REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de Technologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Construction mécanique

Thème :

ETUDE DES PERFORMANCES DES FILTRES DES VEHICULES – A HUILE ET A AIR.

Présenté par :

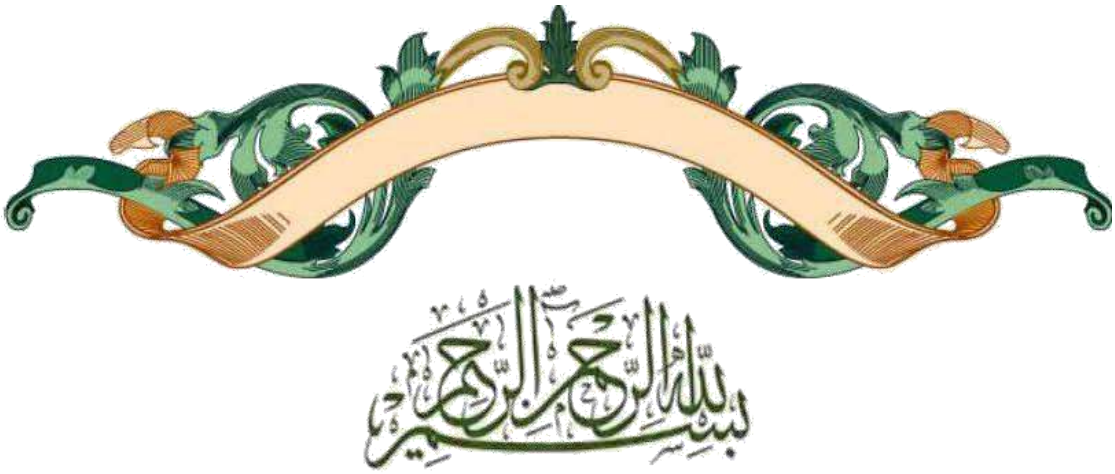
Mohamed Sohaib Mazouz

Proposé et Dirigé par :

Pr M.N BOUAZIZ

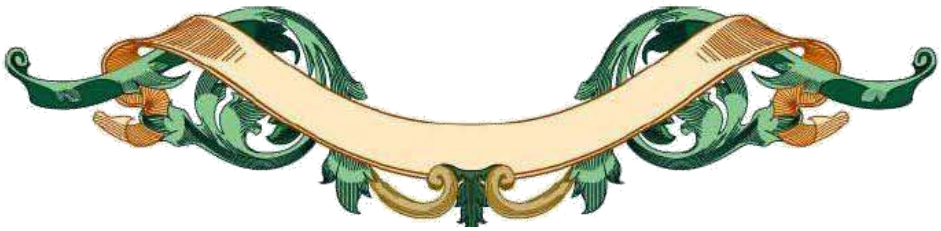
DR.A.M BOUAZIZ

Promotion juin 2021



بسم الله الرحمن الرحيم

"رب أوزعني أن أشكر نعمتك
التي أنعمت عليَ وعلى والديَ
وأن أعمل صالحا ترضاه
وأصلح لي في ذريتي
إني تبت إليك و إني من المسلمين"
صدق الله العظيم



Remerciements

Mes remerciements s'adressent d'abord à Dieu le tout puissant et miséricordieux de m'avoir donné la force et la patience pour achever ce modeste travail.

En second lieu, je remercie vivement mon cher promoteur, Pr. Bouaziz Mohammed Nadjib ainsi que Dr A.Manal Bouaziz pour leurs disponibilités et leurs conseils précieux, leurs orientations et leurs efforts élaborés pour réaliser ce travail.

Mes profonds remerciements vont également à toute l'équipe de l'entreprise des frères Bouali « SARL EL ITIFAK ALSAFA FILTRES », de m'avoir facilité l'accès au sein de leur établissement ainsi que pour leurs conseils et disponibilité.

Mes vifs et sincères remerciements s'adressent également aux membres du jury, de nous avoir fait l'honneur d'évaluer et d'examiner ce travail.

Je remercie infiniment le corps des enseignants de la faculté de Génie mécanique, université Yahia Farès de Médéa pour leurs efforts à nous garantir l'aboutissement du programme de LICENCE et MASTER.

Ces remerciements ne seraient pas complets sans associer toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

À la mémoire de
Mon cher père, paix à son âme,
Et ma mère adorée qu'
Allah la protège,
Je dédie
Ce travail car
Je leur dois
tout ce que je
Je suis.

Dédicace à ma famille
Et mes amis
Et tous qui ont
Contribué de près
Ou de loin.

TABLE DES MATIERES

Liste des figures

Liste des Tableaux

Résumé

Revue de littérature

introduction générale

1 Notions et généralités sur la lubrification : 19

1.1 Historique 19

1.2 Huile moteur et système de lubrification : 21

2 La contamination de l'huile moteur 27

3 Lubrifiants moteur : 29

3.1 Définition : 29

3.2 Rôle du lubrifiant : 29

3.2.1 Huile minérale : 30

3.2.1.1 Les avantages de l'huile minérale : 30

3.2.1.1.1 Les limites de l'huile minérale : 30

3.2.2 Huile synthétique : 30

3.2.2.1 Les avantages de l'huile synthétique 30

3.2.2.1.1 Les limites de l'huile synthétique 31

3.3 Les grades des huiles moteurs : 31

3.4 Les grades des l'huiles existante : 32

3.4.1 Les huiles monogrades : 33

3.4.1.1 L'avantage de l'huile monograde : 33

3.4.2 Les huiles multigrades : 33

3.4.2.1 L'avantage de l'huile multigrade : 34

3.5 Étude approfondie sur la classification du lubrifiant : 34

3.6 La Norme SAE 34

3.7 Classification selon le service : 36

4 Les Normes et les Spécifications les plus fréquents 37

4.1 Définition d'une Norme 37

Le niveau de performance de la norme : 37

4.2 Définition d'une Homologation 38

4.3 Organismes de Normes : 38

4.3.1 Normes Moteurs Essence : 38

4.3.2 API : 38
A) API ESSENCE 40
B) API DIESEL 4142
4.4 Normes pour véhicules Légers : 42
5 CCMC : Comité des constructeurs du Marché Commun 43
5.1 A) CCMC DIESELS LEGERS 43
5.2 B) CCMC DIESEL VEHICULES INDUSTRIELS : 44
5.3 SPECIFICATIONS ACEA 44
5.4 Description des Normes et des Catégories : 44
5.5 c)Moteur diesel lourds : 46
6 Différentes types d'huiles à utiliser : 46
❖ Les huiles pour kilométrages élevés : 47
Chapitre 2 : filtration 49
7 Filtration de l'huile : 50
7.1 Notion et généralités sur les filtres 50
7.2 Introduction 50
7.3 Généralité sur les filtres 50
7.4 FILTRATION : 50
7.4.1 DÉFINITION ET PROPRIÉTÉS : 50
7.4.2 Principe de la filtration 51
7.5 Types de filtrations : 52
7.6 Technique de filtration : 52
7.7 L'efficacité de filtration 53
7.8 Phénomènes de filtration : 54
7.8.1 Effet d'inertie 54
7.8.2 Effet de barrière : 55
7.8.3 Effet de diffusion : 55
7.9 Tracé de la différence de pression en fonction du temps 56
7.10 Ordre de grandeur des différentes particules : 57
8 Type des filtres automobiles : 57
Il existe Cinq types des filtres des véhicules : 57
8.1 Filtre d'habitacle : 57
8.1.1 Raisons pour lesquelles il faut changer le filtre d'habitacle : 57
8.2 Filtre à air : 58
➢ Forme du filtre à air pour voiture : 58
La photo ci-dessous montre les différents types du filtre à air 58
8.2.1 Raisons pour lesquelles il faut changer le filtre à air : 59
8.2.2 Erreurs de manipulation 59

8.2.3 Les types des Filtres à Air 60
8.2.3.1 Le filtre standard : 60
8.2.3.2 Le filtre à Charbon actif : 61
8.2.4 Intervalle de remplacement et dommages consécutifs **:** 61
8.3 Le filtre à carburant : 62
8.3.1 Raisons pour lesquelles il faut changer le filtre à carburant : 62
8.4 Le filtre à particule : 63
8.4.1 Fonctionnement du filtre à particules : 64
8.4.2 Fonctionnement du filtre à particule : 64
1. Collecte des particules émises : 64
2. Élimination des particules polluantes : 65
8.4.3 Les symptômes du FAP encrassé : 65
8.5 Le filtre à huile : 65
8.5.1 Raisons pour lesquelles il faut changer le filtre à huile : 65
9 Les Types de filtre à l'huile : 66
9.1 Les filtres à l'huile permanents : 66
9.1.1 Les filtres à nettoyer : 66
9.1.2 Opération de nettoyage des filtres permanents : 67
9.1.3 Les filtres dits "by-pass" (ou en dérivation) : 68
9.1.3.1 Fonctionnement d'un Filtres Trabold : 69
9.1.3.2 Avantages du filtrage fin dans la gamme micro : 70
9.2 Les filtres à l'huile conventionnels : 70
9.2.1 Caractéristiques de la conception des filtres à huile conventionnels 70
➢ Filtres à huile à passage intégral : 70
9.2.1.1 Le filtre à l'huile à visser : 72
9.2.1.2 Filtre à l'huile en cartouche : 72
9.2.2 Propriété du filtre à passage intégrale : 75
➢ Filtres à huile by-pass et combinés 77
9.3 Classification des méthodes et moyens de filtration 83
9.3.1 Bases de la théorie et du calcul des systèmes de filtrage 83
10 S.A.R.L EL Itifak: 89
10.1 L'unité Al-Safa : 89
10.2 Certificat ISO : 89
11 Les étapes de fabrications d'un filtre à l'huile : 91
11.1 Partie mécanique : 91
11.2 Partie montage : 93
11.3 Traitement thermique : 94
11.4 Régimes d'écoulement dans les différentes zones 96

11.5 Sertissage : 99
11.6 Processus de fabrication et montage filtre à l'huile : 99
12 Etude N°1 : 103
12.1 CAPTURE SUR LES CONTRAINTES : 105
12.1.1 Capture sur les contraintes de von mises 106
12.1.2 Capture sur les contraintes de déplacement : 107
12.1.3 Capture sur les contraintes de déformation 107
12.1.4 Capture pour Coefficient de security 108
12.1.5 Contrainte de la fatigue 109
12.2 CAPTURE SUR LES CONTRAINTES : 109
12.2.1 Capture sur les contraintes de von mises 110
12.2.2 Capture sur les contraintes de déformation 110
12.2.3 Capture sur les contraintes de déplacements 111
12.2.4 Capture pour Coefficient de security 111
12.3 CAPTURE SUR LES CONTRAINTES : 112
12.3.1 Capture sur les contraintes de von mises 112
12.3.2 Capture sur les contraintes de déformation 113
12.3.3 Capture sur les contraintes de déplacements 113
12.3.4 Coefficnet de security : 114
12.4 CAPTURE SUR LES CONTRAINTES : 117
13 Description 118
14 Hypothèses 119
16 Informations sur le modèle 119
17 Propriétés de l'étude 120
18 Unités 121
19 Propriétés du matériau 121
20 Actions extérieures 122
21 Définitions des connecteurs 122
22 Informations sur le contact 123
23 Informations sur le Maillage 123
24 Détails des capteurs 123
25 Forces résultantes 123
25.1 Forces de réaction 123
25.2 Moments de réaction 123
26 Poutres 124
27 Résultats de l'étude 125
Conclusion 127
Références Bibliographiques

