

**Université de Gafsa**

**Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologie de GAFSA**

**Département maintenance des engins lourds**



**Etude, conception et réalisation d'un banc d'essai de  
tarage et contrôle des injecteurs diesel**

Présenté et soutenu par :

En vue de l'obtention de

**Licence national en génie mécanique**

**Maintenance Automobile**

Sous la Direction de :

**ROUABEH Khaled**

**Encadrant (ISSAT Gafsa)**

**GAMAOUN Walid**

**Encadrant industrielle**

Soutenu le.. /06/2023

Devant le jury composé de :

**Président :**

**Rapporteur :**

**Membres :**

**2022/2023**

# *Dédicaces*

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut  
Tous les mots ne sauraient exprimer la profonde gratitude, l'amour, le respect et la  
reconnaissance à toute personne que je connais et qui m'a soutenu tout au long de mon  
parcours scolaire. Alors, je dédie ce travail plus particulièrement à*

*Mon père « Chames Eddine » et ma mère « Faten »*

*Merci de m'avoir soutenu et encouragé tout au long de mon projet  
Jamais je ne saurais m'exprimer quant aux sacrifices, aux dévouements et aux efforts  
que  
vous avez fournis pour mon éducation. J'espère que vous y trouverez dans ce mémoire  
le fruit de vos efforts.  
Que Dieu vous protège et vous accorde la santé et la longue vie !*

*Mes chères sœurs « Fatma », « Fayrouz »*

*Merci pour ta présence, ton amour et ton appui, ton grand soutien et ta disponibilité  
aux  
moments les plus difficiles que je n'oublierais jamais.*

*Tous mes amis*

*Je vous remercie pour votre soutien, votre confiance en moi qui m'a beaucoup encouragé  
pour  
réaliser ce modeste travail ainsi que pour les moments inoubliables que j'ai passés avec  
vous.*

*A tous ceux que j'aime.*

*Foued*

## **Introduction générale**

Dans le domaine de l'ingénierie mécanique, le contrôle et la réparation des injecteurs diesel revêtent une importance capitale pour assurer le bon fonctionnement des moteurs diesel. Les injecteurs jouent un rôle essentiel dans le processus de combustion du carburant et leur mauvais état peut entraîner une perte de puissance, une augmentation de la consommation de carburant et une pollution accrue. Il est donc primordial de disposer d'un équipement de test et de réparation adéquat pour garantir la performance optimale des injecteurs diesel.

Dans le cadre de ce projet de fin d'études en génie mécanique, nous nous intéressons à la conception et à la réalisation d'un banc d'essai évolué pour le contrôle et la réparation des injecteurs diesel. Ce banc d'essai sera conçu pour offrir des fonctionnalités avancées permettant de diagnostiquer, de mesurer, de régler et de réparer les injecteurs diesel de manière précise et efficace.

L'objectif principal de ce projet est de concevoir un banc d'essai capable de simuler les conditions de fonctionnement réelles des injecteurs diesel et de fournir des résultats de test fiables et précis. Le banc d'essai évolué sera équipé de capteurs et d'instruments de mesure de haute précision pour évaluer les performances des injecteurs, tels que le débit de carburant, la pression d'injection, l'atomisation, etc.

La conception du banc d'essai comprendra également la mise en place d'un système de contrôle et d'acquisition de données avancé, permettant de régler et de surveiller les paramètres de test, ainsi que de collecter et d'analyser les données en temps réel. Ce système permettra d'identifier les défauts et les dysfonctionnements des injecteurs, de les corriger et de les optimiser pour un rendement maximal.

La réalisation du banc d'essai nécessitera l'assemblage de composants mécaniques, électriques et électroniques. Des outils spécifiques seront développés pour assister le démontage, la réparation et le remontage des injecteurs diesel. Des protocoles de test et des procédures de réparation seront également établis pour assurer la cohérence des résultats et la fiabilité des opérations.

Une fois le banc d'essai évolué terminé, des essais expérimentaux seront effectués sur des injecteurs diesel défectueux ou usagés. Les résultats obtenus seront analysés, comparés aux

spécifications des fabricants et utilisés pour évaluer l'efficacité du banc d'essai et des procédures de réparation développées.

Ce projet de fin d'études revêt une grande importance pratique, car il permettra d'améliorer le processus de contrôle et de réparation des injecteurs diesel, ce qui contribuera à réduire les coûts de maintenance et d'exploitation des moteurs diesel, ainsi qu'à minimiser leur impact environnemental. De plus, la conception et la réalisation d'un banc d'essai évolué offriront

**Chapitre 2: Etude  
bibliographique qui  
concernant l'injection  
diesel et les moyens  
De contrôle**

## Introduction

Ce chapitre explore les moteurs diesel et leurs systèmes d'injection de carburant. Nous examinons les moteurs diesel, leurs applications et les fonctions des systèmes d'injection de carburant. Nous retracerons l'histoire des injecteurs, de leurs débuts à nos jours. Enfin, nous analyserons les différents types d'injecteurs et leurs avantages et inconvénients en termes de performances et d'efficacité des moteurs diesel. Ce chapitre offre une compréhension complète des systèmes d'injection pour moteurs diesel, de leur évolution historique et des choix adaptés aux besoins spécifiques.

### 1.1 Moteur diesel

Les moteurs Diesel, dont la combustion est déclenchée par l'injection de gazole sous pression dans de l'air fortement comprimé ; il se produit alors une auto-inflammation, ce qui signifie que le mélange s'enflamme spontanément.

Dans un moteur diesel, le système d'injection est le dispositif qui rassemble la pompe d'injection et les injecteurs. Il permet d'alimenter les chambres de combustion des cylindres en carburant.



Figure 1: moteur Diesel

## 1.2 Système d'injection

Le système d'injection est le dispositif qui remplace désormais le carburateur dont la fonction était d'assurer le mélange entre l'air et le carburant. Le système d'injection permet de doser avec précision le carburant afin de mieux contrôler la combustion et par conséquent, la consommation.

### 1.2.1 Injection mécanique

Une pompe distributrice, couplée avec la distribution, fournit la pression nécessaire aux injecteurs pour la pulvérisation du carburant. Un système, souvent mécanique et parfois électrique permet d'augmenter, à froid, le débit de carburant.

Chaque injecteur, de type à aiguille, s'ouvre automatiquement lorsque la pression du carburant est supérieure à sa pression de tarage.

La pompe d'injection nécessite des réglages de débit et de pression précis qui ne peuvent se faire que sur un banc prévu à cet effet. Elle nécessite, en outre, un réglage manuel d'avance comme pour un allumeur avec l'avance à l'allumage.

Ce système a été remplacé par l'injection électronique à la fin des années 1990.

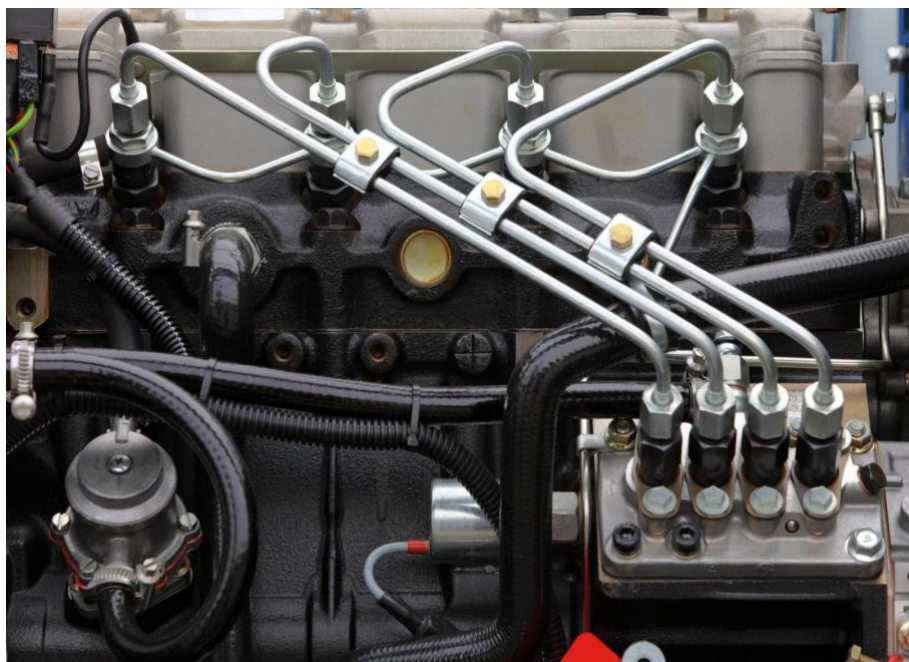


Figure 2 : injection mécanique

### 1.2.2 Injection électronique

Un calculateur électronique commande l'ouverture de ou des injecteurs suivant une multitude de paramètres prédéfinis dans sa programmation (régime, températures, position de l'accélérateur, pression atmosphérique, débit d'air...).

Cette fois-ci, il y a une rampe commune entre la pompe à injection et les injecteurs. Cet accumulateur de carburant sous pression permet d'obtenir une pression d'injection plus élevée et uniforme sur tous les injecteurs. Ce surplus de pression permet alors une meilleure répartition du carburant dans les cylindres, c'est à dire un meilleur mélange air/carburant.

Les voitures modernes sont équipées de ce type d'injecteurs. Deux différentes technologies servent pour ces types d'injecteurs : l'électromagnétique et le piézoélectrique.

