

Projet de la fin d'études

Amélioration de performance de turbocompresseur

Présenté et soutenu par :

SHIMI FIRAS

KHEMILI SAWSEN

En vue de l'obtention de

Licence Appliquée en mécanique auto

Sous la Direction de :

HAMDI MOHSEN

Encadreur (ISSAT Gafsa)

AJMI SABER

Encadreur (STTPH – Gafsa)

Soutenu le 00/00/2023

Devant le jury composé de :

Président :

Rapporteur :

Membres :

Invité :

Dédicaces

En termes de reconnaissance pour leurs sacrifices et comme témoignage de mes profonds sentiments à leurs égards.

A mon très cher Père Chokri

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A ma très chère mère Latifa

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver Et t'accorder santé, longue vie et bonheur

*Ames chères sœurs **Yosra, Houaida, Jana***

*Et mon frère **Bilel***

Que je les aime pour leurs encouragements qu'elles m'ont apporté et leur soutien moral.

Mes encadrants ont vraiment m'aidé beaucoup.

A mes amies, source de joie et bonheur

Qui ont été à mes côtés dans mes besoins.

*Sans oublier mon binôme **Firas** pour son soutien moral, sa compréhension au long de ce projet.*

Sawssen

Remerciements

Nous remercions dieu le tout puissant de m'avoir donné la volonté et le courage pour mener à bien ce travail.

*Nous voudrions tout d'abord adresser toute ma gratitude à Mr **Mohsen Hamed** et Mr **Saber Ajmi** pour leurs patiences, leurs disponibilités et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion et ses précieuses directives tout au long de la réalisation de ce travail m'ont beaucoup impressionnée.*

Nous désirons à exprimer mon gratitude et mon remerciement aux membres de jury d'avoir bien voulu accepter de faire la commission d'examineurs.

Enfin, nous profitons aussi de ce projet pour exprimer les plus vifs remerciements envers tous nos enseignants pour leur soutien durant nos études et envers tous mes amis qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

Sommaire

Contents

Licence Appliquée en mécanique auto	1
1. Introduction :	11
4. Généralités sur la suralimentation des moteurs	18
4.2. Les moteurs atmosphériques.....	19
5. Moteur suralimenté.....	21
5.1. L'objectif technique de la suralimentation	21
5.2. Différents types de suralimentation	22
5.3. Super chargeur (ou compresseur suralimenté).....	22
5.4. Turbocompresseur	24
6. Conclusion :.....	27
1. Introduction	29
2. Les caractéristiques techniques de turbocompresseur	29
7.1. Identification des fonctions de service	35
7.1.1. Environnement du produit :	35
7.3. Fonction principale de turbo-hybrides.....	37
2.1. Avantage :.....	42
3.1. Pour quoi le choisir ?	44
5.1. Les paramètres de MGU-H Mercedes-Benz F1 W12:	49
5.2. Calcul.....	Error! Bookmark not defined.
5.2.2. Calcul de la surface de la roue de turbine :	50
5.2.4. Calcul de la vitesse linéaire de la roue de turbine :.....	51
5.2.5. Calcul du débit d'air maximum :	51
5.2.6. Calcul du rapport de pression d'un turbo	51
5.3. Moteur aiment permanent	52
6. Conclusion:	54

Liste des figures

Figure 1: Moteur à vapeur	11
Figure 2: Moteurs à combustion externe à piston.....	12
Figure 3: Moteurs à combustion externe à piston.....	13
Figure 4: Moteur rotatif	13
Figure 9:Moteur à essence	18
Figure 10:Cycle du moteur diesel.....	18
Figure 11: Moteur atmosphérique	19
Figure 12: Twins scroll super charger	23
Figure 13: Turbocompresseur.....	25
Figure 14: Analyse globale.....	31
Figure 15: Démarche de saisir du besoin.....	32
Figure 16: Outil de bête à cornes.....	33
Figure 17: Milieu de produit.....	35
Figure 18: diagramme de Pieuvre.....	36
Figure 19: Schéma des Fonction de turbo-hybrides	39
Figure 20: Modèle solide compresseur (vue ultérieure).....	46
Figure 21: Modèle carter de compresseur	46
Figure 22: Modèle solide turbine.....	47
Figure 23: Modèle solide carter de turbine.....	47
Figure 24: Modèle solide connecteur compresseur	48
Figure 25: Modèle solide général de turbo hybride.....	48

Liste des tableaux

Tableau 1: Les quatre temps de moteur.....	Error! Bookmark not defined.
Tableau 2: Composant de turbocompresseur.....	Error! Bookmark not defined.
Tableau 3: Critères spécifiques de turbo-hybride.....	Error! Bookmark not defined.
Tableau 4: tableau des fonctions	Error! Bookmark not defined.
Tableau 5: les principales fonctions	Error! Bookmark not defined.
Tableau 6: les solutions et ces avantage et inconvénients	Error! Bookmark not defined.
Tableau 7: fiche technique du turbo MGU-H de Mercedes-AMG.....	49
Tableau 8: fiche technique de Mercedes-AMG f1 power-unité	50
Tableau 9: caractéristiques électriques et mécaniques d'un moteur électrique.....	53

Cahier des charges

- **Titre de projet :**
Amélioration de la performance de turbocompresseur
- **Promoteur :**
Entreprise STTPH-Gafsa
- **Etudiants :**
Shimi Firas
Khemili Sawssen
- **Encadrants:**
Mr. Mohsen HAMDI
Mr. Ajmi Saber
- **Travail demandé :**
 1. Etude de la fonction du turbocompresseur
 2. Prévision du nouvelle conception ou fonctionnement d'électro-turbo (Hybride-Turbo)
 3. Conception de système
 4. Simulation de systèmes
 5. Fabrication de prototype
- **Engagement du STTPH-Gafsa**
 1. Assurer un encadrement au niveau industriel pour la suivie du projet.
 2. Favoriser un local dans la mesure de possible dans la société
 3. Fournir les documents nécessaires pour l'étude
 4. Favoriser les moyens et les matériels nécessaires pour réaliser la machine
- **Engagement de l'ISSAT**
 1. Assurer un encadrement académique.
 2. Aider les étudiants pour réussir ce travail

Introduction Générale

Introduction général :

A la fin du sixième semestre de leur cycle universitaire, les étudiants de l'institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologie sont appelés à effectuer dans une entreprise qui leur servira de cadre professionnel à l'élaboration d'un projet de fin d'étude.

L'objectif de ce projet qui a été proposé par l'association STTPH – Gafsa est l'étude, la conception et la fabrication de turbocompresseur.

Dans le premier chapitre on fait l'étude bibliographique, Par la suite, on présentera un aperçu général sur la différente Caractéristique technique de Turbocompresseur.

Par suite la problématique et les solutions proposées, finissant par une conclusion.

Dans un deuxième chapitre on a fait l'analyse fonctionnelle pour aboutir la solution convenable.

En fin, on a terminé par le troisième chapitre qui est consacré au calcul et dimensionnement de notre système.

Un dossier technique du mécanisme est présenté.

Comme tout travail de PFE, une conclusion et perspective clôture se travail.

CHAPITRE 1

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Introduction :

Les moteurs sont des dispositifs mécaniques qui convertissent l'énergie en mouvement. Les moteurs peuvent être alimentés par diverses sources d'énergie, telles que l'essence, le diesel, la vapeur, etc. Les moteurs sont utilisés dans une grande variété de machines, y compris les voitures, les bateaux, les outils électriques, les générateurs, les pompes et bien d'autres.

2. Moteur à combustion externe :

Un moteur à combustion externe (MCE) est un type de moteur à combustion dans lequel le processus de combustion se déroule en dehors du moteur. Contrairement aux moteurs à combustion interne, dans lesquels le carburant est brûlé à l'intérieur du moteur, les moteurs à combustion externe utilisent une source de chaleur externe pour chauffer un fluide de travail qui produit de la force motrice. Il existe plusieurs types de moteurs à combustion externe.

2.1. Moteurs à vapeur :

Ces moteurs utilisent de la vapeur d'eau pour produire de l'énergie mécanique en faisant tourner une turbine ou un piston. La précision dans l'usinage de la pompe, particulièrement des pistons et des cylindres, doit être très poussée.

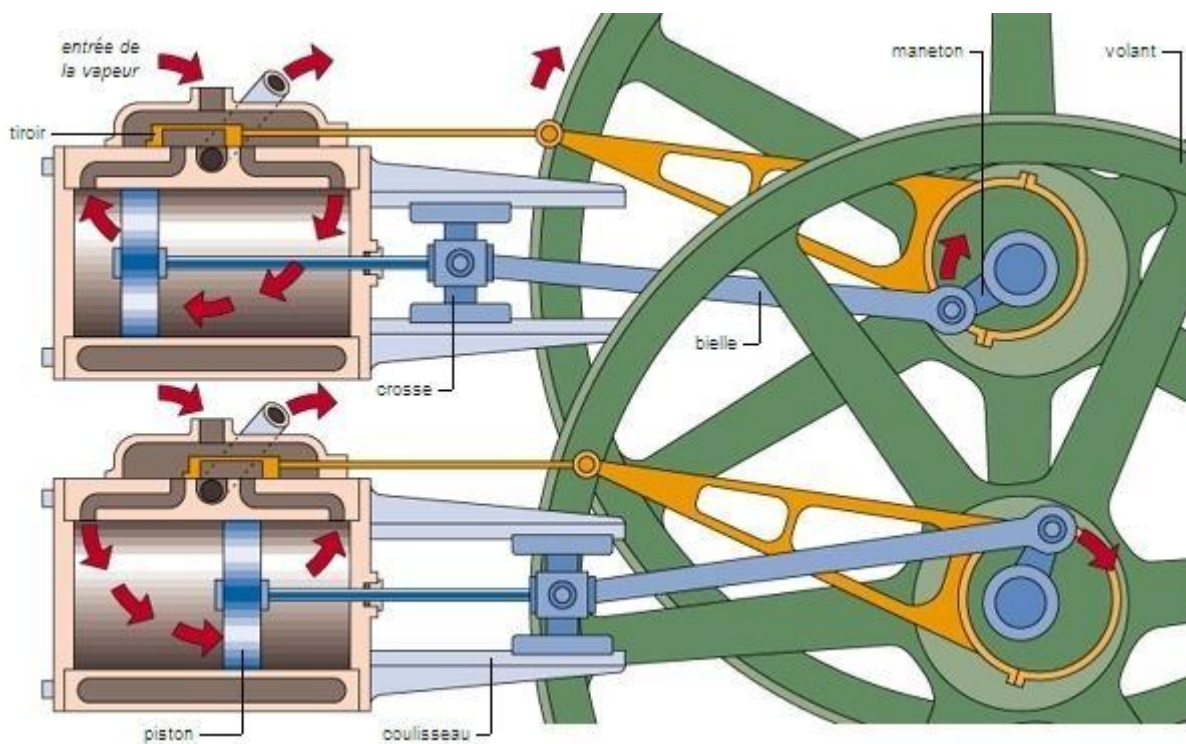


Figure 1: Moteur à vapeur

2.2 Moteurs à combustion externe à piston :

Ces moteurs utilisent un piston pour comprimer et chauffer un fluide de travail, qui produit une force motrice en se dilatant à travers une turbine ou un piston.

Les moteurs à combustion externe ont été largement utilisés au XIXe siècle pour alimenter les machines à vapeur, les locomotives à vapeur et les navires à vapeur. Bien que ces applications aient en grande partie été remplacées par des moteurs à combustion interne et d'autres sources d'énergie, les moteurs à combustion externe sont encore utilisés dans des applications spécialisées, notamment dans les centrales électriques et les générateurs de secours.