25.2 Moments de réaction 123
26 Poutres 124
27 Résultats de l'étude 125
Conclusion 127
Références Bibliographiques
Annexes

LISTE DES FIGURES

Figure01:Le diagramme de flux du système d'huile [13]. 26
Figure 02:le systeme de lubrification du moteur [14] 27
Figure03:Decrypter les indications d'un bidon d'huile moteur[27] 32
Figure04:Represente la différence de signe entre huile monogrades et multigrades[28] 33
Figure 05: représente la simple méthode pour choisir notre huile moteur en toutes simplicité. 48
Figure06: Represente la filtration frontale. 52
Figure 07:photo représente la filtration tangentielle[34]. 53
Figure 08:schéma représente l'Effet d'inertie. 54
Figure 09: schéma représente l'effet barrière. ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 10:schéma représente l'effet de diffusion. 55
Figure 11:un tracé représente la différence de la pression en fonction du temps[35]. 56
Figure 12:photo représente les grandeurs captes par le filtre[35] 57
Figure 13:photo représente la différence entre un filtre neuf et colmaté. 58
Figure 14:photo représente les différents types du filtre à air. 59
Figure 15: représente des erreurs de manipulation. 59
Figure 16: représente des erreurs de manipulation 60
Figure 17:photo représente le filtre standard. 60
Figure 18:photo représente le filtre à charbon actif. 61
Figure 19:photo montre la différence entre filtre nouveau et usagé. 61
Figure 20:photo représente le filtre de conduite gasoil de carburant. 62
Figure 21:photo représente le filtre remplacement. 62
Figure 22: Photo représente les trois types de filtres à carburant. 63
Figure 23:photo représente la structure du FAP. 63
Figure 24:photo fonctionnement du FAP. 64
Figure 25:photo représente un filtre à nettoyer. 67
Figure 26: représente un autre model du filtre à nettoyer. 67
Figure 27:photo représente un filtre Trabold et ça cartouche. 69
Figure 28: représente la conception du filtre Trabold. 69
Figure 29:représente le filtre Trabold. 69
Figure 30: Schéma de l'agencement du filtre a visser. 71
Figure 31: représente le flux d'huile à travers un filtre à huile a visser. 71
Figure 32: représente un filtre a visser et ça cartouche. 72
Figure 33: représente le filtre a cartouche. 73
Figure 34:photo représente le filtre en boitier. 73
Figure 35: représente la structure d'un filtre à l'huile[87]. 74
Figure 36:mouvement de l'huile dans le filtre amont aval. 75
Figure 37:photo représente la conception la plus courante des filtre a visser. 75
Figure 38:photo représente le schéma de l'agencement du filtre de dérivation. 78
Figure 39: filtre à huile de dérivation Fleetguard composé d'un élément filtrant combiné. 78
Figure 40:représente le filtre à huile triple-R by-pass. 80
Figure 41:montre le flux de l'huile dans le filtre by-pass. 80
Figure 42:photo représente les composants du filtre by-pass. 80
Figure 43: représente différentes gamme des filtre Safa [94]. 89
Figure 44:photo représente la localisation sur Google Maps de l'entreprise. 90
Figure 45:photo démontre la géolocalisation de l'entreprise SARL EL ITIFAK ALSAFA FILTRES. 90
Figure 46: représente la schématisation de l'opération emboutissage[58] 92
Figure 47: représente l'opération forgeage en estampage [61] 93
Figure 48 :caractérisation géométriques des filtres plissés par le pas et la hauteur de pli[32] 93

Figure 49: représente le pliage en accordéon. 94
Figure 50: schéma représentatif de la géométrie plissée du filtre. 96
Figure 51: dispositif de filtration. 96
Figure 52: représente l'opération sertissage[58] 99
Figure 53: représente la doublure (1) et la peau (2) dans un filtre à l'huile. 99
Figure 54: processus de fabrication et montage filtre à l'huile 101
Figure 55 : filtre à huile d'étude 103
Figure 56 : photo représente le maillage 104
Figure 57: C de Von mises C de déformation C de déplacement 104
Figure 58: représente le capture sur les contraintes 106
Figure 59: représente les captures sur les contraintes de Von mises. 107
Figure 60: représente les captures sur les contraintes de déplacement. 107
Figure 61: représente les captures sur les contraintes de déformation. 108
Figure 62 : représente les captures pour Coefficient de Security. 108
Figure 63 : représente la contrainte de la fatigue. 109
Figure 64 : représente les captures sur les contraintes pour p=18bar. 109
Figure 65 : représente capture sur les contraintes de Von mises. 110
Figure 66 : représente capture sur les contraintes de déformation . 110
Figure 67: représente le capture sur les contraintes de déplacements. 111
Figure 68: représente le capture pour Coefficient de Security. 111
Figure 69 : représente les captures sur les contraintes pour p=30bar. 112
Figure 70 : représente les captures sur les contraintes de Von mises. 112
Figure 71: représente les captures sur les contraintes de déformation. 113
Figure 72: représente les captures sur la contraintes de déplacements. 113
Figure 73 : photo représente le capture de Coefficient de Security. 114
Figure 74: démonstration graphique des résultats de l'analyse statique. 115
Figure 75 : représente Les précipités de l'huile oxydée dans le moteur……..127

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01: un résumé des limites de viscosité aux températures considérées[29] 35
Tableau 02 : représente les normes API essence 40
Tableau 03: représente les normes API diesel 41
Tableau 04 : représente les normes diesel légers 43
Tableau 05 : représente les normes de CCMC diesel véhicules industriels 44
Tableau 06 : représente les différentes normes et ces catégories 44
Tableau 07 : représente les normes véhicules diesel lourds 46
Tableau 08 : représente les paramètres clés des filtres a huiles a passage intégral 76
Tableau 09 : Caractéristiques géométriques du filtre plissé étudié 95
Tableau 10 : Contraintes 104
Tableau 11 : représente la pression constante a 6 Bar. 116

RESUME

Actuellement, dans tous les pays où l'industrie automobile est développée, une grande attention est accordée à l'amélioration de l'efficacité des moteurs automobiles.
Cela veut dire améliorer l'huile avec des caractéristiques de fonctionnement élevées qui nous donne une meilleure lubrification et protection des moteurs, et meilleure lubrification signifie une longévité de la vie du moteur.
Notre objectif est d'éffectuer une recherche sur l'impact de l'huile moteur sur le système de filtration dans le cas où on utilise une huile de qualité médiocre, ou bien si un prolongement de la durée du vidange est actée par le propriétaire du véhicule.
Notre étude consiste à analyser le phénomène d'augmentation de la température d'huile à des degrés effrayants de 150° jusqu'à 250° ce qui implique une augmentation de l'ébullition d'huile qui ainsi s'évapore.

Comme conséquence, l'éclatement du filtre qui est un acte grave induisant d'autres risques sur les pièces adjacentes est particulièrement observé. Donc l'objectif du travail de cette thèse est d'étudier la résistance du filtre à l'huile contre l'éclatement sous l'effet de différents paramètres tels que la pression et la température appliquées sur la tôle du filtre, et on prend l'huile comme centre de pression et température.

La **température de l'huile** peut atteindre 130 °C dans les **moteurs** essence ou Diesel en fonctionnement normal, et 140° pour une conduite musclée, mais est en général limitée à ~100 °C par des échangeurs (radiateur d'huile ou échangeur huile/eau) pour éviter toute dégradation.

On va éffectuer deux essais de simulation sur le comportement du filtre à l'huile en tenant en compte des variations de la pression et la température entre les conditions normales et les conditions exceptionnelles.

L'étude va particulièrement nous fournir des informations sur la résistance du filtre contre l'éclatement dans ces circonstances extremement difficiles.

REVUE DE LA LITTERATURE

Thèse N° 1 : Étude du comportement d'un filtre à huile d'automobile

charef Zidane à développé une simulation du comportement du filtre sous des conditions de service de **130 °C** et **5 bars** afin de vérifier les déformations du corps de filtre. L'auteur à utilisé SolidWorks comme outil de travail. L'objectif de cette étude est de voir le comportement de filtre à l'huile sous certaine condition de pression.

L'auteur a simulé sous des conditions de service de 130 °C et 5 bars faisant en sorte que des simulations soient réalisées dans le but de vérifier la déformation du corps du filtre. Il a été réalisé une dizaine de simulation.

L'auteur a conclu de l'étude que l'épaisseur de 0.5 mm de la tôle utilisée pour la fabrication du corps du filtre est surdimensionnée et que l'épaisseur de 0.38 mm est l'épaisseur optimale pour le filtre en question, elle permet de faire 20% d'économie de matière ce qui rend le filtre plus compétitif de point de vu prix de reviens.

Thèse **N° 2 :** étude et modélisation du colmatage d'un filtre plissé

Kader BENMACHOU cherche à analyser et de modéliser par suite le colmatage d'un filtre plissé au cours d'un processus de filtration d'un liquide chargé de particules solides de différentes tailles. L'enjeu consiste à considérer le problème à différentes échelles. Dans une première approche, la filtration est étudiée à l'échelle du milieu fibreux en s'affranchissant de l'aspect hydrodynamique et de la géométrie du filtre plissé, son travail a été réalisé en deux partie, La première partie de travail est consacrée à l'analyse et à la modélisation de la filtration à travers un matériau fibreux. Dans une deuxième partie, l'écoulement du fluide ainsi que le transport et la capture desparticules sur un pli puis sur un élément filtrant constitué d'un grand nombre de plis.

Le but de cette recherche est de déterminer par voie numérique le comportement des filtres plissés pour limiter le recours à des tests expérimentaux et dégager quelques règles générales pour la conception de ces filtres.

Thèse **N° 3 :** Enquête sur un nouveau média filtrant polymère pour la filtration de lubrifiants automobiles

L’objectif de la recherche de Segiv Botov est d'étudier l'influence du média filtrant en polymère sur la qualité de filtration des lubrifiants automobiles et de démontrer les avantages et les caractéristiques uniques du média filtrant polymère

L’auteur veut montrer les différents impacts sur la filtration de l'huile fournie par le média du filtrant polymère utilisé dans les filtres à huile et compare ses performances par rapport au média filtrant en papier utilisé dans les tests de filtres à huile conventionnelle.
Le résultat de cette recherche établit les caractéristiques pertinentes du nouveau média filtrant polymère, largement testé pour la filtration des lubrifiants automobiles.