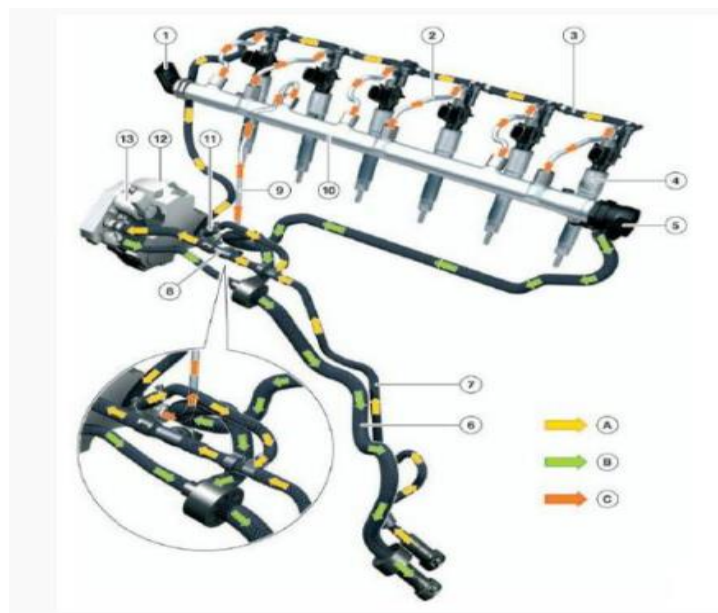


Figure 3 : système d'injection électronique

Tableau 1: nomenclature du système d'injection électronique

Indice	Explication	Indice	Explication
A	Alimentation en carburant	6	La ligne de retour
B	Retour de carburant	7	Ligne d'alimentation



C	Carburant haute pression	8	Température du carburant (ou température / pression)
1	Capteur de pression du rail de carburant	9	Ligne à haute pression
2	Ligne à haute pression	10	Rail de carburant
3	Ligne de fuite	11	Restrictor
4	Injecteur piézo	12	Pompe à haute pression
5	Soupape de commande de pression de rampe	13	Vanne de contrôle du volume

### 1.3 Les injecteurs

Les injecteurs sont des composants essentiels du système d'injection diesel qui jouent un rôle crucial dans la performance, l'efficacité et les émissions du moteur. Au fil des années, les injecteurs ont connu une évolution significative, passant des systèmes d'injection mécaniques simples aux technologies d'injection électronique avancées utilisées aujourd'hui. Il existe plusieurs types d'injecteurs, notamment les injecteurs mécaniques, à solénoïde et les injecteurs piézoélectriques, chacun ayant des avantages et des inconvénients spécifiques en termes de performance et de coût.



Figure 4: les injecteurs

### 1.3.1 Les injecteurs mécaniques

Les injecteurs mécaniques sont des injecteurs qui fonctionnent mécaniquement sans aucune assistance électronique. Ils étaient couramment utilisés dans les anciens moteurs diesel, mais ils sont moins fréquents de nos jours en raison des exigences de plus en plus strictes en matière de contrôle des émissions et d'efficacité.



Figure 5: injecteur mécanique

#### ➤ Fonctionnement :

Le fonctionnement d'un injecteur mécanique repose sur une série de composants mécaniques qui ouvrent et ferment l'injecteur en réponse à la pression de carburant produite par une pompe d'injection.

Voici les étapes de fonctionnement d'un injecteur mécanique :

- ✓ La pompe d'injection envoie du carburant à haute pression à travers des conduites de carburant vers les injecteurs.
- ✓ Le carburant arrive à l'injecteur et est stocké dans une petite chambre appelée la chambre d'injection.
- ✓ À l'intérieur de l'injecteur, un piston est maintenu en place par un ressort. Le piston est en contact avec une aiguille d'injection qui ferme l'orifice d'injection.
- ✓ Lorsque la pression de carburant atteint un niveau suffisant, le piston est renforcé contre la force du ressort, ce qui soulève également l'aiguille d'injection de son siège et ouvre l'orifice d'injection.

- ✓ Le carburant est alors alimenté dans la chambre de combustion du moteur sous haute pression, où il se mélange à l'air et est ensuite allumé pour produire de la puissance.
- ✓ Lorsque la pression de carburant diminue, le ressort pousse l'aiguille d'injection de nouveau sur son siège, ferme l'orifice d'injection et arrête ainsi l'injection de carburant.

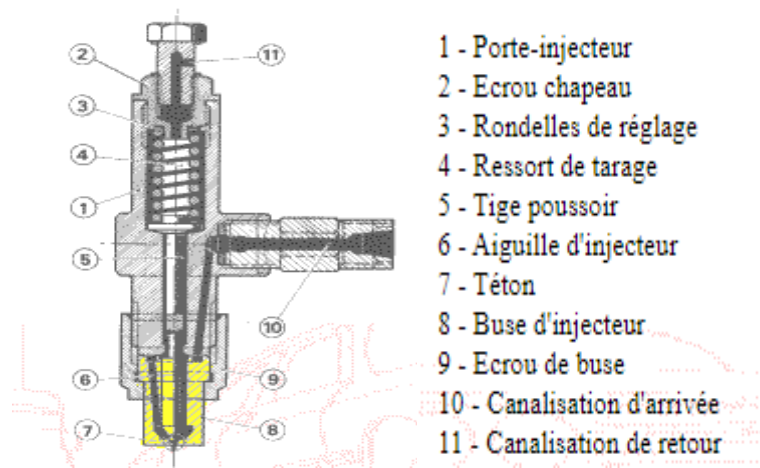


Figure 6: schéma technique d'un injecteur mécanique

### 1.3.2 Les injecteurs à solénoïde

Les injecteurs à solénoïde sont des injecteurs commandés par un électroaimant. Ils sont largement utilisés dans les moteurs diesel de taille moyenne et offrent une bonne fiabilité et une relative simplicité de conception.



Figure 7: Les injecteurs à solénoïde

#### ✓ Fonctionnement

Le fonctionnement d'un injecteur à solénoïde est assez similaire à celui des injecteurs mécaniques, sauf qu'il utilise un solénoïde pour contrôler l'ouverture et la fermeture de la vanne d'injection plutôt qu'un système mécanique.

Voici les étapes de fonctionnement d'un injecteur à solénoïde :

- ✓ La pompe à carburant envoie du carburant à haute pression à travers des conduites de carburant vers les injecteurs.
- ✓ Le carburant arrive à l'injecteur et est stocké dans une petite chambre appelée la chambre d'injection.
- ✓ A l'intérieur de l'injecteur, un solénoïde est alimenté en électricité par le système de gestion du moteur, permet un champ magnétique qui tient une petite valve à l'intérieur de l'injecteur.
- ✓ Lorsque la valve est dotée par le solénoïde, elle ouvre un orifice d'injection, permettant au carburant de s'écouler à haute pression dans la chambre de combustion du moteur.
- ✓ Le carburant est alors mélangé avec de l'air et enflammé pour produire de la puissance.
- ✓ Lorsque l'alimentation électrique est coupée, le champ magnétique du solénoïde disparaît et la vanne se ferme, arrêtant ainsi l'injection de carburant.

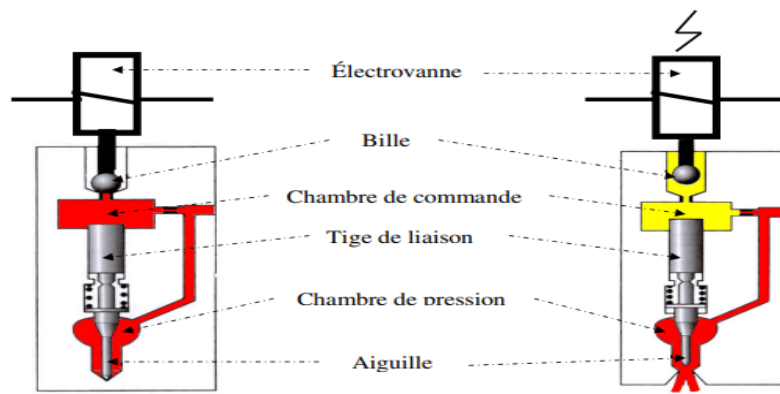


Figure 8: fonctionnement d'un injecteur a solénoïde

### 1.3.3 Les injecteurs piézoélectriques

Comme mentionné précédemment, les injecteurs piézoélectriques utilisent des matériaux piézoélectriques pour contrôler l'injection de carburant. Ils permettent une précision d'injection élevée et une meilleure combustion, contribuant ainsi à réduire les émissions et à améliorer l'efficacité des moteurs diesel.

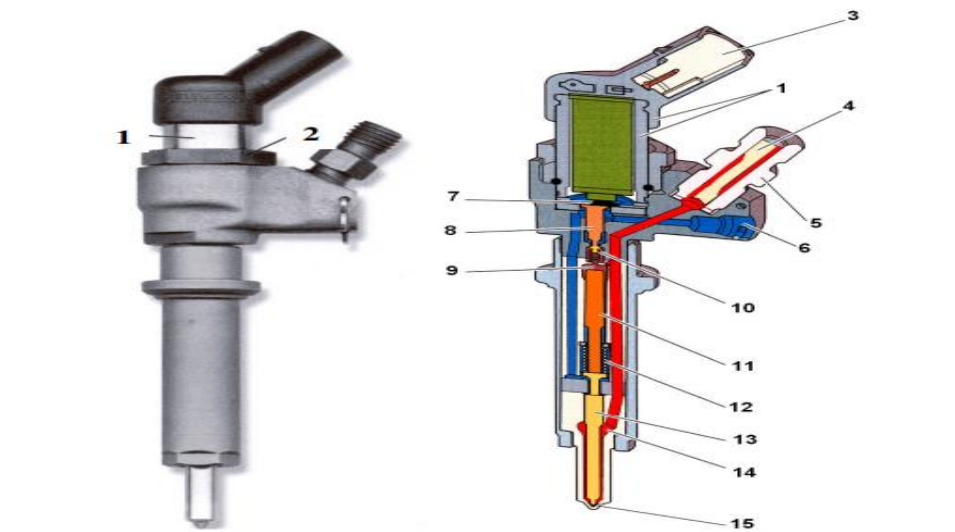


Figure 9: schéma technique d'un injecteur piézoélectrique

Tableau 2: Nomenclature de l'injecteur piézoélectrique

Repère	Désignation	Repère	Désignation
1	Actuateur Piézo-électrique	9	Chambre de commande
2	Ecrou de serrage	10	Champignon de fermeture
3	Connecteur électrique	11	Tige de liaison
4	Filtre entrée	12	Ressort de rappel
5	Raccord haute pression	13	Aiguille de l'injecteur
6	Raccord retour carburant	14	Chambre de pression
7	Levier amplificateur	15	Trou d'injecteur
8	Piston de commande		

#### ➤ Fonctionnement

Les injecteurs piézoélectriques sont des types d'injecteurs de carburant utilisés dans les moteurs diesel modernes. Ils utilisent des cristaux piézoélectriques pour contrôler l'injection de carburant dans la chambre de combustion du moteur. Leur fonctionnement est similaire à celui des injecteurs à solénoïde, mais leur méthode de contrôle est différente.

