

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Ibn Khaldoun de Tiaret

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Mécanique



## MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Master

**Domaine** : Sciences et Technologie

**Filière** : Electromécanique

**Parcours** : Master

**Spécialité** : Maintenance Industrielle

**Thème**

Fonctionnement et dysfonctionnement  
d'un moteur de voiture essence cas  
d'un moteur 1.2 ess PureTech

Préparé par :

- BOUCHENAF A Menouar
- ROUINA Ikram

Soutenu publiquement le : 12/ 06 / 2024, devant le jury composé de

M. SAAD Mohamed	Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun)	Président
Mlle. SLIMANI Halima	Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun)	Examineur
Mme. ASRI Aicha.	Maître de Conférences "B" (Univ. Ibn Khaldoun)	Examineur
M. BEY Mohamed	Maître de Conférences "B" (Univ. Ibn Khaldoun)	Encadrant

Année universitaire : 2023 - 2024

## *Dédicace*

*Nous dédions ce modeste travail avec tous nos cœurs à :*

*Nos chers parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer nos sincères  
Sentiments, pour leurs amour inconditionnel, leurs soutien constant et leurs*

*Sacrifices.*

*Nos familles à tous nos chers amis*

*Nos frères et sœurs*

*Tous ceux que nous aimons*

*Ce mémoire est le fruit d'un travail collectif et nous souhaitons dédier*

*Cette réalisation à toutes les personnes qui ont cru en nous, nous a  
Encouragés et ont contribué à notre réussite. Merci du fond du cœur  
pour votre soutien indéfectible et votre confiance tout au long de ce  
parcours.*

*Mencuar & Ikram*

## *Remerciement*

*D'elon la tradition, et à travers cette page de remerciement nous tenant à saluer tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude de notre master. Le parcours qui nous amené jusqu'à nous stade de notre formation n'aurait pas été possible sans le soutien inestimable et l'apport précieux de nombreuse personnes, qui nous souhaitons chaleureusement remerciés.*

*Nous tenons, tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Nous tenons aussi à exprimer nos gratitude à notre encadrant Dr. BEY Mohamed pour sa confiance, les encouragements, les orientations, les précieux conseils qu'elles nous ont accordés durant la période de préparation de ce mémoire.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury qui nous ont fait l'honneur de bien vouloir examiner notre travail et de l'enrichir par leurs remarques pertinentes.*

*Finalement, nous sommes conscients que ce mémoire de fin d'étude n'aurait pas pouvoir se jour sans l'appui et l'implication de toutes les personnes mentionnées précédemment. Leur contribution a été déterminante dans notre cheminement académique et personnel.*

*Veuillez accepter nos plus sincères remerciements.*

# **SOMMAIRE**

Dédicaces	II
Remerciements	III
Table de matière	IV
Liste des figures	VIII
Liste des tableaux	X
<b>I.1 Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b><i>Chapitre I : Revus des moteurs des voitures à essence</i></b>	
<b>I.1 Introduction</b>	<b>3</b>
<b>I.2 Fondements théoriques des moteurs à essence</b>	<b>3</b>
<b>I.2.1 Principe de fonctionnement des moteurs à combustion interne</b>	<b>3</b>
<b>I.2.2 Différents types de moteurs à essence et leurs caractéristiques</b>	<b>4</b>
<b>I.2.2.1 Moteur en ligne</b>	<b>4</b>
<b>I.2.2.2 Moteur avec cylindres en V</b>	<b>5</b>
<b>I.2.2.3 Moteur avec cylindres en W</b>	<b>5</b>
<b>I.2.2.4 Moteurs à cylindres opposées</b>	<b>6</b>
<b>I.2.3 Les principaux composants d'un moteur à essence et leurs rôles</b>	<b>6</b>
<b>I.2.3.1 Culasse</b>	<b>7</b>
<b>I.2.3.2 Bloc-moteur</b>	<b>7</b>
<b>I.2.3.3 Carter</b>	<b>7</b>
<b>I.2.3.4 Collecteurs d'échappement et le distributeur</b>	<b>8</b>
<b>I.2.4 Organes mobiles</b>	<b>8</b>
<b>I.2.4.1 Piston</b>	<b>8</b>
<b>I.2.4.2 Bielle</b>	<b>9</b>
<b>I.2.4.3 Vilebrequin</b>	<b>10</b>
<b>I.2.4.4 Volant moteur</b>	<b>10</b>
<b>I.2.4.5 Soupapes et l'arbre à cames</b>	<b>11</b>
<b>I.3 Évolution des moteurs à essence</b>	<b>12</b>
<b>I.3.1 Historique de l'évolution des moteurs à essence</b>	<b>12</b>
<b>I.3.2 Les avancées technologiques et les innovations dans les moteurs à essence</b>	<b>12</b>
<b>I.3.3 Les enjeux environnementaux et les moteurs à essence plus écologiques</b>	<b>13</b>
<b>I.4 Performances des moteurs à essence</b>	<b>13</b>
<b>I.4.1 Puissance nominale et couple moteur</b>	<b>13</b>

<b>I.4.2</b> Consommation de carburant et efficacité énergétique	14
<b>I.5</b> Fiabilité et durabilité des moteurs à essence	16
<b>I.5.1</b> Facteurs influençant la fiabilité des moteurs à essence	16
<b>I.5.2</b> Les principales défaillances et problèmes rencontrés dans les moteurs à essence	16
<b>I.6</b> Maintenance des moteurs essences	17
<b>I.6.1</b> Maintenance préventive	17
<b>I.6.2</b> Maintenance corrective	17
<b>I.7</b> Conclusion	17

## ***Chapitre II : Fonctionnement du moteur 1.2 essence PureTech***

<b>II.1</b> Introduction	19
<b>II.2.</b> Principe de fonctionnement du moteur 1.2 essence PureTech	19
<b>II.3.</b> Présentation des composants du moteur 1.2 essence PureTech	20
<b>II.3.1</b> Les principaux Composants fixes	20
<b>II.3.1.1.</b> Culasse	20
<b>II.3.1.2.</b> Joints de culasse	20
<b>II.3.1.3.</b> Bloc moteur	21
<b>II.3.1.4.</b> Carter	21
<b>II.3.1.5</b> Cache culbuteur	22
<b>II.3.1.6</b> Collecteur	22
<b>II.3.2.</b> Les principaux Composants mobiles	23
<b>II.3.2.1</b> Culbuteur	23
<b>II.3.2.2.</b> Piston	23
<b>II.3.2.3</b> Bielle	24
<b>II.3.2.4.</b> Vilebrequin	24
<b>II.3.2.5.</b> Arbre d'équilibrage	25
<b>II.3.2.6.</b> Volant moteur	25
<b>II.3.2.7.</b> Arbre à came	26
<b>II.3.2.8.</b> Déphaseur d'arbre à cames	26
<b>II.4.</b> Caractéristiques techniques et performances du moteur	27
<b>II.5</b> Analyse des fonctions principales du moteur 1.2 essence PureTech	28
<b>II.5.1</b> Fonction d'admission d'air et de mélange carburant-air	28
<b>II.5.1.1</b> Boitier papillon motorisé	29
<b>II.5.1.2.</b> Capteur de pression et température d'air admission	29

<b>II.5.1.3. Turbocompresseur</b>	30
<b>II.6. Fonction de combustion et de production d'énergie</b>	30
<b>II.7. Fonction d'échappement des gaz brûlés</b>	31
<b>II.7.1 Sonde à oxygène</b>	31
<b>II.7.2 Catalyseur</b>	31
<b>II.8. Fonction de refroidissement du moteur</b>	31
<b>II.9. Analyse des fonctions auxiliaires et des systèmes du moteur 1.2 essence PureTech</b>	33
<b>II.9.1. Système de lubrification</b>	33
<b>II.9.1.1. Circuit d'huile</b>	33
<b>II.9.1.2. Système de distribution</b>	34
<b>II.10. Système de gestion électronique du moteur</b>	34
<b>II.10.1 Bobine d'allumage</b>	34
<b>II.10.2 Bougie d'allumage</b>	34
<b>II.10.3 Capteur de cliquetis</b>	34
<b>II.10.4 Capteur référence cylindres</b>	35
<b>II.10.5 Capteur régime moteur</b>	35
<b>II.10.6 Capteur température d'eau moteur</b>	35
<b>II.11. Electrovanne des déphaseurs d'arbre à cames</b>	35
<b>II.12 Système de refroidissement du chauffage</b>	35
<b>II.13. Analyse des interactions et des échanges d'énergie entre les différentes fonctions</b>	36
<b>II.13.1 Interactions entre les fonctions principales et auxiliaires</b>	36
<b>II.13.1.1 Choix technologique spécifique</b>	36
<b>II.13.1.2 Turbocompresseur</b>	36
<b>II.13.1.3. Échanges d'énergie et de fluides entre les systèmes</b>	36
<b>II.14 Conclusion</b>	37

### ***Chapitre III : Dysfonctionnement de moteur 1.2 PureTech***

<b>III.1. Introduction</b>	39
<b>III.2. Fondements théoriques de l'analyse dysfonctionnelle</b>	39
<b>III.2.1 Arbre de défaillance</b>	39
<b>III.2.1.1 Définition</b>	39
<b>III.2.1.2 Rôle des arbres de défaillance</b>	39
<b>III.2.1.3 Méthodologie</b>	39
<b>III.2.1.4 Invention des arbres de défaillances</b>	39

<b>III.2.1.5</b>	Représentation graphique	40
<b>III.2.1.5.1</b>	Evènements	40
<b>III.2.1.5.2</b>	Portes logiques	40
<b>III.2.1.5.3</b>	Symboles de transfert	41
<b>III.2.1.6</b>	Construction d'un arbre de défaillances	41
<b>III.2.1.6.1</b>	Principe	41
<b>III.2.1.6.2</b>	Etapes de construction	42
<b>III.3</b>	Analyse des interventions réelles sur le moteur 1.2 essence Pure Tech	43
<b>III.3.1</b>	Collecte des données sur les interventions réalisées sur les moteurs défectueux	43
<b>III.3.2</b>	Classification des interventions en fonction des types de dysfonctionnements	48
<b>III.3.3</b>	Identification des causes racines des dysfonctionnements les plus fréquents	48
<b>III.4</b>	Construction de l'arbre de défaillance du moteur 1.2 essence PureTech	49
<b>III.4.1</b>	Identification des événements de base liés aux dysfonctionnements	49
<b>III.4.2</b>	Construction de l'arbre de défaillance en utilisant la logique booléenne	49
<b>III.5.</b>	La méthode AMDEC	53
<b>III.5.1</b>	Définition	53
<b>III.5.2</b>	Histoire et domaines d'application	54
<b>III.5.3</b>	Principe de la méthode	54
<b>III.5.4</b>	Aspects de l'AMDEC	55
<b>III.5.5</b>	Types de l'AMDEC	55
<b>III.5.6</b>	La démarche AMDEC	56
<b>III.5.7</b>	Phase de préparation	57
<b>III.5.7.1</b>	Constitution de l'équipe	57
<b>III.5.7.2</b>	Le tableau AMDEC	57
<b>III.5.7.3</b>	Les définitions liées à l'AMDEC	58
<b>III.5.8</b>	Application de la méthode AMDEC	60
<b>III.5.8.1.</b>	Constitution de l'équipe	60
<b>III.5.8.2.</b>	Tableau AMDEC	60
<b>III.5.9</b>	Synthèse	64
<b>III.5.9.1</b>	Hierarchisation des défaillances	64
<b>III.5.9.2</b>	Liste des points critiques	64
<b>III.5.9.3</b>	Liste des recommandations	64
<b>III.5.10</b>	Conclusion	64
	Conclusion générale	65

Références bibliographiques

Résumé

# *Liste des figures*

## *Chapitre I*

<b>Figure I.1</b> : Principe de fonctionnement d'un moteur	4
<b>Figure I.2</b> : Moteur type en ligne	4
<b>Figure I.3</b> : Moteur classique à combustion en V	5
<b>Figure I.4</b> : Moteur avec emplacement des cylindres en W	6
<b>Figure I.5</b> : Moteur a cylindres opposées(en H)	6
<b>Figure I.6</b> : Culasse	7
<b>Figure I.7</b> : Bloc-moteur	7
<b>Figure I.8</b> : Carter	8
<b>Figure I.9</b> : Collecteur d'échappement	8
<b>Figure I.10</b> : Piston	9
<b>Figure I.11</b> : Bielle	9
<b>Figure I.12</b> : Vilebrequin	10
<b>Figure I.13</b> : Volant moteur	11
<b>Figure I.14</b> : Soupapes et l'arbre à came	11
<b>Figure I.15</b> : Disposition générale de l'usine de carburation	15
<b>Figure I.16</b> : Dessin en coupe d'un carburateur de type <i>Jet</i>	15

## *Chapitre II*

<b>Figure II.1</b> : Cycle de Beau de Rochas	19
<b>Figure II.2</b> : Culasse d'un moteur essence 1.2 PureTech	20
<b>Figure II.3</b> : Joint de culasse	21
<b>Figure II.4</b> : Bloc-moteur	21
<b>Figure II.5</b> : Carter	22
<b>Figure II.6</b> : Cache culbuteur	22
<b>Figure II.7</b> : Collecteur d'admission	23
<b>Figure II.8</b> : Collecteur d'échappement	23
<b>Figure II.9</b> : Culbuteur	23
<b>Figure II.10</b> : Piston	24
<b>Figure II.11</b> : Bielle	24
<b>Figure II.12</b> : Vilebrequin	25
<b>Figure II.13</b> : Arber d'équilibrage	25

<b>Figure II.14</b> : Double volant amortisseur	25
<b>Figure II.15</b> : Arber à cames	26
<b>Figure II.16</b> : Déphaseur	26
<b>Figure II.17</b> : Performance du moteur 1.2 PureTech	27
<b>Figure II.18</b> : Admission	29
<b>Figure II.19</b> : Boîtier papillon motorisé	29
<b>Figure II.20</b> : Capteur de pression et température d'air admission	30
<b>Figure II.21</b> : Turbocompresseur	30
<b>Figure II.22</b> : Circuit de refroidissement	32
<b>Figure II.23</b> : Circuit d'eau	32
<b>Figure II.24</b> : Circuit d'huile	33
<b>Figure II.25</b> : Système de distribution par courroie	34
<b>Figure II.26</b> : Système de refroidissement	36

### *Chapitre III*

<b>Figure III.1</b> : Arbre de défaillance du casse moteur essence 1.2 PureTech	50
<b>Figure III.2</b> : Arbre de défaillance du moteur 1.2 PureTech (défauts mécaniques)	50
<b>Figure III.3</b> : Arbre de défaillance du moteur 1.2 PureTech (défauts électriques)	51
<b>Figure III.4</b> : Arbre de défaillance du moteur 1.2 PureTech (défauts thermiques)	52
<b>Figure III.5</b> : Arbre de défaillance du moteur 1.2 PureTech (défauts hydrauliques)	53
<b>Figure III.6</b> : Etape AMDEC	57
<b>Figure III.7</b> : Hiérarchisation des défaillances	64

## *Liste des Tableaux*

### *Chapitre I*

<b>Tableau I.1</b> : Exemple de technologie des moteur essence	12
--	----

### *Chapitre II*

<b>Tableau II.1.</b> Caractéristique techniques	28
---	----

### *Chapitre III*

<b>Tableau III.1</b> : Symboles des évènements dans les arbres de défaillances	40
<b>Tableau III.2</b> : Symboles des portes logiques dans les arbres de défaillances	41
<b>Tableau III.3</b> : Symboles de transfert	41
<b>Tableau III.4:</b> Données des pannes et d'interventions pour les moteurs 1.2 ess PurTech	44
<b>Tableau III.5</b> : Les quatre questions de la méthode AMDEC	55
<b>Tableau III.6</b> Tableau AMDEC	57
<b>Tableau III.7</b> : la criticité C	58
<b>Tableau III.8</b> : Fréquence F	58
<b>Tableau III.9</b> : Gravité G	59
<b>Tableau III.10</b> : Non détection D	59

# *Introduction générale*

## **Introduction générale**

Ce mémoire de master se concentre sur l'étude de la fiabilité d'un moteur 1.2 PureTech. Le contexte de ce mémoire est la préoccupation croissante concernant les problèmes de fiabilité de ce moteur particulier. L'objectif principal de ce mémoire est d'analyser les modes de fonctionnement et de dysfonctionnement de ce moteur, en mettant l'accent sur les problèmes courants tels que les pannes moteur.

Le moteur 1.2 PureTech est connu pour rencontrer de nombreux problèmes, notamment des cas de casse moteur. En se basant sur les statistiques de maintenance de ce moteur, ce travail de recherche vise à établir l'arbre de défaillance de ce moteur et à développer le Tableau AMDEC pour identifier les principales causes de dysfonctionnement.

Ce mémoire sera structuré en trois chapitres principaux. Le premier chapitre discutera des moteurs à essence en général, en mettant en évidence les dernières technologies existantes. Cela permettra de poser les bases nécessaires pour la compréhension du fonctionnement des moteurs à essence et des enjeux liés à leur fiabilité.

Le deuxième chapitre se concentrera spécifiquement sur le moteur 1.2 PureTech, en détaillant son mode de fonctionnement et en examinant les caractéristiques spécifiques de ce moteur. Une analyse approfondie de ses composants et de ses systèmes sera réalisée afin de mieux comprendre les facteurs qui pourraient contribuer aux pannes et aux dysfonctionnements.

Le troisième chapitre consistera en une analyse des dysfonctionnements du moteur 1.2 PureTech et une étude de sa fiabilité. L'arbre de défaillance sera élaboré pour visualiser les principales causes de défaillance, tandis que la méthode AMDEC permettra de hiérarchiser ces causes en fonction de leur impact sur la fiabilité du moteur.

En conclusion, ce mémoire de master vise à approfondir la compréhension de la fiabilité du moteur 1.2 PureTech. En analysant les modes de fonctionnement et de dysfonctionnement ainsi que les statistiques de maintenance, nous espérons identifier les principales causes de dysfonctionnement et proposer des mesures correctives pour améliorer la fiabilité de ce moteur.

*Chapitre I :*  
*Revus des moteurs des*  
*voitures à essence*

## I.1. Introduction

Le moteur essence est un moteur thermique qui fonctionne grâce à la combustion du mélange d'air et d'essence permise par les étincelles générées par les bougies d'allumage. La plupart des moteurs à quatre temps et possèdent de nombreux avantages par rapport aux moteurs diesel.

Le présent chapitre est pour objectif de présenter le moteur essence afin de préparer la plateforme à l'étude du moteur 1.2 PureTech, nous commençons donc par les fondements théoriques des moteurs essence, Evolution et Performances, en suite la fiabilité et durabilité et en termine par les techniques de la maintenance des moteurs essences.

## I.2. Fondements théoriques des moteurs à essence

### I.2.1. Principe de fonctionnement des moteurs à combustion interne

Tous les moteurs thermiques font appel aux transformations thermodynamiques d'une masse gazeuse pour passer de l'énergie chimique contenue dans le combustible à l'énergie mécanique directement exploitable sur l'arbre moteur. Dans son brevet déposé en 1862, le français *BEAU DE ROCHAS* propose d'appliquer le processus décrit ci-dessous à une masse gazeuse emprisonnée dans un moteur à piston.

Comme montré dans la figure I.1, Le cycle complet comprend 4 courses de piston donc 2 tours de vilebrequin [1], le processus est décrit comme suit :

- **1er temps : l'admission**

- Le piston décrit une course descendante du PMH au PMB ;
- La soupape d'admission est ouverte ;
- Le mélange air + carburant préalablement dosé pénètre dans le cylindre ;
- L'énergie nécessaire pour effectuer ce temps est fournie au piston par le vilebrequin par l'intermédiaire de la bielle.

- **2ème temps : la compression**

- Les 2 soupapes sont fermées ;
- Le piston est repoussé par vers le PMH par la bielle ;
- La pression et la température du mélange croissent.

- **3ème temps : la combustion, détente**

- Un peu avant le PMH, une étincelle électrique déclenche le processus de combustion ;
- L'accroissement de la pression qui s'exerce sur le piston engendre un effort sur la bielle et donc un moment moteur sur vilebrequin ;
- Le piston redescend au PMB.