Thèse N° 4 : Étude expérimentale et numérique du colmatage de filtres plisses
Pierre-Colin Gervais a présenté la conception et les performances des médias fibreux ainsi que l’influence des conditions opératoires, pour les media filtrant plan et plissé en présence de colmatage.
L’auteur à réalise une simulation qui montre les écoulements d’air à l’intérieur de médias fibreux présente le calcul de la perte de charge d’un pli particulier.
À la fin il visualise le comportement des filtres plissés au cours du colmatage et discute les résultats et les calculs obtenus par la simulation

THESE N° 5 : Optimisation et simulation des paramètres du procédé de filtration. cas Arcelor Mittal Steel.
Benouis Bornia a fait une étude de simulation qui consiste à étudier les effets de différents paramètres au cours de la filtration sur le gâteau du filtre (papier filtrant ou bien le media filtrant)

Lors de la filtration, l’auteur varie les conditions initiales des paramètres comme la dimension des particules, la concentration en solides et la pression appliquée sur la résistance spécifique apparente.

Les résultats obtenus à partir du test de filtration ont indiqué que la taille des particules était un facteur très important dans le processus.

INTRODUCTION GENERALE

Dès que les pièces en mouvement se touchent ou s'engrènent les unes dans les autres, des frottements apparaissent.

Afin d'en juguler les effets néfastes, on utilise comme lubrifiant une huile minérale ou synthétique qui crée un film de glissement entre les pièces mécaniques en mouvement. Cette fine couche séparatrice fait office de tampon et permet aux pièces de glisser en empêchant tout contact direct. La lubrification ne peut bien sûr fonctionner parfaitement que si l'huile reste propre.

Toute impureté, même microscopique, est inacceptable, car elle forme une pâte abrasive qui accélère énormément l'usure des pièces du moteur.

Les zones critiques du moteur sont les zones de travail des cylindres, les pistons, les segments de piston, les soupapes, les joints, les vilbrequins et les coussinets de bielle. Les corps étrangers pénètrent non seulement directement dans le moteur, sous forme de sable ou de particules sableuses via le carburant ou l'air d'aspiration, mais ils peuvent également agir indirectement sur le système en accélérant l'usure et la survenue de dysfonctionnements, sous la forme de particules d'abrasion métalliques, de résidus d'une combustion incomplète ou de petites fibres, particules de plastique ou de caoutchouc.

Le vieillissement du lubrifiant est dû aux processus oxydatifs se produisant dans sa base. En conséquence de réactions chimiques, ce dernier est responsable des sédiments négatifs :

1. Des substances de carbone solides déposées pendant l'opération de moteur sur les surfaces de la chambre de combustion
2. Des films d'huile oxydés formant une couche abrasive collant sur des surfaces de contact. Sous l'influence des hauts degrés, Ils se composent de carbone, d'hydrogène, de cendres et d'oxygène.

Les précipités de l'huile oxydée sont des mélanges de contaminants d'émulsion avec des produits d'oxydation. Elle se forme par l'utilisation des lubrifiants de qualité médiocre qui mène à la dégradation de fonctionnement du véhicule, ce qui peut provoquer une surchauffe dangereuse de l'huile. La surchauffe de l'huile fait augmenter le coefficient d'ébullition d'huile. Ainsi, dans l'huile bouillante, la bulle et la fumée sont inacceptables lors du fonctionnement du moteur. L'huile de moteur bouillit quand La température atteint 250 °C. Dans ce cas, le lubrifiant est dilué, et sa faible viscosité indique une lubrification de mauvaise qualité ce qui mène à des dommages à toute la partie mécanique du moteur.

Cette étude menée a été développée en quatre volets comportant les principaux travaux réalisés à savoir :

Le chapitre 1 décrit le contexte général et détaillé dans lequel se situe le travail, c'est-à-dire on parle sur les lubrifications et le lubrifiant, les différents types des huiles moteurs où on mentionne chaque type d'huile par les caractéristiques techniques, et cela va nous permettre

de bien choisir l'huile idéale pour chaque moteur (essence ou diesel) car le bon choix d'huile va nous apporter plein d'avantages sur le plan économique et technique

Le chapitre 2 est consacré à la description théorique et aux notions essentielles sur la filtration, les différents types de filtrations c'est-à-dire on cite tout type de filtre qu'on peut trouver dans la voiture, (Filtre à air, filtre à l'huile, filtre habitacle, filtre de carburant, filtre habitacle et filtre FAP pour les voiture diesel),

Le chapitre 3 : est consacré à la partie pratique, les essais contre l'éclatement des filtres où on a pu réaliser sur un banc d'essais au niveau de l'unité de fabrication des filtres SARL SAFA situé à Ain M'Lila Oum el Bouaghi, les essais vont nous permettre de définir la résistance maximale d'un filtre et la comparer avec les normes de sécurité prise par la société SAFA.

Le banc d'essais nous permettra aussi de définir la résistance, en appliquant une pression d'huile bien définie. Notre recherche consiste finalement à vérifier la résistance suivant les indicateurs de la pression et la température simultanément, cela mènera donc à la nécessite de réaliser une simulation en 3D en utilisant SolidWorks,

On va faire deux essais sur le comportement du filtre à l'huile en tenant en compte de variation de la pression et la température entre les conditions normales et les conditions exceptionnelles.

Le 1er essai est de varier les pressions pour une température constante car plusieurs causes peuvent apparaitre telle une obstruction quelconque dans le circuit d'huile ou bien une présence de matières qui s'agglomèrent et pouvant constituer un obstacle, la pression est liée à la section d'écoulement qui peut changer dans le circuit.

Le 2^{éme} essai est de varier les températures pour une pression constante si par exemple le moteur n'est pas bien refroidi (il chauffe) due au système de refroidissement défaillant ou insuffisant...l'huile est transformée alors thermodynamiquement à sa température d'ébullition, et des bouffées de gaz se dégagent provoquant même une pression élevée si elles ne peuvent s'échapper.

Le dernier chapitre présente l'ensemble des résultats expérimentaux obtenus par la simulation,

On analysera les données qui mettent en évidence l'influence de la température et la pression d'huile sur la tôle du filtre, suivie d'une discussion sur les résultats obtenus pendant chaque phase de simulation,

Les conclusions générales tirées à partir des résultats d'expériences de simulation réalisées dans cette thèse viennent clore ce manuscrit.

Chapitre 1
Lubrification

1 Notions et généralités sur la lubrification

Aux taux modernes de consommation d'huile moteur, il est nécessaire de parvenir à une utilisation prolongée de l'huile moteur. Parallèlement à l'amélioration de la conception des moteurs, à l'optimisation de la capacité d'un système de filtration et à la réduction de la consommation d'huile dans la fumée d'huile, une réduction considérable de la consommation d'huile pourrait être obtenue par l'application de systèmes combinés de filtration d'huile très efficaces, conduisant à des cycles de vie d'huile prolongés.

Il a été constaté que les propriétés de l'huile moteur ne changent pas considérablement sur le plan chimique et ne s'aggravent pas à la suite de l'utilisation de l'huile moteur. En fait, on constate une augmentation de la teneur en substances polluantes suivantes : suie, eau, soufre, particules métalliques et non métalliques, ce qui entraîne un vieillissement rapide de l'huile moteur et donc son remplacement. On a également conclu que l'application des méthodes existantes de filtration de l'huile et les huiles améliorées à forte teneur en additifs ne permettent pas d'augmenter de manière significative la durée de vie de l'huile moteur.

1.1 Historique

Un certain nombre d'essais sur le terrain à grande échelle ont été menés en Europe et aux États-Unis, financés par les gouvernements respectifs. Les objectifs de ces essais étaient de valider l'efficacité de divers systèmes de filtration de l'huile et de filtres, ainsi que de démontrer que l'huile moteur peut être utilisée pendant des périodes beaucoup plus longues.

Par exemple, en 2003, aux États-Unis, dans le cadre du programme FreedomCAR & Véhicule Technologies du ministère américain de l'Énergie, intitulé "Oil Bypass filter Technology Evaluation", les essais sur le terrain ont été menés par le Idaho National Engineering and Environmental Laboratory Transportation Technology and Infrastructure Department.

Leur rapport publié "Oil Bypass Filter Technology Evaluation" détaille l'évaluation de la flotte d'un filtre à huile en dérivation. Huit autobus à moteur diesel à quatre

temps utilisés pour transporter les employés de l'INEEL sur divers itinéraires ont été équipés de systèmes de filtres à dérivation d'huile de la société puraDYN. Les filtres de dérivation ont été signalés comme ayant une capacité de filtrage de l'huile moteur de <1 micron et un ensemble d'additifs intégrés pour faciliter les intervalles de vidange prolongés. Les huit autobus testés ont accumulé 417460,61 kilomètres d'essai. Cela a permis d'éviter 21 vidanges d'huile, ce qui équivaut à 700 litres d'huile non utilisés ou éliminés. Les résultats des essais ont permis de valider l'allongement des intervalles de vidange, un régime d'analyse de l'huile a permis d'évaluer l'aptitude de l'huile moteur à un service continu en contrôlant la présence des additifs nécessaires, des contaminants indésirables et des métaux d'usure du moteur.

De même, en Allemagne, des essais sur le terrain ont été menés dans le cadre du programme "Tribologie" lié à des projets de recherche visant à augmenter l'intervalle de vidange de l'huile moteur en incluant dans le système de filtration de l'huile un filtre de dérivation supplémentaire à haute capacité de rétention. Ces essais ont été réalisés en utilisant des bus publics pendant quelques années. Les résultats obtenus ont démontré que l'inclusion de filtres de dérivation permet d'améliorer l'état technique des moteurs et d'augmenter de manière significative l'intervalle de changement d'huile du moteur jusqu'à 60-70 mille km.

Une huile propre est vitale pour les performances et la durabilité d'un moteur. L'huile moteur doit lubrifier, refroidir et nettoyer les composants internes du moteur lorsqu'elle circule. Cependant, pour rester efficace, elle doit être filtrée en permanence. La plupart des moteurs sont équipés de filtres à visser qui ont été introduits sur le marché en 1960. Depuis lors, les filtres à visser ont été utilisés dans la plupart des moteurs automobiles car ils ont été conçus pour être robustes, durables et peu coûteux. Cela est dû principalement au fait que seul un média filtrant en papier a été utilisé, mais ces filtres à huile ne fournissent pas un niveau suffisant de filtration de l'huile moteur et, par conséquent, l'huile moteur a une durée de vie limitée et est généralement remplacée tous les 8000-10000 kilomètres, alors qu'aux États-Unis, l'huile moteur, par exemple dans les voitures PLG, est remplacée tous les 4000-8000 kilomètres.

Les résultats publiés des essais sur le terrain en Europe et aux États-Unis ont clairement démontré que l'huile moteur a la capacité de durer beaucoup plus

longtemps, à condition que l'efficacité de la filtration dépasse les performances des médias filtrants en papier classiques utilisés dans les filtres à huile.

Il est donc nécessaire d'introduire des matériaux filtrants avancés, des filtres améliorés ou des systèmes de filtration.

L'idéal serait un filtre à huile doté d'une capacité de filtrage et de rétention supérieure, capable d'améliorer la longévité du moteur, d'augmenter les intervalles de maintenance et de permettre des économies financières importantes sur la durée de vie du véhicule. L'allongement de l'intervalle de vidange d'un moteur tout en conservant la même usure du moteur se résout autour de la durabilité de l'ensemble des additifs de l'huile moteur, de la capacité de rétention et de la capacité de filtrage en microns d'un filtre à huile.