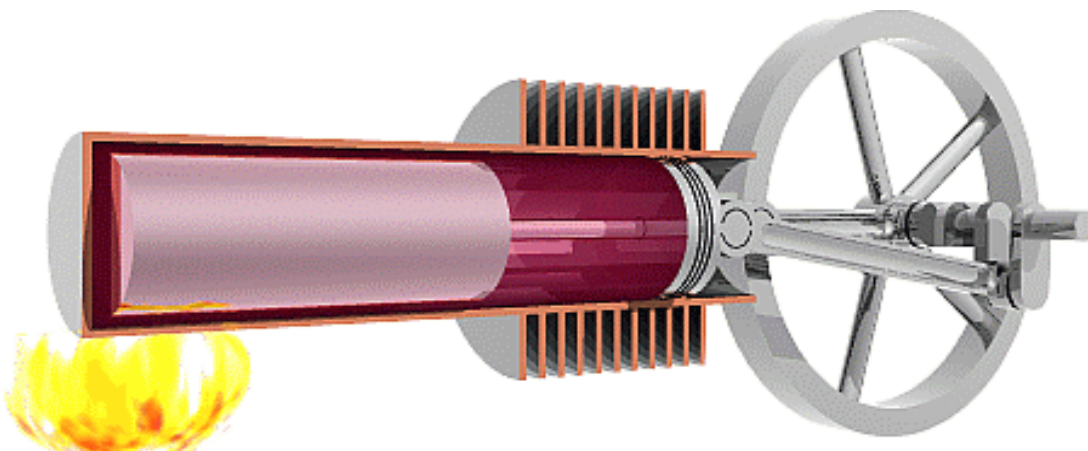


Figure 2: Moteurs à combustion externe à piston

3. Moteurs à combustion interne :

Un moteur à combustion interne est un type de moteur thermique qui fonctionne en brûlant un mélange air-carburant à l'intérieur d'une chambre de combustion pour produire de l'énergie mécanique. Il est utilisé dans une variété d'applications, des voitures et des camions aux motos, avions et bateaux. Le fonctionnement d'un moteur à combustion interne repose sur le cycle de combustion, qui peut être soit un cycle à deux temps, Wankel (rotatif), soit un cycle à quatre temps.

4. Moteur à deux temps :

La mécanique des moteurs à deux temps est un domaine de la mécanique qui se concentre sur la compréhension du fonctionnement des moteurs à deux temps. Ces moteurs ont un cycle de combustion complet en deux mouvements du piston, au lieu de quatre mouvements comme dans les moteurs à quatre temps.

Les moteurs à deux temps ont des applications dans une variété de machines, notamment les moteurs de motos, les souffleurs de feuilles, etc....

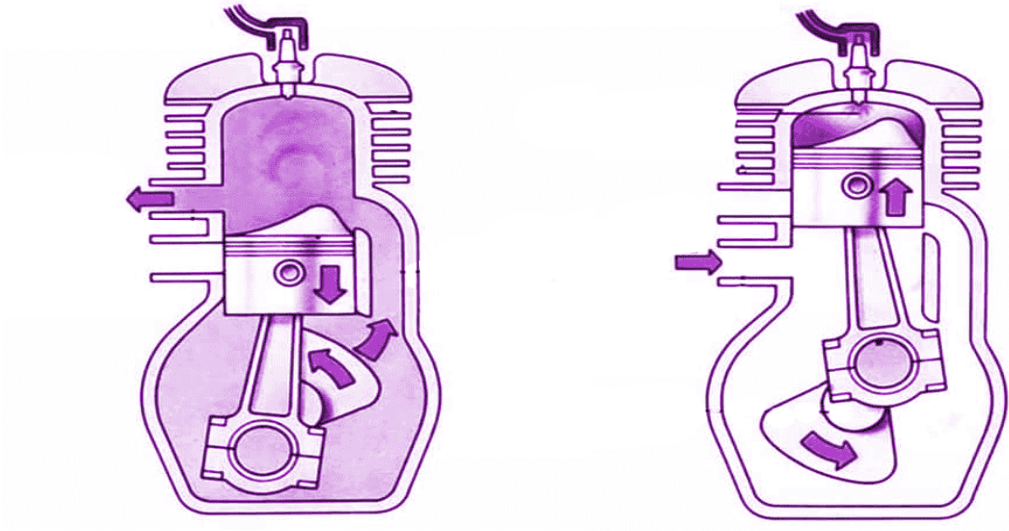


Figure 3: Moteurs à combustion externe à piston

4.1. Moteur rotatif (Wankel)

Le moteur rotatif, également connu sous le nom de moteur Wankel, est un type de moteur à combustion interne qui utilise une conception de rotor triangulaire pour produire de l'énergie. Contrairement aux moteurs à piston qui ont un mouvement linéaire, le moteur rotatif a un mouvement rotatif.

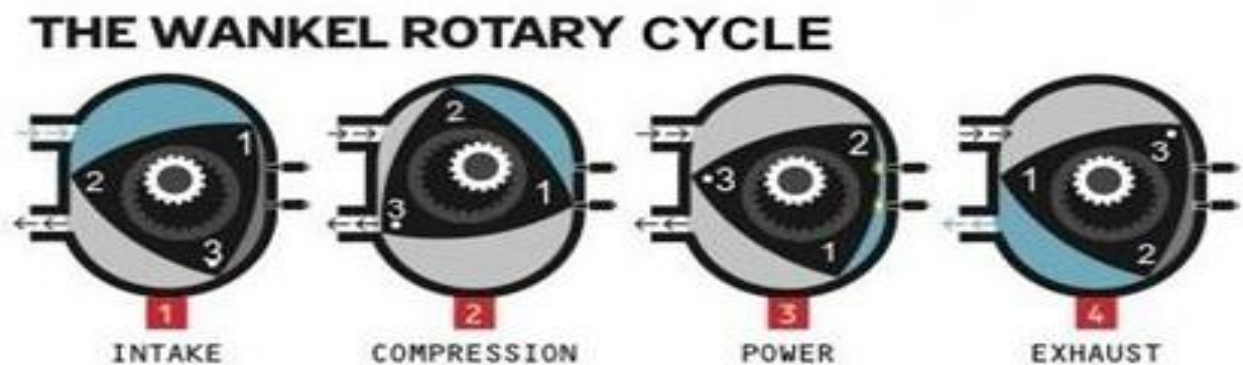


Figure 4: Moteur rotatif

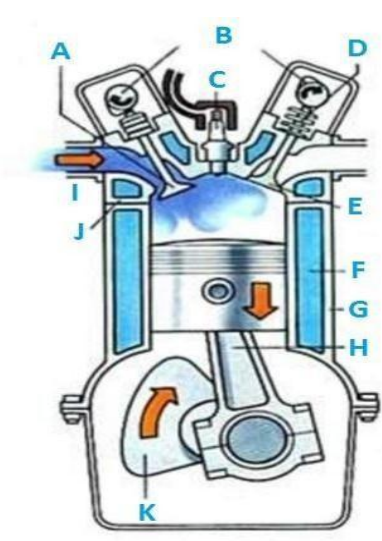
La conception du moteur rotatif se compose d'un rotor triangulaire qui tourne dans une chambre d'expansion ovale. Le rotor est maintenu en rotation par un arbre central qui transmet la force de rotation à

l'arbre de sortie du moteur. Le rotor est équipé de joints d'étanchéité qui séparent les chambres de combustion du carburant et de l'air. Les chambres sont scellées par des sections fixes de la chambre ovale.

4.2. Moteur à quatre temps

Chaque phase se produit sur deux rotations de l'arbre de transmission cycle de combustion dans un moteur à quatre temps comprend quatre phases :

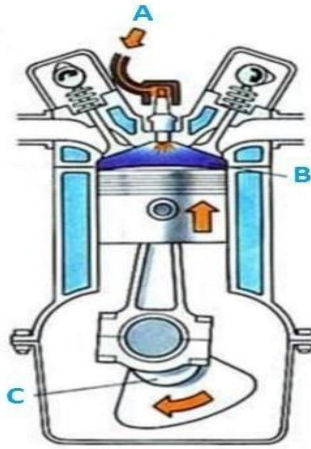
Tableau 1: Les quatre temps de moteur

Phase		
<p>1. Phase d'Admission</p> <p>A-Soupape d'admission B-Arbre C-Bougie D -Ressort de soupape E -Soupape d'échappement F-Eau G -Bloc H- Bielle</p> <p>I - Admission des gaz J- Culasse K- Masselotte d'équilibrage</p>		<p>Le carburant et l'air mélangé par l'injection ou le carburateur sont aspirés dans la chambre de combustion par le piston qui descend, la(les) Soupape(s) d'admissions étant ouvertes.</p>

2. Phase de Compression

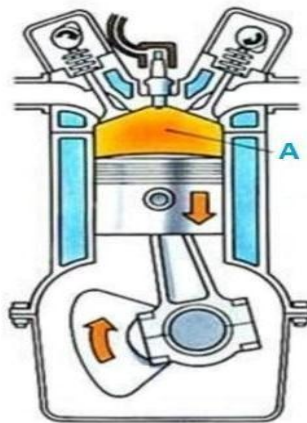
A- Allumage

B -Gaz comprimé

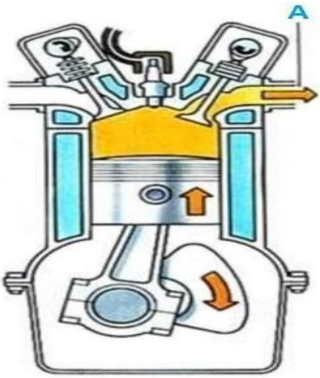


La(les) soupape(s) d'admission se ferment, le piston va en remontant compresser à une bonne pression le mélange.

3. Phase de Combustion et détente à la combustion chasse le piston vers le bas



Le piston arrivant à son point mort haut va compresser le gaz au maximum. La bougie d'allumage va quelques degrés avant que le PMH va produire une étincelle à haute tension. Cela déclenche une combustion du gaz qui repousse le piston.

<p>4. Phase d'Echappement</p> <p>A- Sortie du gaz d'échappement</p>		<p>Sortie du gaz d'échappement</p>
--	---	------------------------------------

4.3. Moteur à alimentation commandé (moteur à essence) :

Un moteur à essence est un type de moteur à combustion interne qui utilise de l'essence comme carburant. Ces moteurs sont généralement de conception alternative ou rotative.

Un moteur à allumage par étincelle fonctionne en utilisant une étincelle provoquée par une bougie d'allumage pour enflammer le carburant dans la chambre. Ce système est également équipé d'un système d'allumage complet, comprenant une bougie d'allumage, une bobine pour créer l'étincelle et un système de contrôle de l'allumage.



Figure 5: Moteur à essence

4.4. Moteur à allumage par compression (moteur à diesel) :

Un moteur diesel est un type de moteur à combustion interne dans lequel l'allumage du carburant se produit par compression plutôt que par une étincelle d'allumage. Ce type de moteur a été inventé par Rudolf Diesel en 1892 et est largement utilisé dans les véhicules de transport, les machines industrielles, les générateurs électriques et les navires.

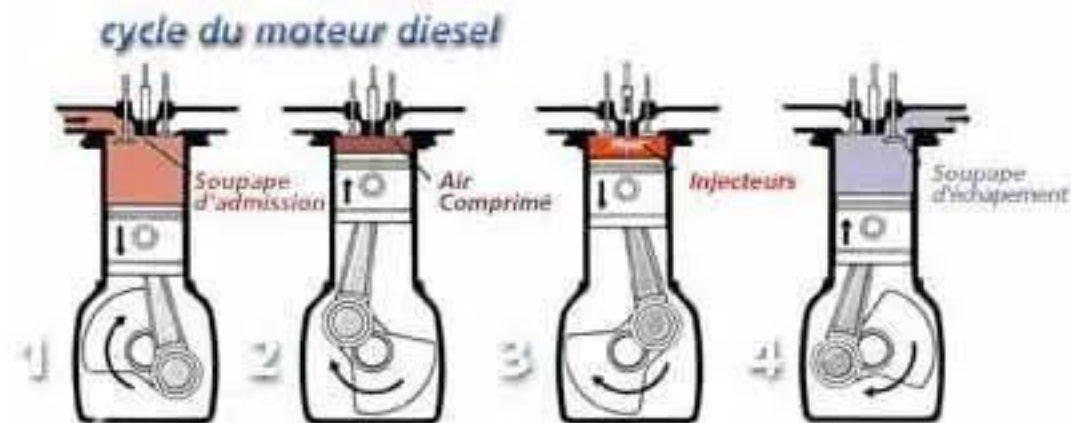


Figure 6: Cycle du moteur diesel

4.1 Généralités sur la suralimentation des moteurs :

4.1.1 Introduction :

Le besoin en air dans un moteur à combustion interne est essentiel pour la production de puissance. L'air est nécessaire pour brûler le carburant dans les cylindres et ainsi produire de l'énergie qui est utilisée pour faire tourner les roues du véhicule.