Voici les étapes de fonctionnement d'un injecteur piézoélectrique :

- ✓ La pompe à carburant envoie du carburant à haute pression à travers des conduites de carburant vers les injecteurs.
- ✓ Le carburant arrive à l'injecteur et est stocké dans une petite chambre appelée la chambre d'injection. L'injecteur piézoélectrique utilise un cristal piézoélectrique pour contrôler l'ouverture et la fermeture de la valve d'injection.
- ✓ Lorsqu'une tension électrique est au cristal, il se déforme, poussant une tige d'injecteur vers le bas et ouvrant l'orifice d'injection pour permettre au carburant de s'écouler dans la chambre de combustion.
- ✓ Quand la tension est relâchée, le cristal piézoélectrique se déforme dans l'autre sens, tirant la tige d'injecteur vers le haut et fermant l'orifice d'injection, arrêtant ainsi l'injection de carburant.

- ✓ Le carburant est mélangé avec de l'air et enflammé pour produire de la puissance.

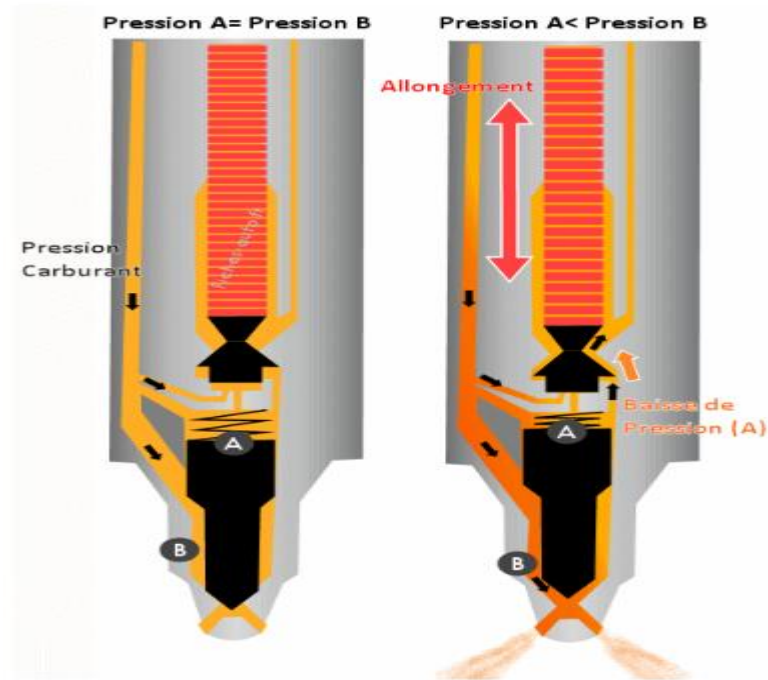


Figure 10: fonctionnement D'un injecteur piézoélectrique

### 1.3.4 Avantages et inconvénients des différents types d'injecteurs pour moteurs diesel

Les injecteurs mécaniques sont souvent moins coûteux et plus faciles à entretenir, mais ils peuvent être moins précis et moins efficaces en termes de distribution de carburant. Les injecteurs à solénoïde sont plus précis et efficaces que les injecteurs mécaniques, mais peuvent être plus coûteux et nécessitent un entretien plus régulier. Les injecteurs piézoélectriques sont les plus avancés technologiquement et offrent une meilleure efficacité et précision, mais sont également les plus coûteux et peuvent être plus complexes à entretenir.

### 1.3.5 Historique des injecteurs

L'année 1897 a été très importante pour l'automobile, car Rudolf Diesel a présenté son moteur diesel (qui brûlait à l'origine du kérosène). Les hautes pressions d'injection nécessaires à l'allumage et au dosage de la substance à brûler (diverses huiles végétales et minérales, mazout de chauffage et kérosène) étaient indispensables. Les premiers diesels avaient des injecteurs conçus avec des compresseurs d'air, une solution très imparfaite à bien des égards en raison de leur taille et de leur poids important et de leur faible efficacité. Cette solution n'était pas très adaptée à une utilisation dans les voitures particulières. Il était utilisé dans les navires, les



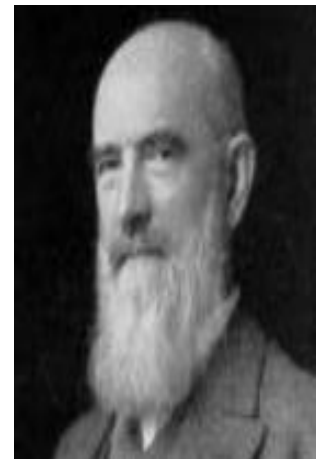
locomotives et les moteurs stationnaires (pour entraîner les machines qui restent immobiles). Puis vint Robert Bosch, qui révolutionna la pompe à injection en ligne. Il était considérablement plus petit que le type précédent. La production en série, qui a débuté en 1927, a contribué à sa diffusion massive. Outre les pompes, Bosch a également développé des injecteurs.

En 1967, l'injection électronique remplace l'injection mécanique dans le but d'améliorer le rendement moteur, grâce à un calculateur électronique. Ce dernier décide de la durée de l'injection, et donc de la quantité de carburant injectée, pour optimiser le mélange air/essence. Le rapport théorique idéal air/essence pour le moteur à explosion est de 14,7 parts d'air pour 1 part de carburant. On parle alors de mélange stœchiométrique. Pour obtenir une combustion idéale et permettre une économie de carburant, on brûle une proportion air/essence de 14,7:1.

La gestion de l'injection se fait à l'aide d'un ECU (de l'anglais *Engine Control Unit* soit unité de contrôle moteur) qui reçoit les informations des capteurs (sondes) tels qu'enfoncement de la pédale d'accélérateur, température du moteur, de l'air, le taux d'oxygène, etc. À partir de ces informations, il agit sur des actionneurs (injecteurs, volets d'admission d'air, etc.).



Rudolf Diesel



Vint Robert Bosch

## 1.4 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de comprendre l'évolution de l'injection diesel, de la mécanique à l'électronique. L'injection électronique a révolutionné la technologie diesel en améliorant la gestion des performances et des émissions. Nous avons également étudié les différents types d'injections et leur fonctionnement.



# **Chapitre 3**

## **Le tarage des injecteurs**

## Introduction

Dans le domaine de l'industrie automobile et de l'ingénierie mécanique, certains éléments jouent un rôle crucial dans le bon fonctionnement des moteurs à combustion interne. Parmi ces éléments, la pompe à tarer, les composants de la pompe à tarer, ainsi que les procédures de préparation et de contrôle des injecteurs, revêtent une importance particulière. Dans cet article, nous explorons ces trois sujets clés et examinons leur rôle essentiel dans l'optimisation des performances des moteurs et la gestion du carburant.

### 2. Pompe à tarer

Une pompe à tarage des injecteurs du moteur diesel est un équipement utilisé pour mesurer avec précision la pression et le débit de carburant injecté dans le moteur diesel. Il est essentiel de comprendre les principes de fonctionnement, les spécifications techniques et les procédures de maintenance et d'étalonnage pour garantir une performance optimale et prolonger la durée de vie du moteur.



Figure 11: pompe à tarer

## **1.5 Les composants d'une pompe à tarage**

Les composants principaux d'une pompe à tarage peuvent varier légèrement en fonction du modèle et du fabricant, mais voici les composants couramment présents dans une pompe à tarage :

- Corps de la pompe : Il s'agit de la structure principale de la pompe, qui abrite les autres composants et assure la stabilité de l'ensemble.
- Réservoir : La pompe peut être équipée d'un réservoir intégré ou d'un raccord pour se connecter à un réservoir externe. Le réservoir stocke le carburant utilisé lors du tarage des injecteurs.
- Poignée ou levier de pompage : Il permet à l'utilisateur d'actionner la pompe manuellement pour créer la pression nécessaire à l'injection de carburant.
- Soupape de décharge ou soupape de régulation de pression : Cette soupape régule la pression du carburant générée par la pompe, permettant d'atteindre la pression de tarage requise.
- Manomètre : Le manomètre est utilisé pour mesurer et afficher la pression du carburant pendant le processus de tarage.
- Tuyaux et adaptateurs : La pompe est équipée de tuyaux flexibles et d'adaptateurs permettant de connecter la pompe aux injecteurs du moteur diesel.
- Vannes : Les vannes de la pompe à tarage contrôlent le flux de carburant et permettent de tarer chaque injecteur individuellement.
- Mécanisme de pompage : Ce mécanisme, généralement actionné par la poignée ou le levier de pompage, comprime le carburant pour générer la pression nécessaire au tarage des injecteurs.

Ces composants de base travaillent ensemble pour créer et réguler la pression du carburant, permettant ainsi de tarer les injecteurs du moteur diesel avec précision.