Cela nécessite la mise au point de nouveaux types de médias filtrants dotés de capacités de filtration plus importantes pour permettre une utilisation prolongée de l'huile moteur et pour surpasser les médias filtrants existants dans tous les autres domaines.

1.2 Huile moteur et système de lubrification :

Classification des systèmes de lubrification des moteurs à combustion interne

Ces dernières années, parallèlement à l'amélioration de la conception des moteurs automobiles, à l'augmentation de leur niveau technologique et de leur fiabilité, on a assisté à une augmentation substantielle de la qualité de l'huile moteur, qui est l'un des éléments fonctionnels de base du moteur à combustion interne. Indépendamment du type de moteur et de ses caractéristiques de conception, les principales fonctions de l'huile moteur sont [1] :

- La lubrification des pièces internes
- Assurer le refroidissement du moteur en transférant la chaleur
- Étanchéité de l'interface segment de piston - alésage du cylindre
- Absorption des contaminants
- Suspension des particules d'usure
- Protection des pièces du moteur contre la corrosion

- Suspension de la suie qui se forme à la suite de la combustion.

L'huile moteur doit également présenter une grande stabilité à l'oxydation et à l'eau et permettre un démarrage fiable du moteur dans des conditions de basses températures.

La conformité de la qualité de l'huile aux normes ISO et aux exigences des équipementiers spécifiquement liées à l'huile moteur, qui sont aggravées par la présence de différents types et conceptions de moteurs à combustion interne. La conception de l'ensemble des chemises du moteur, et en particulier la valeur de sa pression moyenne effective, définissant la rupture des fumées du carter, est décisive dans la définition du niveau de la capacité antioxydants de l'huile.

Par exemple, pour les moteurs diesel, l'huile moteur doit avoir des propriétés détergentes et dispersantes nettement supérieures à celles des moteurs à essence. Les conditions de fonctionnement des moteurs et la qualité des carburants diesel et essence ont un impact considérable sur la qualité de l'huile moteur.

L'augmentation de la vitesse de déplacement du véhicule et de son chargement, la température de l'huile dans le carter du moteur atteignant 120-1500C [2].

Des huiles moteur améliorées sont disponibles sur le marché et, en général, ces huiles ont un large éventail de propriétés et sont composées d'un grand nombre d'additifs divers, ce qui entraîne une augmentation de leur coût. Les huiles moteur sont un mélange de deux composants - huiles de base et additifs [3].

Chaque type d'huile moteur est mélangé afin de répondre aux performances de lubrification requises par les normes ISO pertinentes et aux exigences spécifiques d'une application particulière. En règle générale, le choix de l'huile de base peut être minéral, semi-synthétique ou synthétique. Normalement, les moteurs diesel non routiers utilisent une huile moteur minérale. Les huiles moteur semi-synthétiques et synthétiques sont utilisées dans les moteurs à essence, que l'on trouve dans les voitures PLG, où des intervalles de service plus longs et des conditions de fonctionnement plus élevées exigent une huile plus raffinée. Le mélange formulé d'additifs fait la différence entre la production d'un type spécifique d'huile moteur qui répond aux normes ISO et un autre type d'huile moteur qui offre des avantages significatifs en termes de performances. Les additifs supplémentaires améliorent

également les propriétés chimiques et physiques et permettent ainsi d'obtenir des avantages significatifs en termes de performances de l'huile moteur. Les divers additifs utilisés dans les huiles moteur sont un mélange complexe de 10 à 15 types différents, ils peuvent représenter jusqu'à 25 % de la formulation, selon sa qualité et son application [4].

Il a été noté [5] [6] que le principal critère déterminant la durée de vie de l'huile est la teneur en substances insolubles dans le n-pentane.

Afin d'obtenir une augmentation de la capacité du moteur, il y a une augmentation de la quantité de charge fraîche dans le cylindre au début d'un cycle de compression, connue sous le nom d'application de pressurisation. Cependant, cela conduit à une augmentation de la charge mécanique et thermique et entraîne l'application des actions suivantes :

- Augmentation de la productivité des pompes à eau et à huile.
- Augmentation de l'efficacité du système de refroidissement.
- Amélioration de la filtration de l'air.
- Application de systèmes combinés de filtration de l'huile qui assurent une séparation efficace des impuretés insolubles.

En même temps, l'amélioration de la filtration de l'huile par l'augmentation de l'élimination complète du filtre à passage intégral est limitée par l'augmentation de sa résistance hydraulique, ce qui entraîne une ouverture rapide de la soupape de décharge du filtre et réduit donc la fiabilité de la protection des roulements, en particulier lors du démarrage à froid du moteur. En outre, une augmentation de la précision d'élimination du filtre réduit la durée de son service et augmente les coûts opérationnels liés au remplacement des éléments filtrants.

Les performances globales du système de filtration dépendent des facteurs suivants : la structure et les objectifs des composants et des ensembles inclus dans le système, leurs paramètres et la disposition des connexions [7].

À l'heure actuelle, les moteurs diesel et à essence utilisent couramment des systèmes de filtration combinés, dans lesquels tous les paliers des glissières sont lubrifiés sous la pression générée par la pompe à huile - radicaux et bielles, vilebrequin, arbre à cames, levier de soupape, roues intermédiaires de distribution

de l'entraînement de la pompe à huile, roues dentées, arbre de l'entraînement de la pompe à carburant haute pression, régulateur, turbocompresseur, etc. L'huile moteur sous pression est amenée aux roulements de l'arbre de l'entraînement du distributeur d'allumage et de l'arbre de l'entraînement de la pompe à eau. Les pièces du groupe de montage des manchons et autres sont lubrifiées par pulvérisation [8].

Dans certains moteurs, des dispositifs auxiliaires sous forme de gicleurs ou d'ouvertures dans les pièces sont appliqués pour une alimentation supplémentaire en huile par un jet dirigé sur diverses surfaces de friction telles que les parois des cylindres, les couples de leviers de soupape de la barre d'entraînement, le levier de soupape du noyau de la soupape, etc.

Dans la conception des moteurs automobiles modernes, différents systèmes de lubrification à l'huile sont utilisés. La connaissance des principes généraux de construction, de la structure et des modes d'inclusion des composants et des ensembles des systèmes de lubrification, permet d'améliorer Les travaux liés à la modernisation des moteurs existants et au développement de nouveaux types de moteurs qui répondent aux exigences de l'augmentation des ressources, de la perte minimale de puissance sur les roulements et de l'entraînement des différents composants et ensembles. Sur la base de l'analyse des systèmes de lubrification de divers moteurs, il a été conclu que la variété des systèmes peut être classée par type spécifique pour chaque caractéristique [9].

Le diagramme de flux du système d'huile et le système de lubrification du moteur sont illustrés dans les figures 01-02 [10].

Pour le fonctionnement normal des systèmes de lubrification, il existe des sous-systèmes qui peuvent être divisés en système principal et système auxiliaire. Les sous-systèmes principaux sont constitués de systèmes qui assurent le nettoyage et le maintien de la température de l'huile, le refroidissement des pistons et la gestion des paramètres hydrauliques par le biais de soupapes, tandis que les sous-systèmes auxiliaires assurent la réduction du délai d'admission de l'huile moteur aux paliers, le maintien du niveau d'huile, le contrôle des paramètres et le diagnostic du système de lubrification.

La contamination de l'huile et son influence sur la fiabilité du fonctionnement du moteur

Les huiles moteur de pointe contiennent un complexe d'additifs et possèdent des propriétés de lavage et de dispersion suffisantes. Par conséquent, la majeure partie de l'impureté contaminant présente un degré élevé de dispersion et des particules d'une taille allant jusqu'à 2 microns [11]. Les impuretés sont divisées en deux groupes principaux : organiques et inorganiques. Les processus pertinents de contamination de l'huile moteur dans les moteurs sont décrits en détail dans un certain nombre de recherches [12].

L'impureté organique est constituée de produits de combustion incomplète du carburant, de produits de décomposition thermique, d'oxydation, de polymérisation de l'huile et du carburant. En outre, l'eau, le soufre et les composés de plomb sont présents dans l'huile moteur. L'impureté de contamination inorganique se compose des éléments suivants : particules de poussière, produits d'exploitation des additifs de cire, particules d'usure et de contamination technologique du moteur.

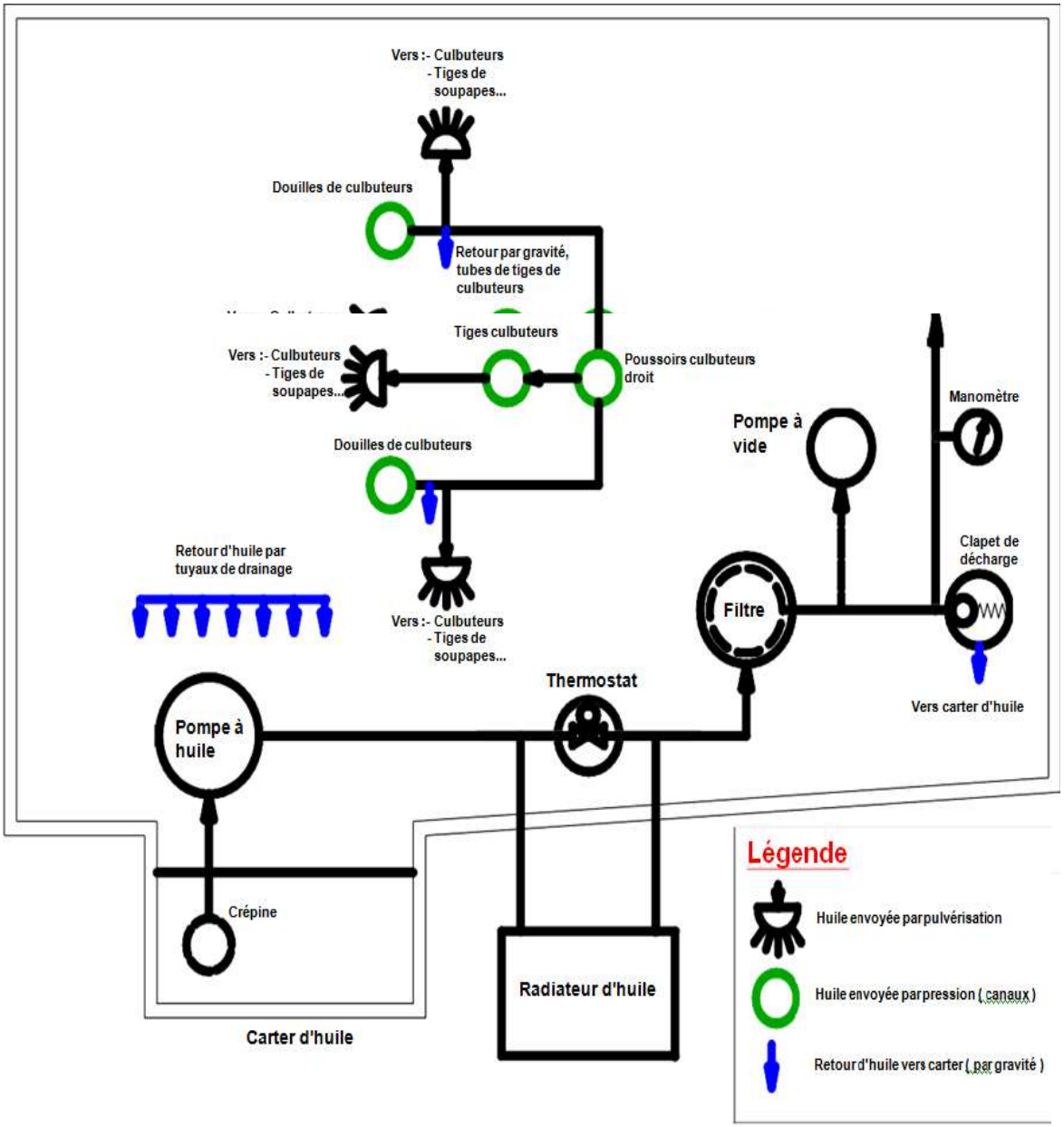


Figure 01:Le diagramme de flux du système d'huile [13].