Plus précisément, l'air est nécessaire pour fournir de l'oxygène à la combustion du carburant. L'oxygène réagit avec le carburant pour produire de l'énergie sous forme de chaleur et de pression, ce qui pousse le piston vers le bas et génère la force nécessaire pour faire tourner le vilebrequin.

4.2.1 Les moteurs atmosphériques :

Le terme "moteur atmosphérique" est généralement utilisé pour désigner un moteur à combustion interne qui n'est pas équipé d'un système de suralimentation tel qu'un turbocompresseur ou un compresseur mécanique. Le moteur atmosphérique fonctionne en aspirant l'air ambiant dans les cylindres par le biais de l'admission d'air, sans augmenter la pression de l'air.

Le moteur atmosphérique utilise le mouvement de montée et descente du piston pour aspirer l'air et le mélange carburant dans les cylindres, où la combustion se produit.

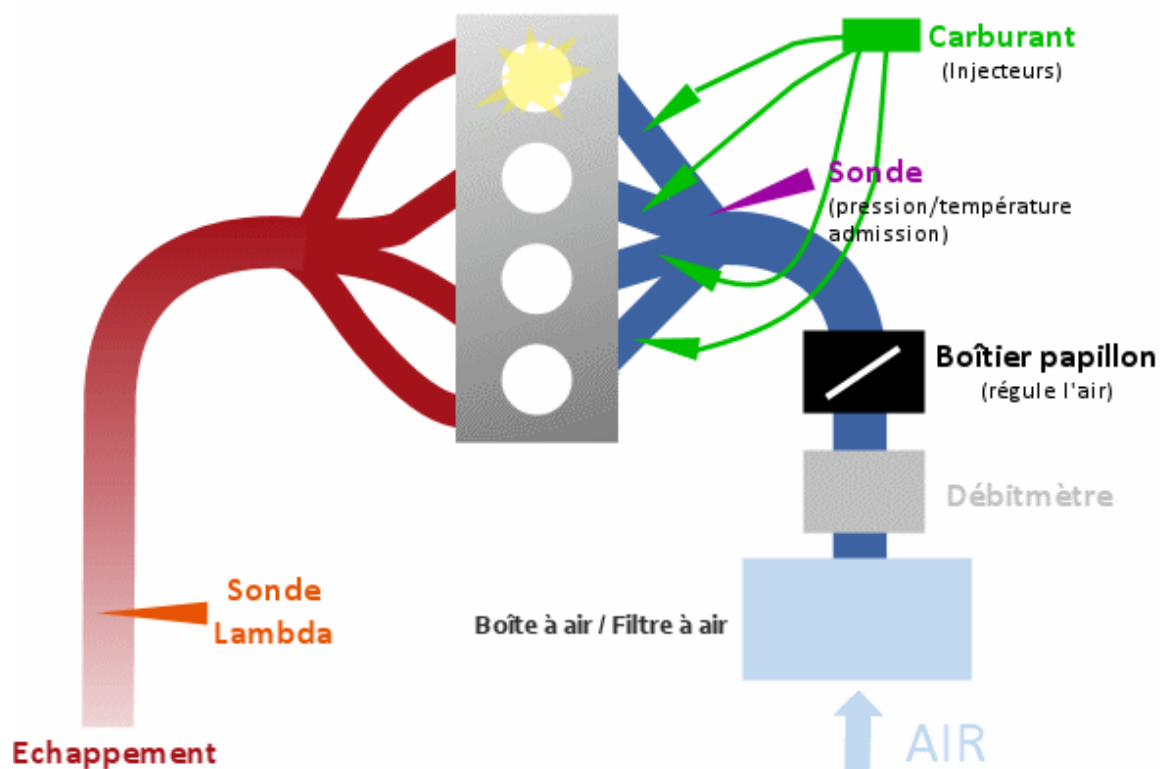


Figure 7: Moteur atmosphérique

4.2.1. Les avantages :

Les avantages techniques des moteurs atmosphériques sont les suivants :

➤ **Simplicité :**

Les moteurs atmosphériques sont souvent plus simples que les moteurs suralimentés, car ils n'ont pas besoin des systèmes de suralimentation et de refroidissement associés. Cela peut réduire les coûts de production, faciliter la maintenance et améliorer la fiabilité.

➤ **Réponse rapide à l'accélération :**

Les moteurs atmosphériques ont souvent une réponse plus rapide à l'accélération car ils n'ont pas de temps de réponse associé à la suralimentation.

➤ **Durabilité :**

Les moteurs atmosphériques ont souvent une durée de vie plus longue que les moteurs suralimentés car ils sont soumis à moins de stress mécanique et thermique.

➤ **Linéarité de la puissance :**

La puissance des moteurs atmosphériques est souvent plus linéaire que celle des moteurs suralimentés, ce qui signifie qu'elle augmente de manière plus régulière avec la vitesse du moteur. Cela peut rendre le moteur plus facile à conduire et à contrôler.

4.2.2. Les inconvénients :

Les inconvénients techniques des moteurs atmosphériques sont les suivants :

➤ **Puissance limitée :**

Les moteurs atmosphériques ont souvent une puissance limitée par rapport aux moteurs suralimentés, car ils ne peuvent pas fournir autant d'air et de carburant à chaque cycle de combustion.

➤ **Consommation de carburant :**

Les moteurs atmosphériques peuvent avoir une consommation de carburant plus élevée que les moteurs suralimentés en raison de leur puissance limitée.

➤ **Sensibles à l'altitude :**

Les moteurs atmosphériques peuvent être plus sensibles à l'altitude car ils ne peuvent pas compenser la diminution de la densité de l'air avec l'altitude comme le font les moteurs suralimentés.

5.1 Moteur suralimenté :

La suralimentation est une technique utilisée dans les moteurs à combustion interne pour augmenter la quantité d'air admis dans les cylindres et ainsi augmenter la puissance et/ou l'efficacité du moteur. Elle consiste à forcer l'air dans le moteur à une pression supérieure à la pression atmosphérique normale, ce qui augmente la densité de l'air et permet une combustion plus complète du carburant.

Il existe plusieurs méthodes de suralimentation, mais les plus courantes sont le turbocompresseur et le compresseur mécanique. Dans les deux cas, un compresseur est utilisé pour augmenter la pression de l'air admis dans les cylindres.

L'objectif technique de la suralimentation :

L'objectif technique de la suralimentation d'un moteur est d'augmenter la puissance et le couple du moteur en augmentant la quantité d'air qui est aspirée dans les cylindres du moteur. La suralimentation permet d'augmenter la densité de l'air aspiré dans le moteur, ce qui permet d'ajouter plus de carburant pour augmenter la puissance.

Les objectifs techniques de la suralimentation :

Augmentation de la puissance

La suralimentation augmente la quantité d'air disponible pour la combustion, ce qui permet d'augmenter la puissance du moteur sans avoir besoin d'un moteur plus grand ou plus lourd.

5.1.2. Augmentation du couple

La suralimentation permet d'augmenter le couple du moteur, ce qui est particulièrement important pour les moteurs diesel et les moteurs à essence à faible régime.

5.1.3. Réduction des émissions

En augmentant la quantité d'air disponible pour la combustion, la suralimentation permet de brûler plus complètement le carburant, ce qui peut réduire les émissions.

5.1.4. Meilleure réponse de l'accélérateur

La suralimentation permet au moteur de répondre plus rapidement aux demandes d'accélération, ce qui peut améliorer la conduite et la performance du véhicule.

5.1.5 Meilleure efficacité énergétique

La suralimentation peut permettre d'optimiser l'efficacité énergétique du moteur en augmentant la puissance et le couple sans augmenter la taille ou le poids du moteur. Cela peut conduire à une meilleure économie de carburant et à une réduction des émissions de gaz à effet de serre

5.2.1 Différents types de suralimentation

Il existe différents types de suralimentation utilisée dans les moteurs à combustion interne. Les principaux types sont :

5.2.1. Le compresseur volumétrique

Il s'agit d'un compresseur qui utilise une courroie ou un engrenage pour entraîner une roue qui comprime l'air d'admission. Les compresseurs volumétriques peuvent être de type Roots, Lysholm ou scroll.

5.2.2. Le turbocompresseur

Il s'agit d'un compresseur qui utilise les gaz d'échappement pour entraîner une turbine qui fait tourner le compresseur d'admission d'air. Les turbocompresseurs sont couramment utilisés dans les moteurs diesel et à essence.

5.3.1 Super chargeur (ou compresseur suralimenté)

Est un dispositif mécanique utilisé pour augmenter la pression de l'air qui entre dans un moteur à combustion interne, permettant ainsi d'augmenter la puissance et le couple de ce dernier. Le super chargeur est généralement entraîné par une courroie reliée au vilebrequin du moteur et fonctionne en comprimant l'air ambiant avant de l'acheminer dans les cylindres du moteur. Cette augmentation de la pression d'admission de l'air permet une combustion plus efficace, ce qui se traduit par une augmentation de la puissance et du couple du moteur. Le super chargeur sont utilisés principalement dans les moteurs à essence de haute performance, les moteurs de

Compétition et les moteurs de certaines voitures de sport et de luxe.

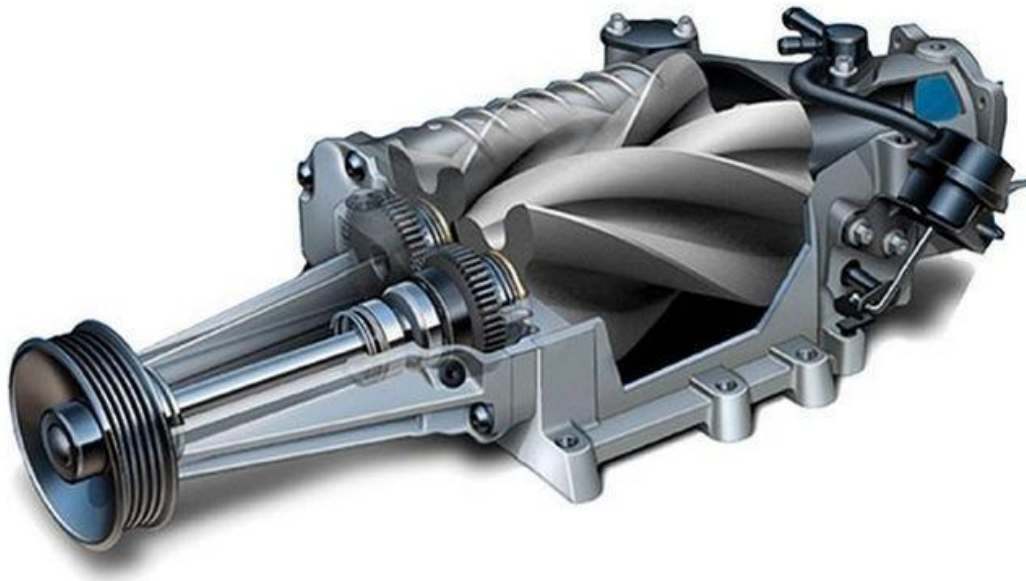


Figure 8: Twins scroll super charger

Les super chargeurs offrent plusieurs avantages, notamment :

Augmentation de la puissance : Le principal avantage du super chargeur est l'augmentation de la puissance et du couple du moteur. Cela permet d'améliorer les performances globales du véhicule, en particulier en termes d'accélération et de vitesse maximale.

Réponse instantanée : les super chargeurs offrent une réponse instantanée, ce qui se traduit par une accélération plus rapide et une conduite plus dynamique.