## **1.6 Préparation et contrôle de l'injecteur**

### **1.6.1 Les étapes de Préparation de l'Injecteur**

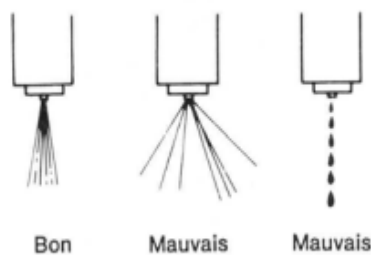
- Fixer l'injecteur sur l'appareil de contrôle
- Brancher le tuyau haute pression de l'injecteur
- Mettre en route l'aspiration .

- Veiller au bon état et à la propreté des raccords, l'introduction de poussières étant néfaste au bon fonctionnement de l'injecteur ·
- Manomètre isolé, donner quelques coups de pompe rapides, afin de purger les circuits

## 1.6.2 Contrôles de l'injecteur

### 1.6.2.1 Forme du jet de l'injecteur

Fermer le robinet d'arrêt du manomètre, manœuvrer rapidement le levier (1 à 2 pompages par seconde). Observer le jet de l'injecteur, la pulvérisation doit être fine, homogène et symétrique. Les injecteurs à trous doivent donner autant de jets qu'il y a de trous. L'injecteur doit ronronner. Pour une cadence plus rapide, 4 à 6 pompages par seconde, le ronflement peut être remplacé par un sifflement.



- Manœuvrer rapidement le levier.
- Observer la forme du jet

Figure 12: forme du jet de l'injecteur

### 1.6.2.2 Pression d'ouverture

Fermer le robinet d'arrêt du manomètre et imprimer quelques coups rapides au levier. · Ouvrir le robinet d'arrêt, puis faire monter la pression lentement en appuyant sur le levier jusqu'à l'ouverture de l'injecteur. (Nota : a titre indicatif, 0.1 mm représente environ 10 bars de modification · Relever la pression indiquée sur le manomètre, si une correction s'avère nécessaire, agir sur la vis de réglage du porte-injecteur, ou selon le cas, changer l'épaisseur des cales.



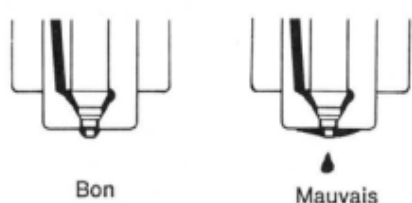
Figure 13: pression d'ouverture

- Faire monter lentement la pression jusqu'à ouverture de l'injecteur.
- Relever la pression d'ouverture
- La pression se règle en remplaçant la cale de réglage

(+ petite = pression <,  
+ grande = pression >)

### 1.6.2.3 Etanchéité du siège de l'injecteur

Essuyer l'extrémité de l'injecteur. · Faire monter la pression à une pression inférieure de 20 bars à celle de l'ouverture de l'injecteur. · Si l'injecteur n'est pas étanche, une goutte se formera en moins de 10 secondes.



- Essuyer l'extrémité de l'injecteur avec un chiffon.
- Faire monter la pression à une pression de 20 bars inférieure à la pression d'ouverture.
- Une goutte apparaît dans les 10 secondes si l'injecteur n'est pas étanche

Figure 14: étanchéité de siège de l'injection

### 1.6.2.4 Temps de fuite

Manœuvrer le levier jusqu'à l'ouverture de l'injecteur puis tenir en position le levier. La chute de pression ne doit pas dépasser 1 /3 du tarage de l'injecteur en un temps de 10 secondes.



- Manœuvrer le levier jusqu'à ouverture de l'injecteur.
- Relâcher le levier.
- La chute de pression ne doit pas dépasser 1/3 du tarage en un temps de 10 secondes

Figure 15: temps de fuite

### 1.6.2.5 Etanchéité injecteur-porte injecteur

Lors de la mise sous pression, l'ensemble ne doit pas suinter par l'extérieur, mis à part par le retour de fuite.

## 1.7 Diagnostic de l'injecteur

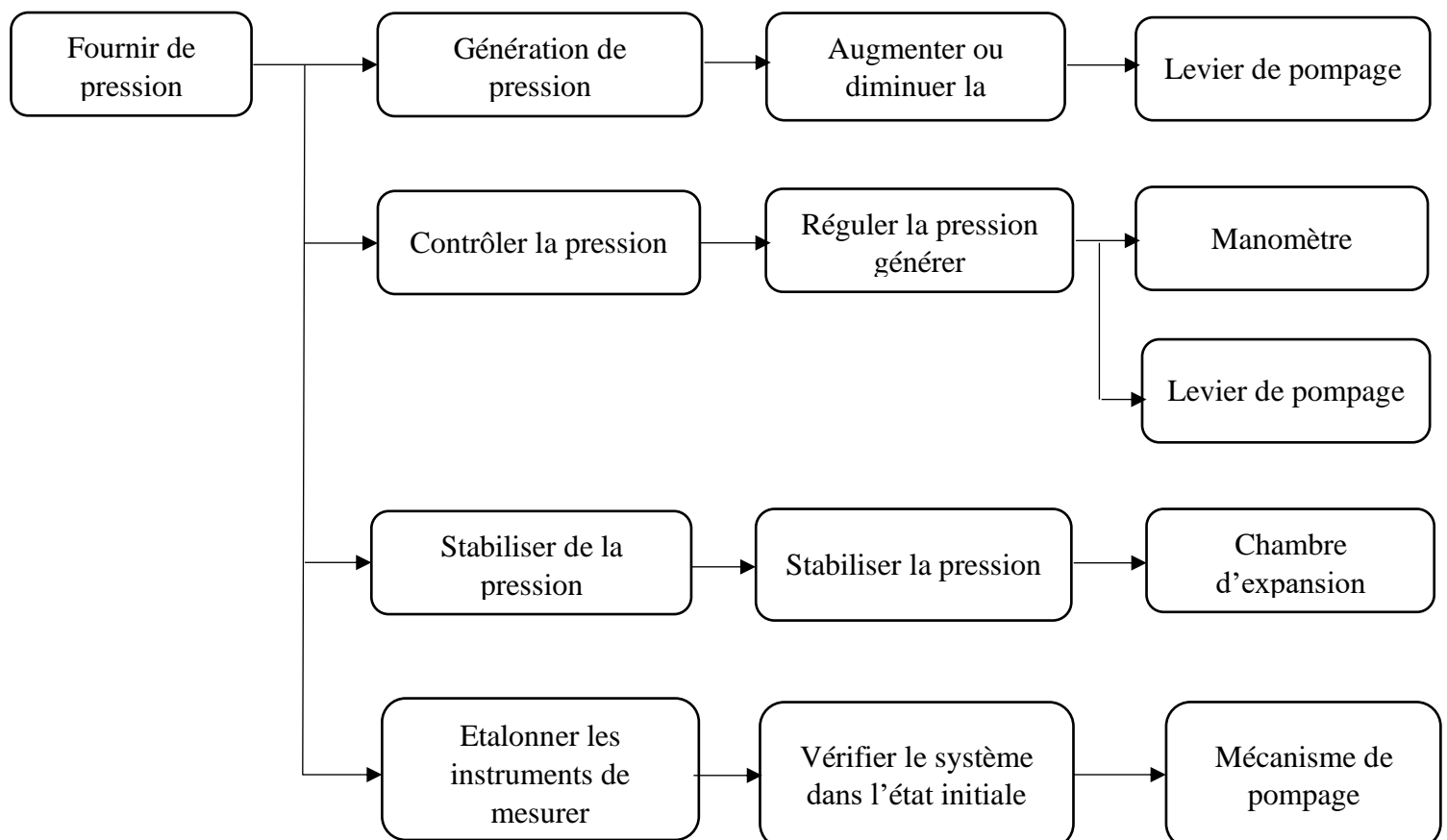
Tableau 3: Diagnostic de l'injecteur

Défauts constaté	Cause		Remèdes proposes
Jet dévié et jets parasites	Dépôt de calamine au niveau de l'orifice		Nettoyage dans du "trichlore" avec une spatule en bois
	Rayures sur siège de la buse Aiguille en mauvais état		Remplacer l'injecteur
Manque d'étanchéité	Corps étranger coincé entre le siège de la buse et l'aiguille		Nettoyer
	Siège de la buse déformé		Remplacer l'injecteur
Aiguille grippée ou en voie de grippage	Traces de grippage		
	Près du cône	Serrage excessif de la buse sur son siège bride d'injecteur trop serrée	Couple de serrage de la bride : 1,5 mdaN
	À la partie médiane	Joint cuivre non remplacé serrage excessif de La brid	Remplacer le joint à chaque intervention Couple de serrage de la bride : 1,5 mdaN
	À la partie supérieure	Serrage excessif de l'écrou de	Couple de serrage de l'écrou de siège 6 à 7 mdaN (outil

		siège sur la buse d'injecteur joint cuivre non remplacé	spécifique) Remplacer le joint à chaque intervention
	Eau dans le gazole		Vidanger et rincer le circuit d'alimentation (dans ces 4 cas, remplacer l'injecteur)
Retour de fuite se remplissant très vite	Mauvaise étanchéité entre la portée supérieure de la buse et la portée du porte-injecteur		
	Corps étrangers entre faces d'appui		Nettoyer
	Défaut de planéité		Remplacer l'injecteur et le porte-injecteur
Pointe de l'aiguille bleuie	Mauvais calage de la pompe d'injection		Remplacer l'injecteur et refaire le calage de la pompe
Extrémité du corps de l'injecteur Corrodée	Température de fonctionnement du moteur trop basse		Vérifier le calorstat

## 2.4 Diagramme FAST

Ce diagramme présente une traduction rigoureuse de chacune des fonctions de service en fonctions techniques, puis matériellement en solutions constructives.