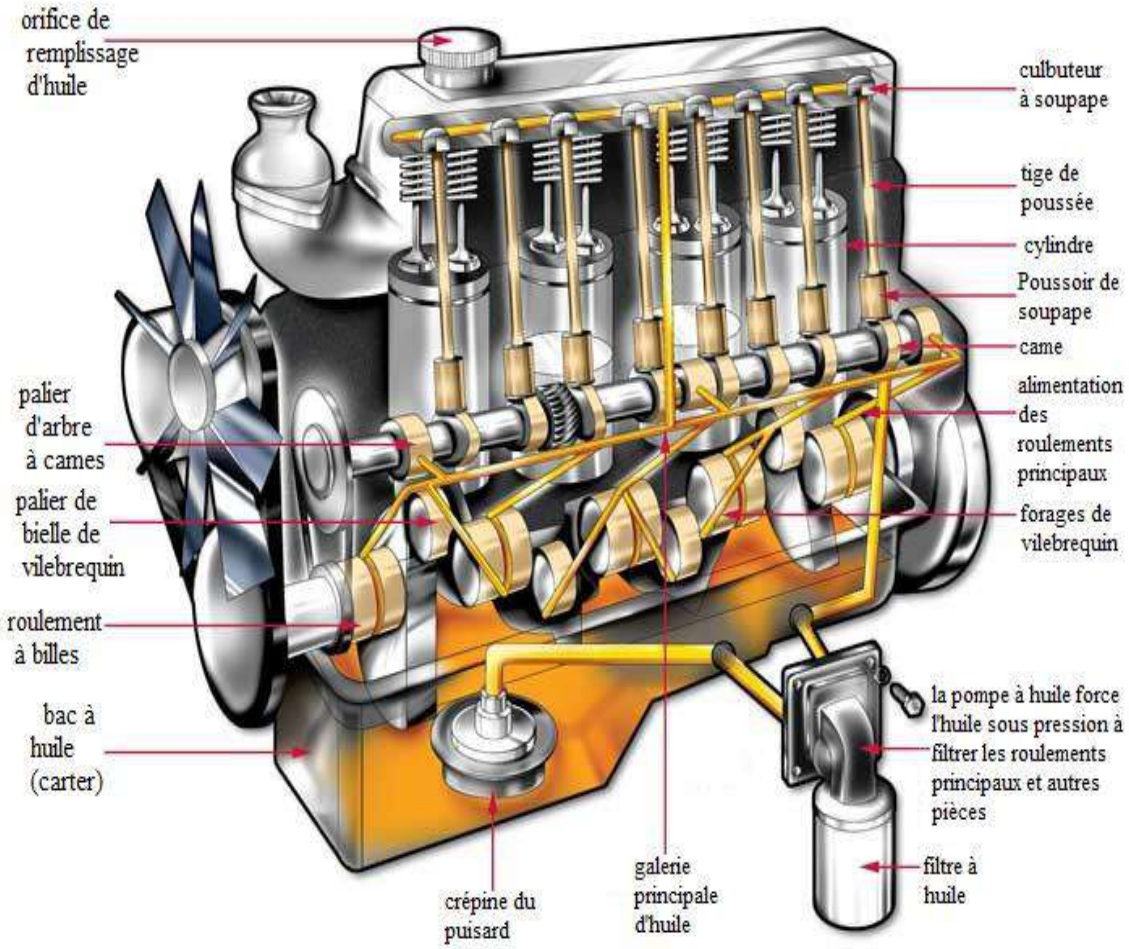


Figure 02:le système de lubrification du moteur [14]

2 La contamination de l'huile moteur

La contamination de l'huile moteur des moteurs diesel diffère de la contamination de l'huile moteur des moteurs à essence, car les moteurs diesel utilisent du carburant diesel dont la teneur en suie est plus élevée. Il a été démontré [15] que les gaz d'échappement des moteurs diesel contiennent des particules d'une taille de 0,006-0,5 micron, dont la surface spécifique représente 70-90 m^2/g, ce qui favorise l'adsorption des produits de décomposition des additives anti-usures et anti-grippage, réduisant ainsi les propriétés anti-usure des huiles moteur.

La teneur élevée en suie dans l'huile moteur des moteurs diesel entraîne la suppression

des propriétés anti-usure du dithiophosphate de zinc et renforce la perte de dépôts à basse température [16] [17], notamment lorsqu'un fluide de refroidissement pénètre dans l'huile moteur ou lors du fonctionnement des moteurs dans des conditions froides sur des trajets courts avec des arrêts fréquents.

Les produits de l'usure des pièces mobiles du moteur, présents dans l'huile moteur sous forme de particules de métaux, de leurs oxydes ou de composés organométalliques, qui influencent négativement la stabilité à l'oxydation des huiles, renforcent l'usure par abrasion et suppriment l'effet des additifs détergents-dispersants, favorisent la croissance de l'acidité et la formation de substances insolubles à partir d'hydrocarbures [18].

Selon [19], les particules abrasives de petites tailles ont une influence sur l'usure des pièces mobiles lorsque l'épaisseur du film d'huile entre les pièces est supérieure à la taille de ces particules.

Le processus de polymérisation oxydante de l'huile moteur et des produits, qui pénètrent dans l'huile moteur à la suite d'une combustion incomplète du carburant, se déroule avec la formation de produits acides et neutres : acides, oxyacides, estolides, acides asphaltènes, composés interhalogénés-isostériques de haut poids moléculaire, asphaltènes, carbènes et carboïdes [20].

La contamination de l'huile moteur se produit dans le moteur en permanence et dépend d'un certain nombre de facteurs, tels que la qualité du carburant, de l'huile, de la conception du moteur, de ses modes de fonctionnement. Un processus particulièrement excessif de la contamination de l'huile [21] se produit dans Les moteurs fonctionnant en mode thermique réduit et avec une faible fréquence de rotation sont particulièrement touchés par les mauvaises conditions du processus de combustion et l'accès élevé des gaz à la chambre de base du moteur. D'autres facteurs influençant l'intensité de la contamination de l'huile sont influencés par les caractéristiques de la conception du moteur, le processus de fonctionnement du moteur, le mauvais fonctionnement du système de carburant et l'usure des pièces de l'assemblage de la chemise [22].

Un certain nombre de recherches [23] ont été publiées et portent sur la fiabilité du fonctionnement du moteur ainsi que sur l'évaluation de l'influence de la contamination de l'huile.

L'influence négative des processus de vieillissement et de contamination de l'huile a un impact négatif sur les opérations suivantes du moteur [24] :

- Carburation et combustion des segments de piston et éventuellement perte totale de leur mobilité ;
- Augmentation de la température des pièces de l'assemblage des manchons ;
- Blocage des soupapes dans les bouchons de direction ;
- Contamination des grilles des récepteurs d'huile moteur, des éléments filtrants et des canaux des systèmes de lubrification ;
- Augmentation de la viscosité de l'huile entraînant un retard dans l'apport d'huile moteur aux coussinets ;
- Usure abrasive des paliers par des particules solides d'impureté de contamination.

Ainsi, les impuretés insolubles dont la taille dépasse l'épaisseur minimale du film d'huile provoquent une usure accrue des pièces mobiles du moteur et d'autres effets négatifs, qui réduisent à leur tour la fiabilité du fonctionnement du moteur.
En même temps, il est souhaitable de réduire la teneur en impuretés organiques dans l'huile, ce qui pourrait augmenter considérablement la durée du remplacement de l'huile.

3 Lubrifiants moteur :

3.1 Définition :

Un lubrifiant est un mélange d'huile de base auquel sont ajoutés des additifs (produits chimiques) pour renforcer certaines propriétés anti-usure, anticorrosion, antirouille, détergent, dispersant, antioxydant, anti-mousse. [25]

3.2 Rôle du lubrifiant :

L'huile est un élément vital pour le moteur. Elle réduit l'usure, refroidit le moteur, en assure l'étanchéité, évite la corrosion et le nettoie

Une huile de moteur sert principalement à lubrifier les différents éléments du moteur et à limiter les frottements entre certaines pièces. [26]

On distingue deux principaux types d'huile pour moteur sur le marché **: l'huile minérale et l'huile synthétique.**

3.2.1 Huile minérale :

L'huile de moteur minérale est fabriquée à partir de pétrole brut. Ce dernier est raffiné et débarrassé de nombreuses impuretés afin d'être utilisé comme huile moteur.

3.2.1.1 Les avantages de l'huile minérale :

- Contribue à optimiser la durée de vie du véhicule
- Présente un coût inférieur aux huiles synthétiques.

3.2.1.1.1 Les limites de l'huile minérale :

On retiendra que les huiles minérales : occasionnent des vidanges plus fréquentes que les huiles synthétiques ;

- Présentent un écoulement plus lent ;
- Entraînent une consommation de carburant plus importante ;
- Supportent moins bien les températures extrêmes.

3.2.2 Huile synthétique :

Les huiles minérales et synthétiques subissent un processus de transformation poussé et sont enrichies avec divers additifs (anti-usure, antioxydants, détergents, dispersants, anticorrosion, antimousse, etc.) afin d'améliorer les performances du moteur.
On distingue deux technologies d'huiles pour moteur synthétiques :

- **Les huiles semi-synthétiques** : qui sont composées d'un mélange d'huiles de base Minérale et d'huiles de base synthétique.
- **Les huiles entièrement synthétiques:** qui ne contiennent pas d'huile minérale.

3.2.2.1 Les avantages de l'huile synthétique

L'huile synthétique a de nombreux atouts. Parmi les plus notables :

- Une meilleure protection des moteurs contre l'usure ;

- Une amélioration des performances du véhicule, notamment en matière de puissance
- Une formation de dépôts limitée, grâce à une composition plus « propre » ;
- Un intervalle de vidange allongé ;
- Un fonctionnement optimisé même en cas de températures extrêmes (froides ou chaudes).

3.2.2.1.1 Les limites de l'huile synthétique

Sont plus chères à l'achat que les huiles minérales. Ce prix est essentiellement lié au procédé de fabrication particulièrement élaboré des huiles synthétiques.