Meilleure efficacité énergétique : En comprimant l'air d'admission, le super chargeur permet une combustion plus efficace du carburant, ce qui se traduit par une meilleure efficacité énergétique et une consommation de carburant plus faible par rapport à un moteur atmosphérique.

Installation facile : Les super chargeurs sont relativement faciles à installer, car ils sont généralement montés sur la partie supérieure du moteur et sont entraînés par une courroie reliée au vilebrequin.

Amélioration de la performance à bas régime : Les super chargeurs offrent une amélioration significative de la puissance à bas régime, ce qui est particulièrement utile pour

Les véhicules de course et les voitures de sport qui nécessitent une accélération rapide dès le départ.

Malgré leurs nombreux avantages, les super chargeurs ont également quelques inconvénients, notamment :

Coût élevé : Les super chargeurs sont généralement plus chers que les turbocompresseurs et peuvent être coûteux à installer, surtout s'ils doivent être personnalisés pour s'adapter à un moteur spécifique.

Consommation de carburant plus élevée : Bien que les super chargeurs permettent une combustion plus efficace du carburant, ils peuvent également augmenter la consommation de carburant, en particulier lorsqu'ils sont utilisés de manière intensive.

Usure accrue des composants du moteur : En augmentant la pression d'admission de l'air, les super chargeurs peuvent également causer une usure accrue des composants du moteur, en particulier des segments de piston et des soupapes d'admission.

Augmentation de la température de l'air d'admission :

Comme le super chargeur comprime l'air d'admission, il peut également augmenter la température de l'air entrant dans le moteur, ce qui peut réduire l'efficacité de la combustion et causer des problèmes de surchauffe.

Bruit supplémentaire : Les super chargeurs peuvent également produire un bruit supplémentaire en raison de la rotation rapide des composants internes.

5.4 Turbocompresseur

Les turbocompresseurs sont des dispositifs de suralimentation utilisés dans les moteurs à combustion interne pour augmenter la puissance et le couple. Ils fonctionnent en comprimant l'air d'admission dans le moteur à l'aide d'une turbine entraînée par les gaz d'échappement. Cette compression de l'air augmente la densité de l'air qui entre dans le moteur, permettant ainsi une combustion plus efficace et une augmentation de la puissance. Les turbocompresseurs sont utilisés dans une variété d'applications, notamment dans les voitures, les camions, les bateaux, les avions et même dans les centrales électriques. Ils sont devenus de plus en plus populaires ces dernières années en raison de leur capacité à fournir une puissance accrue tout en améliorant l'efficacité énergétique. Dans cette série de questions-réponses, nous allons explorer en détail les turbocompresseurs, leurs avantages, leurs inconvénients et

les différents types de turbocompresseurs disponibles sur le marché

TURBOCHARGER

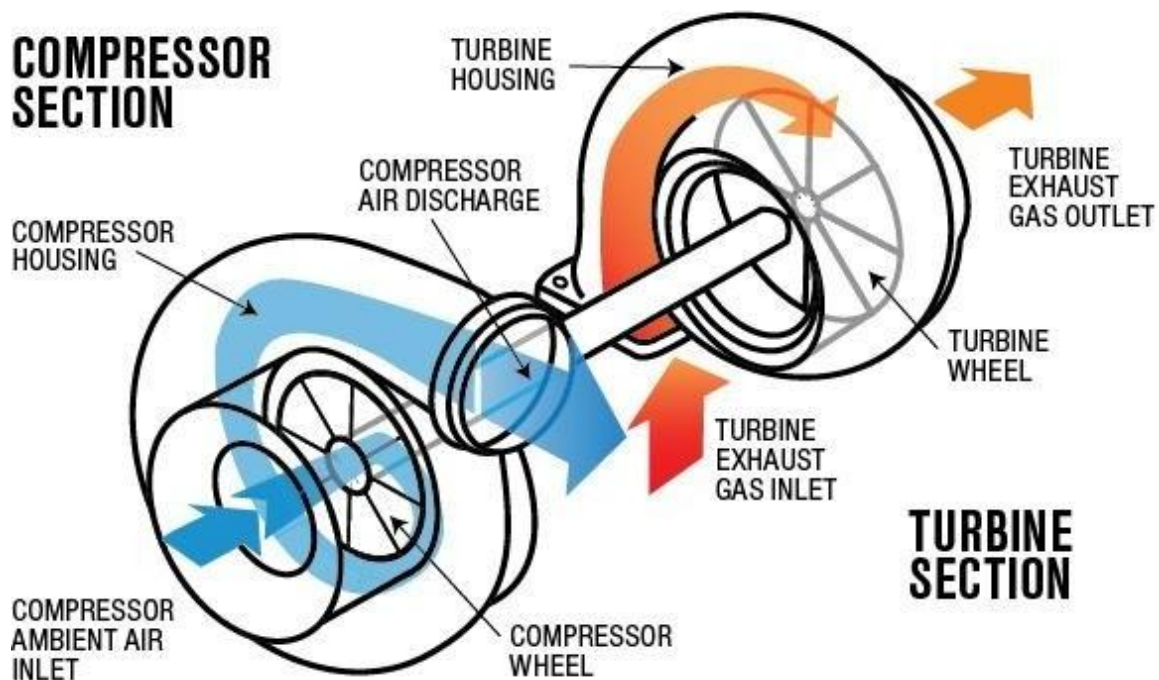


Figure 9: Turbocompresseur

5.4.1 Les avantages et inconvénients de turbocompresseur

Le turbocompresseur présente plusieurs avantages pour les moteurs de véhicules et d'autres applications. Les avantages comprennent :

Augmentation de la puissance et du couple : Le turbocompresseur permet une augmentation significative de la puissance et du couple du moteur, sans avoir à augmenter la taille ou le poids du moteur. Cela permet aux véhicules d'avoir des performances plus élevées sans compromettre l'efficacité énergétique.

Amélioration de l'efficacité énergétique : En utilisant les gaz d'échappement pour alimenter la turbine, le turbocompresseur récupère de l'énergie qui serait autrement perdue. Cela améliore l'efficacité énergétique du moteur et réduit la consommation de carburant.

Réduction des émissions de gaz d'échappement : Comme le turbocompresseur permet une combustion plus complète du carburant, il réduit les émissions de gaz d'échappement telles que les oxydes d'azote (NOx).

Bien que le turbocompresseur ait de nombreux avantages, il présente également certains inconvénients :

Coût : Les turbocompresseurs sont généralement plus coûteux que les systèmes de suralimentation naturelle. Les pièces elles-mêmes sont plus coûteuses, et leur installation peut également être plus complexe.

Complexité : Les turbocompresseurs sont des dispositifs complexes qui peuvent nécessiter une installation professionnelle et une maintenance régulière. Les turbocompresseurs peuvent également avoir besoin d'une lubrification et d'un refroidissement spécifiques pour fonctionner correctement.

Temps de réponse : Bien que les turbocompresseurs offrent une augmentation significative de la puissance et du couple, ils peuvent prendre un peu de temps pour atteindre leur pleine puissance. Cela peut entraîner un retard dans la réponse de l'accélérateur.

Les composants de turbo

La turbine est entraînée par les gaz d'échappement, tandis que le compresseur comprime l'air entrant dans le moteur. Le boîtier abrite les composants et résiste aux températures élevées. L'arbre relie la turbine et le compresseur, transmettant l'énergie. Les paliers soutiennent le turbocompresseur et réduisent les frictions

Les composants de turbo typique peuvent inclure les éléments suivants :

Tableau 2: Composant de turbocompresseur

Composant	Rôle
Compresseur	Comprime l'air ambiant et l'envoie dans le moteur pour augmenter la puissance et le couple.
Turbine	Actionnée par les gaz d'échappement, elle fait tourner le compresseur pour comprimer l'air ambiant.

Arbre de turbine	Transmet la puissance de la turbine au compresseur.
Roulements	Permettent à l'arbre de turbine et au compresseur de tourner en douceur.
Boîtier de turbine	Loge la turbine et les roulements.
Boîtier de compresseur	Loge le compresseur et les roulements.
Système de refroidissement	Maintient la température du turbo dans les limites acceptables pour prolonger sa durée de vie.
Soupape de dérivation	Redirige une partie de l'air comprimé hors du circuit du moteur lorsque la pression est trop élevée pour éviter d'endommager le turbo et le moteur.
Capteurs	Mesurent différents paramètres du turbo, tels que la pression et la température, pour aider le système de gestion du moteur à optimiser les performances et à prévenir les dommages.

6.1 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté une étude bibliographique a permis de recueillir un large éventail de recherche sur le turbocompresseur. Et aussi on a présenté la démarche problématique pour concevoir notre système objet de ce projet.

Dans ce qui on a va présenter une analyse détaillée du besoin de ce système.

CHAPITRE 2 : ETUDE ET ANALYSE **FONCTIONNELLE DE HYBRID- TURB**

1. Introduction :

L'Hybride Turbo est une technologie de turbocompresseur qui utilise une combinaison de turbocompresseur et de compresseur électrique pour améliorer les performances d'un moteur. Cette technologie a été développée pour répondre aux exigences croissantes en matière d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

2. Les caractéristiques techniques de turbocompresseur :

2.1. Description :

Les turbocompresseurs sont des composants essentiels utilisés dans les moteurs à combustion interne pour augmenter la puissance et l'efficacité du moteur. Ils fonctionnent en comprimant l'air admis dans le moteur, ce qui permet une meilleure combustion du carburant et une augmentation de la puissance de sortie.

2.2. Définition :

Un turbocompresseur est un dispositif mécanique utilisé pour augmenter la puissance et l'efficacité des moteurs à combustion interne. Il fonctionne en utilisant l'énergie des gaz d'échappement pour entraîner une turbine, qui comprime l'air admis dans le moteur. En comprimant l'air, le turbocompresseur permet une combustion plus efficace du carburant dans les cylindres du moteur, ce qui augmente la puissance de sortie.

2.3. Caractéristiques techniques :

Les caractéristiques techniques d'un turbocompresseur peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la taille et la conception du turbocompresseur, le moteur sur lequel il est installé et l'application spécifique (automobile, marine, industrielle, etc.). Cependant, certaines caractéristiques courantes sont généralement considérées lors de la sélection et de l'évaluation d'un turbocompresseur. Voici quelques-unes de ces caractéristiques techniques.

2.3.1. Taille et géométrie de la turbine :

La taille et la géométrie de la turbine du turbocompresseur ont un impact direct sur son efficacité et sa plage de fonctionnement. Une turbine plus grande peut fournir une plus grande quantité d'air comprimé, ce qui augmente la puissance du moteur, mais peut également augmenter le temps de réponse du turbocompresseur (turbo lag). Une géométrie variable peut permettre une meilleure adaptation aux différentes conditions de fonctionnement du moteur.

2.3.2. Taille et géométrie du compresseur :

Le compresseur est responsable de l'admission d'air frais dans le moteur. Comme pour la turbine, la taille et la géométrie du compresseur ont un impact sur l'efficacité et la plage de fonctionnement du turbocompresseur. Un compresseur plus grand peut fournir une plus grande quantité d'air comprimé, mais peut également entraîner une augmentation de la perte de charge et une augmentation du temps de réponse.

2.3.3. Pression de suralimentation :

La pression de suralimentation est la pression de l'air comprimé fourni par le turbocompresseur au moteur. Elle est mesurée en psi (livres par pouce carré) ou en bars. Une pression de suralimentation plus élevée entraîne une augmentation de la puissance

2.3.4. Efficacité du turbocompresseur :

L'efficacité du turbocompresseur est une mesure de sa capacité à comprimer l'air avec un minimum de pertes d'énergie. Une efficacité plus élevée se traduit par une meilleure utilisation de l'énergie des gaz d'échappement pour comprimer l'air, ce qui peut améliorer la réponse du moteur et réduire la consommation de carburant.

2.3.5. Plage de fonctionnement :

La plage de fonctionnement d'un turbocompresseur fait référence à la gamme de régimes moteurs où il peut fournir une suralimentation efficace. Une plage de fonctionnement étendue permet au moteur d'avoir une puissance et une réponse constantes sur une large gamme de vitesses de rotation.