- 4ème temps : l'échappement

- La soupape d'échappement s'ouvre ;
- Le piston remonte vers le PMH en expulsant les gaz brûlés.

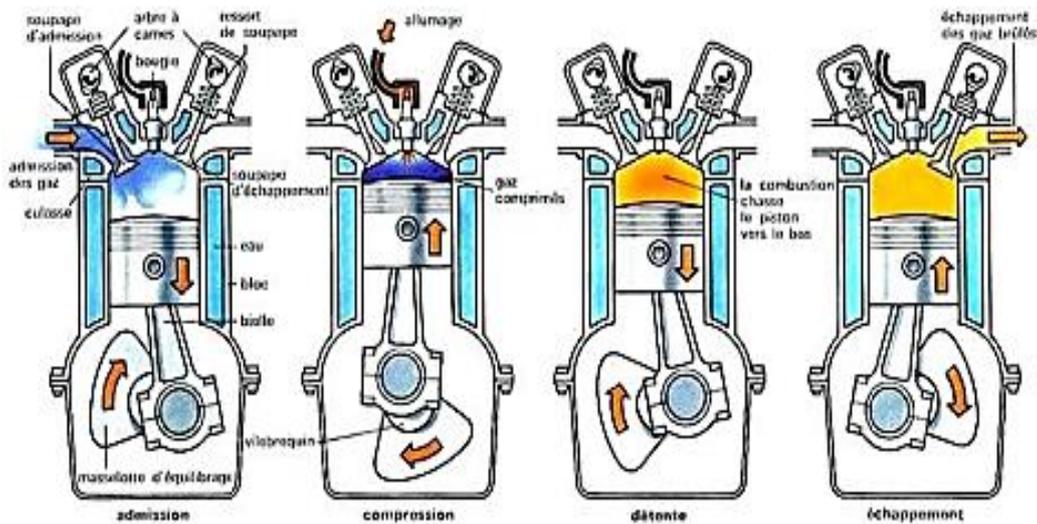


Figure I.1: Principe de fonctionnement d'un moteur [2]

## I.2.2. Différents types de moteurs à essence et leurs caractéristiques

### I.2.2.1. Moteur en ligne

Les cylindres sont alignés en une seule rangée (figure I.2), les uns derrière les autres. On distingue les moteurs en ligne normaux, pour lesquels l'ensemble cylindre-piston est au-dessus de l'arbre moteur, et les moteurs en ligne inversés, pour lesquels l'ensemble cylindre-piston est au-dessous de l'arbre moteur, C'est l'architecture de moteur automobile la plus utilisée actuellement [3].



Figure I.2 : Moteur type en ligne [4].

### I.2.2.2. Moteur avec cylindres en V

Un moteur avec cylindres en V est un moteur à pistons où les cylindres sont placés les uns à côté des autres longitudinalement mais décalé d'un certain angle (15 à 135°) latéralement par paire, ce qui permet de les placer plus près les uns des autres, les têtes de cylindre s'intercalant les unes avec les autres. Les bielles d'une paire de cylindres sont généralement placées sur le même maneton du vilebrequin, rarement sur deux manetons décalés. Lorsqu'elles partagent le même maneton, elles peuvent être placées côte à côte ou entrecroisées [3].



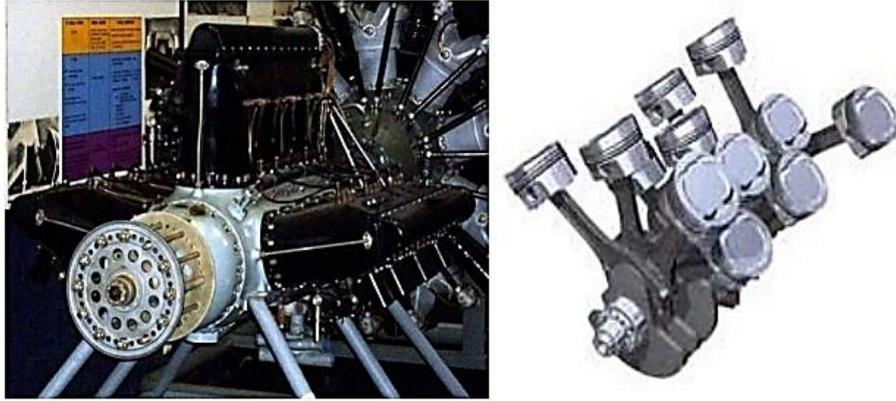
Figure I.3 : Moteur classique à combustion en V [4]

### I.2.2.3. Moteur avec cylindres en W

L'expression cylindres en W peut se comprendre de deux façons :

- Disposition en double V accolé, ce qui donne trois rangées de cylindres.
- Disposition en double V séparé, ce qui donne quatre rangées de cylindres (pouvant regroupées deux par deux).

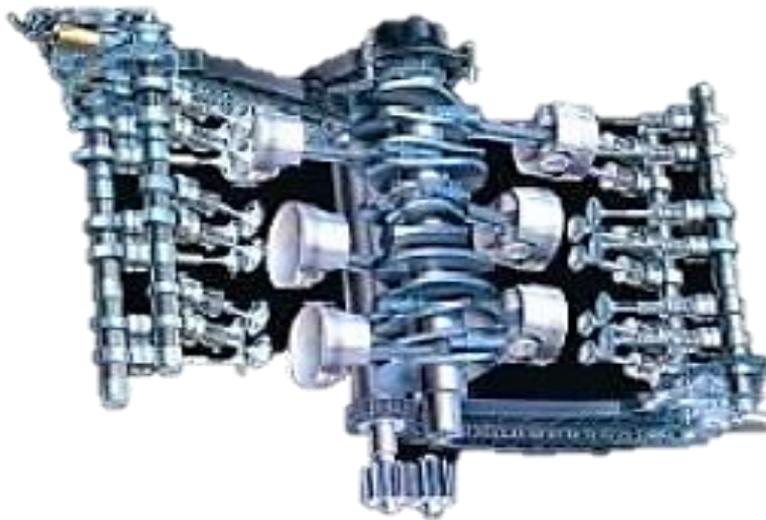
Le moteur à cylindres en W est à l'origine, une variante du moteur avec cylindres en V qui comporte trois bancs de cylindres. Ce type de moteur a principalement été utilisé dans le domaine de l'aviation. Le Napier Lion, utilisé sur les Super marine de la Coupe Schneider et sur différentes voitures de record, est le moteur en W le plus connu. On appelle actuellement moteur à cylindres en W, un assemblage en V de deux blocs moteurs en V fermé. Chaque bloc en V présente un bloc et une culasse unique, comme celle d'un moteur en ligne, les cylindres étant disposés en quinconce [3].



**Figure I.4** : Moteur avec emplacement des cylindres en W [4].

#### **I.2.2.4. Moteurs à cylindres opposées**

Un moteur avec cylindres en H est une architecture de moteur à combustion interne qui se présente comme deux moteurs à cylindres opposés à plat, enfermés l'un au-dessus de l'autre dans un seul carter. Les deux vilebrequins sont calés angulairement, pour une régularité de fonctionnement optimum, et accouplés par un ou plusieurs engrenages. L'axe final est relié à la transmission finale du véhicule à entraîner, ou reçoit une hélice, dans le cas de montage sur un avion [3].



**Figure I.5** : Moteur a cylindres opposées(en H) [4]

#### **I.2.3. Les principaux composants d'un moteur à essence et leurs rôles**

Un moteur à essence se compose mécaniquement en deux parties essentielles, une partie qui contient les organes fixes et l'autre se compose des organes mobiles. Commençant par les organes fixes qui sont :

### I.2.3.1. Culasse

La culasse est une pièce fixe, assemblée sur le bloc-cylindres rigidement pour qu'elle résiste à la fois aux chocs des explosions et à la dilatation des pièces, étanches pour éviter toutes fuites des gaz vers l'extérieur et la rentrée d'eau dans les cylindres [2].



Figure I.6 : Culasse

### I.2.3.2. Bloc-moteur

Il supporte directement ou non, les parois latérales des cylindres. Le bloc-cylindres formé d'une seule pièce est plus résistant aux efforts produits. Les matériaux de sa construction, soit les fontes spéciales soit les alliages légers à base de magnésium d'obtention [2].

Il est soumis à des efforts complexes, l'assemblage au châssis n'est jamais rigide, on interpose des blocs antivibratoires qui ont la propriété de se déformer.

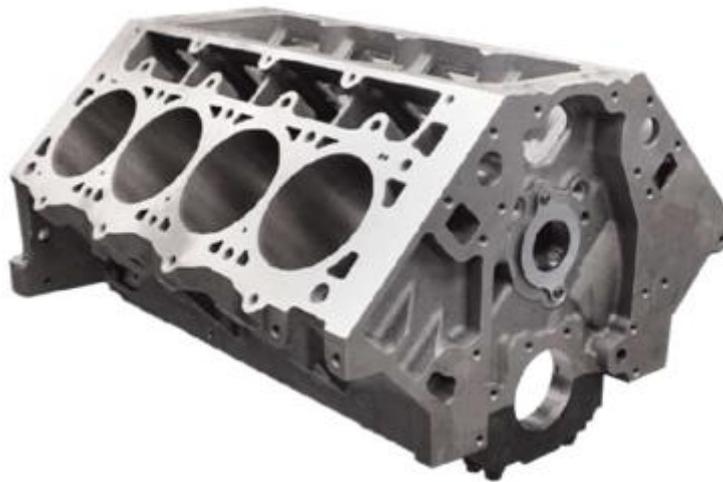
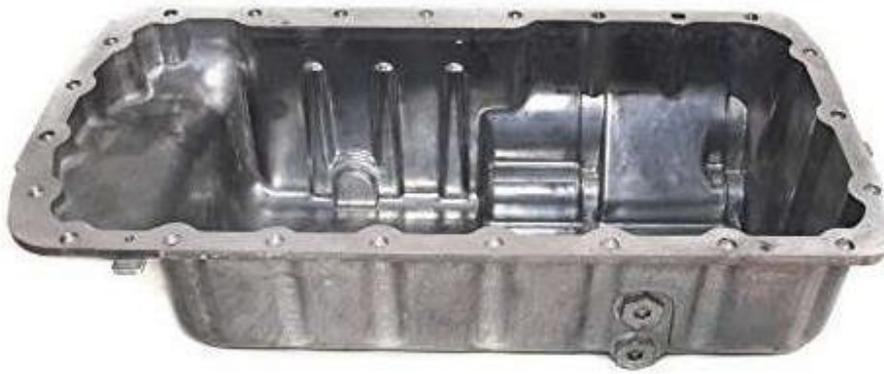


Figure I.7 : Bloc-moteur

### I.2.3.3. Carter

En mécanique un carter est une enveloppe protégeant les organes mécaniques, souvent fermée de façon étanche et contenant le lubrifiant nécessaire à son fonctionnement.[5]



**Figure I.8 :** Carter

#### **I.2.3.4. Collecteurs d'échappement et le distributeur**

Le distributeur est un élément de la ligne d'air d'un moteur à explosion multicylindre, appelé aussi répartiteur, il a pour fonction de fournir à chaque cylindre, la quantité d'air nécessaire à une combustion complète du carburant [2].

Le rôle distributeur est de répartir l'air admis dans le moteur sur la totalité des cylindres pour réaliser une combustion totale du carburant dans chacun d'eux.

Le rôle du collecteur d'échappement est la sortie des gaz brulis à l'extérieur de chambre de combustion [5].



**Figure I.9 :** Collecteur d'échappement

#### **I.2.4. Organes mobiles**

Passant maintenant aux organes mobiles qui sont :

##### **I.2.4.1 Piston**

Le piston est une pièce rigide, de forme généralement circulaire, couissant dans un cylindre de forme complémentaire. Les pistons sont généralement moulés dans un alliage

d'aluminium afin d'être légers et de pouvoir agir en tant que conducteur thermique pendant les séquences de fonctionnement du moteur. En effet, il permet de comprimer le mélange de carburant et de gaz extérieur en vue d'une explosion, puis il transforme le tout en énergie thermique, et ensuite en énergie mécanique [6]

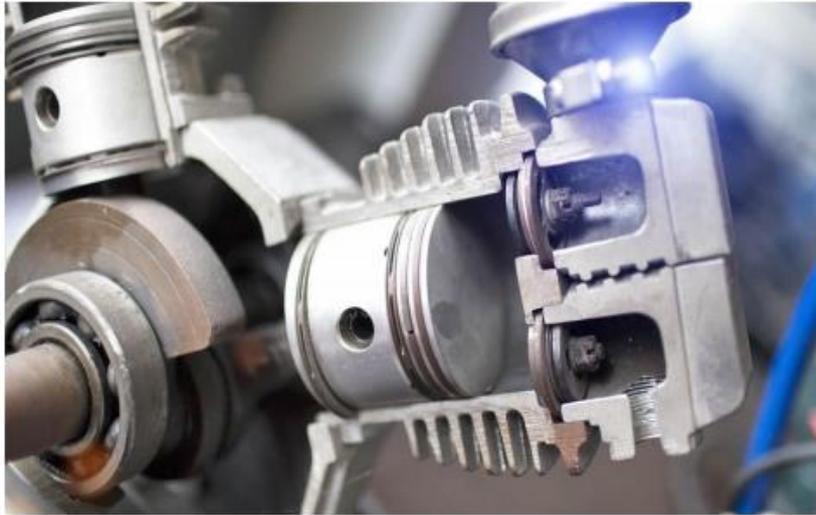


Figure I.10 : Piston [6]

#### I.2.4.2. Bielle

La bielle est l'organe de liaison entre le piston et le vilebrequin. Il s'agit d'une tige forgée qui doit être aussi légère mais en même temps aussi solide que possible [2]. La bielle comporte trois parties :



Figure I.11 : Bielle

#### A/ Le pied

- C'est la liaison entre la bielle et le piston.
- Il est percé alésé en cas d'axe serré dans la bielle.
- Il est percé et alésé avec un bague en bronze en cas d'axe libre dans la bielle ; la bague

est alors peré pour assurer la lubrification de l'axe [2].

### B/ La tête

- C'est la liaison avec le vilebrequin (manetons). Elle comporte 2 parties :
- l'une solidaire du cor "la tête".
- l'autre rapportée : "le chapeau" ce dernier est fixé par des boulons à écrous auto serrures [2].

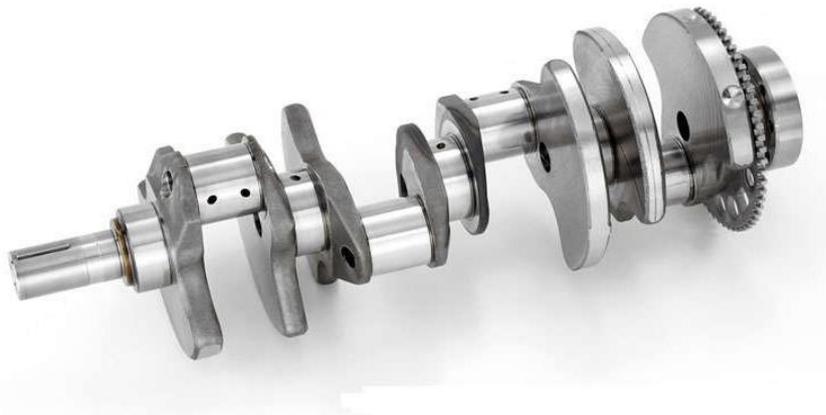
### C/ Le corps

- Il assure la rigidité de la pièce.
- Il est généralement de section en forme de I, croissant du pied vers la tête [2].

#### I.2.4.3. Vilebrequin

Un vilebrequin est un axe excentrique qui convertit un mouvement rectiligne en un mouvement rotatif. Il constitue un élément essentiel des moteurs à essence, moteurs Diesel et autres moteurs à combustion. Il en existe de nombreuses formes et tailles selon le constructeur et le nombre de cylindres [2]. Son rôle est :

- Reçoit l'effort transmis par les pistons et les bielles et fournit un mouvement circulaire en sortie du moteur.
- Entraîne en rotation certains accessoires (ex : pompe à huile, distributeur d'allumage, etc...).



**Figure I.12 :** Vilebrequin

#### I.2.4.4. Volant moteur

Le volant moteur est une masse d'inertie servant à régulariser la rotation du vilebrequin. Le volant a également d'autres fonctions secondaires :

- Il porte la couronne de lancement du démarreur.
- Il porte le système d'embrayage et possède une surface d'appui pour le disque.

- Il porte parfois le repère de calage d'allumage ou le déclenchement du repère P.M.H [2].



Figure I.13 : Volant moteur

#### I.2.4.5. Soupapes et l'arbre à cames

Une soupape est un organe mécanique de la distribution des moteurs thermiques à quatre temps permettant l'admission des gaz frais et l'évacuation des gaz brûlés. De manière générale, une soupape d'admission sépare le conduit d'admission de la chambre de combustion, et une soupape d'échappement sépare celle-ci du conduit d'échappement [5]. Un arbre à cames est un système mécanique servant à transformer un mouvement rotatif en mouvement de translation alternatif.

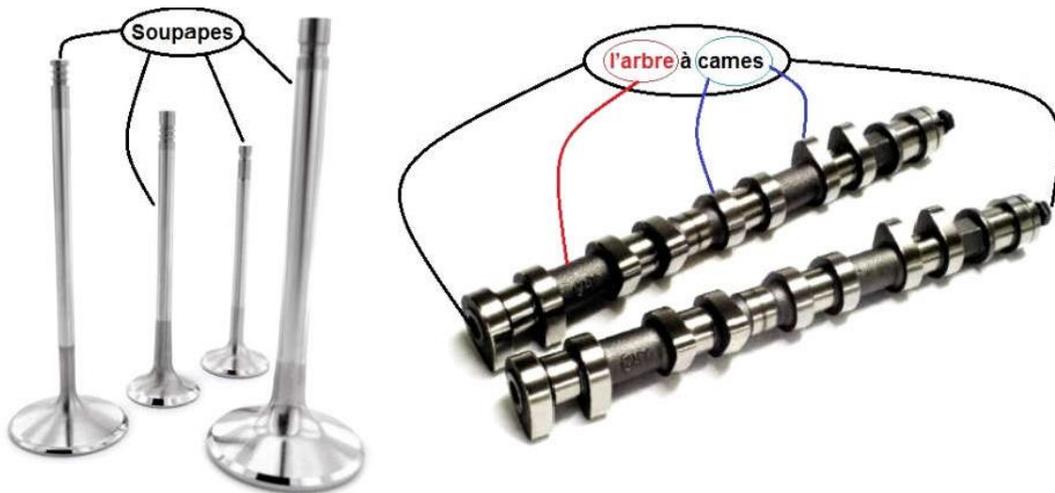


Figure I.14 : Soupapes et l'arbre à came

### I.3. Évolution des moteurs à essence

#### I.3.1 Historique de l'évolution des moteurs à essence

Le tableau I.1 montre l'évolution technologique des moteurs automobiles de quelques marques connus sur le marché

**Tableau I.1** : Exemple de technologie des moteur essence

Marque	Type de moteur	Année de lancement	de	Caractéristiques technologie
<b>Renault [7]</b>	1.2 E-TECH / 1.6 E-TECH	2022/ 2020		Hybrides 3 cylindres
	H5Dt(Tce 100)	2018/2019		3cylindres
<b>Peugeot[7]</b>	1.2 puretech 110(EB2DT)	2014		3 cylindres
	1.2 puretech 110(EB2DTS)	2014		3cylindres
<b>Peugeot Citroën[8]</b>	– 1.2 PureTech 82 (EB2)	2012		3 cylindres
	1.0 PureTech 68 (EB0)	2012		3 cylindres
	1.6 VTi 115 (EC5)	2010		3 cylindres
<b>Volkswagen [8]</b>	TFSI(1.4 /1.5)	2000		3 cylindres

#### I.3.2 Les avancées technologiques et les innovations dans les moteurs à essence

Le rendement des moteurs à essence actuels varie entre 37 et 41%. Comme exemple, le projet européen EAGLE visait à développer un moteur à essence très efficace, avec un rendement pouvant atteindre jusqu'à 50%. Bien que le rendement espéré n'ait pas été atteint, les résultats ont dépassé 45%, ce qui laisse entrevoir une nouvelle génération de moteurs vers la fin de la décennie.