• s'écoulent plus rapidement que les huiles minérales. Elles ne sont donc pas forcément recommandées pour des moteurs en cours de rodage (elles empêchent l'usure, normale, des pièces neuves) ou de technologie ancienne. [27]

3.3 Les grades des huiles moteurs :

Les grades caractérisent la viscosité de l'huile à froid et à chaud.

La viscosité :

La viscosité représente la fluidité d'un liquide à froid. La viscosité de l'huile est indiquée sous la référence « XW-XX ».

Le chiffre précédant le « W » désigne la viscosité de l'huile mesurée à 0 degré Fahrenheit (-17° Celsius environ).

Le "W" signifie « Winter » en anglais et non, « weight » (ou poids en français) comme beaucoup peuvent le penser. Moins le nombre est élevé, et moins l'huile sera épaisse à basse température.

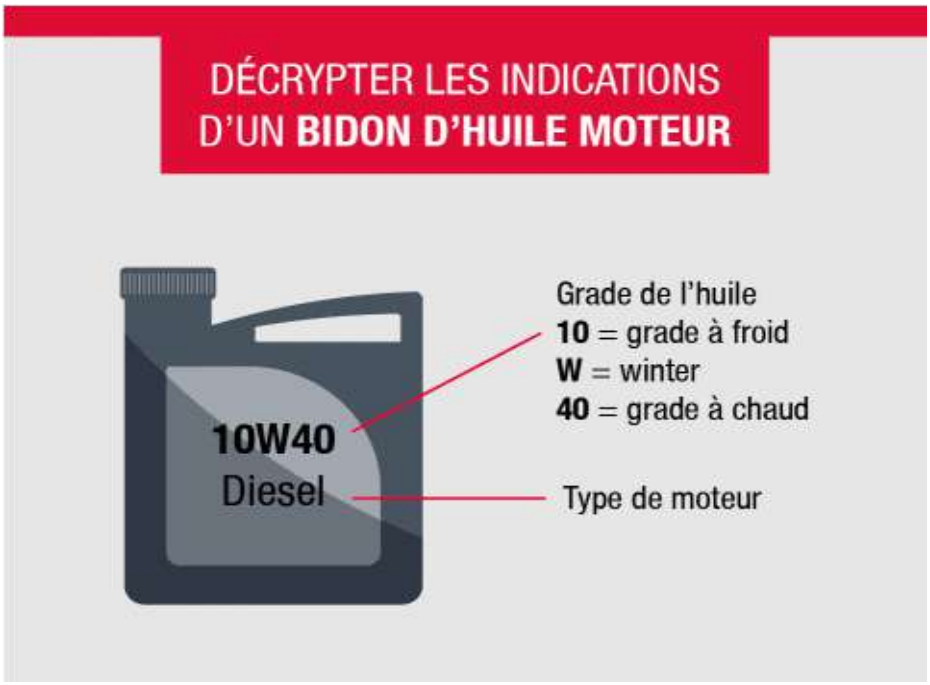


Figure 03:Decrypter les indications d'un bidon d'huile moteur [27]

De ce fait, une huile 5W-30 possèdera une viscosité plus faible qu'une huile 10W-30 à froid, mais elle sera plus épaisse qu'une 0W-30. Pour un moteur évoluant dans un environnement très froid, où l'huile a tendance à s'épaissir en raison de températures basses, il sera préconisé d'utiliser une huile 0W ou 5W. À l'inverse, une voiture roulant dans un environnement chaud et aride aurait plutôt besoin d'une huile avec un indice de viscosité 10W.

Le second chiffre qui suit le "W" indique la viscosité de l'huile mesurée à 100 °C (212 °F). Ce chiffre représente la résistance de l'huile à températures élevées. Par exemple, une huile-moteur 10W-30 sera plus fine que l'huile à 10W-40 dans un environnement avec des températures élevées. [27]

3.4 Les grades des l'huiles existante :

Il existe deux types de l'huile : **monograde et des huiles multigrades**

- **L'huile monograde :** est à repérer par un nombre suivi ou non d'un W ;

- **L'huile multigrade :** est à repérer par deux séries de chiffre ou nombre séparé par la lettre W.



Figure 04:Represente la différence de signe entre huile monogrades et multigrades[28]

3.4.1 Les huiles monogrades :

Sont des huiles minérales. Moins additives ont une viscosité qui évolue plus rapidement avec la température. En d'autres termes, plus la température du moteur augmente et plus l'huile devient fluide. La fluidité est donc forte à chaud alors qu'à l'inverse, la viscosité est forte à froid. Il est donc conseillé d'opter pour une huile plus fluide à froid pour un usage hivernal, afin d'éviter d'avoir un lubrifiant figé en démarrant.

En été, une huile plus visqueuse est nécessaire. Une fluidité trop importante risquerait d'altérer les propriétés de lubrification de l'huile dans le moteur. [28]

3.4.1.1 L'avantage de l'huile monograde :

L'huile monograde étant une huile minérale, elle présente un coût d'achat moins important que pour une huile multigrade

3.4.2 Les huiles multigrades :

Lorsqu'un moteur est froid, l'huile redescend dans le carter moteur. Ainsi, au démarrage, quelques microsecondes sont nécessaires pour que l'huile pompée atteigne les différentes parties du moteur devant être lubrifiées, elle possède des propriétés qui lui permettent de diminuer l'évolution de sa viscosité lors de la montée en température du moteur ou simplement lorsque la température ambiante est élevée.

L'indice de viscosité des huiles multigrade est toujours supérieure à 100. [28]

3.4.2.1 L'avantage de l'huile multigrade :

La viscosité reste également suffisamment haute pour assurer un film d'huile permanent.

Garantit une bonne lubrification à froid et à chaud

Une huile multigrade bénéficie d'une bonne fluidité à basse température alors qu'à haute température, elle parvient à rester épaisse.

L'usure au démarrage est réduite. [28]

3.5 Étude approfondie sur la classification du lubrifiant :

En principe il existe deux types de classifications pour les huiles moteur, qui sont différentes mais également complémentaires, pour indiquer un certain produit :

1. **Classification selon la viscosité (fluidité)**
2. **Classification selon le service (niveau de performance)**

3.6 La Norme SAE

Le besoin d'un système de classification simple pour les huiles moteur au niveau international à fait naître la « Society of Automotive Engineers » ou SAE qui a élaboré un système qui porte son nom. Ce système définit uniquement des catégories de viscosité.

On distingue deux catégories, c'est à dire les « huiles d'été », indiquées par les chiffres SAE 20, 30, 40 et 50 et les huiles dites « d'hiver » indiquées par SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W et 25W.

Ces derniers se réfèrent surtout au pouvoir pour procurer des résultats satisfaisants au démarrage à froid. [29]

Noter : les huiles d'été toujours à 100°C, les huiles d'hiver à des températures différentes (basses)

Le tableau suivant donne un résumé des limites de viscosité aux températures considérées

Tableau 01: un résumé des limites de viscosité aux températures considérées[29]

Grade SAE	Viscosité dynamique maximale en mPa.s (cP) à une température de :	Limite de pompabilité	cinématique à 100°C en mm²/S (cSt)	
			Mini	Maxi
0W	3250 à -30°C	60000 à -40°C	3,8	
5W	3500 à -25°C	60000 à -35°C	3,8	
10W	3500 à -20°C	60000 à -30°C	4,1	
15W	3500 à -15°C	60000 à -25°C	5,6	
20W	4500 à -10°C	60000 à -20°C	5,6	
25W	6000 à -5°C	60000 à -15°C	9,3	
20			5,6	9,3
30			9,3	12,5
40			12,5	16,3
50			16,3	21,9
60			21,9	26,1

Un même lubrifiant peut avoir une viscosité, mesuré à 100°C, qui la classe dans un des cinq grades SAE d'été et une viscosité à basse température, par laquelle elle répond à un des six types d'hiver.

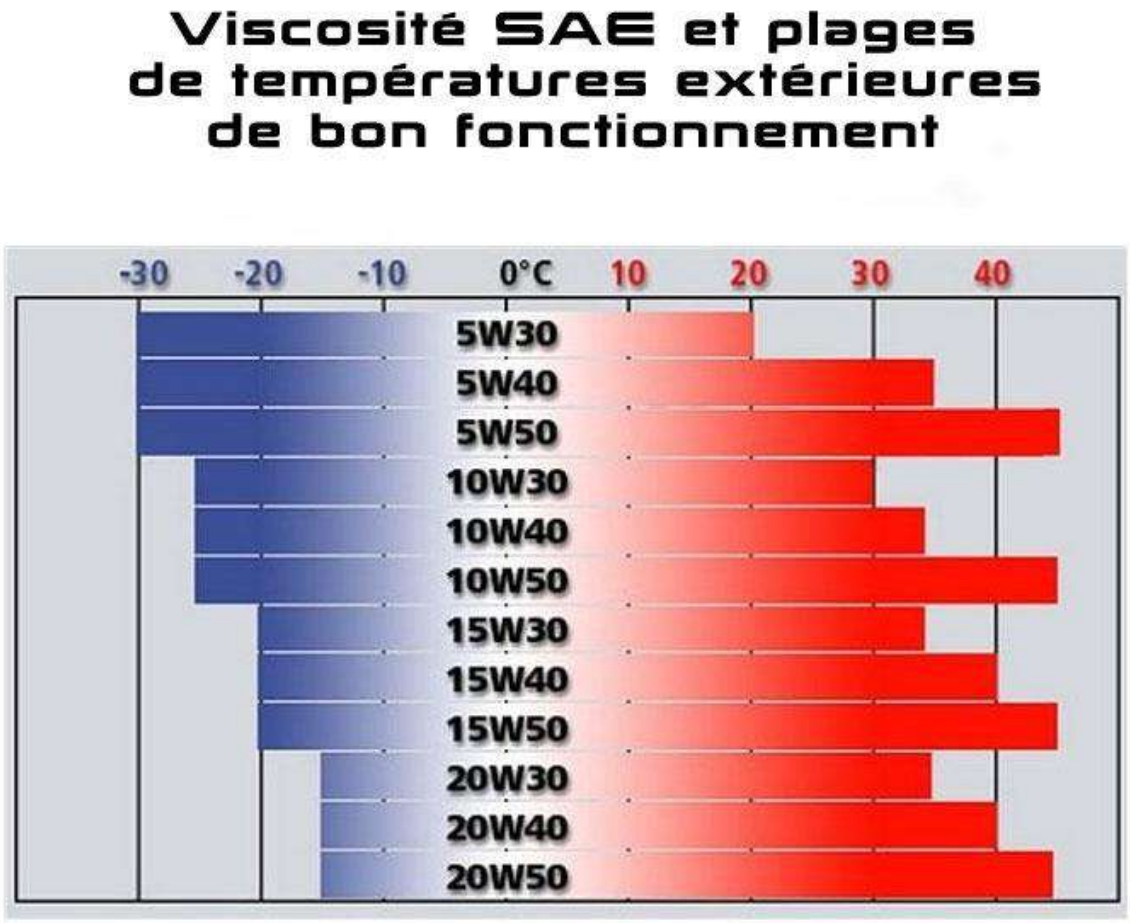


Figure 06 : représente intervalle de température pour chaque grade d'huile [30]

3.7 Classification selon le service :

La classification SAE se réfère seulement à la viscosité, elle ne donne pas une réponse définitive au niveau qualitatif.