3. Analyse fonctionnel :

L'analyse fonctionnelle décrit d'une part le point de vue de l'utilisateur envers le produit exprime de besoin d'autre part celui de conception qui cherche à traduire ses besoins à un assemblage des fonctions de service.

Pour aboutir aux choix des solutions technologique capable de satisfaire le besoin énonces par l'utilisateur.

- Une analyse fonctionnelle de besoin assure par le produit qui consiste à une expression du besoin
- Une expression fonctionnelle du besoin cette analyse permet d'établir le cahier de charge fonctionnelle.

4. Modélisation du système :

La fonction globale du système à concevoir est défini par l'Actigramme suivant :

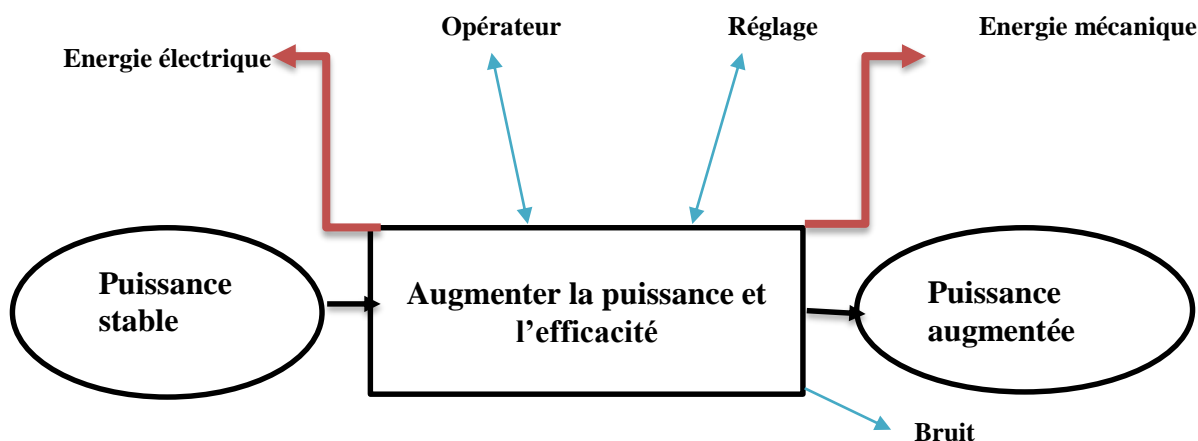


Figure 10: Modalisation globale :

5. Analyse de besoin :

5.1. Introduction :

Toute démarche de conception doit être orientée, dans un environnement donné. Elle permet d'analyse les besoins pour que le produit le souhait de l'utilisateur, elle se déroule selon trois étapes :

- Saisie du besoin
 - Enoncé le besoin
 - Validation du besoin

5.2. Saisie du besoin :

Le besoin consiste à construire un nouveau système de turbocompresseur

La démarche de saisir le besoin est représenté dans la figure suivante :

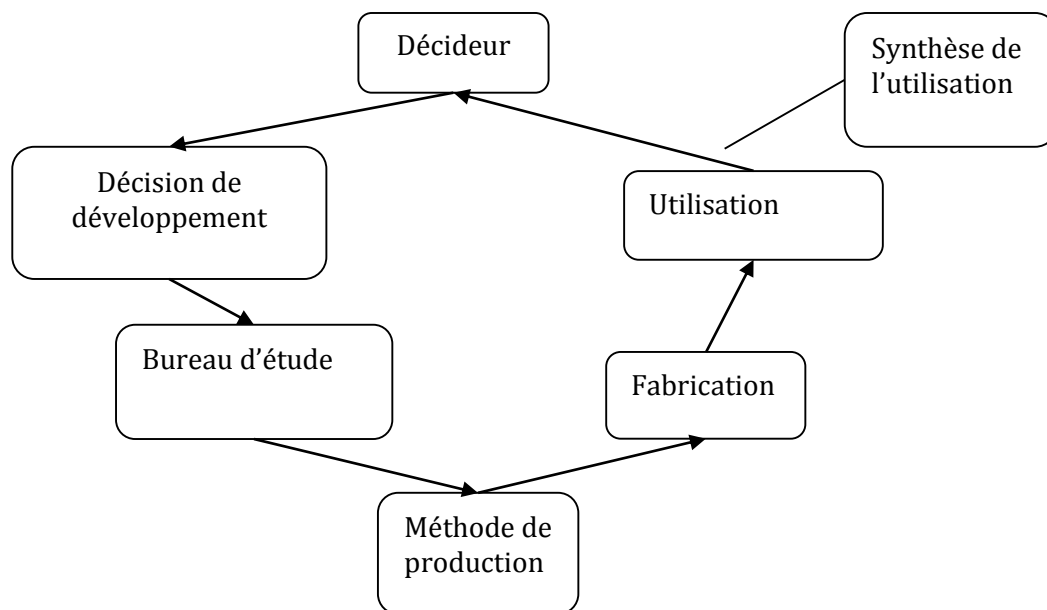


Figure 11: Démarche de saisie du besoin

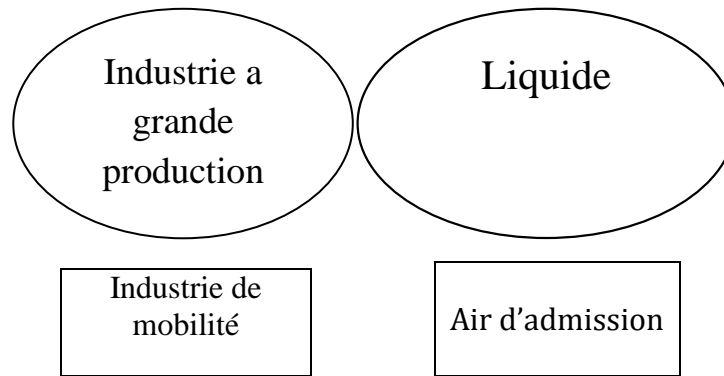
6. Enoncer le besoin :

Il s'agit d'exprimer avec rigueur le but et les limites d'étude. Pour fondamentalement de se poser 3 questions suivantes en utilisant l'outil de représentation dit " bête à cornes " présenté par la figure suivante

- ✓ A qui (à quoi) le produit rend service ?
- ✓ Sur quoi agit-il ?
- ✓ Dans quel but ?

Cette méthode est connue sous le nom de méthode bête à cornes, comme la figure le montre ci-dessous.





Augmenter la puissance et l'efficacité des moteurs à combustion
Interne en comprimant l'air entrant dans les cylindres.

Dans quel but existe-t-il le mécanisme ?

Augmenter la précision de travaille et faciliter le travaille et gagner plus de temps en améliorant le rendement et la productivité en diminuant la pénibilité des taches manuelles

Turbocompresseur

Figure 12: Outil de bête à cornes

7. Validation du besoin :

Après avoir déterminé le besoin à satisfaire, il faut montrer l'intérêt de son apparition sur le marché. Il est nécessaire de répondre aux questions suivantes pour valider le besoin :

- **Q1 : Pour quoi le choisir ?**
- **R1 :**

Le choix d'opter pour un turbo-hybride dépend de plusieurs facteurs, tels que vos besoins en termes de performances, d'efficacité énergétique et de réduction des émissions, ainsi que de la disponibilité de cette technologie pour votre véhicule spécifique. Voici quelques raisons qui pourraient vous pousser à choisir un turbo électrique.

Le turbo hybride peut être un choix judicieux, Grâce à :

Performances améliorées :

Sa capacité à fournir de l'air comprimé instantanément

Réduire le temps de réponse et éliminer ou réduire considérablement le turbo lag offrant ainsi des performances améliorées.

Efficacité énergétique :

- Augmentation la quantité d'air admis dans le moteur.
- Cela permet une meilleure combustion du carburant.
- Réduire la consommation et économiser de l'argent.

▪ Q2 : Pour quel but ?

▪ **R2** : Le choix d'un turbocompresseur électrique peut être motivé par plusieurs objectifs, notamment :

- Amélioration les performances des moteurs à combustion interne.
- Augmentation la quantité d'air comprimé dans les cylindres.
- Permettre d'obtenir une plus grande puissance et un couple moteur supérieur, traduit par une accélération plus rapide.
- Des dépassements plus faciles et une meilleure réactivité globale du moteur.

En prenant en compte des critères spécifiques :

Tableau 3: Critères spécifiques de turbo-hybride :

Critères / Variables	Vitesse de rotation	Température (°C)	Puissance (kW)	Efficacité (%)
Plage de valeurs	0-150 000	50-120	0-100	80-100
Critère 1	X	X	X	X
Critère 2	X	X	X	X
Critère 3	X	-	X	-
Critère 4	X	X	-	-
Critère 5	-	X	X	X

Nous avons ajouté des valeurs spécifiques pour les critères et les variables.

Explication de chaque critère

- **Vitesse de rotation** : La plage de valeurs est de 0 à 150 000 rpm. Elle est considérée comme un critère important pour tous les autres critères, car elle peut affecter la température, la puissance et l'efficacité.
- **Température** : La plage de valeurs est de 50 à 120 °C. Elle est considérée comme un critère important pour les critères 1, 2 et 5. Une température élevée peut réduire l'efficacité et augmenter la puissance nécessaire.

- **Puissance** : La plage de valeurs est de 0 à 100 kW. Elle est considérée comme un critère important pour les critères 1, 2 et 3. La puissance nécessaire peut varier en fonction de la vitesse de rotation et de la température.
- **Efficacité** : La plage de valeurs est de 80 à 100%. Elle est considérée comme un critère important pour les critères 1, 2 et 5. Une efficacité élevée est souhaitée pour un fonctionnement optimal du turbo-hybride

7.1.1. Identification des fonctions de service :

Les fonctions de service doivent être recensées en mettant le système dans son environnement d'utilisation et en recherchant les composants extérieurs qui influent sur le système à l'aide de l'outil du diagramme de pieuvre.

7.1.2. Environnement du produit :

Dans la figure suivante nous présentons les différents milieux extérieurs qui sont en contact avec le produit.

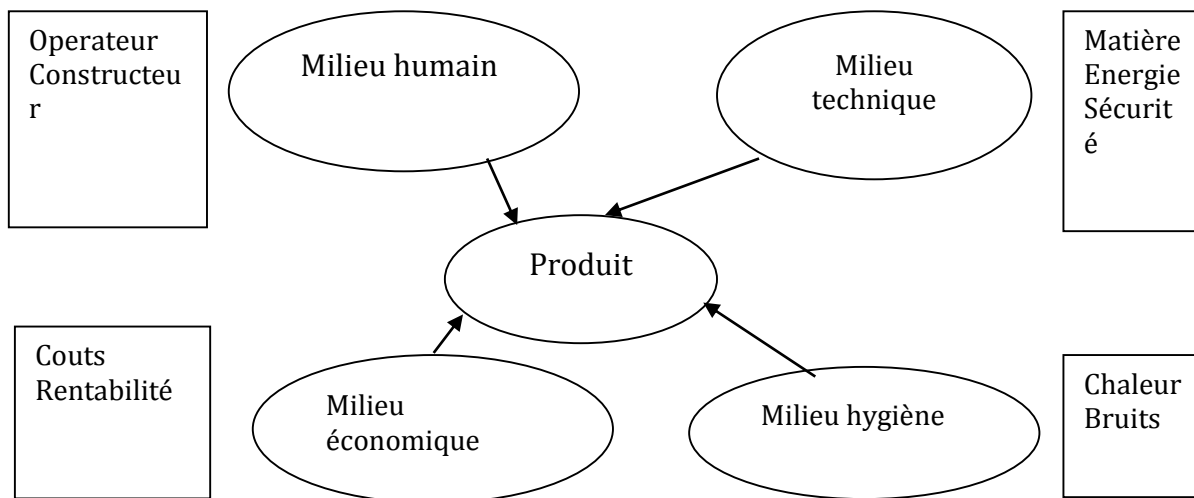


Figure 13: Milieu de produit

7.2. Etablissement des fonctions de services :

L'outil ci-dessous est appelé « diagramme de Pieuvre » permet de visualiser et synthétiser les différentes fonctions principales et complémentaires.