## **Conclusion**

La pompe à tarer, les composants de la pompe à tarer ainsi que la préparation et le contrôle des injecteurs jouent un rôle essentiel dans l'optimisation des performances des moteurs à combustion interne. La pompe à tarer permet de mesurer et d'ajuster précisément la pression de carburant, tandis que les composants associés tiennent compte de son bon fonctionnement. Parallèlement, la préparation et le contrôle des injecteurs assurent une pulvérisation adéquate du carburant dans la chambre de combustion, favorisant ainsi une combustion efficace et une économie de carburant optimale.



# **Chapiter 4:**

## **Conception et Réalisation**

# Introduction

Après avoir clôturé la phase de conception, la solution était déjà choisie et bien étudiée. Nous présentons dans ce chapitre quelques détails de réalisation. Tout d'abord, nous présentons un aperçu des technologies et des outils matériels et logiciels utilisés pour réaliser notre système. Finalement, nous allons élaborer une présentation des différentes tâches créées.

Avant de commencer par la réalisation de notre système de contrôle des injecteurs on doit choisir l'environnement matériel et logiciel nécessaire pour développer notre partie commande et assurer l'efficacité de son fonctionnement.

## **2. Environnement du travail**

### **2.1 Environnement logiciel**

Avant de commencer par la réalisation de notre système de contrôle des injecteurs on doit choisir l'environnement matériel et logiciel nécessaire pour développer notre partie commande et assurer l'efficacité de son fonctionnement.

#### **2.1.1 SolidWorks**

SolidWorks est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) largement utilisé dans le domaine de l'ingénierie mécanique. Il est développé par la société Dassault Systèmes et est connu pour sa puissance, sa convivialité et sa polyvalence.

SolidWorks est principalement utilisé pour la modélisation 3D, la simulation, l'analyse et la documentation technique. Il offre une large gamme d'outils qui permettent aux ingénieurs et aux concepteurs de créer des pièces, des assemblages et des dessins détaillés avec facilité.

Voici quelques-unes des fonctionnalités clés de SolidWorks :

- **Modélisation 3D** : SolidWorks permet de créer des modèles 3D précis en utilisant différentes techniques, telles que la modélisation paramétrique, la modélisation surfacique et la modélisation directe. Il est possible de créer des pièces complexes avec des formes organiques, des assemblages de plusieurs composants et même des animations.

- **Simulation** : SolidWorks propose des outils de simulation qui permettent aux utilisateurs d'analyser le comportement des pièces et des assemblages dans des conditions réelles. On peut effectuer des analyses de contraintes, de déformations, de flux de chaleur, de dynamique des fluides, etc. Cela permet de valider et d'optimiser les conceptions avant leur fabrication.
- **Documentation technique** : SolidWorks facilite la création de dessins détaillés et de mises en plan. On peut générer automatiquement des vues en coupe, des vues éclatées, des nomenclatures et d'autres éléments de documentation essentiels à la fabrication et à l'assemblage des pièces.
- **Collaboration et gestion des données** : SolidWorks propose des fonctionnalités de gestion des données qui permettent aux équipes de travailler de manière collaborative sur les projets. Il est possible de partager et de gérer les fichiers de conception, de suivre les modifications apportées aux modèles et d'organiser les différentes versions.
- **Intégration avec d'autres outils** : SolidWorks s'intègre à d'autres logiciels de conception, tels que des logiciels de simulation supplémentaires, des logiciels de fabrication assistée par ordinateur (FAO) et des logiciels de gestion de cycle de vie des produits (PLM).

SolidWorks est largement utilisé dans diverses industries, notamment l'automobile, l'aérospatiale, la fabrication de machines, l'électronique et bien d'autres. Il est apprécié pour sa convivialité, sa robustesse et sa capacité à accélérer les processus de conception et de fabrication.



Figure 16: logo du SolidWorks

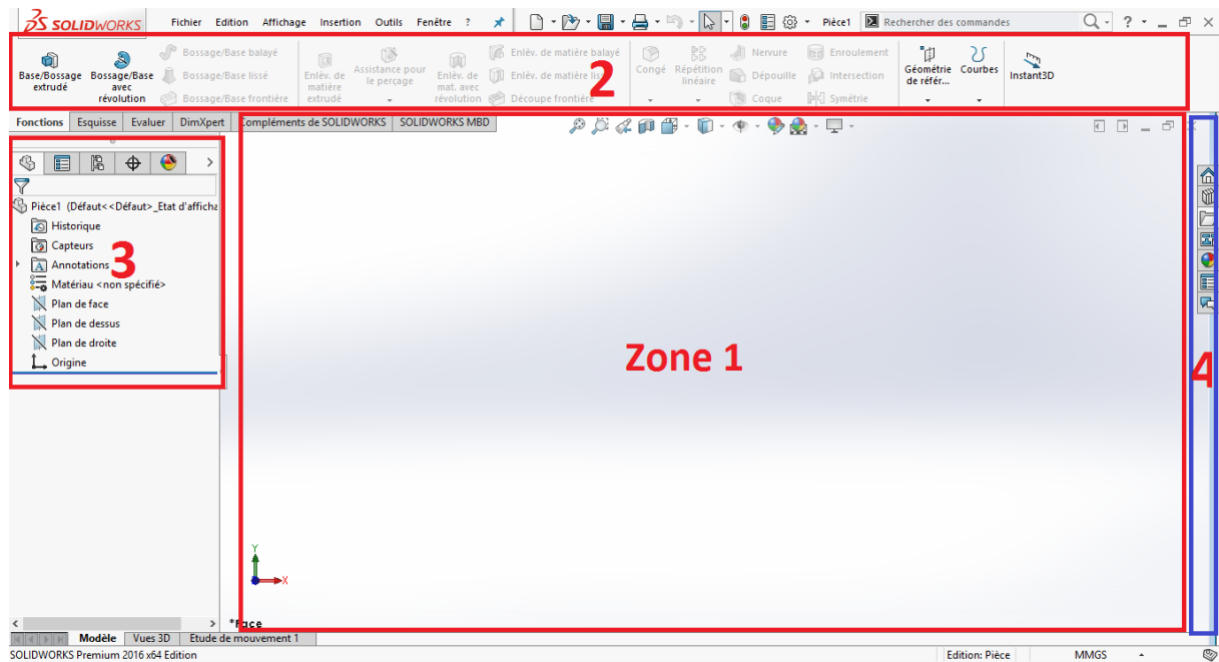


Figure 17: Environnement de Logiciel

➤ Zone 1 : Zone graphique

La zone graphique vous permet de manipuler les pièces, les assemblages et les mises en plan. On trouve aussi dans cette zone le réticule qui va vous donner l'origine (0,0) en vert, et la barre d'accès rapide en bleu

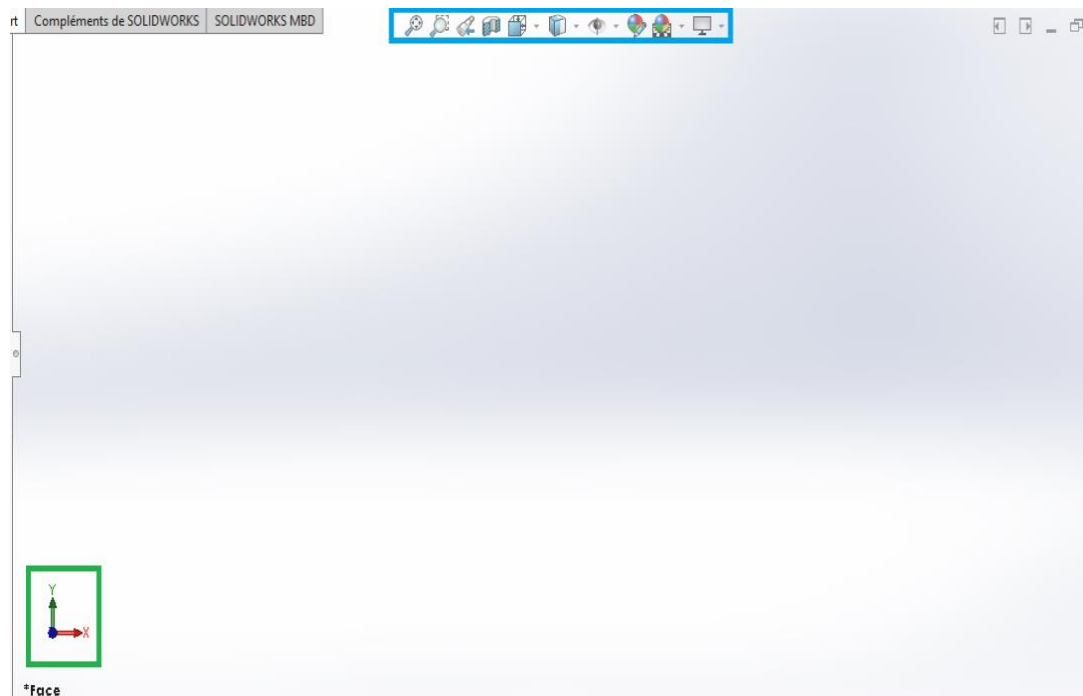


Figure 18: zone graphique

## ➤ Zone 2 : Gestionnaire de commande

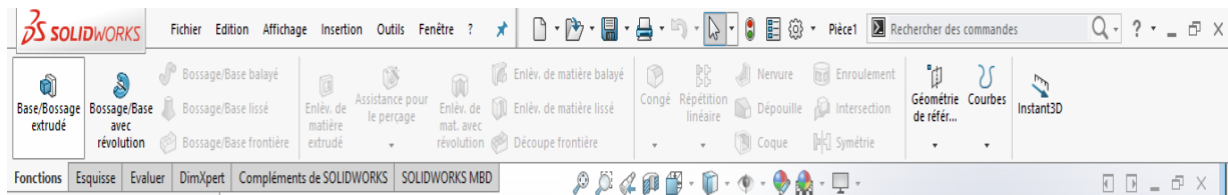


Figure 19: Gestionnaire de commande

## ➤ Zone 3 : Volet de définition

Le panneau situé sur la gauche de la fenêtre SOLIDWORKS gère les conceptions de pièce et d'assemblage, les feuilles de mise en plan, les propriétés, les configurations et les applications de tierces parties. Le Gestionnaire de commandes donne accès aux outils SOLIDWORKS.