Pour remédier à cela, des grandes organisations, comme API (American Petroleum Institute), l'Armée américaine (MIL), certains grands constructeurs (GM, FORD) et le Comité des Constructeurs du Marché Commun (CCMC) ont rédigé des spécifications, en fonction des prestations, qui sont exigées des huiles moteur. Chacune de ces spécifications est un ensemble de tests faits en laboratoire, qui ont été sélectionnés pour tester les qualités des lubrifiants examinés.

Les qualités, qui sont considérées à un certain niveau, sont les suivantes :

- Le niveau de détergence ou la propriété, que l'huile possède pour maintenir propres les parties en mouvement, particulièrement les segments de piston mais également tous les autres organes qui sont lubrifiés à une température élevée.
- Le pouvoir dispersant ou la propriété qu'une huile possède qui permet de tenir les impuretés en suspension et de les éliminer lors de la vidange.
- La résistance contre l'oxydation ou la possibilité pour supporter des températures très élevées, sans que l'huile ne se dégrade. La résistance contre l'usure, qui est directement couplée à la la durée de vie du moteur. Actuellement, on utilise parfois des 'Friction Modifiers', qui modifient dans certaines circonstances les caractéristiques de frottement. Ces produits sont aussi utilisés dans des huiles pour tracteurs agricoles et ATF.
- Les propriétés antirouille, qui assurent la protection des parties internes, comme par exemple les coquilles de palier.

4 Les Normes et les Spécifications les plus fréquents

4.1 Définition d'une Norme

Une norme est définie par 3 éléments

- **L'association de constructeurs**, qui fixe les modalités et les tests nécessaires à son obtention.
- Le **type** de norme.

Lubrifiant pour moteurs :

- Essence
- Diesel (véhicules industriels)
- Diesel (voitures de tourisme)

Le niveau de performance de la norme :

Ce niveau est indiqué par un chiffre ou par une lettre. Plus cet indicateur est élevé, plus l'huile est performante.

Exemple : CCMC D5 CCMC : nom de l'organisme (Constructeurs Européens)

D : norme diesel pour véhicules industriels (du CCMC)

5 : niveau de la norme (de 1 à 5 pour la norme CCMC D) [29]

4.2 Définition d'une Homologation

Une homologation est définie comme une norme, mais c'est un CONSTRUCTEUR de véhicules, qui fixe les modalités pour ses propres besoins. Le constructeur délivre un certificat d'homologation.

Les homologations sont considérées comme label de qualité de l'huile.

Les constructeurs les plus connus, donnent des homologations sont : FORD, GENERAL MOTORS, VW-AUDI, MERCEDES-BENZ, BMW et PORSCHE.

(pour les camions : MERCEDES-BENZ, MAN et VOLVO) [29]

4.3 Organismes de Normes :

4.3.1 Normes Moteurs Essence :

A1 : Huile entrée de gamme 'économisant l'énergie' pour moteurs à essence conçus pour l'utilisation de lubrifiants de basse viscosité et faible friction ayant une résistance au cisaillement de 2,9 à 3,5 mPa. Ces huiles peuvent ne pas convenir pour certains moteurs, consultez votre livre d'entretien.

A2 : Huile d'usage général et à usage et a rendement universel dans la plupart des moteurs à essence avec des intervalles de vidanges normaux de (5 à 10 000 km). Toutefois ces huiles peuvent ne pas convenir pour certains moteurs hautes performances.

A3 : Huile 'pour service sévère haut de gamme' lubrifiant stable, résistant au cisaillement, pour moteurs à essence de hautes performances ou en usages intensifs, avec des intervalles de vidange étendus ou espacés ayant une excellente stabilité de viscosité et l'utilisation à l'année. (Déterminés par le constructeur). Huile de type Longlife.

A4 : Pour futur moteur injection directe (GDI)

A5 : Friction et viscosité réduites, extension de vidange (Longlife), économie d'énergie. [29]

4.3.2 API :

American Petroleum Institute (Constructeurs Américains)

La première lettre désigne le type de norme.

La deuxième lettre désigne le niveau de performance, en augmentant selon l'alphabet. (A = moins performant ; Z = plus performant) :

- Norme S (Service) : SA à SJ : Essence
- Norme C (Commercial): CA à CF : Diesel [29]

A) API ESSENCE

Tableau 02 : représente les normes API essence

SA	Moteurs à essence ne nécessitent pas d'huile additivée.	Sans additif, sauf abaisseur de point d'écoulement et anti-mousse.
SB	Moteurs à essence nécessitent un minimum de protection contre le scuffing et l'oxydation.	Quelques propriétés anti-scuffing et anti-oxydantes.
SC	Moteurs à essence. De 1964 à 1967	Protection contre : les dépôts, l'usure et la corrosion.
SD	Moteurs à essence. De 1968 à 1971	Protection similaire mais moins intense que SC.
SE	Moteurs à essence. De 1972 à 1980.	Protection similaire mais moins intense que SD.
SF	Moteurs à essence. De 1980 à 1988.	Protection anti-usure et oxydation plus intense que pour SE.
SG	Moteurs à essence. Depuis 1993	Protection contre la formation de dépôts, anti-usure et anti-oxydation plus intense que SF.
SH	Moteurs à essence. Depuis 1996	Couvres les performances requises pour SG, mais testé selon le protocole CMA.
SJ	Moteurs à essence. Depuis 2001	Exigences qualitatives plus sévères que SH. (P ex. Vis-à-vis de la teneur en phosphore)
SL	Moteurs à essenceDepuis Juillet 2001	Moins de dépôts à haute température, consommation d'huile diminuée.

B) API DIESEL

Tableau 03: représente les normes API diesel

NORME	UTILISATION	NOTES
CA	Moteurs diesel Atmosphériques peu sollicités. Carburant à faible teneur en souffre.	1940 - 1950 Répond aux exigences MIL-L-2104 A. Antioxydants et détergents.
CB	Moteurs diesel. Atmosphériques. Moyennement sollicités. Carburant à faible teneur en souffre.	1949 - 1960 Niveau supplément 1. Antioxydants et détergents à haute température.
CC	Moteurs diesel. Atmosphériques. Légèrement suralimentés.	Introduite en 1961. Répond aux exigences MIL-L-2104 B.
CD	Moteurs diesel. Atmosphériques et suralimentés. Moyennement sollicités.	Répond aux exigences CATERPILLAR Série 3. Antioxydants et détergents.
CDII	Moteurs diesel 2-temps. Fortement sollicités.	API CD mais avec un essai spécifique pour les 2-temps diesel.
CE	Moteurs diesel. Fortement suralimentés. Fortement sollicités. A partir de 1983.	Introduite en 1987. Répond aux exigences MACK EOK/2. CUMMINS NTC 400. Antioxydants, détergents, dispersants et anti-usure.

CF	Moteurs diesel.Introduit en 1994.	Inj. Indirecte et autres moteurs y compris ceux qui fonctionnent avec du carburant contenant + de 0.5% de souffre. Peut remplacer les huiles CD
CF-2	Moteurs diesel.Introduit en 1994.Pour moteurs diesels 2-temps très sollicités.	Peut remplacer les huiles CD II.
CF-4	Moteurs diesel.Introduit en 1990.Pour moteurs rapides, suralimentés ou non.	Peut remplacer les huiles CD et CE
CG-4	Moteurs diesel.Introduit en 1995.Moteurs rapides très sollicités, qui fonctionnent avec du diesel avec moins de 0.5% de souffre.	Convient pour les normes d'émission de 1994. Remplace les huiles CD, CE, et CF-4
CH-4	Moteurs diesel.Introduit en 12/1998.Moteurs rapides très sollicités, qui répondent au normes d'émission de 1998., et qui fonctionnent avec du diesel avec moins de 0.5% de souffre.	Remplace les huiles CD, CE, et CF-4, CG-4

4.4 Normes pour véhicules Légers :

B1 : Huile destinée à des moteurs Diesel de voiture et autres Diesel léger pour fonctionner avec une huile réductrice de friction et basse viscosité ayant une résistance au cisaillement de 2,9 à 3,5 mPa. (Consultez le livre d'entretien).

B2 : Huile à usage universel dans la plupart des moteurs Diesel avec à la base une injection indirecte et ayant des intervalles de vidanges 'normaux' (5 à 10 000 km). Ces huiles peuvent ne pas convenir pour certains moteurs hautes performances. Consultez votre livre d'entretien.

B3 : Huile ayant une excellente stabilité de la viscosité pour un usage dans des moteurs hautes performances (à la base injection indirecte) ou pour des intervalles de vidanges espacés (déterminés par le constructeur) ou pour d'autres usages intensifs également déterminé par le constructeur.

B4 : Huile de haut de gamme pour VL et de haute qualité destinée à des Diesels légers à injection directe.

B5 : Friction et viscosité réduites, extension de vidange (Longlife), économie d'énergie

5 CCMC : Comité des constructeurs du Marché Commun (Obsolète)

- Norme G (Gasoil) : G1 à G5 : Essence
- Norme PD (Passager Diesel) : PD1 à PD2 : Diesel Tourisme
- Norme D (Diesel) : D1 à D5 : Diesel Utilitaire

La lettre désigne le type de norme et le chiffre désigne le niveau de performance

ACEA : Association des Constructeurs Européens d'Automobiles.

Ces normes *remplaceront progressivement* les normes CCMC. La lettre ou le chiffre, indiqué après chaque norme indique le niveau de performance de l'huile. Celui-ci augmente au fur et à mesure de l'évolution des moteurs (Turbo, Multisoupapes, Essence sans plomb, …)

5.1 A) CCMC DIESELS LEGERS

NORME	UTILISATION	NOTES
(PD1)	Moteurs diesel de tourisme avec ou sans turbo. Disparu depuis 1989.	Seule norme de ce type avec essais spécifiques. Moteurs diesel rapides de voitures.
(PD2)	Moteurs diesel de tourisme avec ou sans turbo.	Remplace PD1 depuis 1989. Protection supérieure.

Tableau 04 : représente les normes diesel légers

5.2 B) CCMC DIESEL VEHICULES INDUSTRIELS :

Tableau 05 : représente les normes de CCMC diesel véhicules industriels

D4	Atmosphériques et suralimentés. Fortement sollicités.	Remplace D2 depuis 1989. Protection supérieure.
D5	Moteurs diesel. Atmosphériques et suralimentés. Très fortement sollicités.	Remplace D3 depuis 1989. Protection supérieure. Huiles SHPD. Espacement des vidanges prolongés.
(D3)	Moteurs diesel. Atmosphériques et suralimentés. Très fortement sollicités. Disparu depuis 1989.	Niveau > API CD. Huile super SHPD Super Haute Performance Diesel. Longue durée.

5.3 SPECIFICATIONS ACEA

Les Normes ACEA 1999 pour les huiles moteur sont composée de trois Classes différentes; une pour les huiles destinées aux moteurs essence, une pour les diesels légers et une pour les diesel lourds.