On peut le définir par l'Actigramme suivant :

Les fonctions de service doivent être recensées en mettant le système dans son environnement d'utilisation et en recherchant les composants extérieurs qui influent sur le système à l'aide de l'outil du diagramme de pieuvre.

- la fonction dite principale (FP) : elle représente le but d'une relation entre deux éléments extérieurs traversant le produit.
- la fonction dite contrainte (complémentaire ou secondaire) (FC) : est nécessaire pour adapter le produit à une contrainte imposée par un élément extérieur, elle résulte de l'interaction entre cet élément et le produit.

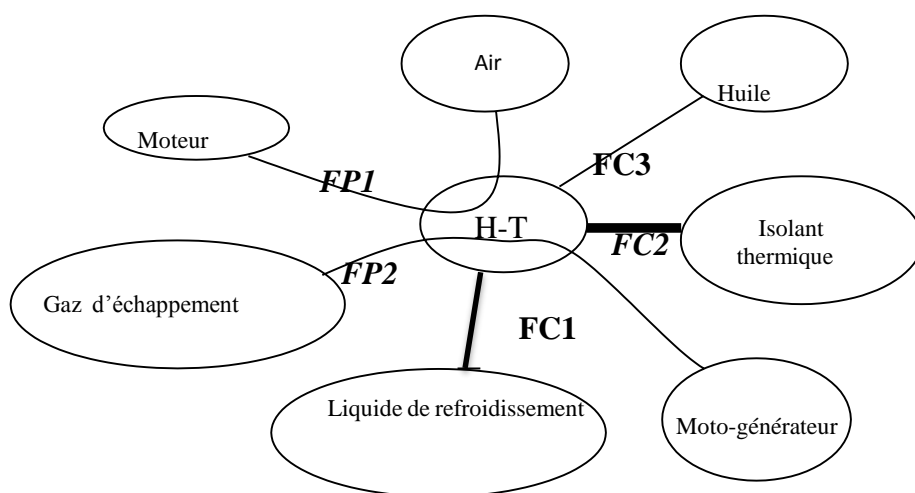


Figure 14: diagramme de Pieuvre du système

H-T : turbo-hybride

Ce tableau permet d'analyser toutes les fonctions de service :

Tableau 4: tableau de fonction de service

FP1	<i>REGULER la suralimentation du moteur</i>
FP2	<i>ASSISTER le turbo</i>
FC1	<i>REFROIDIR le turbo</i>
FC2	<i>ISOLER le turbo de la chaleur environnante</i>

7.3. Fonction principale de turbo-hybrides :

Les turbos-hybrides, également connus sous le nom de turbocompresseurs hybrides, sont des dispositifs qui combinent à la fois un turbocompresseur classique et un compresseur électrique. Ces systèmes hybrides ont été développés pour améliorer davantage les performances des moteurs en fournissant une suralimentation instantanée et une réponse accrue.

Voici les principales fonctions globales des turbos-hybrides :

7.4. Tableau des Fonction de turbo-hybrides

Tableau 5: les principales fonctions

Fonction principale	Sous-fonction	Sous-processus	Objectifs
Fournir un boost de puissance à un moteur.	Fournir un boost électrique	Fournir une alimentation électrique	Récupérer l'énergie électrique pour alimenter le moteur électrique
Permettre de stocker l'électricité produite à un moment donné pour la consommer à un autre moment.	Conservation de l'énergie	Conversion initiale Stockage Gestion et contrôle	Stocker l'énergie électrique pour une utilisation ultérieure
Ajuster la vitesse de rotation d'un système mécanique afin d'optimiser son fonctionnement et ses performances.	Efficacité énergétique Performance optimale Stabilité et contrôle de processus Réduction des vibrations et du bruit	Actionner le moteur électrique	Contrôler la vitesse de rotation pour une performance optimale
Transférer la puissance mécanique à la roue de compresseur	Compression du fluide Transfert de puissance mécanique Pression et débit du fluide	La climatisation, la combustion et la production d'air comprimé	Fournir le couple nécessaire pour actionner la roue de compresseur
Obtenir des informations précises sur la pression du fluide d'air entrant dans un système ou un dispositif.	Fournir un boost mécanique	Contrôler la pression de l'air d'admission	Mesurer la pression d'air d'admission pour un contrôle précis
Ajuster et de réguler la vitesse de rotation d'un système mécanique afin d'obtenir des performances	Optimisation de l'efficacité énergétique Adaptation aux variations de charge Maintien de la	Actionner la roue de turbine	Contrôler la vitesse de rotation pour une performance optimale

Chapitre 3 : Conception, CALCUL ET **DIMENSIONNEMENT**

1. Introduction :

La conception assistée par ordinateur (CAO) est devenue un outil technologique puissant dans l'ingénierie moderne complexe. Les travaux présentés dans ce chapitre visent à la conception et à la modélisation technique détaillée d'un turbocompresseur (diagramme de tous les composants et de l'assemblage), car cette conception a été mise en œuvre par AUTODESK FUSION 360

La conception assistée par ordinateur ou CAO (en anglais, computer aided design ou CAD) comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir, de tester virtuellement à l'aide d'un ordinateur et des techniques de simulation numérique et de réaliser des produits manufacturés et les outils pour les fabriquer.

On confond souvent CAO et DAO (dessin assisté par ordinateur) : la CAO n'a pas pour fonction première l'édition du dessin. Il s'agit d'un outil informatique souvent lié à un métier, fonctionnant en langage dit objet, et permettant l'organisation virtuelle de fonctions techniques. Cela permet ensuite la simulation de comportement de l'objet conçu, l'édition éventuelle d'un plan ou d'un schéma étant automatique et accessoire. En DAO, un trait est vu et le logiciel ne permet pas l'interprétation technique de l'ensemble.

Logiciel Autodesk Fusion 360

Autodesk Fusion 360 est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO), de modélisation 3D, de simulation et de fabrication assistée par ordinateur (FAO) qui présente plusieurs avantages pour les professionnels de la conception et de l'ingénierie.

2. Choix des solutions :

2.1. Avantage :

L'utilisation de l'Hybride Turbo présente plusieurs avantages :

Amélioration des performances : L'Hybride Turbo permet d'améliorer la réponse du moteur et de fournir une suralimentation supplémentaire pour améliorer les performances globales du moteur.

Réduction des émissions : La suralimentation instantanée fournie par le compresseur électrique permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre en réduisant le temps de combustion.

Réduction de la consommation de carburant : L'Hybride Turbo permet d'optimiser l'efficacité

énergétique en fournissant une suralimentation supplémentaire sans augmenter la taille du turbocompresseur.

2.2. Inconvénients :


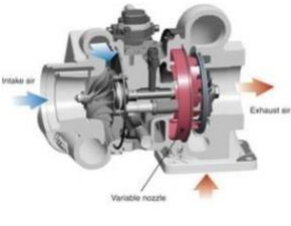

Bien qu'il présente de nombreux avantages, l'utilisation de l'Hybride Turbo présente également quelques inconvénients :

Coût : L'Hybride Turbo est plus coûteux que le turbocompresseur traditionnel en raison de l'ajout d'un compresseur électrique.

Complexité : L'Hybride Turbo est plus complexe à installer et à entretenir que le turbocompresseur traditionnel en raison de l'ajout d'un compresseur électrique.

Fiabilité : Comme toute technologie émergente, la fiabilité de l'Hybride Turbo peut être un problème à long terme. Cependant, les fabricants travaillent à améliorer la fiabilité de cette technologie.

Tableau 6: les solutions et ces avantage et inconvénients

Solution propose	Nom	Les Avantages	Les inconvénients
	Turbocompresseur a géométries fixe	<ul style="list-style-type: none"> • Coût de fabrication inférieur • Durabilité • maintenabilité 	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de réponse lent
	Turbocompresseur à géométrie variable	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de réponse plus rapide • Efficacité énergétique améliorée • Plus grande plage de fonctionnement 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût élevé Entretien requis
	Turbo électrique	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de réponse plus rapide • Efficacité énergétique améliorée • Plus grande plage de fonctionnement 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût élevé • Besoin d'une source d'énergie • Complexité

3. Les choix :

D'après les avantages et les inconvénients des 3 types de turbocompresseur, on fait choisir le turboélectrique comme type de solution.

3.1. Pour quoi le choisir ?

Le choix d'opter pour un turbo hybride dépend de plusieurs facteurs, tels que vos besoins en termes de performances, d'efficacité énergétique et de réduction des émissions, ainsi que de la disponibilité de cette technologie pour votre véhicule spécifique. Voici quelques raisons qui pourraient vous pousser à choisir un turboélectrique :

Le turbo hybride peut être un choix judicieux, Grâce à :

- **Performances améliorées :**

- Sa capacité à fournir de l'air comprimé instantanément
- Réduire le temps de réponse et éliminer ou réduire considérablement le turbo lag, offrant ainsi des performances améliorées.

- **Efficacité énergétique :**

- Augmentation la quantité d'air admis dans le moteur.
- Cela permet une meilleure combustion du carburant.
- Réduire la consommation et économiser de l'argent.

3.2. Pour quel but ?

Le choix d'un turbocompresseur électrique peut être motivé par plusieurs objectifs, notamment :

- Amélioration les performances des moteurs à combustion interne.
- Augmentation la quantité d'air comprimé dans les cylindres.
- Permettre d'obtenir une plus grande puissance et un couple moteur supérieur, traduit par une accélération plus rapide.
- Des dépassements plus faciles et une meilleure réactivité globale du moteur.

4. Les choix des composants :

4.1. Compresseur :

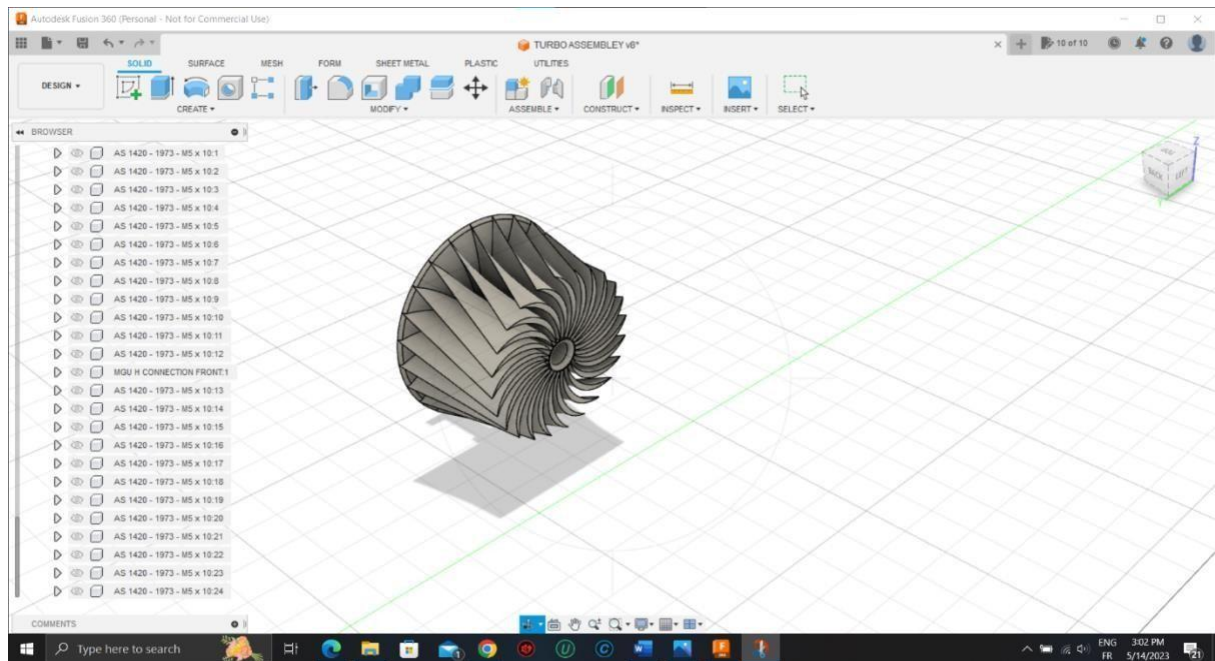


Figure 16: Modèle solide compresseur (vue ultérieure)