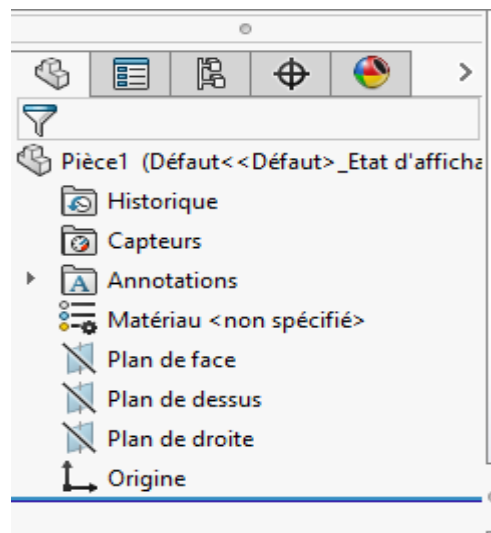


Figure 20: Volet de définition

## ➤ Zone 4 : Volet des tâches

Le volet des tâches permet d'accéder aux ressources, aux bibliothèques d'éléments de conception réutilisables et aux vues de SOLIDWORKS à faire glisser sur les feuilles de mise en plan, ainsi qu'à d'autres objets et informations utiles.

Le volet des tâches apparaît à l'écran lorsque vous ouvrez le logiciel SOLIDWORKS

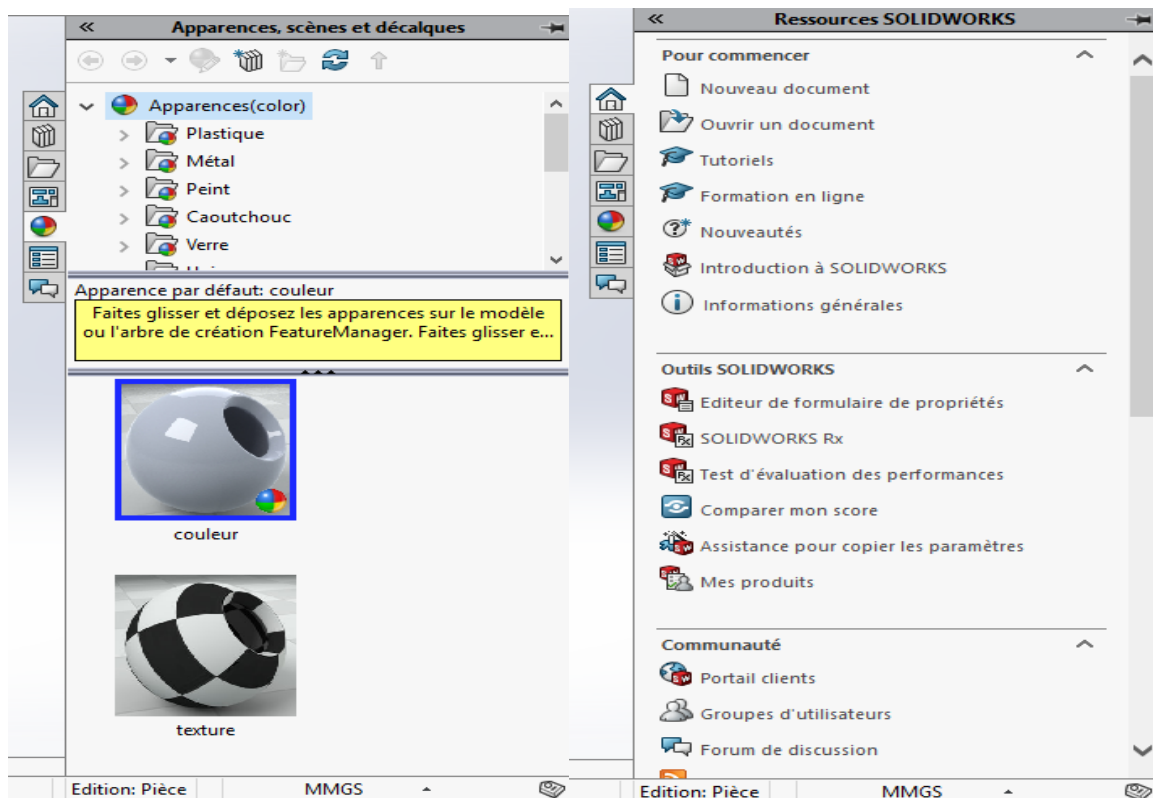


Figure 21: volet des tâches

✓ Conception :

A l'aide du logiciel SolidWorks, nous avons fait la conception de la boîte avec paroi transparente :