Ce dernier a introduit un mélange pauvre dans la chambre de combustion, avec deux fois plus d'air que dans les moteurs traditionnels. Pour résoudre les problèmes d'allumage, une préchambre active inspirée des moteurs de F1 a été utilisée, avec un système d'allumage différencié. De nouveaux revêtements ont été développés pour réduire les pertes de chaleur, et la technologie du cycle de Miller ou Atkinson a été adaptée pour augmenter le rendement. Concernant les émissions de polluants, des catalyseurs de stockage ont été employés pour réduire les oxydes d'azote, avec des résultats conformes aux normes Euro 6d-TEMP. Bien que ces moteurs soient plus complexes, ils pourraient arriver sur le marché vers 2028-2030, offrant ainsi des gains de rendement significatifs [9].

### **I.3.3 Les enjeux environnementaux et les moteurs à essence plus écologiques**

Le moteur à combustion interne constitue l'épine dorsale de la production d'énergie et du transport depuis l'ère industrielle, mais sa domination est remise en question face aux préoccupations environnementales croissantes, notamment la pollution locale et le changement climatique. Cette évolution a propulsé les énergies renouvelables au premier plan, reléguant le moteur à combustion interne au rang d'une technologie obsolète. Dans ce contexte, il est crucial d'analyser leur fonctionnalité et leur potentiel, les préoccupations environnementales étant au premier plan. Malgré leurs avantages en termes d'économie, de fiabilité et de faibles besoins en ressources, les moteurs thermiques sont inefficaces sur le plan énergétique, entraînant pollution et dommages climatiques, contrairement aux alternatives considérées comme plus vertes telles que l'énergie éolienne, solaire, nucléaire et l'électricité directe. Leur capacité à répondre aux demandes croissantes d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de carbone doit être évaluée, en mettant en avant leurs forces et leurs faiblesses tout en les différenciant des choix de conception hérités du passé. L'efficacité énergétique des moteurs à combustion interne est intrinsèquement liée aux émissions de gaz, tant gaz à effet de serre que gaz polluants. Par conséquent, d'un point de vue écologique, le meilleur moteur est celui qui émet le moins de gaz à puissance donnée, optimisant ainsi l'utilisation du carburant pour convertir l'énergie chimique en mouvement. Cette évaluation doit être globale, prenant en compte la production et l'utilisation de toutes les ressources nécessaires au fonctionnement du moteur. En fonction des priorités environnementales spécifiques, différentes solutions pourraient être envisagées, telles que des moteurs à faibles émissions pour un usage urbain et des moteurs à faibles émissions de gaz à effet de serre pour le transport longue distance. Il est donc crucial de repenser les compromis actuels et d'explorer de nouvelles priorités en matière de protection de l'environnement, en tenant compte des raisons historiques qui ont façonné les moteurs thermiques et leur fonctionnement [10].

## **I.4 Performances des moteurs à essence**

### **I.4.1 Puissance nominale et couple moteur**

Aux fins de la fiscalité, le trésor utilise une formule pour classer les moteurs à essence en fonction de leur puissance probable. Cette formule est basée sur une certaine vitesse du piston qui 101 était considérée il y a quelques années (lorsque la formule a été proposée pour la première fois) comme une valeur limite et pour l'atteinte d'une certaine pression effective dans le cylindre. Puissance en chevaux de la formule du Trésor =  $0,4 d^2 n$ . Où  $d$ =diamètre du cylindre en pouces,  $n$  = nombre de cylindres.

Avec les moteurs modernes, on obtient une puissance bien plus grande, et une approximation proche de la puissance réelle est obtenue en utilisant ce qui est maintenant connu sous le nom de formule du Comité mixte. Puissance au frein =  $0,46 n (d + s) (d - 1,18)$  Où : d=diamètre du cylindre en pouces. s = longueur de course du piston en pouces.

Cette formule ne doit être utilisée que pour tenter de prédire la puissance maximale *probable* que fournira un moteur. Il ne faut pas la confondre avec la formule ordinaire de puissance au frein [11].

#### I.4.2. Consommation de carburant et efficacité énergétique

Un carburateur est un dispositif permettant de fournir un mélange explosif d'air et de vapeur d'essence à un moteur à essence. L'essence, bien qu'il s'agisse d'un carburant liquide, est une combinaison de carbone et d'hydrogène qui, lorsqu'elle est alimentée en air nécessaire, peut être brûlée et ainsi dégager de la chaleur, laquelle chaleur est transformée en travail à l'intérieur du cylindre du moteur. Ce que nous devons fournir au moteur est en réalité un mélange d'*air et de vapeur d'essence* dans certaines proportions, un tel mélange étant souvent appelé *air carburé* en raison du carbone qu'il contient. Environ deux parties de vapeur d'essence (en volume) sont nécessaires pour cent parties de mélange, ou quinze *livres* d'air pour chaque livre de vapeur d'essence (en poids). Cet air carburé doit avoir la force requise et former un mélange homogène sous forme de vapeur. Le problème de *la carburation* consiste à former un mélange ayant la bonne force et le bon caractère. L'air peut être carburé en le faisant passer sur la surface de l'essence liquide dans un *carburateur à surface*, ou en l'aspirant sur ou entre des mèches saturées d'essence liquide comme dans le *carburateur à mèche*, mais ces deux méthodes ont été largement remplacées par l'utilisation de ce que l'on appelle maintenant un carburateur de type *jet* ou *spray*, dans lequel l'essence est pulvérisée à partir d'un jet fin et se mélange à l'air qui passe rapidement autour de l'extérieur du jet. Dans tous les cas, cependant, l'essence liquide doit être *vaporisée* avant d'entrer dans le moteur, et pour ce faire, il faut apporter *de la chaleur* au mélange, tout comme l'eau doit être chauffée avant de pouvoir être vaporisée et transformée en vapeur. Dans des circonstances normales, une chaleur suffisante <sup>43</sup> peut être obtenue à partir de l'air entrant pour effectuer la vaporisation de l'essence liquide s'il sort sous la forme d'un spray très finement divisé, mais lorsque la demande de mélange, du moteur, est grande, l'air ne peut pas fournir la chaleur requise sans sa température. Tomber en dessous du point de vaporisation ; c'est pourquoi la plupart des carburateurs modernes sont équipés d'une *chambre de mélange* entourée d'une chemise d'eau chaude. Les caractéristiques essentielles de l'installation de carburation sont représentées schématiquement sur la figure I.15, dans laquelle A est le *réservoir*

d'essence équipé du robinet d'essence G, auquel est raccordé le tuyau d'essence F. Une forme de filtre à essence comme indiqué en B doit être placée. Entre le réservoir et le carburateur C. Le papillon du carburateur est représenté en H, la vanne d'appoint d'air en E et le tuyau d'admission du moteur en D [11].

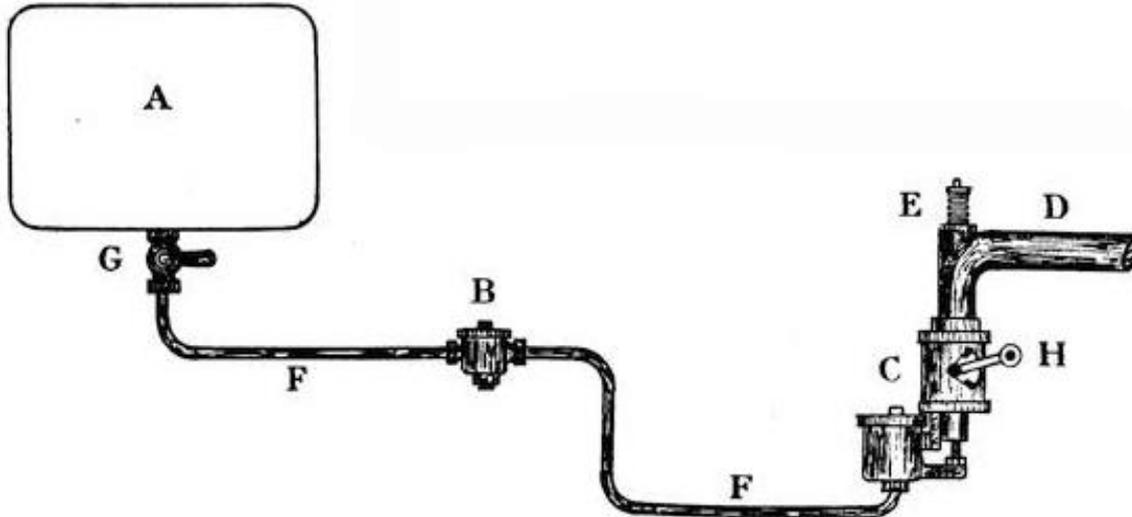


Figure I.15 Disposition générale de l'usine de carburation [11].

Le carburateur proprement dit peut être construit sous diverses formes, mais les éléments qui le composent sont : (1) la chambre à flotteur A, (2) le réservoir d'essence, (3) le tube starter C, (4) la chambre de mélange D et (5) le papillon des gaz E [11] comme indiqué sur la Figure I.16

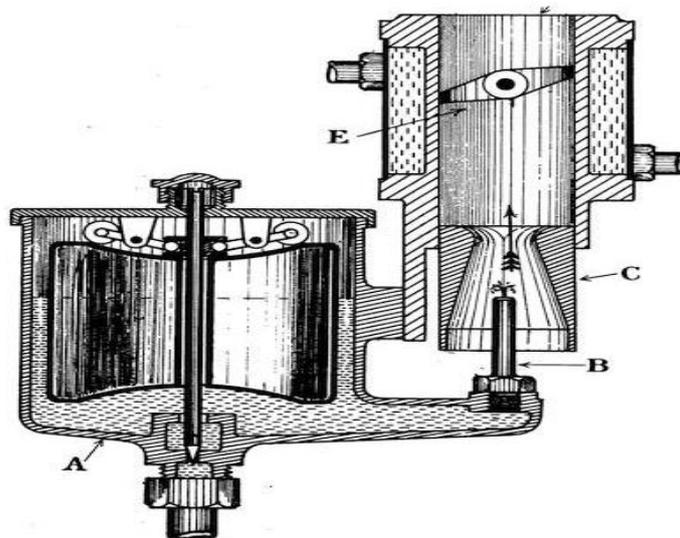


Figure I.16 Dessin en coupe d'un carburateur de type Jet

**I.5. Fiabilité et durabilité des moteurs à essence****I.5.1. Facteurs influençant la fiabilité des moteurs à essence**

La consommation de carburant des moteurs à essence et diesel est affectée par de nombreux facteurs, notamment :

- 1) Poids total du véhicule et son chargement.
- 2) Le type de carburant utilisé (essence ou diesel).
- 3) Qualité du carburant utilisé.
- 4) État du moteur et niveau d'entretien.
- 5) Température de l'air ambiant.
- 6) La vitesse à laquelle le véhicule roule.
- 7) Le terrain et les routes sur lesquelles le véhicule circule, comme l'altitude, les pentes abruptes ou les routes accidentées.
- 8) Le comportement du conducteur du véhicule, comme conduire vite, accélérer et freiner brusquement.
- 9) Utilisez le climatiseur et d'autres fournitures dans le véhicule.
- 10) Autres facteurs tels que le trafic et les vents contraires

**I.5.2. Les principales défaillances et problèmes rencontrés dans les moteurs à essence**

Traditionnellement, les conducteurs considéraient les moteurs à essence comme plus simple et moins coûteux à entretenir que les moteurs diesel, une perception valide il y a une décennie lorsque ces moteurs étaient relativement simples. Cependant, cette perception a radicalement évolué, car de nombreux moteurs à essence sont désormais plus complexes et sensibles pour répondre aux normes environnementales et de durabilité croissantes. Les moteurs à essence, autrefois principalement atmosphériques et équipés d'une injection indirecte de carburant, étaient moins sensibles à la qualité du carburant, mais rencontraient tout de même des problèmes tels que des fuites d'huile et des composants dégradés. Les moteurs modernes à essence, avec leur injection directe, turbocompresseurs et nombreux systèmes électroniques et mécaniques, sont plus sujets à des problèmes de fiabilité. Par exemple, la chaîne de distribution, conçue pour être sans entretien, a posé des problèmes dans certains moteurs, entraînant des dysfonctionnements graves. De plus, l'accumulation de dépôts de carbone dans les moteurs à injection directe est favorisée par une conduite à bas régime ou sur de courtes distances, aggravée par des intervalles de vidange d'huile trop longs. [12].

**I.6. Maintenance des moteurs essences****I.6.1. Maintenance préventive**

La maintenance préventive systématique ou conditionnelle n'est pas utilisée pendant l'exploitation du moteur, cependant périodiquement on assure les inspections suivantes :

- Contrôle de la qualité et le niveau d'huile dans le carter et le changement lorsqu'il est nécessaire. - Contrôle du niveau de liquide du refroidissement [13].
- Nettoyage du moteur. (Filtre à air, filtre à huile ...).
- Vérifier le délai de fonctionnement du la chaine ou la courroie.

**I.6.2. Maintenance corrective**

Elle consiste en un dépannage qui est une remise en état de fonctionnement effectuée sur site, le dépannage se fait après panne. Le dépannage du moteur consiste au changement des pièces d'usure (pistons, bielle, chemises, joint du culasse, pompe a eau, segment, soupape,...ex) [13].

**I.7. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons brièvement présenté en générale le moteur à essence. Cette dernière, nous aide à s'initier pour l'étude de notre moteur objectif qu'est le 1.2 PureTech qui sera entamer dans le chapitre suivant.

***Chapitre II :***  
***Fonctionnement du***  
***moteur 1.2 essence***  
***PureTech***

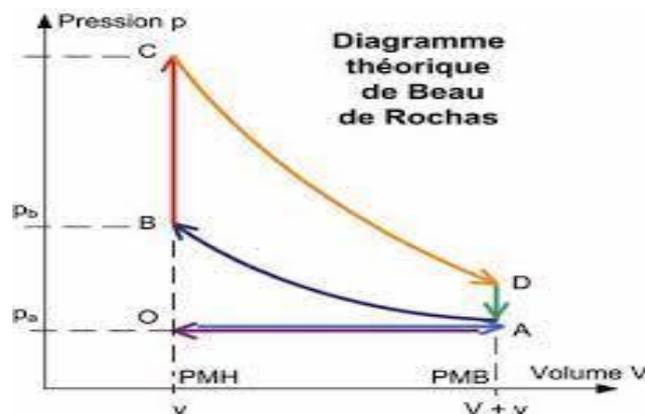
## II.1 Introduction

Le moteur 1.2 PureTech incarne un sommet d'innovation et d'ingénierie dans le secteur automobile. Développé par le constructeur renommé Peugeot, ce moteur représente un[1] fusion impressionnante entre performances optimales et efficacité énergétique. Grâce à une conception minutieuse et à l'intégration de technologies de pointe, le PureTech 1.2 repousse les limites en matière de puissance, de réduction des émissions et d'économie de carburant. Dans un paysage automobile en perpétuelle évolution, ce moteur se distingue comme une référence incontournable en termes de performance responsable et de plaisir de conduite.

Ce chapitre se concentre sur la présentation du moteur objectif de notre projet qu'est le moteur essence 1.2 PureTech. Après avoir introduit ce moteur, nous allons examiner en détail ses différents composants, sa structure, son type, son cycle, etc. Nous explorerons ensuite son fonctionnement de manière approfondie, suivi d'une analyse fonctionnelle approfondie pour en comprendre tous les aspects.

## II.2 Principe de fonctionnement du moteur 1.2 essence PureTech

Le cycle de **Beau de Rochas** décrit les étapes idéales de fonctionnement d'un moteur à quatre temps, où chaque temps représente une phase distincte du cycle de moteur. L'évolution des pressions dans la chambre de combustion en fonction du volume du cycle « **Beau de Rochas** » est représenté dans un diagramme (P, V) [14].



**Figure II.1** Cycle de Beau de Rochas

**0→A** : Aspiration du gaz à la pression atmosphérique dans le cylindre le long de la droite isobare ( $P_0 = P_1 = P_a$ ).

**A→B** : Compression adiabatique A-B jusqu'au volume minimale  $V_1$ , La pression est  $P_1$  la compression est supposé adiabatique car le transfert thermique lors cette transformation est lente par rapport à la durée de l'évolution.

**B→C** : Combustion instantanée du gaz à volume constant le long de la droite isochore B-C avec une forte élévation de température à  $T_2$  et la pression à  $P_2$ .

**C→D** : Détente du gaz chaud le long de l'adiabatique 3-4 que ramène le volume à  $V_2$ , mais à une pression  $P_3$  supérieur à celle de l'atmosphère.

**D→A→0** : Échappement des gaz brûlés en décrivant l'isobare D-A-0. Retour au point de départ 0.

Le cycle de Beau de Rochas a été conçu pour un moteur tel que l'entrée et la sortie du gaz se fait par des orifices à soupape placés à l'extrémité fermée d'un cylindre dont l'autre extrémité est constituée par la tête de piston [14].

### II.3 Présentation des composants du moteur 1.2 essence PureTech

Il dispose d'une culasse en aluminium à 12 soupapes, avec des arbres à cames en tête entraînés par une courroie de distribution humide, ainsi qu'un vilebrequin à 4 paliers. En 2023, le moteur est mis à jour et, sous la nouvelle désignation 1.2 PureTech EB Gen 3, il est équipé d'une distribution à chaîne.

#### II.3.1 Les principaux composants fixes

##### II.3.1.1 Culasse

Elle est fabriquée en fonte et présente une cylindrée arrondie de 50 cm<sup>3</sup>. Il s'agit d'un moteur 4 temps (4T) avec un alésage de cylindre de 39 mm. Le système de refroidissement est à air, et le moteur pèse 1,8 kg. [10].



**Figure II.2** Culasse d'un moteur essence 1.2 PurTech

##### II.3.1.2 Joints de culasse

Généralement le joint de culasse est constitué de deux feuilles de cuivre ou réduit quelque fois à sa plus simple expression : une simple feuille de cuivre, le joint de culasse assure l'étanchéité entre la culasse et le bloc-cylindres [15].

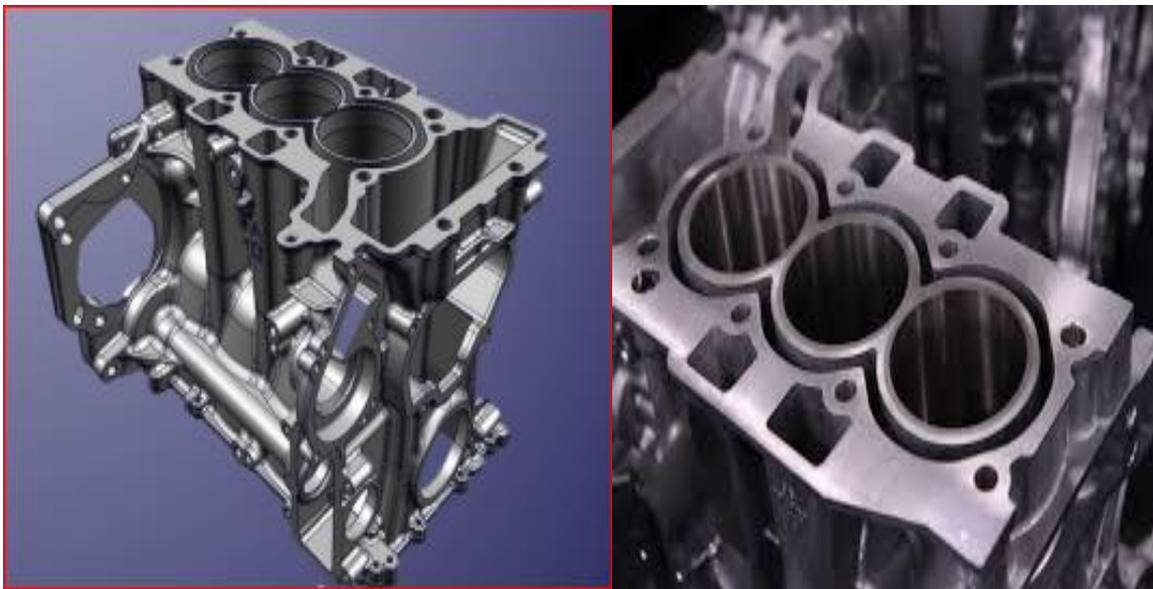


**Figure II.3** Joint de culasse

### II.3.1.3 Bloc moteur

Ce bloc à trois cylindres a été conçu par les ingénieurs du constructeur français Peugeot pour à terme remplacer les moteurs diesel. Ils devaient être peu gourmands en carburant et surtout doté d'une fiabilité à toute épreuve.