4.2. Carter de compresseur :

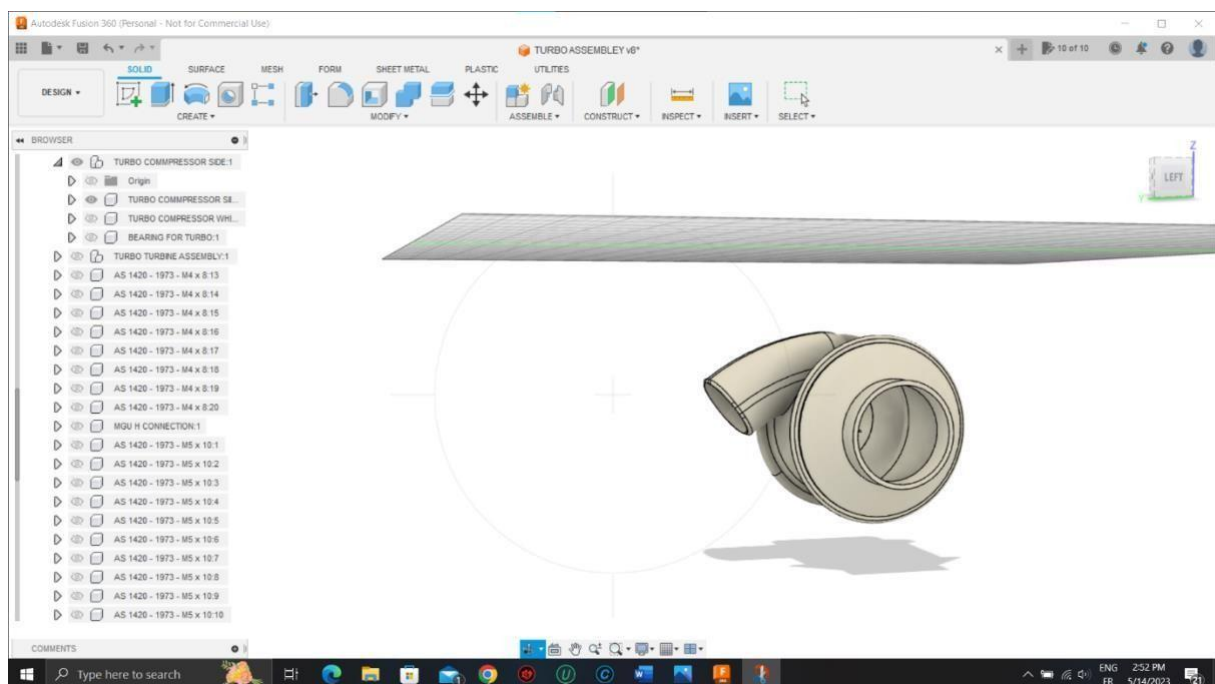


Figure 17: Modèle carter de compresseur

4.3.turbine:

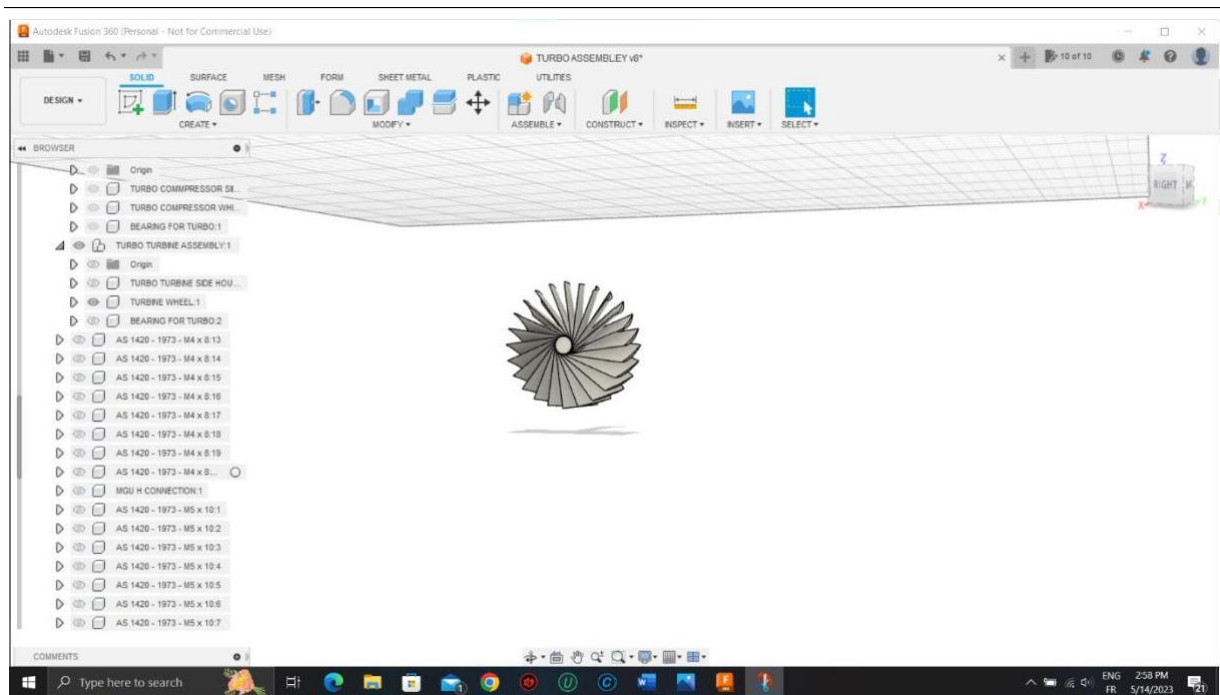


Figure 18: Modèle solide turbine

4.4. carter de turbine :