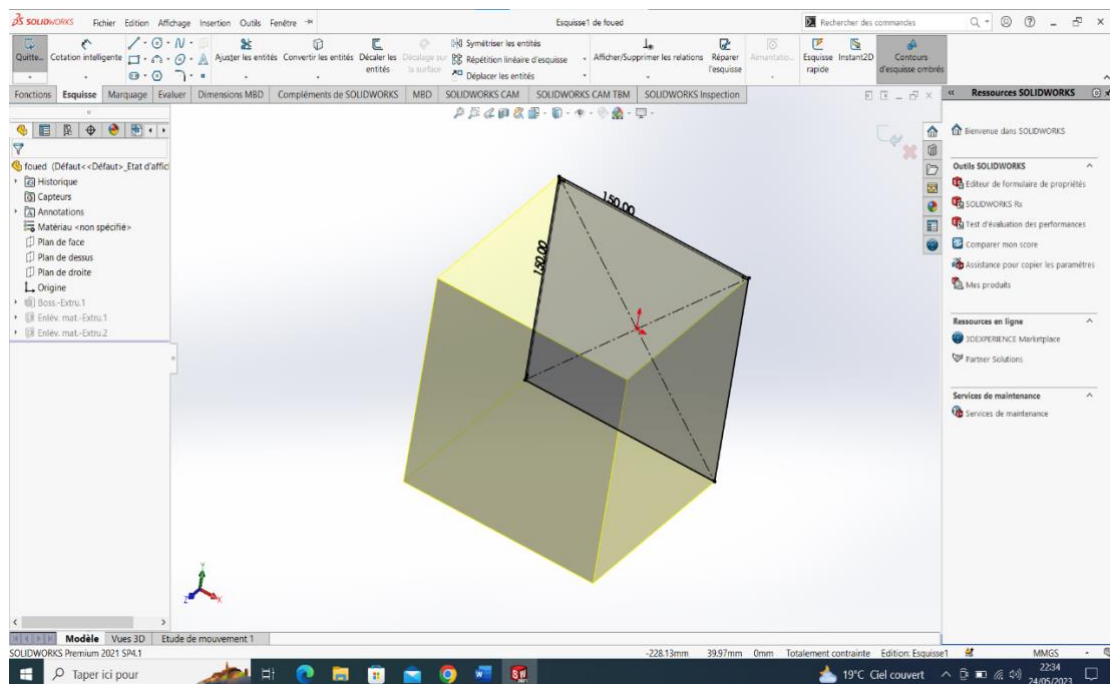


Figure 22: les premières étapes de conception d'une paroi transparente

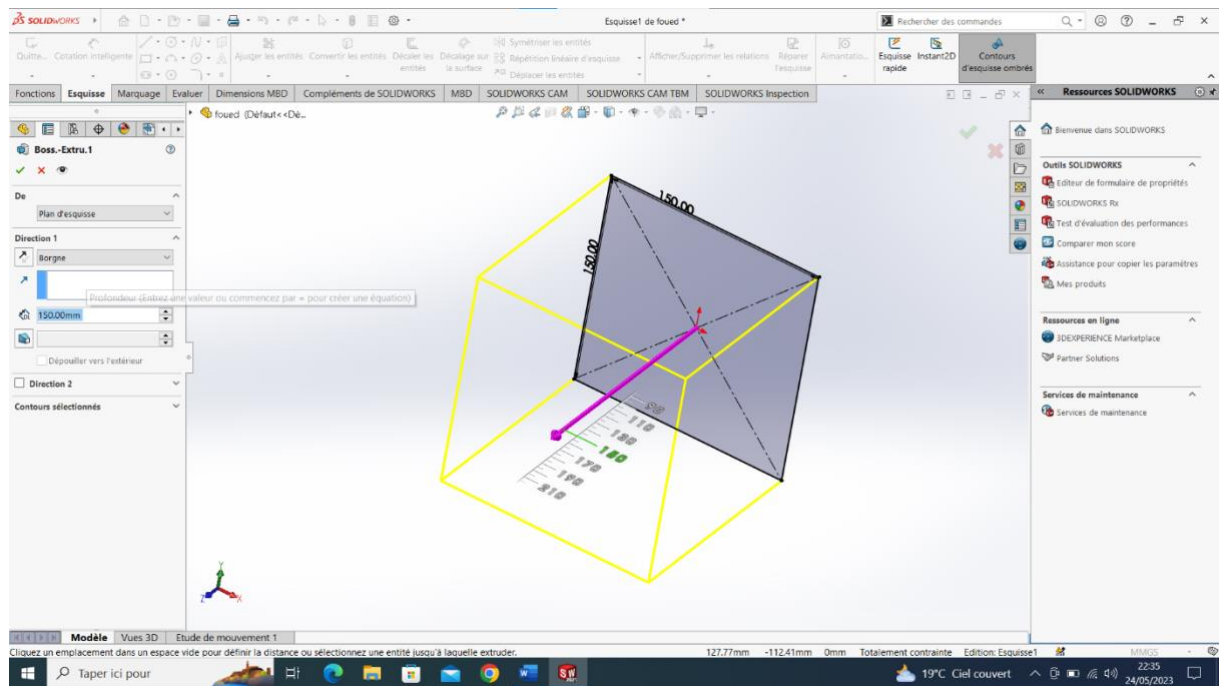


Figure 23: les premières étapes de conception d'une paroi transparente

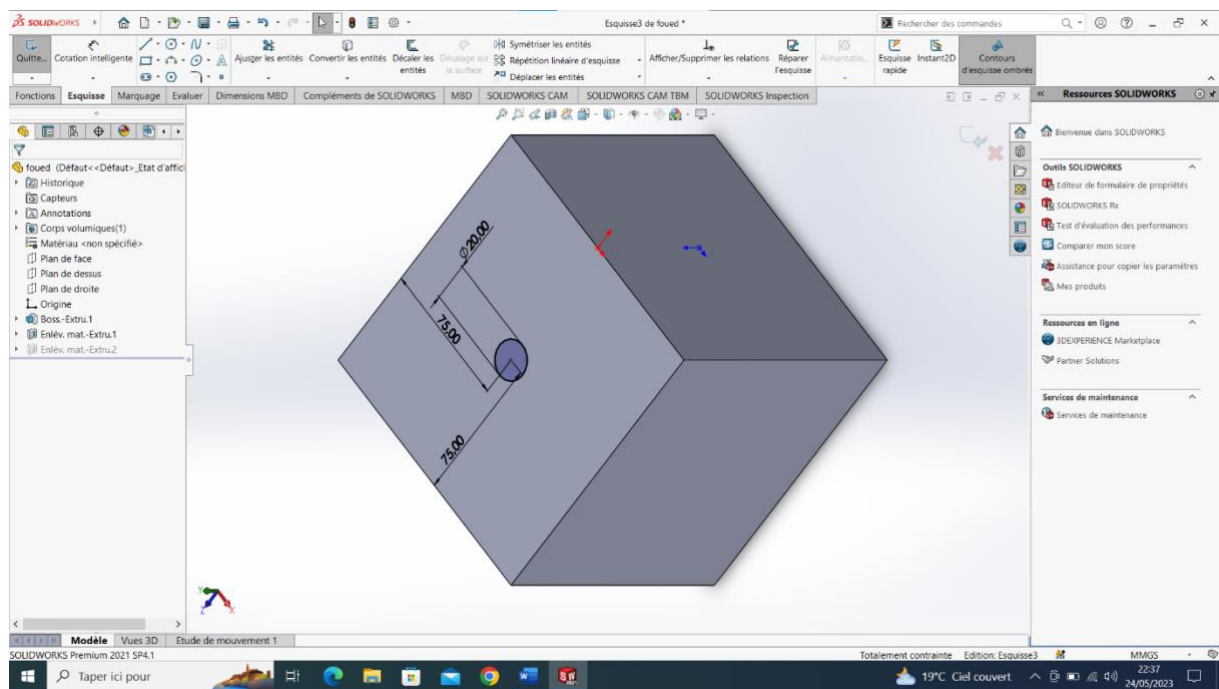


Figure 24: les dernières étapes de conception d'une paroi transparente

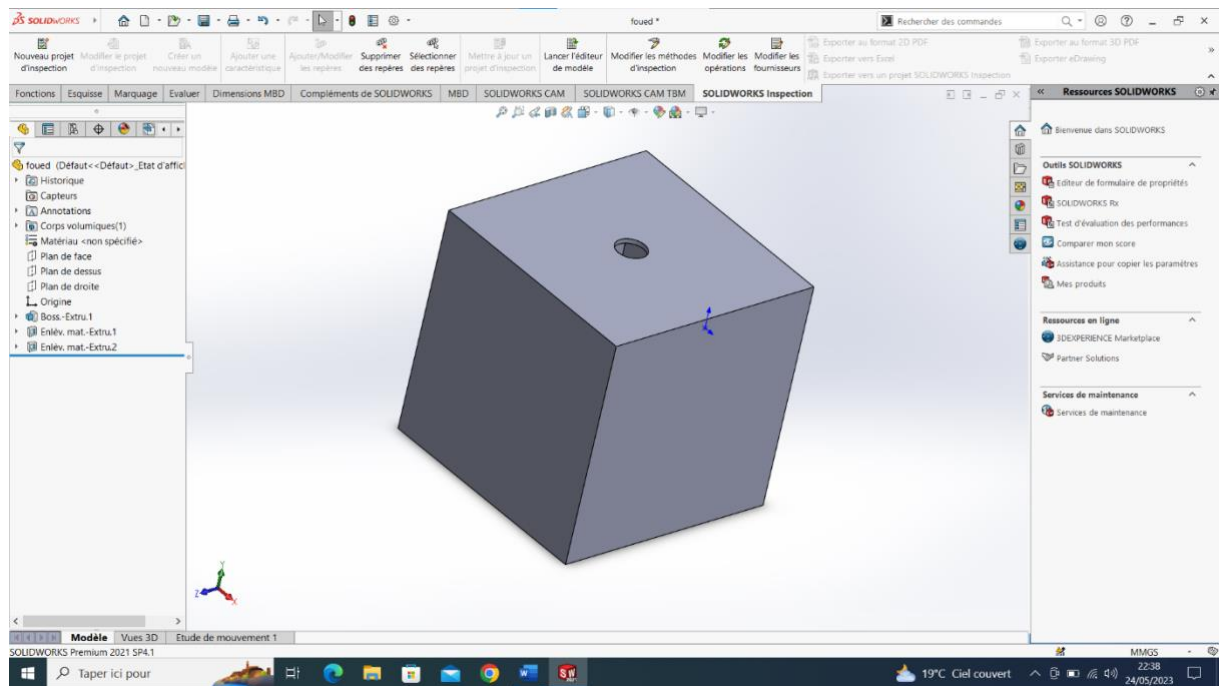


Figure 25: les dernières étapes de conception d'une paroi transparente

## 2.1.2 logiciels Arduino

Arduino est à la fois une plateforme matérielle et un environnement de développement open-source destiné à la création de projets électroniques interactifs. Il est largement utilisé par les amateurs, les étudiants et les professionnels de l'électronique et de la programmation.

L'environnement de développement intégré (IDE) d'Arduino est l'outil principal utilisé pour écrire, compiler et télécharger le code sur les cartes Arduino. Il est disponible pour Windows, Mac OS X et Linux, ce qui le rend accessible à un large éventail d'utilisateurs.

L'IDE Arduino est basée sur le langage de programmation Wiring, qui est une simplification du langage de programmation C/C++. Il offre une interface utilisateur conviviale, des fonctions de débogage et une bibliothèque de code étendue pour faciliter le développement rapide d'applications.

Arduino prend en charge une variété de cartes matérielles, telles que Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Nano, Arduino Due, etc. Ces cartes sont dotées de microcontrôleurs intégrés qui exécutent le code que vous développez. Elles disposent également d'entrées/sorties numériques et analogiques pour interagir avec le monde extérieur, tels que des capteurs, des actionneurs, des LED, des moteurs, etc.





Figure 26: logo du logiciel Arduino

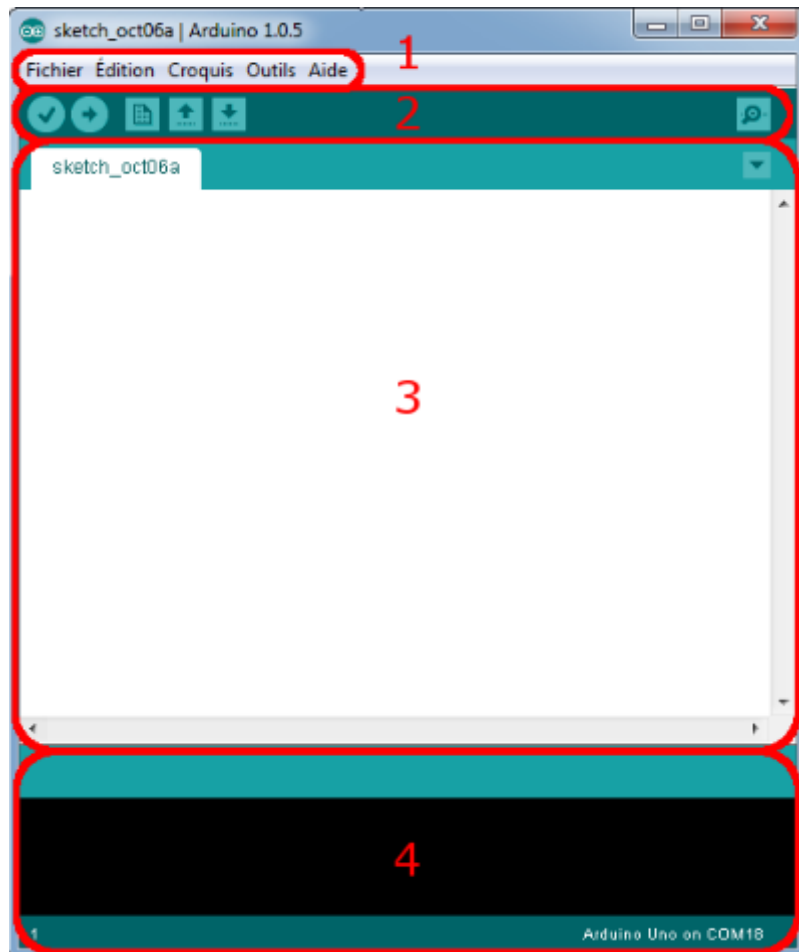


Figure 27: environnement de logiciel Arduino

### Correspondance

Le cadre numéro 1 : ce sont les options de configuration du logiciel

Le cadre numéro 2 : il contient les boutons qui vont nous servir lorsque l'on va programmer nos cartes

Le cadre numéro 3 : ce bloc va contenir le programme que nous allons créer

Le cadre numéro 4 : celui-ci est important, car il va nous aider à corriger les fautes dans notre programme. C'est le débogueur.