**Matière :** Du fait de sa forme complexe le bloc-moteur est une pièce coulée généralement réalisée en fonte mais parfois aussi en aluminium. Le bloc comporte nombreuses cavités intérieures permettant le passage du liquide de refroidissement, les pistons sont montés directement sur les blocs-moteur en fonte. Sur les blocs-moteur en aluminium [14].



**Figure II.4** Bloc-moteur

### II.3.1.4 Carter

Le carter d'huile, destiné aux véhicules dotés des moteurs 1.2 PureTech, est positionné en partie inférieure. Il est fabriqué en tôle d'acier et possède une surface enduite de poudre [15].



**Figure II.5** Carter

### II.3.1.5 Cache culbuteur

Aussi appelé couvre-culasse, le cache culbuteur est une pièce importante au bon fonctionnement de votre moteur. Il recouvre le haut du moteur et protège la distribution. Il assure aussi l'étanchéité de culasse.



**Figure II.6** Cache culbuteur

### II.3.1.6. Collecteur

Le collecteur d'admission regroupe les conduits qui amènent les gaz frais aux soupapes d'admission et le collecteur d'échappement contient ceux qui emmènent les gaz brûlés depuis les soupapes d'échappement. Ce sont des pièces moulées, en alliage léger pour l'admission et en fonte pour l'échappement [16].



Figure II.7 Collecteur d'admission



Figure II.8 Collecteur d'échappement

## II.3.2. Les principaux composants mobiles

### II.3.2.1 Culbuteur

Aussi appelé basculeur, les culbuteurs transmettent le mouvement des cames aux soupapes par l'intermédiaire des tiges culbuteur. L'extrémité en contact avec la tige de culbuteur est munie d'un système vis écrou permettant le réglage du jeu au culbuteur [15].



Figure II.9 Culbuteur

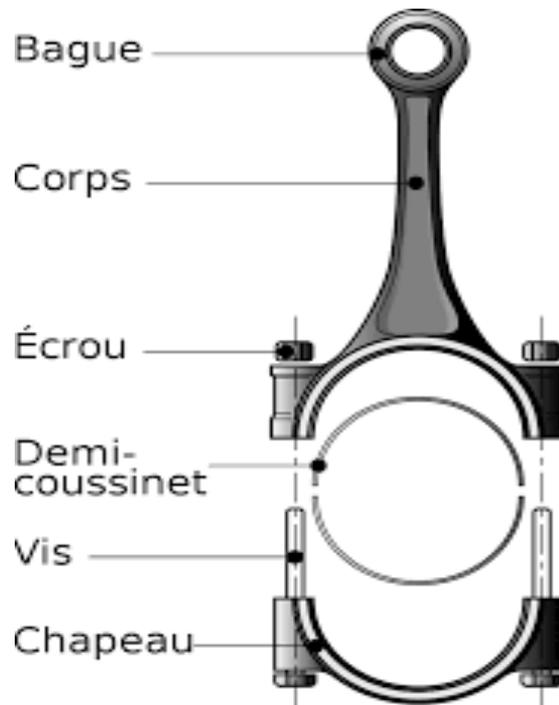
### II.3.2.2. Piston

La caractéristique d'un piston 1.2 PureTech est tel que : Alésage de cylindre [mm] 75.5 mm. Hauteur d'axe [mm] 28.4 mm. Boulon-Ø [mm] 19.5 mm. Longueur de boulon [mm] 45.0 mm [14].

**Figure II.10** Piston

### II.3.2.3 Bielle

La bielle est une pièce mécanique dont une extrémité est liée au piston par l'axe de piston et l'autre extrémité au maneton de vilebrequin. Elle permet la transformation du mouvement rectiligne alternatif du piston en mouvement circulaire continu du vilebrequin [16].

**Figure II.11** Bielle

### II.3.2.4. Vilebrequin

Le vilebrequin est un composant essentiel du moteur 1.2 ess PureTech. Il est désigné sous le nom de CRS et présente un désaxage de l'axe vilebrequin de 7,5mm. Pour assurer son bon fonctionnement, il est nécessaire de serrer la vis de la poulie du vilebrequin à 30 Nm. De plus, le serrage de la vis du pignon de vilebrequin se fait en deux étapes : tout d'abord, à 50 Nm, puis en effectuant un angle de rotation de 180°[16].



Figure II.12 Vilebrequin

### II.3.2.5 Arbre d'équilibrage

L'Arbre d'équilibrage entraîné par le vilebrequin via une paire de roues dentées. Il tourne à la même vitesse de vilebrequin mais dans le sens inverse [19].



Figure II.13 Arbre d'équilibrage

### II.3.2.6. Volant moteur

Le volant moteur du moteur 1.2 ess PureTech présente les caractéristiques suivantes. Il a un diamètre de 235 mm et un poids de 12,64 kg. Le couple de serrage recommandé est de 20 Nm. Il est conçu pour être utilisé avec des moteurs équipés d'une volante biomasse. Le volant moteur a 6 trous de fixation et une profondeur de 54 mm [15].



Figure II.14 Volant moteur

### II.3.2.7 Arbre à came

L'arbre à came est une pièce principale du moteur automobile. L'arbre à came, nommé aussi « arbre de distribution », commande l'ouverture des soupapes en transformant le mouvement rotatif issu du moteur en mouvement longitudinale actionnant les soupapes. C'est un arbre, une pièce métallique longiligne, entraîné par une rue dentée [15].



Figure II.15 Arber à cames

### II.3.2.8 Déphaseur d'arbre à cames

Les déphaseurs d'arbre à cames sont commandés par la pression de l'huile moteur. Les électrovannes de commande des déphaseurs d'arbres à cames distribuent l'huile moteur sous pression dans les 4 chambres "P" ou les 4 chambre "Q". La différence de pression d'huile entre les chambres "P" et "Q" décale l'arbre à came. Le déphasage de l'arbre à came d'admission permet de faire varier la quantité d'air admis dans les cylindre sans utiliser le boîtier papillon motorisé [20].

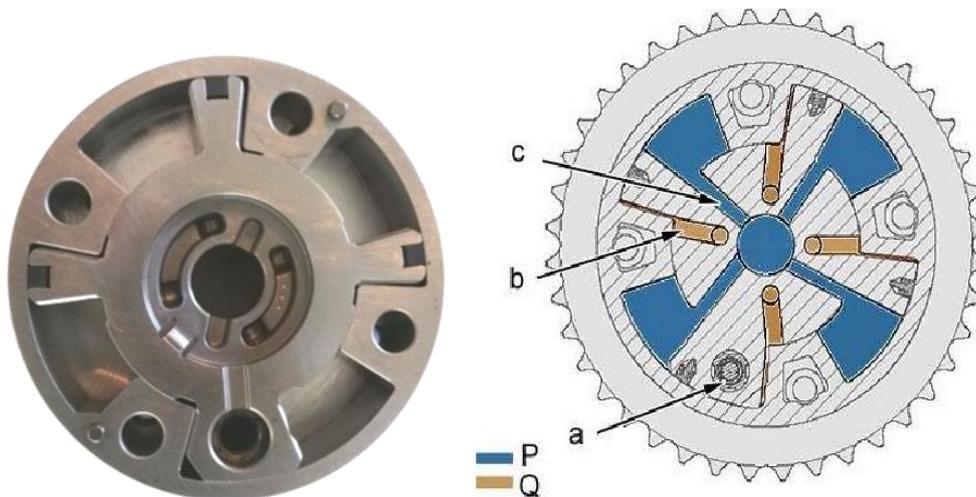


Figure II.16 Déphaseur

"P" Chambre du déphaseur d'arbre à came.

"Q" Chambre du déphaseur d'arbre à came.

"a" pion de verrouillage du déphaseur d'arbre à came (moteur non tournant).

"b" Canal d'alimentation de retour des chambres ("Q").

"c" Canal d'alimentation de retour des chambres ("P").

➤ **Fonction des déphaseurs d'arbres à cames [18] :**

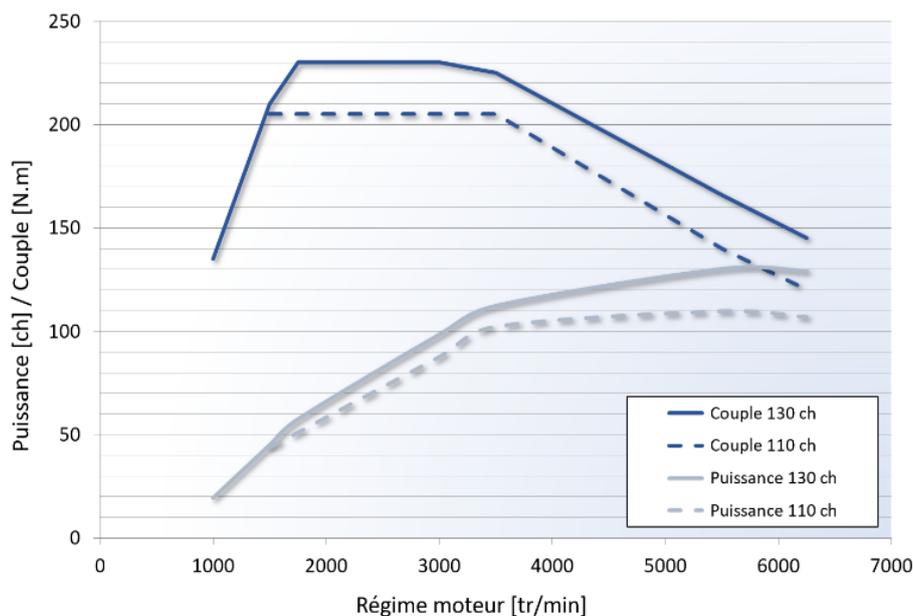
• Déphaseurs les arbres à cames par rapport à leur entraînement dans certain phase de fonctionnement moteur (décalage de l'arbre à came d'admission de  $\pm 70^\circ$  vilebrequin, décalage de l'arbre à came d'échappement de  $\pm 50^\circ$  vilebrequin).

- Adapter le remplissage en aire à la charge du moteur.
- Faciliter le balayage de la chambre de combustion.
- Améliorer le rendement moteur en charge partielle.
- Réduit les émissions polluantes.
- Améliorer les performances du moteur (particulièrement le couple moteur à bas régime).

#### II.4 Caractéristiques techniques et performances du moteur

Le moteur 1.2l PureTech 110 (nom de code EB2 DT) délivre une puissance 110 chevaux au régime de 5.500 tr/min et un couple de 205 N.m disponible dès 1.500tr/min et jusqu'à 3.000 tr/min.

Le moteur 1.2l PureTech 130 (nom de code EBDTS) propose une puissance de 130 chevaux au régime de 5.500 tr/min et un couple de 230 N.m de 1.750 tr/min à 3.000 tr/min.



**Figure II.17** Performance du moteur 1.2 PureTech

Le tableau II.1 présente les caractéristiques techniques des deux gammes de moteur

**Tableau II.1.** Caractéristique techniques

	<b>EB2DT</b>	<b>EB2DTS</b>
Cylindres (cm <sup>3</sup> )	1199	1199
Puissance (kW)	81 (110 ch)	96 (130 ch)
Couple (N.m)	205	230
Injection	Directe	Directe
Déphaseur arbre à came	Admission / Echappement	Admission / Echappement
Arbre d'équilibrage	Avec	Avec
Distribution	Courroie	Courroie
Nombre de soupape	12	12
Volant moteur	Double masse	Double masse
Emission	Euro 6	Euro 6

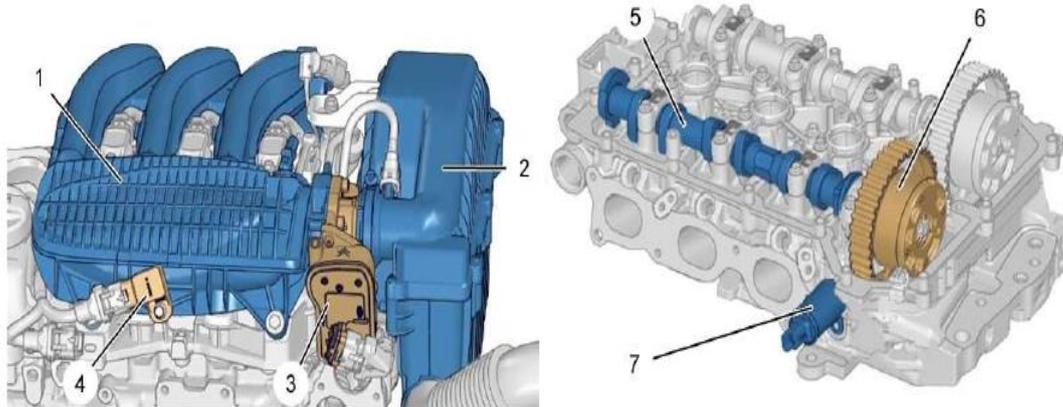
## II.5. Analyse des fonctions principales du moteur 1.2 essence PureTech

### II.5.1 Fonction d'admission d'air et de mélange carburant-air

Le calculateur contrôle moteur adapte la masse d'air admis par le moteur aux besoins liés aux différentes phases de vie. Le couple moteur demandé tient compte de correction diverses (couple absorbé par l'alternateur, couple absorbé par le compresseur de réfrigération, ...). Pour adapté la masse d'air admis par le moteur, le calculateur contrôle moteur agit sur les éléments suivant :

- Commande du boîtier papillon motorisé (suivant le demande de conducteur).
- Électrovanne de déphasage d'arbre à came d'admission pour faire varier la masse d'air du mélange air-essence dans certain phase de fonctionnement.
- Electrovanne de déphasage d'arbre à came d'échappement pour faire varier la masse du mélange air-essence dans certain phase de fonctionnement.

Le capteur de pression et de température d'air admission mesure la pression et la température de l'air admis en sortie du boîtier papillon motorisé et transmet l'information au calculateur contrôle moteur [20].



**Figure II.18 : Admission**

- 1- Répartiteur d'admission d'air, 2- Boîtier filtre à air, 3- Boîtier papillon motorisé, 4- Capteur de pression et de température du répartiteur d'admission d'air, 5- Arbre à came admission, 6- Déphaseur d'arbre à came d'admission, 7- Electrovanne de commande de déphasage d' (aac).

### II.5.1.1 Boîtier papillon motorisé

Rôle de boîtier papillon motorisé est de Doser la quantité d'air admis dans les cylindres. Ainsi de créer la dépression dans le répartiteur d'admission d'air, nécessaire à l'admission des vapeurs d'essence en provenance du canister, des vapeurs d'huile recyclées et à l'assistance de freinage [20].



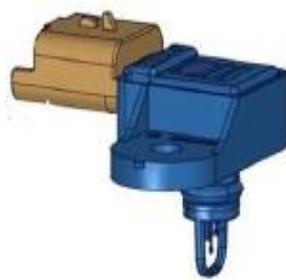
**Figure II.19 Boîtier papillon motorisé**

### II.5.1.2. Capteur de pression et température d'air admission

Le capteur intègre les fonctions capteur de température et capteur de pression : un capteur de pression d'air d'admission est de type piézorésistif.

Un capteur de température d'air admission est un capteur résistif à coefficient de température négatif.

Un capteur qui mesure la pression du flux d'air passant autour du capteur dans la tubulure d'admission [20].



**Figure II.20** Capteur de pression et température d'air admission

### II.5.1.3. Turbocompresseur

Le Turbocompresseur est à géométrie fixe et refroidi par une pompe à eau électrique après coupure du moteur uniquement. L'actionneur pneumatique (waste gate) est piloté par une électrovanne. Une électrovanne de décharge (dump valve) est implantée sur le raccord de sortie du refroidisseur d'air suralimenté. Le circuit d'air comprend un boîtier papillon motorisé, il ne comporte pas de débitmètre [20].



**Figure II.21** Turbocompresseur

## II.6. Fonction de combustion et de production d'énergie

Le moteur à quatre temps est le types de moteur le plus utilisé dans le monde actuel, les quatre temps sont l'admission, la compression, la combustion/détente et l'échappement [16].

### II.6.1. 1<sup>er</sup> temps : Admission

Le piston est au PMH et va se déplacer vers PMB aspirant de l'air frais pour remplir le cylindre, c'est la course d'aspiration qui dure depuis le PMH jusqu'au PMB soit  $\frac{1}{2}$  tour de vilebrequin qui est égale  $180^\circ$ . Cette évolution a lieu à la pression atmosphérique [16].

#### II.6.1.2. 2<sup>ème</sup> temps : Compression

Le piston se déplaçant de PMB vers PMH comprime l'air fraîche qui se trouve emprisonné dans le cylindre à une pression de l'ordre de 35 à 45 bars ce qui le porte à une température voisine de 500 à 600°C [16].

#### II.6.1.3. 3<sup>ème</sup> temps : Combustion/détente

- Un peu avant le PMH, une étincelle électrique déclenche le processus de combustion.
- La croissance de la pression qui s'exerce sur le piston engendre un effort sur la bielle et donc un moment moteur sur le vilebrequin.
- Le piston redescend au PMB [14].

#### II.6.1.4. 4<sup>ème</sup> temps : l'échappement

- Les soupapes d'échappement s'ouvrent.
- Le piston remonte le PMH en expulsant les gaz brûlés [14].

### II.7. Fonction d'échappement des gaz brûlés

#### II.7.1 Sonde à oxygène

La sonde à oxygène détermine le taux d'oxygène des gazes d'échappement et vérifie le bon fonctionnement du catalyseur. Elle permet également de recalibrer la richesse suite à la divers du système d'injection et catalyseur [20].

#### II.7.2 Catalyseur

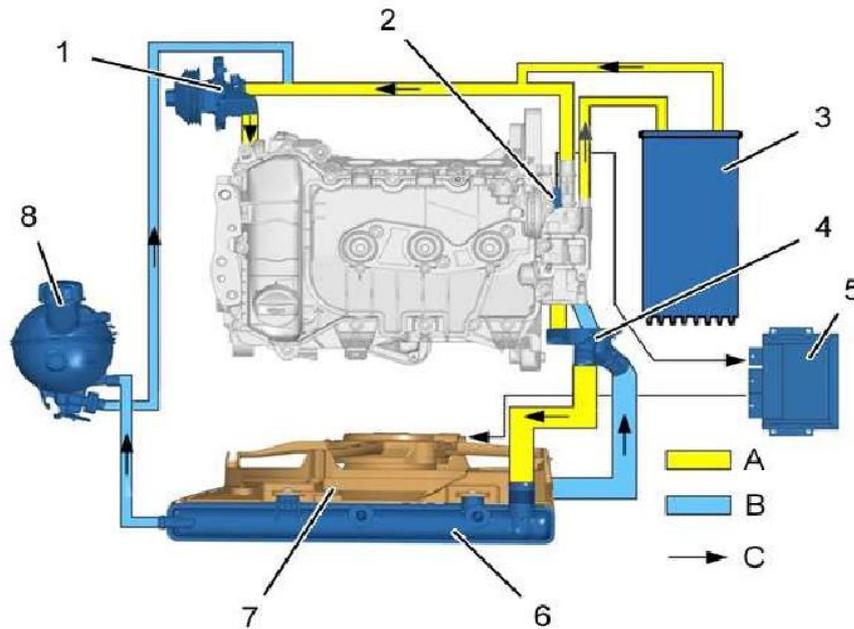
L'augmentation de température générée par le catalyseur transforme, par oxydation, le monoxyde de carbone (CO), l'oxyde d'azote (NOx) et les hydrocarbures imbrûlés (HC) en eau, en diazote (N<sub>2</sub>) et en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) [20].

