions dans le local.

R2 : le banc d'essais doit être placée dans un local pour se protéger contre les conditions climatiques hostiles.

R3: Apparition des nouvelles conceptions résistantes aux conditions climatiques.

R4: Faible.

Validation : FC5 validée

• FC 5 : S'adapter à l'outillage de maintenance standard.

R1 : Rendre plus commode les travaux de maintenance.

R2 : L'outillage non standard est peu disponible et très coûteux.

R3 : Conceptions limitant la possibilité d'utiliser des pièces standards (maintenables avec un outillage standard)

R4: Faible

Validation : FC5 validée

• FC6: S'adapter aux pièces de rechange standards.

R1 : Remplacer facilement et économiquement les pièces défaillantes.

R2 : Les pièces de rechange standards sont abondantes et bon marché.

R3 : Conception complexe nécessitant des pièces non standards.

R4: Faible

Validation : FC6 validée

• FC7: Exiger des agents de maintenance qualifiés.

R1: Garantir une maintenance correcte.

R2 : La maintenance s'oriente de plus en plus vers la qualification et la spécialisation.

R3: Apparition des nouvelles conceptions de banc plus fiables.

R4: Faible.

Validation : FC7 validée

1.4.5. Hiérarchisation des fonctions de service

Pour chaque couple de fonctions, on utilise une variable réelle positive qui quantifie le degré d'importance relative, et ceci selon le tableau suivant :

Tableau 3.2 : Barème d'évaluation du degré d'importance.

Note	Degré d'importance		
0	Equivalue		
1	Légèrement supérieur		
2	Moyennement supérieur		
3	Nettement supérieur		

On va maintenant comparer les différentes fonctions de service par la méthode de tri croisé afin de dégager les fonctions les plus importantes.

Tableau 4.2 : Barème d'évaluation du degré d'importance.

	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	Points	%
FP1	FP1/2	FP1/2	FP1/2	FP1/3	FP1/3	FP1/3	FP1/3	18	29.5%
	FC1	FC2/2	FC2/1	FC2/1	FC1/2	FC1/2	FC1/2	10	16.39%
		FC2	FC2/2	FC2/2	FC2/3	FC2/3	FC2/3	13	21.31%
			FC3	FC3/2	FC3/2	FC3/3	FC3/3	10	16.39%
				FC4	FC4/2	FC4/2	FC4/2	6	9.83%
					FC5	FC6/2	FC7/1	3	4.91%
						FC6	FC6/1	1	1.4%
							FC7	0	0%
							Total	61	100%

La figure 4.2 représente l'histogramme de hiérarchisation des degrés d'importance de chaque fonction de service.

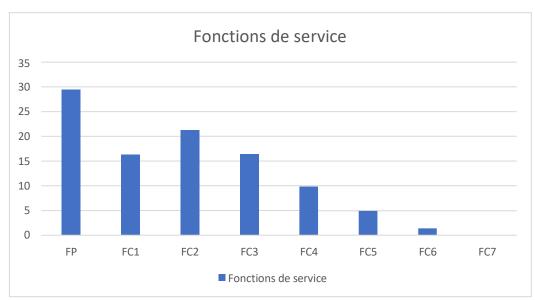


Figure 4.2 : Histogramme de hiérarchisation des degrés d'importance des fonctions de service.

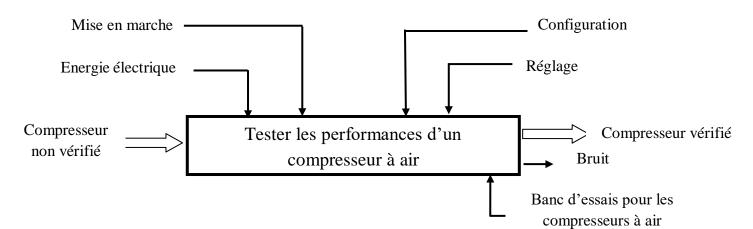
2. Analyse fonctionnelle technologique

2.1. Introduction

L'analyse fonctionnelle technologique a pour but de développer des solutions technologiques permettant de mettre en œuvre les fonctions de service présentées dans l'analyse fonctionnelle de besoin.

2.2. SADT ACTIGRAMME A-0

La méthode SADT est une méthode graphique qui part du général pour aller au particulier. Elle permet de décrire des systèmes où coexistent des flux de matières d'œuvre (produits, énergies et informations). Elle s'appuie sur la mise en relation de ces différents flux avec les fonctions que remplit le système.



2.3. Description du banc d'essais

Système

d'alimentation

Banc d'essais pour les
compresseurs à air

Entrainement en Système de Stockage d'air
mouvement lubrification

Dans ce qui suit, on var proposes pour chaque sans système des solutions technologique adéquates puis au var choisir la solution la plus adaptés par rapport à un certain nombre de critère de choix.

2.3.1. Première solution

Système d'alimentation:

• Réseau triphasé de l'atelier.

Support:

- Support en tubes carrés creux pour le banc ;
- Plaque en acier pour le compresseur.

Entrainement en mouvement

- Moteur électrique asynchrone pour le mouvement en rotation ;
- Poulies + courroies, pour transmettre le mouvement de rotation du moteur vers le compresseur.
- Des paliers pour le guidage en rotation

Stockage

Réservoir cylindrique pour stocker l'air.
 Réservoir rectangulaire pour l'huile de lubrification.