Il est possible de programmer le comportement de la carte Arduino de deux manières différentes :

- Programmation en langage C
- Programmation par blocs

Une fois le programme créé, nous le téléversons, (=transférons) à la carte Arduino à l'aide d'un câble USB, comme celui d'une imprimante.

Nous pouvons alors retirer le câble USB : notre carte Arduino est autonome, elle nécessite alors toutefois une alimentation électrique (pile 9V).



Figure 28: téléversement de programme

## 2.2 Environnement matériel

### 2.2.1 Carte Arduino

L'Arduino est une plateforme de prototypage électronique open-source largement utilisée pour créer des projets interactifs. Elle est basée sur une carte de développement dotée d'un microcontrôleur et d'un environnement de programmation facile à utiliser.

La carte Arduino se compose de plusieurs éléments essentiels :

- Microcontrôleur : C'est le cerveau de la carte Arduino. Il exécute le code que vous écrivez et contrôle les différentes entrées et sorties.
- Broches d'E/S : La carte Arduino est équipée de broches d'entrée/sortie numériques et analogiques. Les broches numériques sont utilisées pour les signaux binaires (0 ou 1), tandis que les broches analogiques peuvent mesurer des valeurs variables.
- Connecteurs d'alimentation : La carte Arduino peut être alimentée par USB, une source d'alimentation externe ou une batterie. Certains modèles ont également des connecteurs pour des panneaux solaires.

- Connectivité : La carte Arduino peut être connectée à un ordinateur via un câble USB pour téléverser le code et établir une communication série.
- Environnement de développement : Arduino possède un logiciel appelé Arduino IDE (Integrated Development Environment), qui offre un éditeur de code, un compilateur et un téléversement facile des programmes sur la carte.



Figure 29: carte Arduino Uno

- Zoom sur la carte

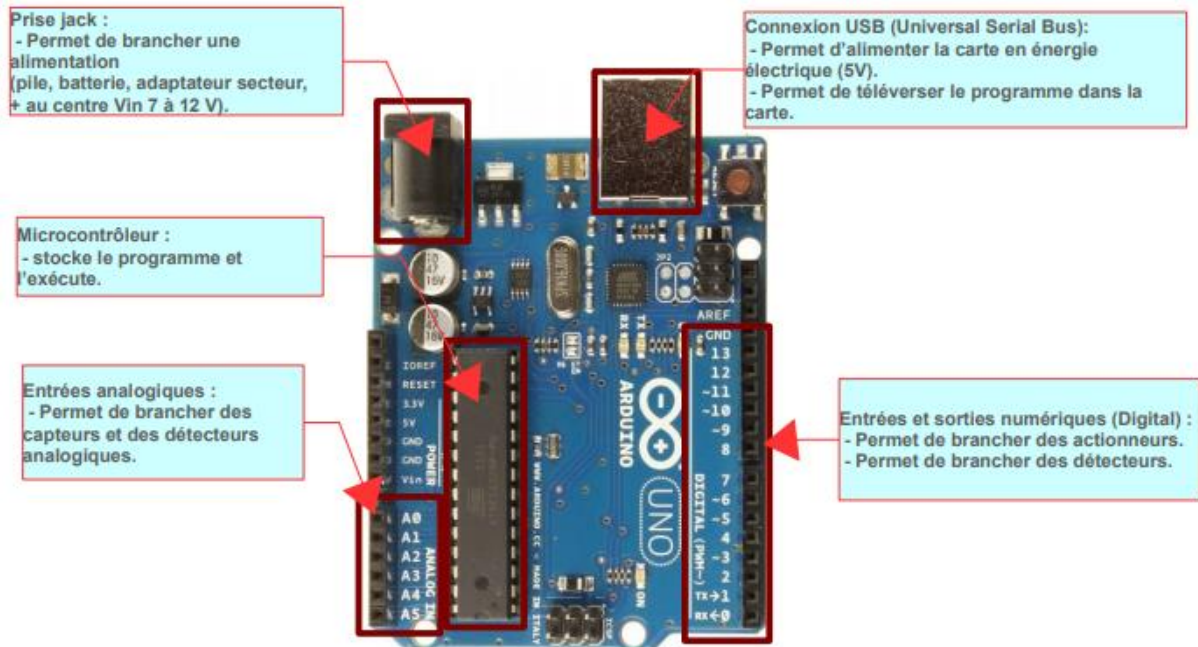


Figure 30: schéma explicatif carte Arduino

### 2.2.2 Afficheur LCD I2C

L'afficheur LCD I2C, également connu sous le nom d'afficheur LCD avec interface I2C, est un périphérique électronique utilisé pour afficher des informations textuelles ou graphiques. Il est largement utilisé dans les projets électroniques et les systèmes embarqués en raison de sa facilité d'utilisation et de son intégration.

L'afficheur LCD I2C se compose de plusieurs composants qui travaillent ensemble pour afficher des informations à l'écran. Voici les principaux composants d'un afficheur LCD I2C :

**Écran LCD :** C'est le composant principal de l'afficheur. Il s'agit d'un écran à matrice de points composé de pixels qui peuvent être activés ou désactivés pour afficher du texte ou des graphiques. Les écrans LCD utilisés dans les afficheurs I2C sont généralement de petite taille, comme des écrans 16x2 ou 20x4, ce qui signifie qu'ils peuvent afficher respectivement 16 caractères sur 2 lignes ou 20 caractères sur 4 lignes.

**Contrôleur LCD :** Le contrôleur LCD est un circuit intégré qui gère le fonctionnement de l'écran LCD. Il reçoit des commandes du microcontrôleur via l'interface I2C et les convertit en signaux appropriés pour contrôler les pixels de l'écran LCD. Le contrôleur LCD peut également inclure des fonctionnalités supplémentaires telles que le rétroéclairage réglable, la gestion du curseur et la possibilité d'afficher des caractères personnalisés.

**Interface I2C :** L'interface I2C (Inter-Integrated Circuit) est utilisée pour la communication entre le microcontrôleur et le contrôleur LCD de l'afficheur. Elle utilise deux fils de données : SDA (Serial Data) pour la transmission des données et SCL (Serial Clock) pour la synchronisation des signaux. L'interface I2C permet de connecter plusieurs périphériques sur le même bus, ce qui facilite l'expansion du système avec d'autres composants.

**Connecteurs :** L'afficheur LCD I2C dispose généralement de broches ou de connecteurs pour la connexion physique avec le microcontrôleur ou le microprocesseur. Les broches SDA et SCL sont utilisées pour la communication I2C, et il peut y avoir des broches supplémentaires pour l'alimentation électrique (VCC et GND) et éventuellement pour le contrôle du rétroéclairage ou d'autres fonctionnalités spécifiques.

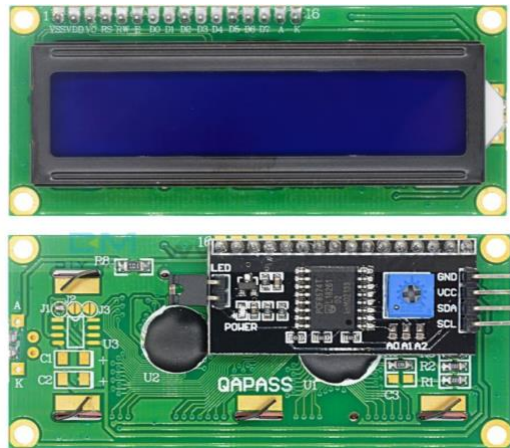


Figure 31: capteur pression carburant

### 2.2.3 Capteur pression carburant

Le capteur de pression de carburant est généralement situé dans la rampe commune dans le cas des moteurs diesel. C'est un composant électronique utilisé dans les systèmes de gestion électronique des moteurs pour mesurer la pression du carburant dans le système d'alimentation. Il fournit des informations précises sur la pression du carburant au calculateur du moteur, ce qui permet à ce dernier de réguler l'injection de carburant de manière appropriée.



Figure 32: capteur pression carburant

### 2.2.4 Rampe commune

La rampe commune est un système de distribution de carburant utilisé dans les moteurs diesel à injection directe.

C'est un tuyau ou une conduite qui distribue le carburant.



Figure 33: rampe commune

## Conclusion

Ce projet de conception et réalisation d'une pompe à tarer des injecteurs diesel sophistiquée utilisant une carte Arduino, une rampe commune et un capteur de pression de carburant désigne une avancée significative dans le domaine de la calibration et du contrôle des injecteurs électroniques.

## **Conclusion générale**

L'objectif principal de ce projet était de développer un système automatisé capable de tarer et de contrôler précisément les injecteurs diesel, en utilisant une approche basée sur la technologie Arduino. Grâce à la mise en place de capteurs de pression de carburant et d'une rampe commune, il est possible de mesurer et d'ajuster avec exactitude les paramètres de l'injection, tels que la pression et la durée.

C'est un complément qui lit la théorie aux pratiques qu'il a été très bénéfique en tant qu'expérience dans le nouveau professionnel ;

On résume, dans ce rapport, on a étudié et conçu un système modulaire de tarage et équilibrage des injecteurs diesel, les résultats sont très satisfaisants.

Comme perspective l'objectif de généraliser ce travail pour tarer, réviser les injecteurs essences