### II.8. Fonction de refroidissement du moteur

Le circuit de refroidissement présenté dans la figure II.22 ci-dessous de moteur 1.2 PureTech est soumis à deux phases de fonctionnement [20] :

- Phase de montée en température (circuit de froid).
- Phase de régulation de température (circuit chaud).

Lors de la phase de montée en température (moteur froid), la pompe à eau est débrayée et le thermostat empêche la circulation du liquide de refroidissement vers le radiateur de refroidissement pour permettre une montée en température plus rapide du moteur.



**Figure II.22** Circuit de refroidissement

"A" Liquide de refroidissement réchauffé.

"B" Liquide de refroidissement froid.

"C" Liaison électrique.

(1) Pompe à eau.

(5) Calculateur contrôle du moteur.

(2) Capteur de température d'eau moteur.

(6) Radiateur de refroidissement de moteur.

(3) Aérotherme.

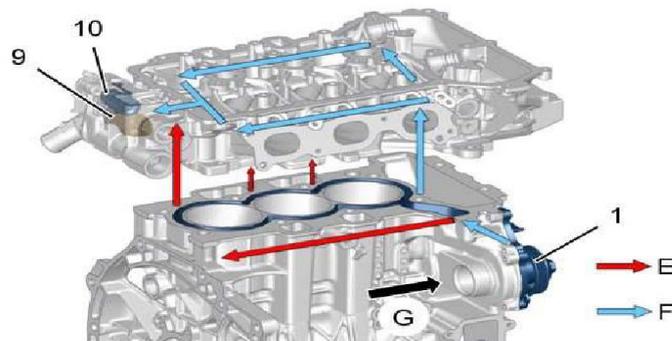
(7) Groupe moto-ventilateur.

(4) Boîtier de sortie d'eau.

(8) Boîtier de dégazage

Au-delà de 89°C le thermostat commence à s'ouvrir, le circuit de refroidissement s'agrandit, le liquide de refroidissement est refroidi au travers du radiateur de refroidissement pour réguler la température du moteur.

Au-delà de 89°C le thermostat du circuit vers le carter-cylindres commence s'ouvrir.



**Figure II.23** Circuit d'eau

(1) Pompe à eau.

(9) Thermostat du circuit de refroidissement vers le carter-cylindres.

(10) Thermostat du circuit de refroidissement vers le radiateur de refroidissement du moteur.

"E" Liquide de refroidissement dans le carter cylindres.

"F" Liquide de refroidissement dans la culasse et le collecteur d'échappement.

"G" Entrée du liquide de refroidissement.

Le liquide de refroidissement rentre dans la pompe à eau (1) en "G". Il se divise ensuite en deux parties :

- Un circuit de liquide de refroidissement pour le carter-cylindres en "E".
- Un circuit de liquide de refroidissement pour l'ensemble culasse/collecteur d'échappement en "F".

## II.9. Analyse des fonctions auxiliaires et des systèmes du moteur 1.2 essence PureTech

### II.9.1. Système de lubrification

La lubrification est utilisée pour diminuer les frottements entre deux éléments afin de minimiser l'usure et les échauffements. De plus, la pression d'huile moteur est utilisée pour faire fonctionner les deux déphaseurs d'arbre à cames VVT (Variable Valve Timing) [17].

#### II.9.1.1. Circuit d'huile

La pompe à huile aspire l'huile dans le carter d'huile via la crépine d'aspiration d'huile. Elle est filtrée dans le filtre à huile puis dirigée vers l'échangeur huile/eau pour être refroidie. Le capteur de pression d'huile mesure la pression d'huile à la sortie de l'échangeur. L'huile est ensuite distribuée vers les lignes d'arbre à came. L'arrosage du dessous des pistons (dans un but de refroidissement), le turbocompresseur et la culasse via des conduites dans le bloc moteur. L'électrovanne de pompe à huile permet de réguler la pression d'huile moteur [17].

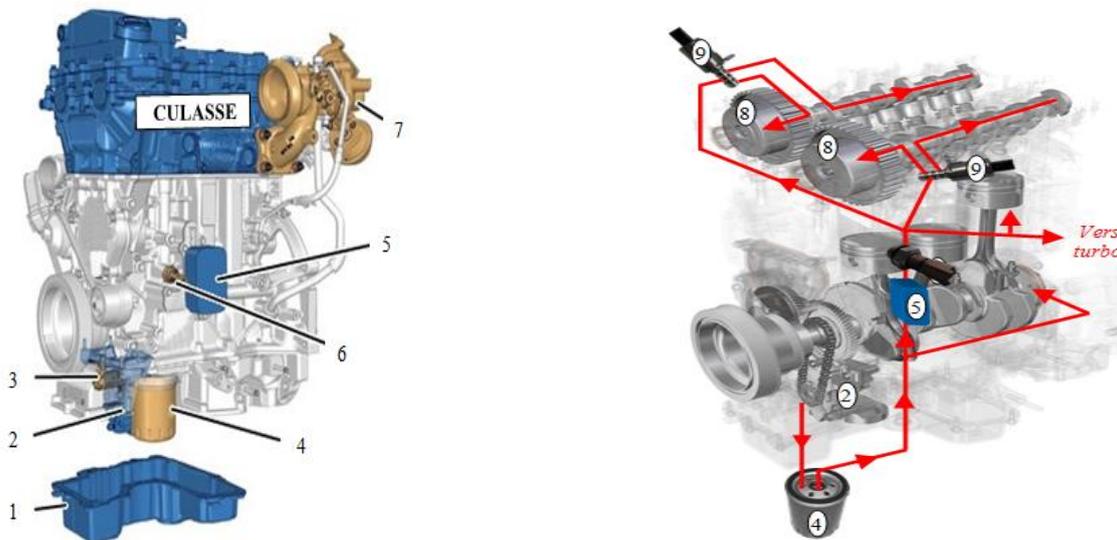


Figure II.24 Circuit d'huile

- |                                    |                                  |
|------------------------------------|----------------------------------|
| (1) Carter d'huile.                | (6) Capteur de pression d'huile. |
| (2) pompe à huile.                 | (5) Turbocompresseur.            |
| (3) Electrovanne de pompe à huile. | (6) Déphaseur VVT.               |
| (4) Filtre à huile.                | (3) Electrovanne de déphaseurs.  |
| (5) Echangeur huile/eau.           |                                  |

### II.9.1.2. Système de distribution

La courroie de distribution dite humide est insérée dans un puits de culasse / carter-cylindres. Elle est soumise aux vapeurs d'huile lors du fonctionnement du moteur. L'avantage de ce montage est un gain de consommation et gain acoustique [20].

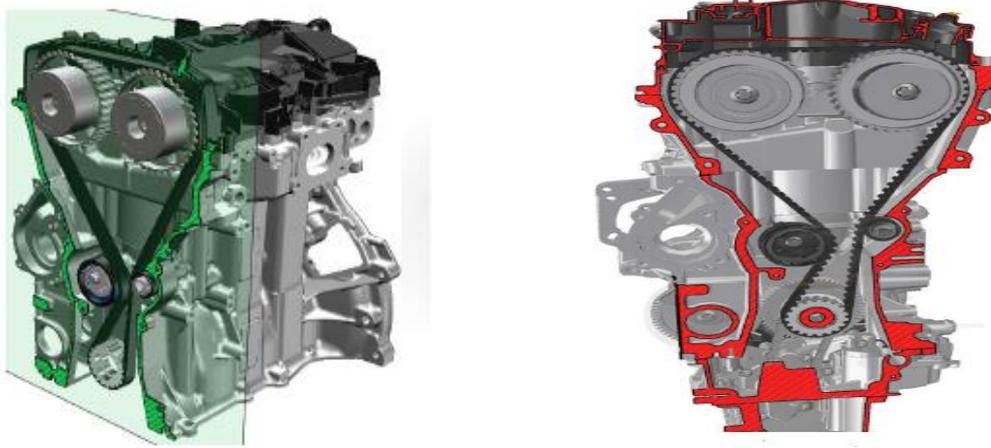


Figure II.25 Système de distribution par courroie

## II.10. Système de gestion électronique du moteur [20]

### II.10.1 Bobine d'allumage

La bobine d'allumage permet de transformer la basse tension en haute tension. Après conversion, la haute tension alimente la bougie d'allumage. Le noyau de fer doux canalise et concentre le flux magnétique. Plus la variation du flux magnétique est grande et rapide dans la bobine, plus la bobine la tension créée est importante. Le nombre de spire de l'enroulement primaire est différent de celui de l'enroulement secondaire.

### II.10.2 Bougie d'allumage

Les bougies d'allumage servent à enflammer le mélange air/carburant présente dans les cylindres du moteur. Elles fournissent un arc électrique dû à une forte tension d'alimentation. L'arc électrique de la bougie d'allumage enflamme le mélange air/carburant.

### II.10.3 Capteur de cliquetis

L'information cliquetis moteur, transmise par le capteur, permet au calculateur de corriger l'avance à l'allumage. Lors de la combustion, les oscillations mécaniques dues aux vibrations

des moteurs sont répercutée par une masse d'inertie sur des éléments piézoélectrique. Le capteur transmet des pics de tension au calculateur contrôle moteur lorsqu'il y a du cliquetis, suite à cette information, le calculateur contrôle moteur diminue l'avance à l'allumage, et enrichit simultanément le mélange air/carburant.

#### **II.10.4 Capteur référence cylindres**

Le capteur de référence cylindres informe le calculateur contrôle moteur de la position d'arbre à cames pour s'avoir quel cylindre est en phase de compression.

#### **II.10.5 Capteur régime moteur**

Le capteur régime moteur repère le point mort haut (PMH) du piston 1 et le régime de rotation du moteur.

#### **II.10.6 Capteur température d'eau moteur**

Le capteur de température d'eau moteur est un capteur résistif à coefficient de température négatif. Il informe le calculateur contrôle moteur de la température de liquide de refroidissement moteur.

#### **II.11. Electrovanne des déphaseurs d'arbre à cames**

Les déphaseurs variables d'arbres à cames sont actionnés par la pression d'huile moteur qui est distribuée par les électrovannes des déphaseurs. Le calculateur contrôle moteur pilote les électrovannes des déphaseurs en fonction du régime moteur, de la charge moteur et des informations des capteurs de position d'arbre à cames [17].

#### **II.12. Système de refroidissement du chauffage**

Le système de refroidissement fonctionne avec un thermostat classique intégré au carter de distribution du liquide de refroidissement. Il convient des souligne de la culasse est refroidis transversalement. L'espace pour le liquide de refroidissement est formé par deux plans (étages) reliés l'un à l'autre. A l'étage du bas, les diverses chambres de combustion sont refroidis par trois flux transversaux séparé. A l'étage supérieur, les flux convergent puis se dirigent vers le carter du distributeur de liquide de refroidissement. Grace à refroidissement transversal, toutes les chambres de combustion sont refroidies uniformément [20].

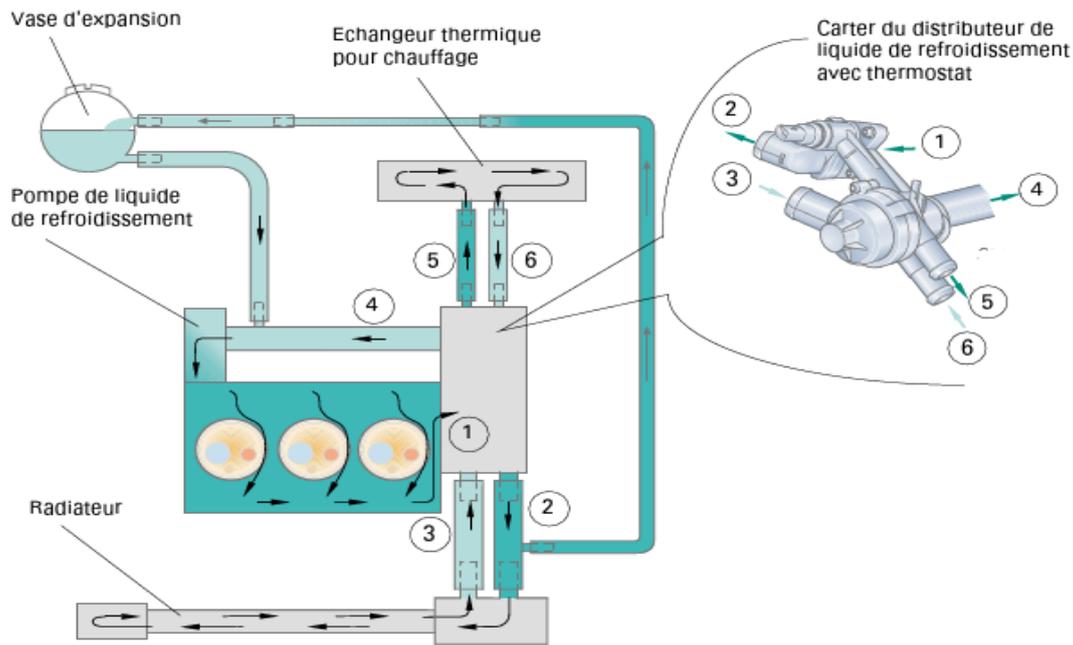


Figure II.26 Système de refroidissement

- (1) Venant du bloc-cylindres/culasse. (4) Vers pompe de liquide de refroidissement.  
 (2) Vers radiateur du haut. (5) Vers échangeur thermique.  
 (3) Venant du radiateur du bas. (6) Venant de l'échangeur thermique.

## II.13. Analyse des interactions et des échanges d'énergie entre les différentes fonctions

### II.13.1. Interactions entre les fonctions principales et auxiliaires

#### II.13.1.1. Choix technologique spécifique

- Entraînement de distribution par courroie humide.
- Utilisation d'un revêtement base friction DLC (Diamond Like Carbon) sur les axes de pistons, les segments et les poussoirs pour limiter les frottements.
- Utilisation d'une pompe à huile à cylindrée variable (sur les versions atmosphériques) et pompe à huile piloté (sur les versions turbocompresseur) pour une gestion de la lubrification au juste nécessaire.

#### II.13.1.2 Turbocompresseur

Le turbocompresseur est à géométrie fixe et refroidi par une pompe à eau électrique après coupure du moteur uniquement. L'actionneur pneumatique (waste gate) est piloté par un électrovanne [20].

#### II.13.1.3. Échanges d'énergie et de fluides entre les systèmes

C'est moteur transforme l'énergie potentielle, chimique, stockée dans un carburant en travail (énergie mécanique) grâce à des combustions très rapide, d'où le terme d'explosion. Ils

sont constitués d'un ou plusieurs cylindres permettant de confiner les combustions et d'en utiliser l'énergie [21].

#### **II.14. Conclusion**

Ce deuxième chapitre de ce mémoire se concentre sur le moteur 1.2 ess PureTech. Il offre une analyse détaillée des différents composants mécaniques et électriques qui contribuent à la performance et à l'efficacité de ce moteur. Nous avons exploré également les divers circuits intégrés à ce moteur, notamment le circuit de refroidissement, soulignant leur importance dans le fonctionnement global du moteur. Enfin, nous décrivons le principe de fonctionnement du moteur 1.2 ess PureTech, fournissant une compréhension approfondie de la manière dont les différentes pièces et systèmes interagissent pour produire la puissance nécessaire.

***Chapitre III :***  
***Dysfonctionnement du***  
***moteur 1.2 PureTech***

### **III.1. Introduction**

Après avoir présenté l'analyse fonctionnelle du moteur 1.2 PureTech dans le chapitre précédent, le présent chapitre montre la deuxième partie de ce projet qu'est l'analyse dysfonctionnelle. Afin d'établir cette analyse, nous aurons utilisé deux outils puissants qui sont l'arbre de défaillance et AMDEC, un rappel des fondements théoriques de l'analyse dysfonctionnelle est présenté dans la première partie suivi directement par l'application de l'outil sur le moteur 1.2 PureTech.

### **III.2. Fondements théoriques de l'analyse dysfonctionnelle**

#### **III.2.1. Arbre de défaillance**

##### **III.2.1.1 Définition**

Un arbre de défaillance (aussi appelé un arbre des pannes ou arbre des défauts) est une technique d'ingénieur très utilisée dans les études de sécurité et de fiabilité des systèmes statique [23].

##### **III.2.1.2 Rôle des arbres de défaillances**

Les arbres de défaillances sont utilisés dans l'ingénierie de sûreté des industries « à risque » et peuvent être utilisés comme un outil d'évaluation de la conception, ils permettent d'identifier les scénarios conduisant à des accidents dans les phases amont du cycle de vie d'un système et peuvent éviter des changements de conception autant plus coûteux qu'ils sont tardifs. Ils peuvent aussi être utilisés comme un outil de diagnostic, prévoyant la ou les défaillances des composants la ou les plus probables lors de la défaillance d'un système [24].

##### **III.2.1.3 Méthodologie**

L'arbre de défaillance est formé de niveaux successifs d'évènements qui s'articulent par l'intermédiaire des portes (initialement logique). En adoptant cette représentation et la logique déductive (allant des effets vers les causes) et booléenne, il est possible de remonter d'effets en causes de l'évènement indésirable à des évènements de base indépendants entre eux et probabilistes [23].

##### **III.2.1.4 Invention des arbres de défaillances**

Après la première utilisation (missile Minuteman), Boeing et AVCO ont utilisé les arbres de défaillances pour l'ensemble du système de Minuteman II en 1963 et 1964. Ce mode d'analyse fit l'objet d'une grande promotion lors du Symposium System Safety de 1965 à Seattle patronné par Boeing et l'Université de Washington. Boeing a commencé à utiliser les arbres de défaillances pour la conception d'avions civils vers 1966. En 1970, aux États-Unis, la direction générale de l'aviation civile américaine (FAA) a changé sa réglementation pour l'aviation de transport. Ce changement a conduit à adopter des critères probabilistes d'échec

pour les équipements et systèmes avioniques et a mené à l'utilisation courante des arbres de défaillances dans le domaine de l'aviation civile [23].

### III.2.1.5 Représentation graphique

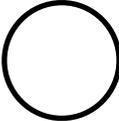
La représentation graphique de l'arbre de défaillance se fait à travers une symbolisation graphique classée en deux types [24]:

- Evènements.
- Portes logiques.

#### III.2.1.5.1 Evènements

La symbolisation des évènements a pour but de faciliter la désignation entre les différents types d'évènements.

**Tableau III.1.** Symboles des évènements dans les arbres de défaillances

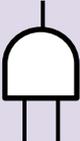
Symbol	Nom	Description
	Evènement Intermédiaire ou final	Evènement du plus haut niveau: sommet d'arbre « évènement redouté », ou évènement intermédiaire résultant d'un évènement redouté.
	Evènement de base	Evènement du plus bas niveau pour lequel la probabilité d'apparition ou d'information est disponible.
	Evènement non développé	Le développement de cet évènement n'est pas terminé, soit parce que ses conséquences sont négligeables, soit par manque d'information.
	Evènement maison	Evènement qui doit se produire avec certitude lors de la production ou de la maintenance. On peut aussi le définir comme un évènement non- probabilisé ou (P=1).

#### III.2.1.5.2 Portes logiques

Les portes logiques (ou connecteurs logiques) sont les liaisons entre les différents branches et/ou évènements. Les plus classiques sont ET et OU (Tableau 3.2). Les portes fonctionnent comme suit :

- OU : l'évènement en sortie/supérieur survient si, au moins, un des évènements en entrée/inférieur survient/est présent.
- ET : l'évènement en sortie/supérieur survient seulement si tous les évènements en entrée/inférieur surviennent/sont présents [24].

**Tableau III.2.** Symboles des portes logiques dans les arbres de défaillances

Symbol	Nom	Description	Nombre d'entrées
	ET (AND)	L'évènement de sortie apparait si tous les évènements apparaissent	>1
	OU(OR)	L'évènement de sortie apparait si ou moins un des évènements d'entrées apparait	>1

**III.2.1.5.3 Symboles de transfert**

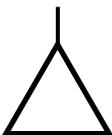
Il existe pour les arbres de défaillances une symbolisation normalisée qui permet de faire référence à des parties de l'arbre qui se répètent :

- de manière identique : Même structure, mêmes évènements.
- de manière semblable : Même structure mais avec des évènements différents

L'objectif est de réduire la taille du graphique [24].