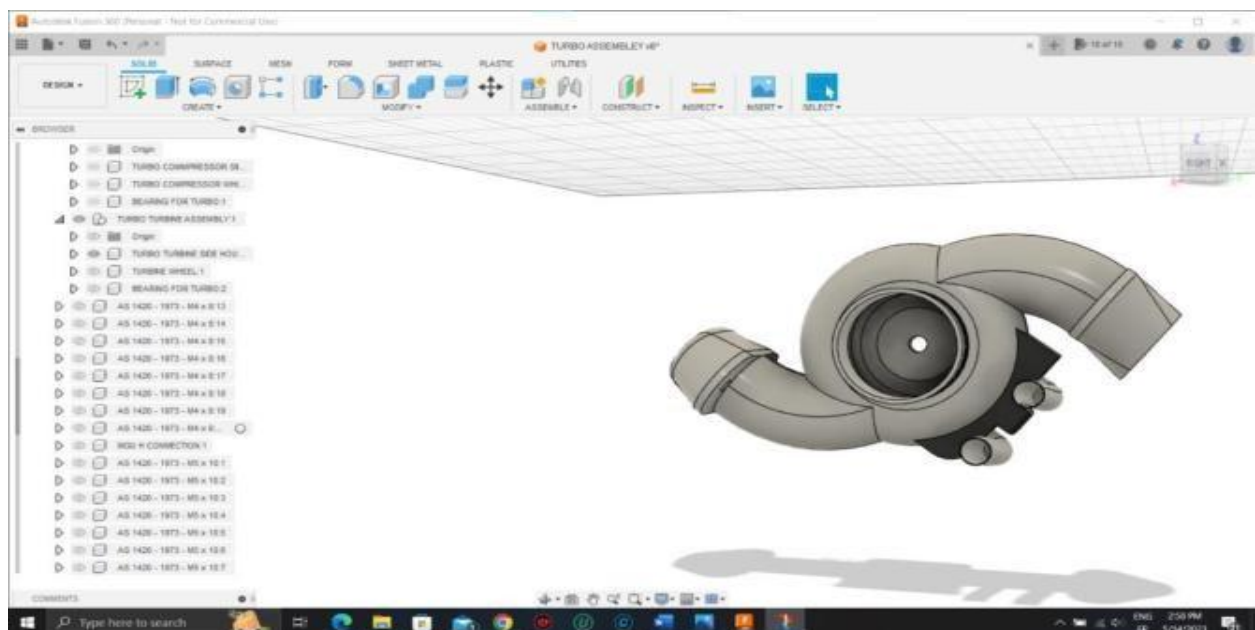


Figure 19: Modèle solide carter de turbine

4.5. Connecteur de compresseur :

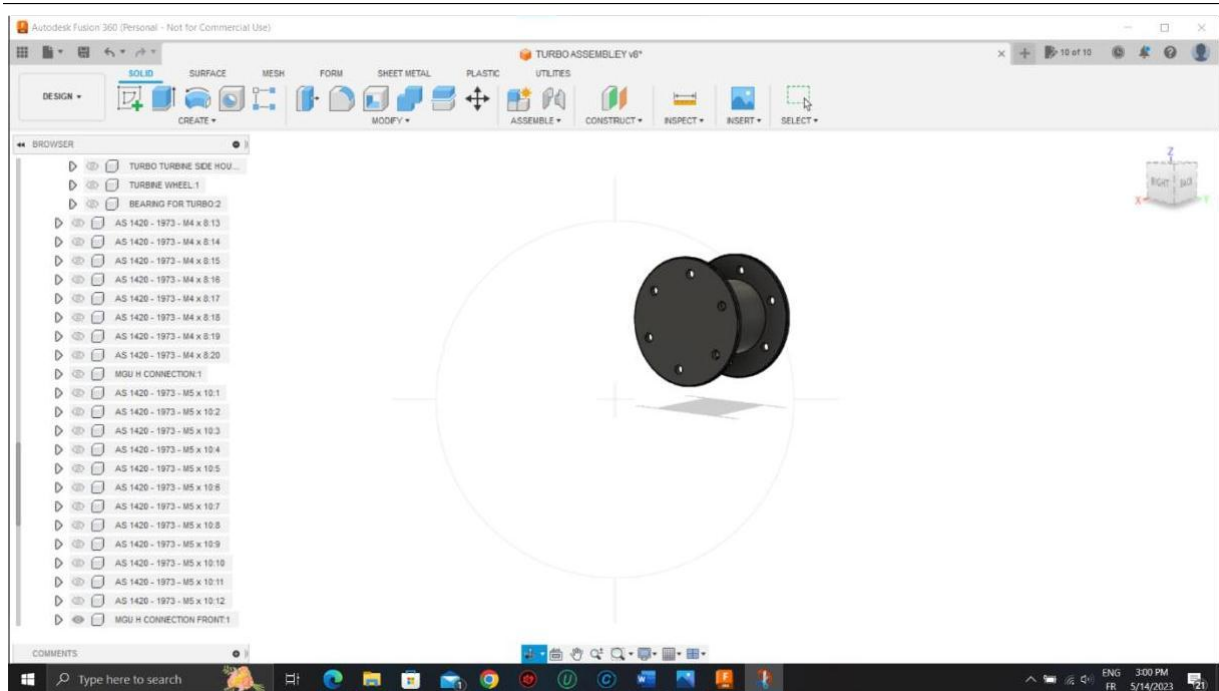


Figure 20: Modèle solide connecteur compresseur

4.6. Vue général de turbo hybride :

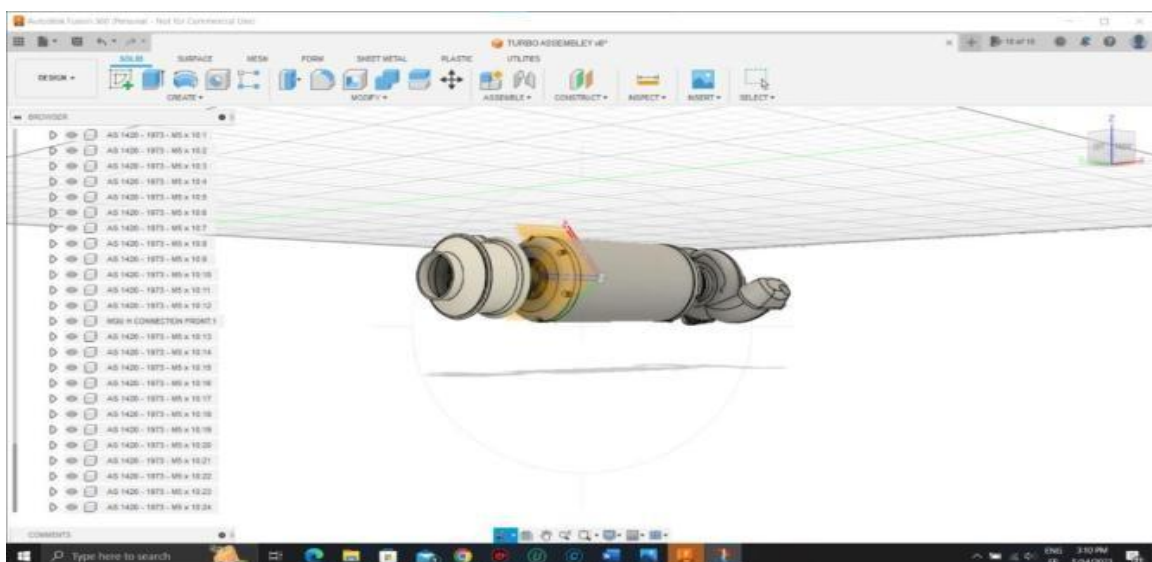


Figure 21: Modèle solide général de turbo hybride

5. Calcul et dimensionnement

5.1. Les paramètres de MGU-H Mercedes-Benz F1 W12:

Paramètre	Valeur
Hauteur de la roue de compresseur	46 mm
Diamètre de la roue de turbine	70,6 mm
Hauteur de la roue de turbine	26,81 mm
Nombre de pales de la roue de compresseur	6
Nombre de pales de la roue de turbine	11
Diamètre de la sortie d'admission d'air	30 mm
Diamètre de l'entrée d'huile	18,0 mm
Diamètre de la sortie d'huile	11,0 mm
Diamètre de l'entrée d'eau	14,0 mm
Diamètre de la sortie d'eau	14,0 mm

Tableau 7: fiche technique du turbo MGU-H de Mercedes-AMG

INTERNAL COMBUSTION ENGINE (ICE)

Item	Description
Capacity	1.6 litres
Cylinders	Six
Bank Angle	90

No. Of Valves	24
Max RPM ICE	15 000 rpm
Max Fuel Flow Rate	100 kg/hour (above 10 500 rpm)
Fuel Injection	High-pressure direct injection (max 500 bar one injector/cylinder)
Pressure Charging	Single-stage compressor and exhaust turbine on a common shaft
Max RPM Exhaust Turbine	125 000 rpm
Max RPM MGU-H	150 000 rpm

Tableau 8: fiche technique de Mercedes-AMG f1 power-unité

5.1.1. Calcul de la surface de la roue de compresseur :

Rayon de la roue de compresseur = Diamètre/2 = $89,72/2 = 44,86$ mm

Surface de la roue de compresseur = $\text{Pi} \times (\text{rayon}^2) = 3,14159 \times (44,86^2) = 6281,36 \text{ mm}^2$

5.1.2. Calcul de la surface de la roue de turbine :

Rayon de la roue de turbine = Diamètre/2 = $70,6/2 = 35,3$ mm

$$\text{Surface de la roue de turbine} = \pi \times (\text{rayon}^2) = 3,14159 \times (35,3^2) = 3912,19 \text{ mm}^2$$

5.1.3. Calcul de la vitesse linéaire de la roue de compresseur :

$$\begin{aligned} \text{Circonférence de la roue de compresseur} &= \pi \times \text{diamètre} = 3,14159 \times 89,72 = 282,13 \text{ mm} \\ \text{Vitesse linéaire de la roue de compresseur} &= \text{Circonférence} \times \text{nombre de tours par minute} / 60 \\ &= 282,13 \times (\text{nombre de tours par minute} / 60) \end{aligned}$$

5.1.4. Calcul de la vitesse linéaire de la roue de turbine :

$$\begin{aligned} \text{Circonférence de la roue de turbine} &= \pi \times \text{diamètre} = 3,14159 \times 70,6 = 221,96 \text{ mm} \\ \text{Vitesse linéaire de la roue de turbine} &= \text{Circonférence} \times \text{nombre de tours par minute} / 60 = 221,96 \times \\ &(\text{nombre de tours par minute} / 60) \end{aligned}$$

5.1.5. Calcul du débit d'air maximum :

$$\text{Débit d'air maximum} = \text{Surface de la roue de compresseur} \times \text{vitesse linéaire de la roue de compresseur} \times \text{densité de l'air}$$

$$\text{Densité de l'air à température ambiante} = 1,225 \text{ kg/m}^3 \text{ (à } 15^\circ\text{C et } 1 \text{ atm)}$$

$$\begin{aligned} \text{Débit d'air maximum} &= 6281,36 \times (\text{vitesses linéaires de la roue de compresseur} / 1000) \times 1,225 \\ &= 7,67 \times (\text{vitesses linéaires de la roue de compresseur}) \end{aligned}$$

5.1.6. Calcul du rapport de pression d'un turbo

Le rapport de pression d'un turbo correspond à la différence de pression entre la sortie d'air du compresseur et l'entrée d'air du compresseur. Il est souvent utilisé pour évaluer la performance d'un turbo.

Dans le cas présent, nous avons les informations suivantes :

Pression d'entrée d'air du compresseur (P_{in}) : 1 bar Pression atmosphérique (P_{atm}) : 1 bar

Pression de sortie d'air du compresseur (P_{out}) : inconnue

Nous pouvons donc utiliser la formule suivante pour calculer le rapport de pression (PR) : $PR = (P_{out} + P_{atm}) / P_{in}$

En supposant que la pression atmosphérique est de 1 bar, nous avons : $PR = (P_{out} + 1) / 1 = P_{out} + 1$

Il nous reste donc à déterminer la pression de sortie d'air du compresseur (P_{out}).

Pour cela, nous allons utiliser les informations concernant la roue de la turbine et la roue du compresseur.

La vitesse périphérique de la roue de la turbine a été calculée précédemment à partir de la formule suivante :

$$V_t = (\pi \times D_t \times N_t) / 60$$

Où D_t est le diamètre de la roue de la turbine et N_t est la vitesse de rotation de la roue de la turbine en tours par minute (TPM).

En utilisant les valeurs que vous avez fournies, nous avons :

$$V_t = (\pi \times 70,6 \text{ mm} \times \text{RPM}_t) / 60$$

Par exemple, si la roue de la turbine tourne à 150 000 TPM, nous avons : $V_t = (\pi \times 70,6 \text{ mm} \times 150\,000 \text{ TPM}) / 60 = 11\,064,38 \text{ m/s}$

La vitesse de la roue de la turbine permet de déterminer la pression de sortie d'air du compresseur en utilisant la formule suivante :

$$P_{out} = P_{in} \times (1 + (V_t / V_c)^2)^{\gamma / (\gamma - 1)}$$

Où V_c est la vitesse du son, γ est le rapport des capacités thermiques du fluide et P_{in} est la pression d'entrée d'air du compresseur.

La vitesse du son dépend de la température de l'air et peut être calculée en utilisant la formule suivante :

$$V_c = (\gamma \times R \times T)^{0.5}$$

Où R est la constante des gaz parfaits et T est la température absolue de l'air.

En supposant que la température de l'air est de 20°C (293,15 K) et que le rapport des capacités thermiques du fluide est de 1,4, nous avons :

$$V_c = (1,4 \times 287,058 \times 293,15)^{0.5} = 340,29 \text{ m/s}$$

5.2. Moteur à aimant permanent

Calcul des caractéristiques électriques et mécaniques d'un moteur électrique modèle LMT 3080 :

Tableau 9: caractéristiques électriques et mécaniques d'un moteur électrique

Caractéristiques	Valeurs
Vitesse de rotation (N)	50000 tr/min
Puissance maximale (Pmax)	17 kW

Rendement (η)	0,94
Tension (V)	48 V

Tableau 10: caractéristiques électriques et mécaniques d'un moteur électrique

- La vitesse angulaire du moteur électrique en rad/s est donnée par :

$$\omega = (2\pi \times N) / 60$$

$$\omega = (2\pi \times 50000) / 60$$

$$\omega \approx 523,60 \text{ rad/s}$$

- La puissance électrique du moteur électrique est donnée par :

$$P_e = P_m / \eta \quad P_e = P_{\max} / \eta \quad P_e = 17$$

$$\text{kW} / 0,94$$

$$P_e \approx 18,08 \text{ kW}$$

- Le courant nominal du moteur électrique est donné par : $I = P_e / V$

$$I = 18,08 \text{ kW} / 48 \text{ V}$$

$$I \approx 377 \text{ A}$$

- Le couple nominal du moteur électrique est donné par :

$$T = P_m / \omega$$

$$T = P_{\max} / \omega$$

$$T = 17 \text{ kW} / 523,60 \text{ rad/s}$$

$$T \approx 32,47 \text{ Nm}$$

Ces calculs sont basés sur des hypothèses et des approximations, et les valeurs obtenues peuvent varier légèrement dans la pratique en raison de facteurs tels que la résistance interne du moteur et la perte de couple due à la charge mécanique.

Pour compléter les calculs, on peut également utiliser les formules suivantes :

- La résistance interne du moteur électrique est donnée par :

$$R = V / I$$

$$R = 48 \text{ V} / 377 \text{ A}$$

$$R \approx 0,13 \text{ ohms}$$

- La puissance mécanique du moteur électrique est donnée par

$$P_m = T \times \omega$$

$$P_m = 32,47 \text{ Nm} \times 523,60 \text{ rad/s}$$

$$P_m \approx 17 \text{ kW}$$

- L'efficacité énergétique du moteur électrique est donnée par :

$$\eta_e = P_m / P_e$$

$$\eta_e = 17 \text{ kW} / 18,08 \text{ kW}$$

$$\eta_e \approx 0,94$$

- La tension induite dans le moteur électrique est donnée par :

$$E = \omega \times K_t$$

Où K_t est la constante de couple du moteur électrique. Si on considère que $K_t = 0,15 \text{ Nm/A}$, alors :

$$E = 523,60 \text{ rad/s} \times 0,15 \text{ Nm/A}$$

$$E \approx 78,54 \text{ V}$$

- La constante de vitesse du moteur électrique est donnée par :

$$K_v = (60 \times E) / (2\pi \times N)$$

$$K_v = (60 \times 78,54 \text{ V}) / (2\pi \times 50000 \text{ tr/min})$$

$$K_v \approx 0,15 \text{ V/(rad/s)}$$

6. Conclusion:

Dans ce travail de fin d'étude on a essayé de faire une conception détaillée d'un turbocompresseur.

Tous d'abord, on a présenté une étude bibliographique puis, on a énoncé le besoin de notre système. Ensuite, un calcul de dimensionnement et choix des solutions est fait. Cette étude permet de déterminer les caractéristiques adéquates les composants nécessaires à la conception du système. Finalement, on a présenté le dossier technique des composants constitués le système ET Prototype de fabrication de turbo électrique.

Comme perspective, on vise la réalisation de ce système qui n'a pas pu avoir à ces moments vus le différent présent au STTPH-Gafsa pendant de réalisation de ce projet.

Conclusion générale

Nous tenons à mentionner que ce travail était l'occasion de revoir et de profiter des Connaissances théoriques et pratique acquises durant notre cursus universitaire au notre Prestigieux établissement.

Dans ce travail, on fait une étude bibliographique sur Comme on a développé une Démarche de notre étude.

Puis une analyse détaillée du besoin et choix de solution été l'objectif.

Comme on a développé un calcul de dimensionnement mécanique et électrique pour concevoir Notre mécanisme.

A la fin de ce travail, nous avons présenté un dossier technique complet.

Nous souhaitons réaliser ce projet à notre établissement pour les promotions qui viennent par la suite sachant qu'on a des filières en maintenance auto.

Références bibliographiques :

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)
- 6)
- 7)