Système de lubrification

• Groupe hydraulique pour assurer la lubrification

Cette solution présente un certain nombre d'avantages :

- Système d'entrainement en mouvement très bien adapté à la source d'énergie la plus abondante dans les ateliers (énergie électrique).
- Système de transformation de mouvement adapté aux moyennes et grandes puissances mises en jeu.
- Système de guidage en rotation s'adapte très bien à vitesse important.

Néanmoins, cette solution présente un inconvénient majeur :

• Cout de fabrication assez élevé.

2.3.2. Deuxième solution

Système d'alimentation :

• Réseau triphasé de l'atelier.

Support:

- Support en tubes carrés creux pour le banc ;
- Plaque en acier pour le compresseur.

Entrainement en mouvement

- Moteur électrique asynchrone pour le mouvement en rotation ;
- Accouplement élastique entre l'arbre moteur et l'arbre du compresseur.

Stockage

- Refoulement d'air dans l'installation générale de l'atelier.
- Réservoir cylindrique pour l'huile de lubrification.

Système de lubrification

• Groupe hydraulique pour assurer la lubrification

Cette solution présente un certain nombre d'avantages :

• Conception simple. Pas de système de transformation de mouvement.

Néanmoins, cette solution présente un inconvénient majeur :

• Cout de fabrication assez important.

2.3.3. Troisième solution

Système d'alimentation:

• Réseau triphasé de l'atelier.

Support:

- Support en tubes carrés creux pour le banc ;
- Plaque en acier pour le compresseur.

Entrainement en mouvement

• Moteur électrique asynchrone pour le mouvement en rotation ;

• Transmission du mouvement par engrenages.

Stockage

- Réservoir cylindrique pour stocker l'air ;
- Carter d'huile.

Système de lubrification

• Groupe hydraulique pour assurer la lubrification

Cette solution présente un certain nombre d'avantages :

• Conception simple.

Néanmoins, cette solution présente un inconvénient majeur :

• Nécessite lubrification pour les engrenages.

2.4. Choix de solution

2.4.1. Critères de choix

Pour choisir la solution la plus adéquate parmi les solutions technologiques proposées, on doit fixer un ensemble des critères de choix. Le tableau 5.2 résume les critères de choix fixés.

Tableau 5.2 : Critères de choix.

Désignation	Critère
C1	Fiabilité (capacité de fonctionner sans
	subir une défaillance)
C2	Maintenabilité (aptitude à être facilement
	et rapidement réparé)
C3	Sécurité envers les risques dus au levage
C4	Simplicité de fabrication
C5	Coût

Suivant le degré d'adaptation (intérêt) de la solution technologique par rapport au critère de choix considéré, chaque solution aura une note pour chaque critère. Le tableau 6.2. Résume la quantification des degrés d'adaptation.

Tableau 6.2 : Note d'intérêt.

Note	Intérêt pour la solution			
1	Douteuse			
2	Moyenne			
3	Bien adapté			

2.4.2. Valorisation par critère

La valorisation par critère consiste à mener une discussion technique approfondie dans le but d'affecter une note bien évaluée à chaque solution et pour chaque critère. Le tableau 7.2 résume le résultat de cette valorisation par critère.

Tableau 7.2 : Valorisation du critère de choix pour chaque solution.

	S ₁	S_2	S ₃
C1	3	2	2
C2	3	2	3
C3	3	3	3
C4	2	3	2
C5	3	1	2

2.4.3. Valorisation globale

La valorisation globale tient en compte que les critères de choix n'ont pas tous le même degré d'importance. Il est alors, indispensable d'évaluer le degré d'importance de chaque critère et de lui attribuer un coefficient de pondération adéquat. On différencie 5 coefficients de pondération K (tableau 8.2).

Tableau 8.2 : Coefficient de pondération affecté selon l'importance du critère de choix.

Coefficient de pondération K	Importance du critère	
1	Utile	
2	Nécessaire	
3	Importante	

4	Très importance
5	Vitale

La valorisation globale consiste à affecter une note globale à la solution considérée suivant la formule :

$$N_{si} = K_j \times N_j$$

Avec

 N_{si} : Note globale affectée à la solution S_i .

 K_i : Coefficient de pondération affecté à chaque critère (tableau 5.3).

 N_j : Note attribué pour la solution à chaque critère.

2.4.4. Analyse des résultats

Une discussion technique approfondie a permis d'attribuer un coefficient de pondération pour chaque critère (tableau 9.2).

Tableau 9.2 : Coefficient de pondération pour chaque critère de choix.

Critère de choix	Coefficient de pondération K
C1	4
C2	3
C3	4
C4	1
C5	2

En se basant sur les tableaux 8.2 et 9.2, nous construisons le tableau de la valorisation globale (tableau 10.2).

Tableau 10.2: Valorisation globale pour chaque solution.

		S ₁		S ₂		S3	
Critère	K_j	N_1	N_{sI}	N_2	N_{s2}	<i>N</i> ₃	N_{s3}
C1	4	3	12	2	8	2	8
C2	3	3	9	2	6	3	9
C3	4	3	12	3	12	3	12
C4	1	2	2	3	3	2	2

C5	2	3	6	1	2	2	4
To	tal	4	1	3	1	3	5

La valorisation globale montre que la solution S1 est globalement la plus adapté aux critères de choix pondérés. Elle présente la note globale la plus élevée par rapport aux 2 autres solutions S2 et S3. C'est la solution (S1) qu'il faut retenir.

2.5. Diagramme FAST