Le tableau suivant présente les symboles ainsi que les significations qui sont utilisés :

**Tableau III.3** Symboles de transfert

Symboles	Nom	Désignation
	IN	Indique que l'arbre est développé ultérieurement à l'occurrence de symbole de transfert out correspondant.
	OUT	Indique que cette portion de l'arbre doit être attachée au transfert in correspondant.

**III.2.1.6. Construction d'un arbre de défaillances**

**III.2.1.6.1. Principe**

Le principe de la construction d'un arbre de défaillance est fondé sur les points suivants :

- Le point de départ de la construction de l'arbre c'est l'évènement redouté lui-même.

Ce dernier étant le niveau le plus haut ne comporte que l'évènement dont on cherche à décrire

les sous événements déclencheurs de sa survenance. Il est essentiel qu'il soit unique et bien identifier.

- Un arbre de défaillance étant construit généralement de haut en bas, il est divisé en niveaux successifs d'évènements tels que chacun est une conséquence d'un ou plusieurs évènements du niveau inférieur et qui s'articulent par l'intermédiaire des portes logiques. Pour chaque évènement d'un niveau donné, le but est d'identifier l'ensemble des évènements immédiats nécessaires et suffisants à sa réalisation.

- Les relations entre les niveaux sont représentées par des liens logiques, dont la plupart sont des « portes OU » et des « portes ET ». Ces portes logiques permettent de définir précisément les liens entre les évènements des différents niveaux. Remonter d'effets en causes de l'évènement redouté à des évènements élémentaires probables et indépendants entre eux en adoptant une logique déductive et booléenne (allant des effets vers les causes). Chaque ligne détaille la ligne supérieure en présentant les combinaisons susceptibles de produire l'évènement de la ligne supérieure auquel elles sont rattachées.

- Le processus déductif est poursuivi niveau par niveau jusqu'à ce que les spécialistes concernés ne jugent pas nécessaire de décomposer des évènements en combinaison d'évènements de niveaux inférieurs, notamment parce qu'ils disposent d'une valeur de probabilité d'occurrence de l'évènement analysé. Ces évènements non décomposés de l'arbre sont appelés évènements élémentaires (ou évènements de bases).

En résumé, les règles importantes de la construction de l'arbre de défaillance sont :

1. Partir de l'évènement redouté (sommet de l'arbre).
2. Imaginer les évènements intermédiaires possibles expliquant l'évènement sommet.
3. Considérer chaque évènement intermédiaire comme un nouvel évènement sommet.
4. Imaginer les causes possibles de chaque évènement au niveau considéré.
5. Descendre progressivement dans l'arbre jusqu'aux évènements de base [22].

#### III.2.1.6.2 Etapes de construction

- **Évènement sommet (évènement indésirable) :**

La première étape réside dans la définition de l'évènement à étudier d'une façon explicite et précise, cet évènement est appelé sommet, ou encore évènement redouté. Cette étape est cruciale quant à la valeur des conclusions qui seront tirées de l'analyse. L'arbre de défaillance se veut être une représentation synthétique ; le libellé de l'évènement devra être bref, mais aussi évocateur que possible dans la boîte qui le représente dans l'arbre, on lui associant un

texte complémentaire apportant toutes les Précisions utiles sur la définition de l'évènement. Cette remarque est aussi valable pour tous les éléments qui vont figurer dans l'arbre [23].

- **Evènement intermédiaires :**

L'évènement sommet étant défini, il convient de décrire la combinaison d'évènements pouvant conduire à cet évènement sommet. Les évènements intermédiaires sont des évènements moins globaux. Une fois un évènement définis, ils seront liés à l'évènement sommet via un connecteur. Ces évènements intermédiaires peuvent être, à leur tour, redéfinis par d'autres évènements intermédiaires plus détaillés [23].

- **Evènements de base, transfert et conditions :**

Il est possible de prendre en compte des évènements sur lesquels les informations sont insuffisantes pour les décomposer davantage ou encore qu'il n'est pas utile de développer plus, ces évènements sont appelés évènements non développés. Lors de la construction de gros arbres de défaillances, il est pratique d'utiliser des portes de transfert, permettant ainsi de rendre la lecture et la validation de l'arbre plus aisée. Ces portes signalent que la suite de l'arbre est développée sur une autre page. Les évènements de bases sont les évènements les plus fins de l'arbre, il ne sera pas possible de les détailler davantage ; ils concernent la défaillance (électrique, mécanique, logiciel...) d'un élément du système. L'apparition de certains évènements (de base ou autres) peut avoir une conséquence à certaines conditions. Nous sommes donc conduits à introduire dans l'arbre des conditions dont la réalisation conditionne l'enchaînement. Ces conditions interviennent dans la construction de l'arbre comme des évènements intermédiaires, à l'exception que ces conditions ne sont plus décomposées donc « de base » [23].

### **III.3. Analyse des interventions réelles sur le moteur 1.2 essence PureTech**

#### **III.3.1 Collecte des données sur les interventions réalisées sur les moteurs défectueux**

**Tableau III.4:** Données des pannes et d'interventions pour les moteurs 1.2 ess PurTech

<b>Année de mis en circulation</b>	<b>Kilométrage</b>	<b>Pannes</b>	<b>Intervention</b>	<b>cout de maintenance (euro)</b>
<b>2022</b>	58000/68000	courroie / panne sur autoroute plus de puissance du tout	changement courroie / boîtier papillon	gratuit (sous garantis)
<b>2018</b>	85412	consommation d'huile	joint bouchon vidange et changement de huile et filtre d'huile	168
<b>2016</b>	85000	le voyant défaut moteur qui s'allume / défaut position d'arbre à came admission.	démontage carter d'huile pour inspection crépine / Bien bouchée par des résidus de courroie / changement de courroie	168
<b>2015</b>	90000	"Service" revient se montrer / "Défaut Système antipollution	changement courroie / nettoyage crépine	5

		(défaut P0011 - Position d'arbre à cames).		
<b>2018</b>	40000	de nombreux ratés et le moteur tournait moins rond	changement de bougie	168
<b>2017</b>	56000	voiture commence à brouter. le voyant moteur et service s'allume. plus de puissance.	changement de bougie	168
<b>2015</b>	60000	fuite huile au niveau du filtre à huile/carter bas moteur	obturateurs en bout d'arbre à cames	
<b>2017</b>	77000	défaut de pression d'huile au démarrage, puis le message (visuel et sonore) « Problème moteur, arrêtez le véhicule » en roulant, accompagné d'une	Examen de l'intérieur des cylindres à l'endoscope. Impacts et débris relevés sur les pistons. Fissure du piston n°2. Nos investigations techniques ont permis de mettre en évidence un désordre au niveau du calage de la distribution avec des dommages au moteur qui nécessitent son	8200

		perte de puissance (mode dégradé).	remplacement de moteur	
<b>2016</b>	83500	problème d'injection une perte soudaine de puissance sur l'autoroute	REEMPLACEMENT DU MOTEUR	6000
<b>2015</b>	54000	voyant "défaut moteur	REEMPLACEMENT DU MOTEUR	2000
<b>2015</b>	67000	voyant "défaut moteur	encrassement des soupapes et un remplacement de la pompe à huile	7500
<b>2015</b>	119000	augmentation de la consommation d'huile du moteur	REEMPLACEMENT DU MOTEUR	7000
<b>2016</b>	93000	usure accélérée de la courroie de distribution	REEMPLACEMENT DU MOTEUR	7000
<b>2017</b>	88000	casse moteur	REEMPLACEMENT DU MOTEUR	8200
<b>2018</b>	92000	CASSE MOTEUR (casse de la chaîne de l'arbre à came	CHANGEMENT MOTEUR ET EMBRAYAGE	6000
<b>2019</b>	30000	mélange trop riche", "problème de combustion"	REEMPLACEMENT DU MOTEUR	

---

<b>2016</b>	53711	voyant "Service" s'allume ainsi qu'un message sur l'écran "Défaut moteur : faites réparer le véhicule"	la crépine est totalement obstruée par des dépôts / nettoyage crépine + changement de courroie	7000
<b>2014</b>	123000	Inspection de la courroie à travers le bouchon d'huile,	changement de courroie	
<b>2015</b>	102000	pression d'huile, arrêter moteur.	crépine bouché + changement de courroie	550
<b>2016</b>	101000	défaut moteur	REMPLACEMENT DU MOTEUR	7000

---

**III.3.2 Classification des interventions en fonction des types de dysfonctionnements**

On se basant sur l'historique des pannes et les interventions, on peut classer les dysfonctionnements du moteur en 4 familles selon le type de la défaillance, on trouve alors :

**A) Défauts mécaniques**

- Usure et rupture de courroie.
- Casse de chaîne de l'arbre à came.
- Encrassement des soupapes.
- Consommation d'huile.
- Obstruction de crépine.
- Fissure du piston.
- Impact et débris relevés sur les pistons.

**B) Défauts électriques**

- Défaut des injecteurs.
- Problème de boîtier papillon.
- Brulés des fusibles.
- Problème des bougies.

**c) Défauts thermiques**

- Problème de ventilateur.
- Problème de thermostat.
- Problème de radiateur.
- Manomètre défectueuse.

**d) Défauts hydrauliques**

- Problème de lubrification.
- Problème de refroidissement.
- Pompe à huile défectueuse.
- Mauvais d'huile.
- Pompe à eau défaillante.
- Electrovanne défectueux.

**III.3.3 Identification des causes racines des dysfonctionnements les plus fréquents**

1. Usure de la courroie.
2. Défectueux de joint de bouchant vidange.
3. Défectueux de bougie.
4. Obturateurs en bout d'arbre à cames.

5. Fissure du piston.
6. Evidence un désordre au niveau du calage de la distribution.
7. Encrassement des soupapes.
8. Casse de la chaîne d'arbre à came.
9. Défectueux de pompe à huile.
10. Brulés des fusibles.
11. Défectueux de pompe à eau.
12. Défaut de position d'arbre à came.

### **III.4. Construction de l'arbre de défaillance du moteur 1.2 essence PureTech**

#### **III.4.1 Identification des événements de base liés aux dysfonctionnements**

- Fuite d'huile.
- Défaut de courroie de distribution.
- Casse de chaîne d'arbre à came.
- Problème de crépine.
- Défauts des soupapes.
- Défauts des pistons.
- Défaut de système antipollution.
- Problème des injecteurs.
- Problème des bougies.
- Problème de combustion.
- Mauvais d'huile.
- Problème de lubrification.
- Problème de refroidissement.
- Défauts d'électrovanne.

#### **III.4.2 Construction de l'arbre de défaillance en utilisant la logique booléenne**

Les moteurs 1.2 PureTech sont sujets à défauts (mécaniques, électriques, thermiques et hydrauliques), c'est ce que représente :

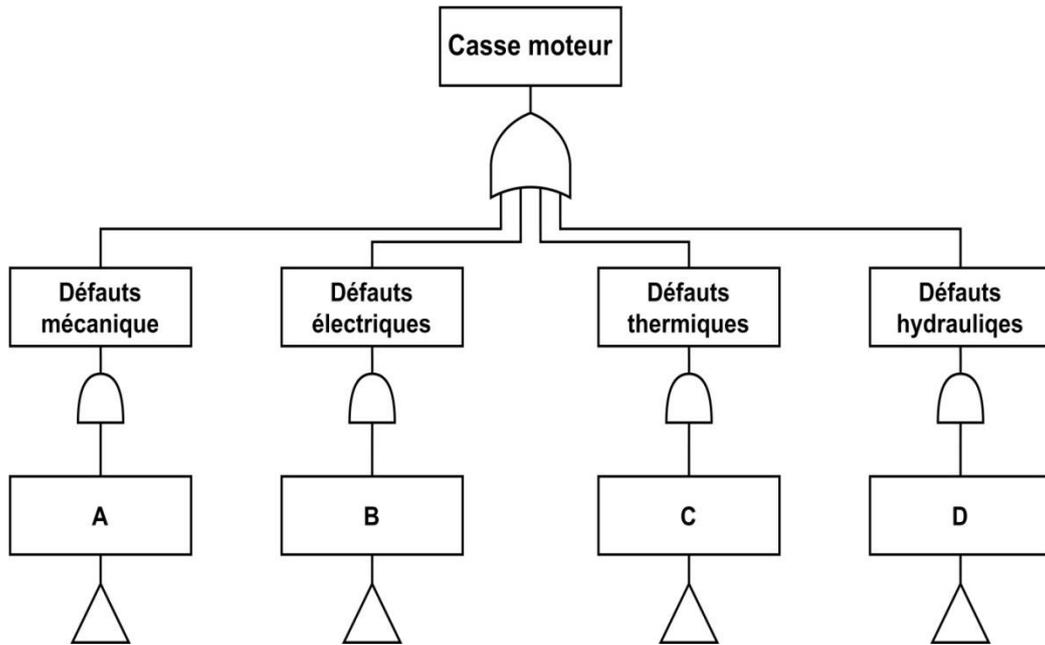


Figure III.1 : Arbre de défaillance du casse moteur essence 1.2 PureTech

- Arbre de défaillance du moteur 1.2 puretech (défauts mécaniques)

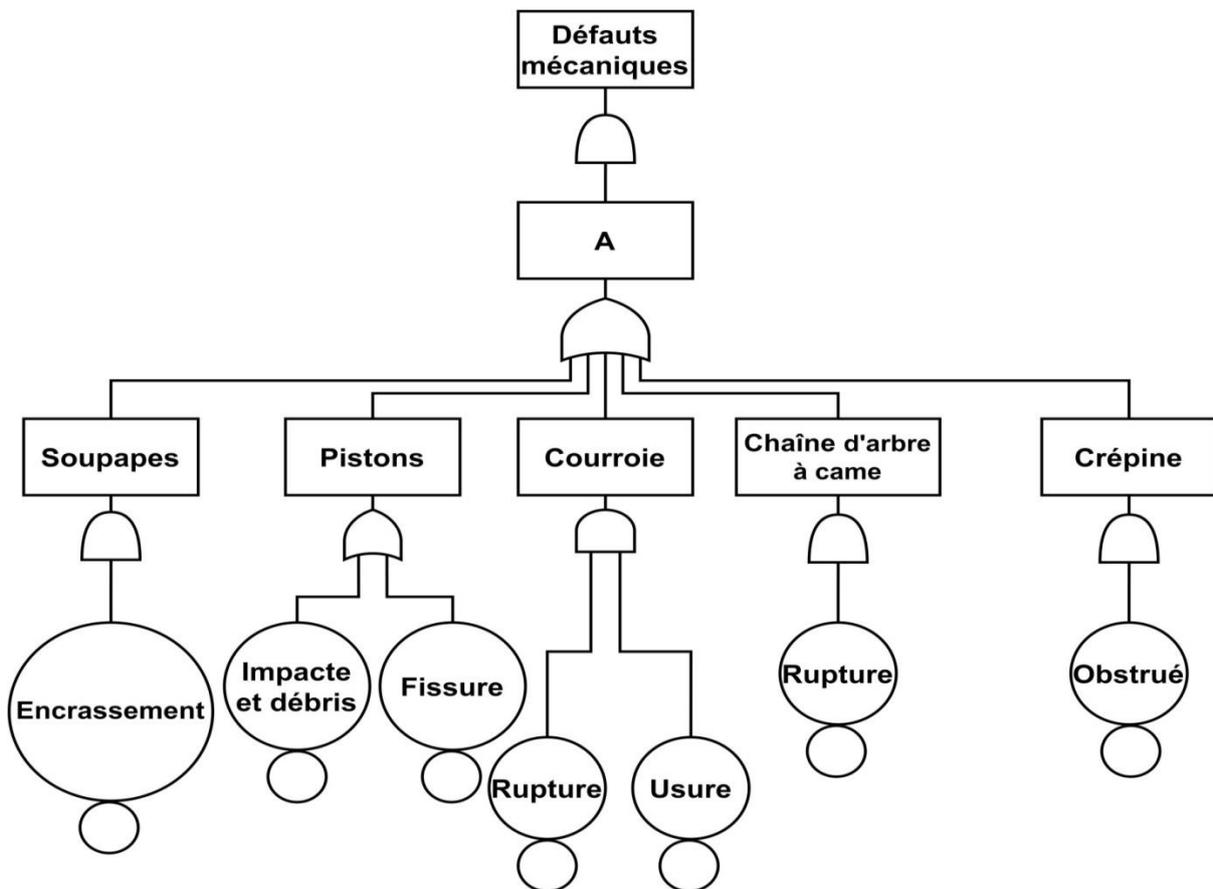
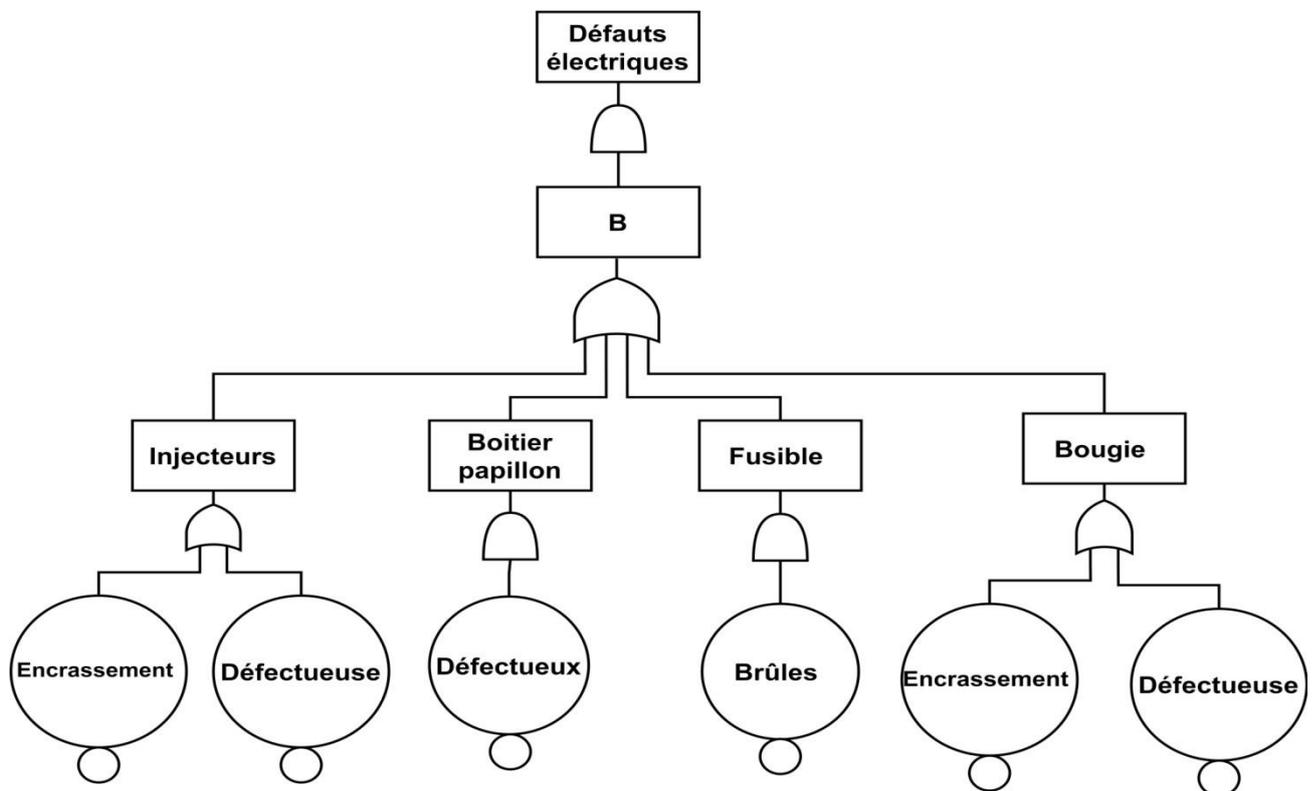


Figure III.2 : Arbre de défaillance du moteur 1.2 puretech (défauts mécaniques)

A partir de la **Figure III.2** nous notons que les défauts mécaniques identifié dans le moteur essence 1.2 puretech sont principalement dus à rupture et usure de courroie et lié à d'autre facteurs tels que, fissure des pistons et rupture de la chaine d'arbre à came. Il est important de noter de que ces défauts mécaniques ont des conséquences grave sur la performance et fiabilité du moteur 1.2 puretech. Il est donc crucial de mettre en œuvre des mesures préventive tel que changement de courroie de distribution chaque 30 000 km et nettoyage de crépine. Ces recommandations sont essentielles pour éviter l'endommagement du moteur.

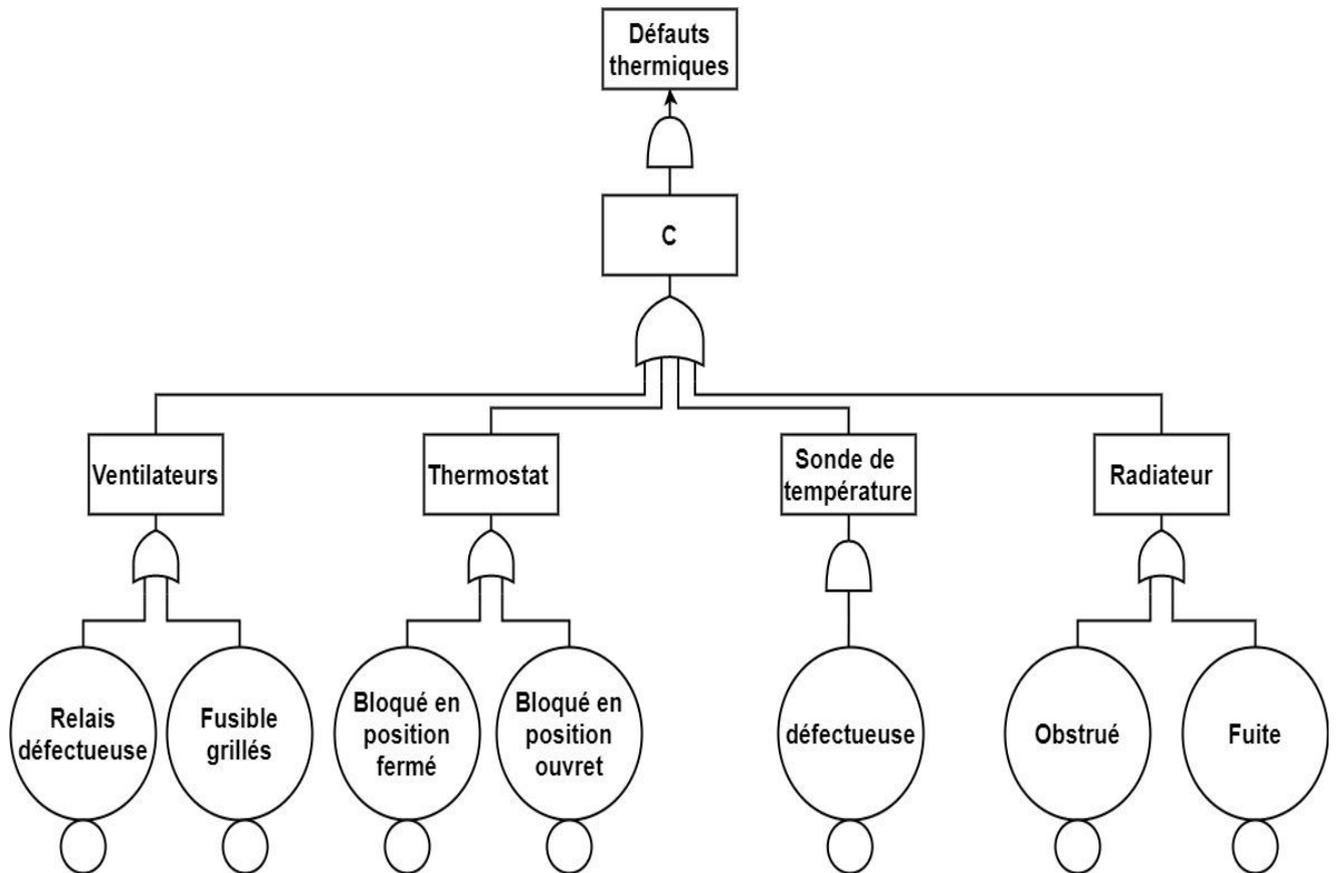
- **Arbre de défaillance du moteur 1.2 puretech (défauts électriques)**



**Figure III.3 :** Arbre de défaillance du moteur 1.2 puretech (défauts électriques)

Comme le montre la **figure III.3** les défauts électriques du moteur essence 1.2 Puretech sont principalement dus à de défectueuse des bougies et des injecteurs, ainsi qu'à d'autres éléments tels que brules des fusibles. Nous devons souligner que ces défauts électriques affectent considérablement la performance et la fiabilité du moteur 1.2 puretech. Il est donc essentiel de prendre des mesures préventives telles que l'entretien des injecteurs et des bougies et aussi la maintenance de boitier papillon. Ces recommandations sont cruciales pour minimiser les perturbations de moteur et assurer le bon fonctionnement.

Arbre de défaillance du moteur 1.2 puretech (défauts thermiques)



**Figure III.4 :** Arbre de défaillance du moteur 1.2 puretech (défauts thermiques)

Parmi les causes les plus importants illustrés sur la **Figure III.4** qui conduisent un défaut thermique, il y a obstruction de radiateur, bloqué le thermostat en position fermé et le ventilateur ne fonction pas. Il est essentiel de prendre des mesures préventives pour éviter ce défaut thermique.

• Arbre de défaillance du moteur 1.2 puretech (défauts hydrauliques)

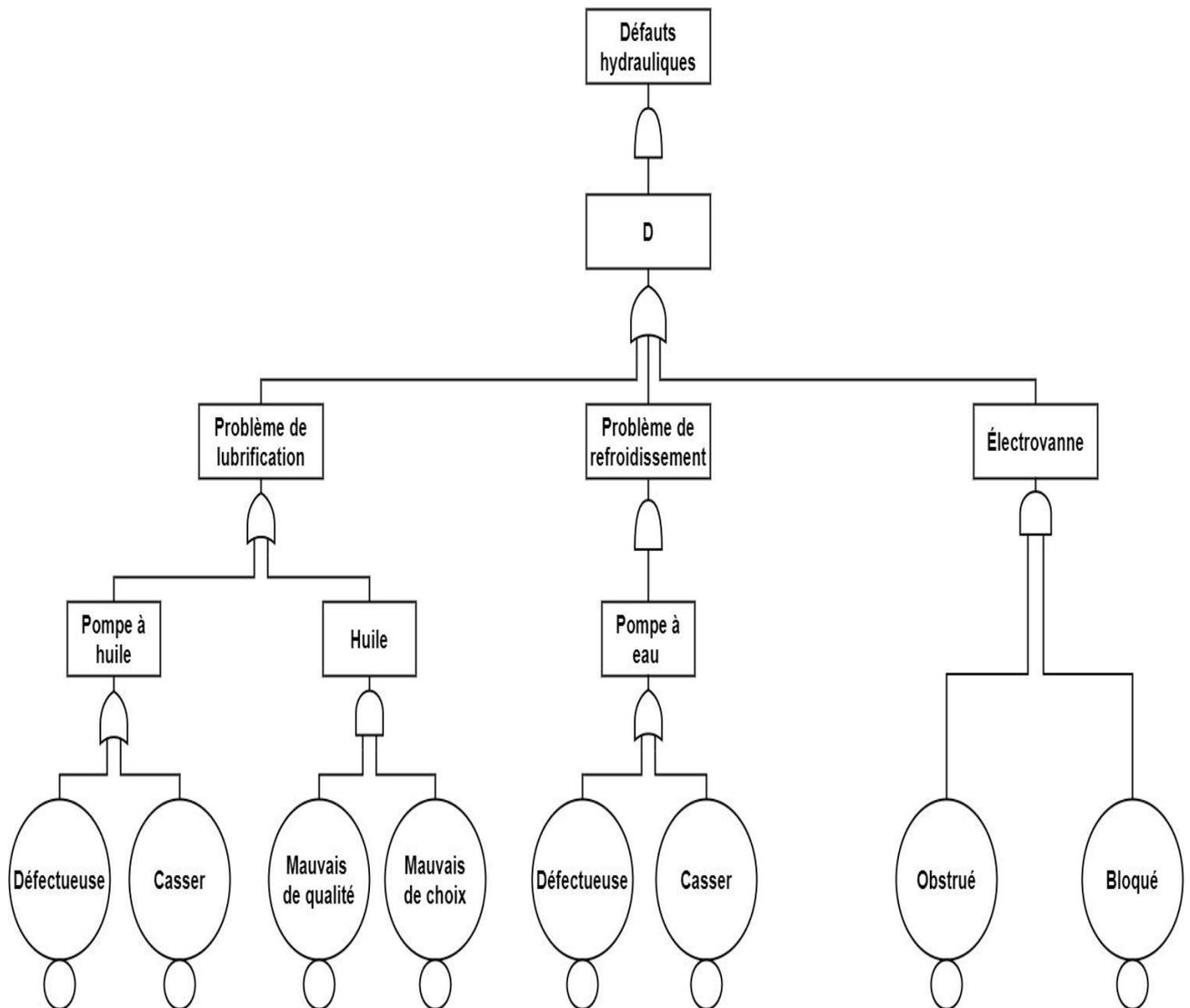


Figure III.5 : Arbre de défaillance du moteur 1.2 puretech (défauts hydrauliques)

Les pannes les plus fréquentes sont dues à la mauvaise lubrification, mauvais refroidissement et défaut de position d'arbre à came à cause des défectueuse de pompe à eau et pompe à huile, mauvais de qualité d'huile et obstruction de l'électrovanne. Il est importante corrigé les défauts hydrauliques. Un entretien régulier, une inspection des composants et suivi de la qualité d'huile peuvent contribuer à réduire les défauts hydrauliques et à prolonger la durée de vie de ce moteur.

III.5. La méthode AMDEC

III.5.1 Définition

L'AMDEC, ou Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Sévérité, est un outil analytique puissant qui permet d'identifier en détail les risques de déviations dans un processus, un produit ou une méthode de production. Il s'inscrit dans la logique de gestion des

risques ; son objectif est de mettre en œuvre des plans d'actions préventives visant à éliminer ou réduire les risques liés à la sécurité des utilisateurs, à la non-qualité, à la perte de productivité, à l'insatisfaction des clients, etc. [27]. En d'autres termes, il s'agit d'une approche systématique, participative et préventive d'analyse d'un système en analysant les causes et les effets des pannes pouvant affecter les composants du système.

### III.5.2 Histoire et domaines d'application

L'AMDEC a été développée par McDonnell Douglas aux États-Unis au début des années 1960 sur la base de travaux préliminaires liés à l'analyse des risques (aérospatiale et nucléaire militaire), comprenant l'établissement d'une liste de composants d'un produit et la collecte d'informations sur les modes de défaillance, leurs fréquences et leurs effets. De plus, cette méthode a été développée par la NASA et nommée FMEA pour évaluer l'efficacité du système [28].

À la fin des années 1970, la méthode a été largement adoptée par de grands constructeurs automobiles tels que Toyota, Nissan, Ford, BMW, Volvo et Chrysler. En plus des domaines déjà évoqués, la méthode est également utilisée dans les domaines suivants : Mécanique, Electronique, Electrotechnique, Chimie, Informatique, et depuis peu nous nous sommes intéressés à ses services [28].

Dans les années 1980, les constructeurs automobiles français exigeaient des spécifications de fiabilité (sous forme de clauses contractuelles) de la part des fournisseurs de pièces, de machines et d'équipements de production. Ceci est déterminé en effectuant une FMEA. Par la suite, des fiches FMEA ont été élaborées pour la fourniture d'équipements de production et utilisées dans d'autres départements. Cependant, en raison des différentes applications, objectifs, processus, groupes de clients, environnements internes et externes etc. dans différents domaines, cette méthode peut également avoir différentes applications, ce qui contribuera à la promotion de l'AMDEC en France [29].

Actuellement, la méthode est largement utilisée dans différentes industries et est devenue très courante dans les méthodes de sécurité opérationnelle et de gestion de la qualité. En effet, plusieurs procédures définies dans le cadre d'une méthode qualité (comme la norme ISO

9000) sont incluses dans les différentes étapes du produit ; ou développement de processus. Utiliser AMDEC.

### III.5.3 Principe de la méthode

Puisque l'objectif de cette démarche est de décrire un plan d'actions préventives, il est nécessaire que ceux travaillant sur l'AMDEC aient un niveau de connaissances élevé sur le

système étudié ; ceci va permettre de répondre aux quatre questions de base de l'AMDEC (voir Tableau III.5)

**Tableau III.5** : Les quatre questions de la méthode AMDEC

Modes de défaillance	Effet possible	Causes possibles	Plan de surveillance
Qu'est ce qui pourrait aller mal ?	Quels pourraient être les effets ?	Quelles pourraient être les causes ?	Comment faire pour voir ça ?

En répondant à ces questions, l'équipe AMDEC essaye d'identifier les modes de défaillance qui peut se produire sur des équipements et de les hiérarchiser par leurs niveaux de criticité, puis de lister les conséquences et les causes sur les fonctions de base de ces équipements. L'AMDEC n'est pas une fin en soi, mais un moyen permettant de déduire et de calculer les criticités (le trinôme : Fréquence, Gravité et Non-Détection) des différentes défaillances. Si la criticité calculée ou déduite n'est pas acceptable, l'équipe commence à définir des plans de maintenance correctifs et/ou préventifs qui améliorent le système en diminuant la valeur de cette criticité, qui peut se faire en corrigeant la gravité nouvelle du mode de défaillance si possible, en modifiant son occurrence (fréquence) et en améliorant la probabilité de sa détection [30].

#### III.5.4 Aspects de l'AMDEC

En AMDEC, il existe deux aspects de base :

**Aspect qualitatif** : L'aspect qualitatif de l'analyse consiste à identifier les défauts potentiels inhérents à la fonctionnalité du système étudié, à rechercher et identifier les causes de ces défauts et leur impact sur les clients, les utilisateurs, l'environnement interne ou externe au système.

**Aspect quantitatif** : L'aspect quantitatif de l'analyse consiste à évaluer les défaillances potentielles afin de les prioriser. L'évaluation des pannes est réalisée en calculant la criticité en fonction de plusieurs critères : gravité de l'impact, fréquence d'apparition de la cause, capacité à détecter la panne

#### III.5.5. Types de l'AMDEC

Plusieurs types de l'AMDEC ont été présentés par la littérature, parmi lesquels on trouve les plus fréquemment utilisés :

##### a) Organisation AMDEC

L'approche dans ce cas s'applique à tous les niveaux du système, depuis la gestion et la production jusqu'au dernier niveau, qui peut être l'organisation des opérations ou des tâches de base.

**b) AMDEC produit**

Egalement connue sous le nom d'AMDEC projet, cette méthode est appliquée spécifiquement à la partie conception d'un produit ou d'un projet.

**c) AMDEC Composants**

Nous appliquons cette méthode si nous analysons un produit comportant plusieurs composants.

**d) AMDEC Sécurité**

La démarche à ce stade vise à garantir et assurer la sécurité des responsables des équipements et des machines (opérateurs) dans des situations où existent divers risques.

**e) AMDEC moyenne**

En d'autres termes, AMDEC système. L'AMDEC sera appliquée aux machines, outils, équipements, logiciels, systèmes de traitement et divers systèmes internes

**f) AMDEC service**

Afin de répondre aux exigences du client, il est toujours nécessaire de vérifier la valeur ajoutée apportée par le service tout en s'assurant qu'il ne crée pas de pannes. C'est là que nous trouvons les services FMEA utiles.

**g) AMDEC Process**

Elle est appliquée aux processus de production pour évaluer et analyser différents modes de défaillance en calculant leur gravité. Nous n'avons pas mentionné toutes les variantes possibles de l'AMDEC, mais les deux types les plus connus et utilisés sont l'AMDEC produit et l'AMDEC procédé [8]. Il est à noter que nos travaux se concentrent sur le type AMDEC moyen, qui prend les machines et équipements du système comme principaux objets de recherche et d'analyse.

**III.5.6 La démarche AMDEC :** La méthode AMDEC peut être divisée en plusieurs étapes comme montré dans la figure III.1 ci-dessous :

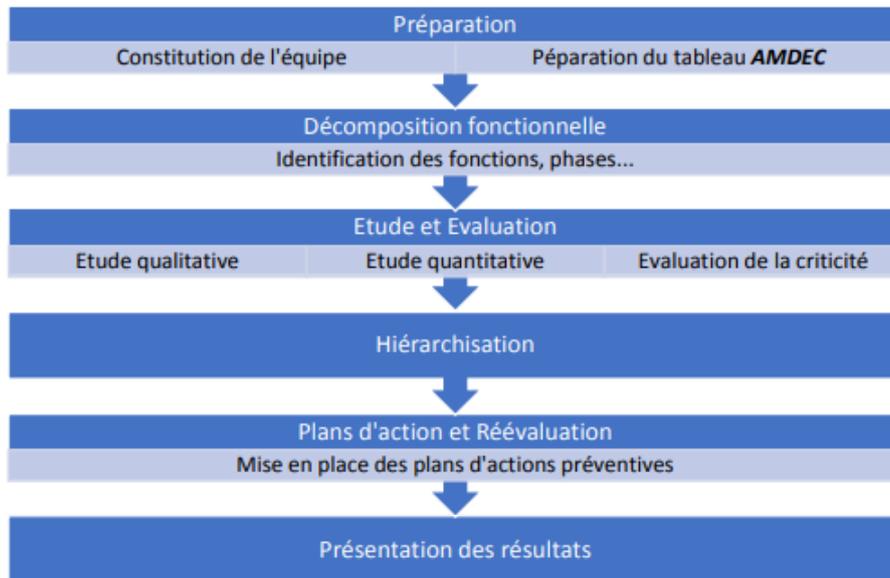


Figure III.6 : Etape AMDEC

### III.5.7 Phase de préparation

#### III.5.7.1 Constitution de l'équipe

Nous formons dans un premier temps une équipe d'experts dans différents domaines selon le type d'étude AMDEC à réaliser. Les membres de l'équipe sont également sélectionnés en fonction de leur expérience, de leur connaissance du système et du problème étudié, de leur niveau d'expertise et de leur capacité à collaborer avec les autres membres. L'équipe sera dirigée par un coordinateur qui devra être bien formé pour assurer le bon comportement de l'équipe ; c'est un facteur qui détermine le succès de l'application de la méthode AMDEC. Il est important de savoir que de bons résultats ne nécessitent pas un grand nombre de membres de l'équipe, mais de préférence entre 4 et 6 personnes, puisque la méthode nécessite la pleine contribution des membres et l'interaction entre eux [30].

#### III.5.7.2 Le tableau AMDEC

Après avoir constitué l'équipe idéal, le responsable est censé préparer le tableau AMDEC (Voir Tableau III.6) qui contient plusieurs colonnes : le numéro ou l'identifiant de la pièce, la fonction de la pièce, ses modes de défaillance potentielle, les causes possibles, les conséquences possibles, l'évaluation contenant l'IPR (Indice de Priorité des Risques), les actions préventives et/ou correctives proposées ainsi que les résultats (lors d'une réévaluation).

Tableau III.6 : Tableau AMDEC

Pièces Phases	Modes de défaillance	Cause possible	Effet potentiels					Action préventive	Résultats				
				G	F	D	C		G	F	D	C	

### III.5.7.3 Les définitions liées à l'AMDEC

Pour comprendre cette méthode, il est important de bien connaître les termes qui lui sont associés.

a) **Le mode de défaillance** : c'est la manière dont le système peut s'arrêter de fonctionner, S'écarter des spécifications prévues initialement, fonctionner anormalement, etc.

Il s'exprime en terme physique.

b) **La cause de la défaillance** : c'est l'anomalie pouvant conduire à la défaillance.

c) **L'effet de la défaillance** : ce sont les conséquences subies par l'utilisateur.

d) **La criticité** : c'est un moyen de déterminer l'acceptabilité de la situation par la combinaison de plusieurs facteurs.

En fonction de son activité ou du chef de projet, la méthode de cotation peut différer [31]

**Tableau III.7** : La criticité 'C' [32]

Niveau de criticité		Action correctives à engager
$1 \leq C \leq 10$	1	Aucune modification de conception/ maintenance corrective
$10 \leq C \leq 20$	2	Amélioration des performances de l'élément / maintenance préventive systématique
$20 \leq C \leq 40$	3	Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des éléments.  Surveillance particulière/ maintenance préventive conditionnelle / prévisionnelle
$40 \leq C \leq 64$	4	Remise en cause complète de la conception

### Grille de cotation de la Criticité

**Tableau III.8** : Fréquence 'F'

Fréquence d'occurrence		Définition
<b>Très faible</b>	1	Défaillance rare : moins d'une défaillance par an
<b>Faible</b>	2	Défaillance possible : moins d'une défaillance par trimestre
<b>Moyenne</b>	3	Défaillance fréquente : moins d'une défaillance par mois
<b>Forte</b>	4	Défaillance très fréquente : moins d'une défaillance par semaine

Tableau III.9 : Gravité 'G'

Fréquence d'occurrence		Définition
<b>Mineure</b>	1	Défaillance mineure arrêt, de production <2min aucune dégradation notable
<b>Significative</b>	2	Défaillance significative, arrêt de production de 2min à 20min, remis en état de courte durée ou petite réparation, déclanchement du produit
<b>Moyenne</b>	3	Défaillance moyenne, arrêt de production de 20min à 60min, changement matériel défectueux nécessaire
<b>Majeure</b>	4	Défaillance majeure, arrêt de production de 1h à 2h, intervention importante sur le sous-ensemble production des pièces non conformes
<b>Catastrophique</b>	5	Défaillance catastrophique, arrêt de production de 2h, intervention lourde nécessite des moyennes couteuses, problèmes de sécurité

Tableau III.10: Non détection 'D'

Probabilité de non détection		Définition
Détection évidente	1	Défaillance détectable à 100, Détection certaine de la défaillance, signe évident d'une dégradation, dispositif de détection automatique (alarme)
Détection possible	2	Défaillance détectable, signe de la défaillance facilement détectable mais nécessite une action particulière (visite)
Détection improbable	3	Défaillance difficilement détectable, signe de la défaillance difficilement détectable peu exploitable ou nécessite une action ou moyen complexe.
Détection impossible	4	Défaillance indétectable Aucun signe de défaillance.

**III.5.8 Application de la méthode AMDEC****III.5.8.1. Constitution de l'équipe**

En vue d'appliquer la méthode AMDEC sur note cas d'étude, une équipe se compose de monsieur BOUCHENAFI Menouar et mademoiselle ROUINA Ikram en qualité technicien d'étude en AMDEC et Monsieur BEY Mohamed en qualité de superviseur est construit.

**III.5.8.2. Tableau AMDEC**

Sur la base de l'historique des pannes et des interventions, nous avons construire le tableau suivant

Date de l'analyse : 12/05/2024	AMDEC –ANALYSE Des MODES DE DEFFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET LEURS CRITICITE						<b>Page :1/4</b>			
	<b>SYSTEME</b> :1.2 pure Tech		<b>SOUS SENSEMBLE</b> : Moteur				Nom :			
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	D	C	
Courroie de distribution	Transmission du mouvement	Mécanique	Usure de courroie	Perte de puissance du tout D'où casse moteur	Inspection de la courroie à travers le bouchon d'huile courroie HS problème courroie	4	4	2	32	changement de courroie distribution
boitier papillon	Réguler le débit d'air	Électrique	L'accumulation de dépôts de carbone	un ralenti irrégulier, une perte de puissance, une consommation accrue de carburant et l'activation du témoin de contrôle moteur.	Code scanner	1	2	2	4	changement de papillon

joint bouchon et filtre d'huile	Assure l'étanchéité du d'huile et élimine les impuretés de l'huile	Mécanique	Joint de bouchon vidange et filtre à huile défectueux	Consommation d'huile	Visuelle	1	1	1	1	Changement de joint bouchon et joint filtre huile
carter d'huile	Stocker, distribuer, refroidir l'huile moteur	Mécanique	Bien bouchée par des résidus de courroie	Défaut position arbre à came admission	le voyant défaut moteur qui s'allume	2	3	4	24	démontage pour inspection crépine changement de courroie
bougies	Provoquer l'étincelle	Electrique	Bruler (dure de vie )	nombreux ratés et le moteur tournait moins rond voiture commence à brouter. plus de puissance	le voyant moteur et service s'allume.	3	1	1	3	changement de bougie

la crépine	filtrer les impuretés de l'huile moteur	Mécanique hydraulique	totalemment obstruée par des dépôts, arrêter moteur	Défaut pression d'huile Par la suite provoque la casse de moteur	voyant "Service" s'allume ainsi qu'un message sur l'écran "Défaut moteur : faites réparer le véhicule"	4	3	3	36	nettoyage crépine
Injecteur	Injection du carburant	Mécanique Electrique	une perte soudaine de puissance sur l'autoroute, casse moteur, problème de combustion	augmentation de la consommation d'huile du moteur, usure accélérée de la courroie de distribution, mélange trop riche	voyant "défaut moteur "	1	4	2	8	Remplacement injecteur

Huile	Lubrification	Hydraulique	moteur Hors service, surconsommation d'huile	Mauvaise qualité d'huile	voyant rouge défaut pression huile moteur	1	3	1	3	Vidange de huile + changement de filtre
Liquide de refroidissement	Refroidir le moteur	Hydraulique	Fuite	Echauffement de moteur	Aiguille de la température	1	1	1	1	Vérification du circuit de refroidissement
Soupape	Approvisionnement la chambre de combustion	Mécanique	Encrassement	Problème moteur	voyant "défaut moteur	2	3	3	18	Changement de soupape

### III.5.9 Synthèse

#### III.5.9.1 Hiérarchisation des défaillances

Sur la base de l'analyse établie par AMDEC, on peut tracer le diagramme de figure III.7 qui représente la hiérarchisation des défaillances du plus critiques à moins critiques.

Le défaut le plus critique est bien la crépine suivi par le courroie, ces deux défaillances conduisent à la casse totale du moteur.

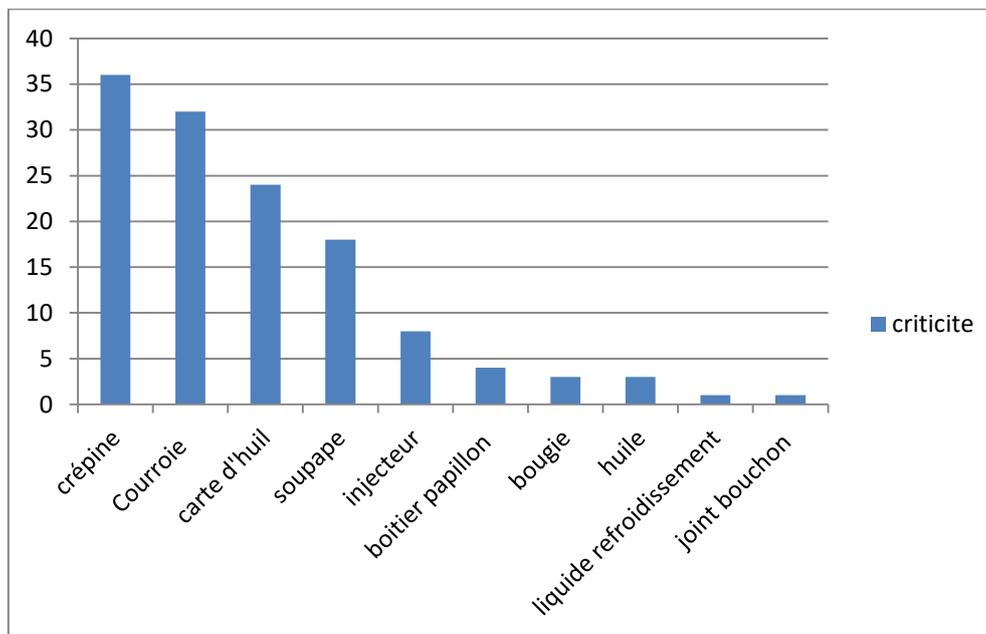


Figure III.7. Hiérarchisation des défaillances

#### III.5.9.2 Liste des points critiques

Selon cette analyse, les points critiques qu'on peut les citer concernant ce moteur sont :

- 1- Casse moteur
- 2- L'usure de courroie de distribution
- 3- La crépine

#### III.5.9.3 Liste des recommandations

Par la suite, on peut lister quelques recommandations pour ce moteur :

- 1- Changement de la chaîne de distribution en chaîne métallique
- 2- Vérification de la chaîne chaque 30k km, avec nettoyage des filtres et de la crépine
- 3- Utilisation d'huile spéciale

#### III.5.10 conclusion

Le chapitre 3 de ce mémoire de master se consacre à l'analyse dysfonctionnelle du moteur 1.2 ess PureTech. Dans le cadre de ce chapitre, nous avons construit l'arbre de défaillance du moteur pour identifier et analyser les diverses défaillances potentielles. Nous

avons également mis en œuvre la méthode AMDEC, ce qui nous a permis de hiérarchiser les défaillances, d'identifier les défaillances critiques et de proposer des suggestions pour régler ces défaillances. L'ensemble de ces travaux offre une perspective approfondie sur les dysfonctionnements potentiels du moteur 1.2 ess PureTech et suggère des voies d'amélioration pour optimiser sa performance et sa fiabilité.

## **Conclusion générale**

Ce mémoire de master se concentre sur une analyse approfondie des moteurs 1.2 PureTech, se penchant sur leurs fonctionnements fonctionnels et dysfonctionnels. Ce travail a été divisé en trois chapitres distincts, chacun se concentrant sur un aspect particulier de l'analyse.

Le premier chapitre offre une revue générale des moteurs à essence. Il ne se contente pas de survoler le sujet, mais plonge dans les détails, mettant en lumière les principes fondamentaux qui régissent le fonctionnement des moteurs à essence. Ce chapitre sert de fondement à notre compréhension des moteurs à essence, en établissant les bases nécessaires pour une analyse plus approfondie des moteurs spécifiques, comme le 1.2 PureTech.

Le deuxième chapitre se concentre spécifiquement sur le moteur 1.2 PureTech. Ce moteur est analysé sous tous ses aspects, y compris son fonctionnement et ses composants. Dans ce chapitre, nous avons décomposé le moteur, examinant chaque partie et chaque processus pour comprendre comment ils contribuent à l'ensemble du système. En examinant les détails minutieux, nous avons pu comprendre comment ce moteur spécifique fonctionne, ce qui nous a permis d'identifier ses forces et ses faiblesses.

Dans le troisième et dernier chapitre, nous avons porté une attention particulière à l'analyse des dysfonctionnements du moteur 1.2 PureTech. En utilisant l'arbre de défaillance et la méthode AMDEC, nous avons été en mesure d'identifier et d'analyser les nombreux problèmes que ce moteur a connus. Nous avons constaté que les problèmes les plus courants étaient liés à la courroie et à la crépine, qui ont conduit à la casse du moteur.

Cette analyse approfondie nous a permis de conclure que ce moteur n'est pas fiable. Il est très sensible aux pannes et nécessite un entretien rigoureux. C'est une conclusion troublante, car elle signifie que ceux qui utilisent ce moteur doivent être prêts à consacrer du temps et des ressources à son entretien.

Cependant, cette conclusion ne signifie pas que tout est perdu pour le moteur 1.2 PureTech. Au contraire, elle offre une opportunité. En identifiant les problèmes du moteur, nous avons également identifié des solutions possibles. Pour améliorer la fiabilité et la performance du

moteur, des changements dans sa conception sont nécessaires. Un des changements les plus significatifs serait le remplacement de la chaîne plastique par une chaîne métallique.

En somme, ce mémoire de master, en dépit de ses conclusions quelque peu déconcertantes, offre une voie vers l'amélioration. En identifiant les problèmes et en proposant des solutions, il offre un chemin vers un meilleur moteur 1.2 PureTech. Et, peut-être plus important encore, il souligne l'importance d'une analyse approfondie et d'un entretien rigoureux pour garantir la longévité et la fiabilité de tout moteur.

## *Références bibliographiques*

- [1] A.Taieb et Y. Ben Salem, 'cours machines thermiques', Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Kélibia, Tunisie, 2014/2015.
- [2] Oualid Medjnah, 'Detection Des Defauts Et Mode De Reparation Des Blocs Moteurs', Mémoire de Master en génie industrielle et maintenance, Université Mohamed Boudiaf - M'sila, 2017.
- [3] PAN Sovanna, 'Moteur thermique'; ITC/GIM, 2004
- [4] Hiroshi Yamagata, "Electrical Systems and Equipment (Third Edition)", The Science and Technology of Materials in Automotive Engines, 1992
- [5] Rouba Baroudi, 'Etude des moteurs thermiques (cas E.T.U.S Tlemcen)', mémoire master en maintenance industrielle, Université Abou Bekr Belkaid, 2014
- [6] BENCHERIF Mohamed, 'Moteurs à Combustion Interne, Combustion et Eléments de Carburation', Polycopié destiné aux étudiants de Licence et Master LMD, Options : Energétique, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran - Mohammed Boudiaf, 2018.
- [7] <https://www.planeterenault.com/1-gamme/45-moteurs/>, consulté le : 27/04/2024
- [8] <http://www.feline.cc/dossiers/motorisations/eb2/> consulté le : 27/04/2024
- [9] <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/vers-une-nouvelle-generation-de-moteurs-a-essence-a-haut-rendement-89631/> consulté 12/05/2024
- [10] LE MOYNE Luis, 'Moteur thermique et enjeux du changement climatique', Technique de l'ingénieur, 2021.
- [11] Francis John Kean, 'The Petrol Engine', Project Gutenberg eBook, 2017.
- [12] <https://www.autojournal.fr/pratique/problemes-courants-moteur-essence-310195.html#item=1>), consulté le 25/05/2024.
- [13] ABIDI Saad Aissa, BARMAKI Abderrahmane, BENARIMA Mohamed Elhadi et KHELAFI Abdesselame, 'Etude et maintenance du moteur CAT 3512', Université Kasdi Merbah Ouargla, 2016
- [14] B. Mustapha, G. Abderahim et S. Noureddine, 'Maintenance des moteurs a essence', mémoire master en maintenance industrielle, université de Ouargla, 2019
- [15] B. Randa, 'Étude et conception d'un moteur à combustion interne à quatre temps', mémoire master en construction mécanique, université de Tebessa, 2021
- [16] S. Zineddine, 'Etude thermodynamique, cinématique et dynamique d'un moteur à combustion interne', mémoire master en construction mécanique, université de Guelma 2019,

- [17] Dossier technique, Unité B - Analyse des systèmes et contrôle des performances.
- [18] Solene Zablou, Martine Paindorge, 'Le Baccalauréat professionnel de la Maintenance des véhicules. Quelles évolutions de 1990 à 2015?', chapitre, Lille, France. pp.285-298, 2015.
- [19] Manuel de réparation : SSP 045 Moteurs À Essence Trois Cylindres 1,2 L
- [20] Guide de l'utilisateur MT-MOTEUR-DFAP-BSI, Moteur diesel HDI DV6C, Document n° 00297028-v1, EXXOTEST, France, 2018
- [21] <https://www.scribd.com/document/395087426/Presentation-EBD>, consulté le 12/04/2024.
- [22] W.E. Vesely, F.F.Goldberg, N.H. Roberts, D.F. Haasl, "Fault tree handbook", US nuclear Regulatory commission, NUREG report 0492, 1981.
- [23] Kassas Bachir, 'Application de l'arbre de défaillance « Fault-tree » pour le système du ballon à vapeur au niveau de l'unité Production Ammoniac', mémoire master en maintenance industrielle et fiabilité, université de blida, 2017
- [24] B. Rabah et O. Mokhtar, 'Arbre de défaillances des garnitures mécaniques pour pompes centrifuges multicellulaires', mémoire master en maintenance industrielle, université de tiaret, 2020.
- [25] B. Abdelhak et M. Mimouna, 'Diagnostic de défaut d'un four électrique par la méthode de l'arbre de défaillance', mémoire de master en maintenance industrielle, université de tiaret, 2023.
- [26] Belhadj Djilali Abdelkadir, 'Maintenance et sûreté de fonctionnement', polycopie de cours, université de chlef, 2020.
- [27] E. Hergon, H. Crespeau, P. Rouger, 'Modes de défaillance du processus transfusionnel. Intérêt de l'analyse prévisionnelle de sûreté de fonctionnement', Transfusion Clinique Et Biologique, v:01, pp:379-386,1994.
- [28] Joseph Kélada, 'l'AMDEC, École des Études Commerciales : Centre d'étude en qualité totale', 1994.
- [29] Faucher Jean, 'Pratique de l'AMDEC', Série Performance industrielle, Dunod, 2019
- [30] Gérard Landy, ' AMDEC : Guide pratique', Afnor, 2011
- [31] Guigon Clarisse, ' AMDEC : définition et mise en œuvre', 2023, disponible sur : '<https://www.manager-go.com/management-de-la-qualite/amdec.htm>, consulté le : 22/05/2024.
- [32] S.Baghdad et A. Bendeghmiche, 'Contribution À L'étude De Maintenance D'un Four Électrique', Mémoire de Master en maintenance industrielle, Université Ibn Khaldoun - Tiaret, 2021.

[33] M. Medjout et H.A. Hassaine, 'Transformation du moteur diesel F4L912 en dual fuel (Gasoil-GNC)', mémoire d'ingénieur, ENP, 2016.

## **الملخص**

من خلال دراسة محرك البنزين PureTech 1.2 في الوضع الوظيفي والخلل الوظيفي، يمكننا تحليل موثوقيته وتبسيط الضوء على المشاكل المتعلقة بحزام التوقيت والمكونات الأخرى.

في سياق هذه المذكرة الخاصة بدراسة محرك البنزين PureTech 1.2 في الوضع الوظيفي والخلل الوظيفي، يمكن استخدام مخطط الأعطال من تمثيل مختلف الأعطال المحتملة للمحرك وتحليل الأحداث والظروف الأساسية التي يمكن أن تؤدي إلى هذه الأعطال. من ناحية أخرى، يمكن أن يساعدنا مخطط AMDEC في تحديد أهم أسباب فشل المحرك وتحديد التدابير الواجب اتخاذها لتحسين موثوقيته.

الكلمات المفتاحية : محرك PureTech 1.2, طريقة العمل, تحليل الاعطال, مخطط الاعطال.

## **Résumé**

L'étude du moteur 1.2 essence PureTech en mode fonctionnel et dysfonctionnel permet d'analyser sa fiabilité, en mettant en évidence les problèmes rencontrés au niveau de la courroie de distribution et d'autres composants.

Dans le contexte de ce mémoire sur l'étude du moteur 1.2 essence PureTech en mode fonctionnel et dysfonctionnel, l'utilisation de l'arbre de défaillance pourrait nous permettre de représenter les différentes défaillances possibles du moteur et d'analyser les événements de base ainsi que les conditions qui peuvent conduire à ces défaillances. Le Tableau AMDEC, quant à lui, pourrait nous aider à identifier les causes les plus importantes des défaillances du moteur et à déterminer les mesures à prendre pour améliorer sa fiabilité.

**Mots-clés :** 1.2 PureTech, fonctionnement, analyse dysfonctionnel, arbre de défaillance, AMDEC.

## **Abstract**

By studying the 1.2 PureTech petrol engine in functional and dysfunctional modes, we can analyse its reliability, highlighting problems with the timing belt and other components.

In the context of this dissertation on the study of the 1.2 PureTech petrol engine in functional and dysfunctional mode, the use of the fault tree could enable us to represent the various possible failures of the engine and to analyse the basic events as well as the conditions that can lead to these failures. The AMDEC Table, on the other hand, could help us identify the most important causes of engine failure and determine the measures to be taken to improve its reliability.

**Key words:** 1.2 PureTech, working, dysfunctional analysis, fault tree, AMDEC.