Chacune de ces **classes** est-elle même composée de plusieurs **catégories** qui reflètent à leur tour des différent niveaux de performances - trois pour les moteurs essence (A1, A2, A3); quatre pour les diesels légers (B1, B2, B3, B4) et quatre pour les diesels lourds (E1, E2, E3, E4).Les applications générales pour chaque norme est décrite ci-dessous mais à titre informatif seulement.

Les applications spécifiques de chaque norme sont déterminés par les constructeurs/fabricants mêmes pour leur propres véhicules/moteurs

5.4 Description des Normes et des Catégories :

Tableau 06 : représente les différentes normes et ces catégories

A1/B1	Lubrifiant destiné à des moteurs adaptés à une huile à basse viscosité permettant une economie de carburant. Valeur HTHS entre 2,9 et 3,5 mPa(HTHS bas). Ce type d'huile peut être incompatible avec certaine moteurs, consulter le manuel d'entretien.
A3/B3	Lubrifiant destiné à un usage universel essence ou diesel, à injection indirecte, intervalles de vidange de 5 à 10.000km. Ces huiles peuvent être incompatibles avec certain moteur hautes performances..
A3/B4	Lubrifiant ayant une très bonne stabilité de la viscosité, destiné aux moteurs haute performance, y compris les injection directes.
C2	Basse teneur en cendres 'Mid Saps' Convenant pour véhicules équipés d'un catalyseur et d'un filtre à particules. HTHS bas > 2,9 mPa . Economie de carburant (Fiat, PSA)
C3	Basse teneur en cendres 'Mid Saps' Convenant pour véhicules équipés d'un catalyseur et d'un filtre à particules. HTHS bas > 3,5 mPa . (Mercedes,BMW,GM)
C4	Basse teneur en cendres 'Mid Saps' Convenant pour véhicules équipés d'un catalyseur et d'un filtre à particules. HTHS bas > 3,5 mPa . (Renault, Nissan)

Tableau 07 : représente les normes véhicules diesel lourds

E1	Huile moteur à caractère universel destiné à des diesels lourds atmosphériques (intervalles des vidanges 'normaux')
E2	Catégorie de lubrifiant moteur assurant un certain niveau de performances concernant: propreté des pistons, polissage, usure, dispersion des suies et stabilité du lubrifiant. Ce type d'huile est recommandé pour les moteurs diesel répondant aux normes Euro 1 et Euro 2. Peut également être utilisé pour des intervalles de vidanges espacés (selon les recommandations du constructeur)
E3	Huile ayant une excellente stabilité de la viscosité pour un usage dans des moteurs haute performances (à la base injection indirecte) ou pour des intervalles de vidanges espacés (déterminés par le constructeur) ou pour d'autres usages intensifs (également déterminé par le fabricant du moteur)

c)Moteur diesel lourds :

Différents types d'huiles à utiliser :

La liste suivante nous permettrons de mieux choisir le type d'huile à utiliser :

E4	Huile ayant une excellente stabilité de la viscosité et assurant un certain niveau de performances concernant: propreté des pistons, polissage, usure, dispersion des suies et stabilité du lubrifiant, par rapport à E3. Recommandé pour des moteur très sollicités qui répondent aux normes Euro1, Euro 2 et Euro3. Peut également être utilisé pour des intervalles de vidanges espacés (selon les recommandations du constructeur)
E5	Huile ayant une excellente stabilité de la viscosité et assurant un certain niveau de performances concernant: propreté des pistons, polissage. De plus, limitation de l'usure, des dépôts dans le turbo et grand pouvoir de tolérance des suies. Recommandée pour des moteurs diesel lourds très sollicités répondant aux normes Euro1, Euro2 et Euro3. Peut également être utilisée pour des intervalles de vidanges espacés (selon les recommandations du constructeur)

❖ Les huiles-moteur classiques :

Ceci est l'huile utilisée en vrac chez concessionnaires et c'est la moins chère des huiles chez les revendeurs. La plupart adhèrent à L'API et aux normes SAE, mais elle contient peu d'additifs. Ceci est une bonne huile pour les conducteurs qui sont réticents aux changements d'huile et qui ne parcourent que peu de distances au quotidien.

❖ Les huiles classiques Premium :

Il s'agit des nouvelles huiles communément utilisées. Elles possèdent une viscosité moyenne. Généralement. Les constructeurs préconisent les huile 5W-20 ou 5W-30 bien que certains modèles demandent l'utilisation d'une huile 10W-30. Ces références sont adaptées aux véhicules légers. Mais bien évidemment. Cela peut changer selon les critères spécifiques du véhicule.

❖ Les huiles synthétiques :

Ce type d'huile surtout destiné aux moteurs dotés d'une technologie plus évoluée. Si ces huiles reçoivent toutes les qualifications. Cela signifie qu'elles possèdent des propriétés supérieures aux huiles dites classiques, d'une viscosité supérieure à la protection du moteur de dépôts éventuels, Elles ne s'épaississent pas en période de froid et gardent toujours leur texture lors des fortes chaleurs, Bien qu'excellente, elles sont généralement trois fois plus chères que l'huile classique et ne conviennent pas forcément pour tous les moteurs.

❖ Les huiles synthétiques mixtes :

C'est un mélange d'huile classique haut de gamme et d'une huile synthétique. Sa formule a été conçue pour offrir une meilleure protection pour les moteurs plus lourds qui roulent sous une très haute température. Cette huile est surtout destinée aux voitures Pick-up et aux SUV parce qu'elle offre une meilleure protection. Mais coutent généralement plus chère que les huiles conventionnelles premium.

❖ Les huiles pour kilométrages élevés :

Plus de 60% des véhicules qui roulent sur nos routes ont plus de 80 000 kilomètres au compteur. Afin de répondre aux besoins des conducteurs, les raffineurs de pétrole et les

laboratoires ont développé des huiles des huiles de kilométrage élevées. Des conditionneurs d'étanchéité sont ajoutés à l'huile (l'huile peut être synthétique ou classique) pour accroitre la flexibilité des joints d'étanchéité internes du moteur. Les conditionneurs sont très précis et peuvent être utilisés sur les moteurs sans affecter son fonctionnement.

Sur cette infographie ci-dessus.

Figure 05: on sites les différents éléments qui nous permettrons de choisir notre huile moteur en toute simplicité.

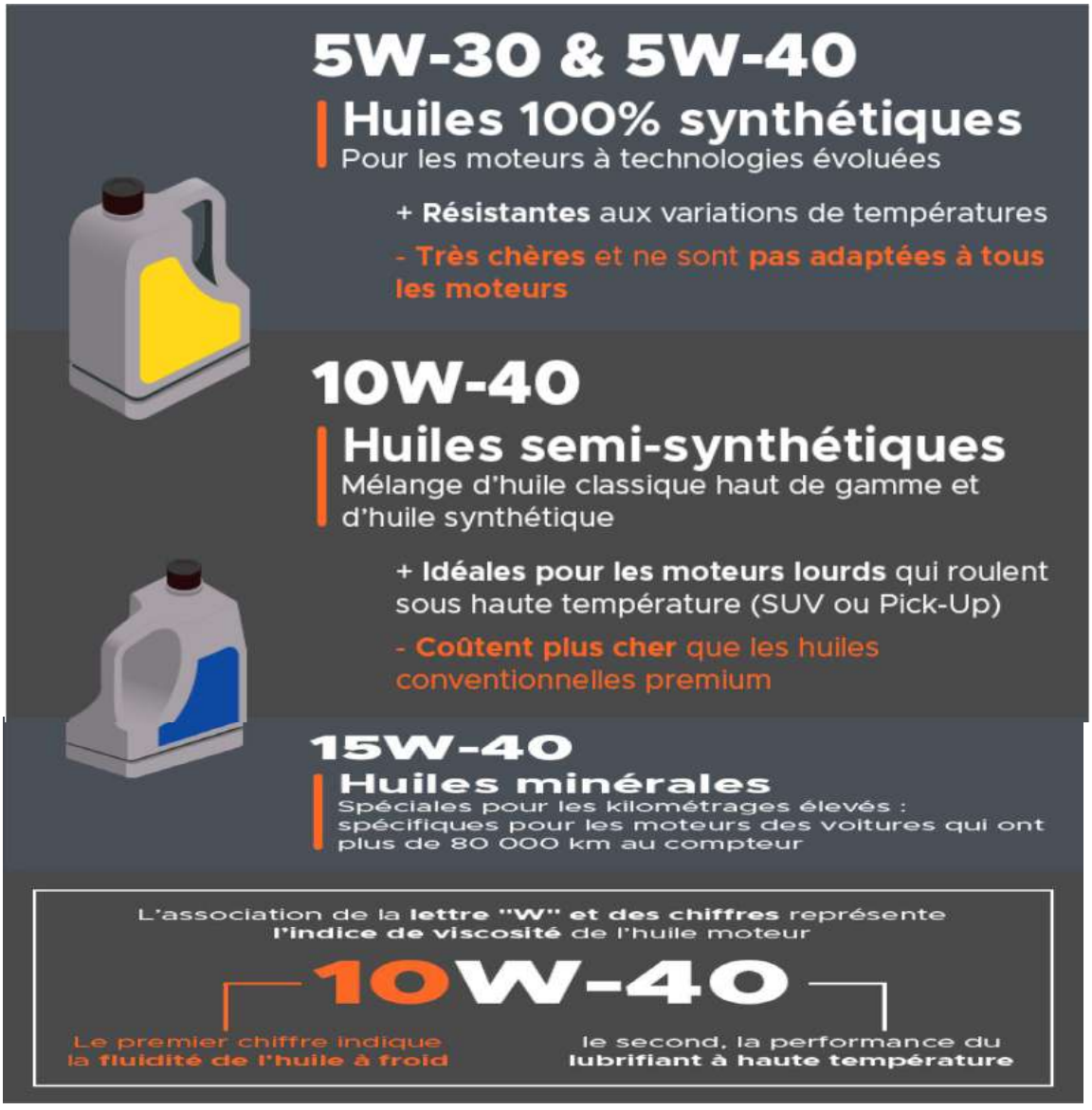


Figure 05: représente la simple méthode pour choisir notre huile moteur en toutes simplicité.

Chapitre 2 : Filtration

6 Filtration de l'huile :

6.1 Notion et généralités sur les filtres

6.2 Introduction

Ils vivent dans l'ombre mais sont beaucoup plus importants que tout équipement de confort : Les filtres.

Ils sont indispensables pour les véhicules, Les filtres nettoient les substances nécessaires à un moteur pour pouvoir travailler correctement. Il n'est pas rare de constater que le non-respect de la périodicité de remplacement des filtres ou l'utilisation de filtres de moindre qualité entraîne des coûts énormes. Si l'un de vos filtres est colmaté problèmes peuvent apparaître et affecter les performances. Vous remarquerez peut-être une perte de puissance, de la fumée noire, l'allumage du témoin d'huile ou même une panne de moteur.

Dans ce chapitre nous allons examiner les différents filtres de votre voiture et comprendre pourquoi il faut les remplacer régulièrement.

6.3 Généralités sur les filtres

Par définition, la tâche du filtre de moteur consiste à écarter les impuretés et les corps Étrangers qui pourraient pénétrer à l'intérieur du moteur par les porteurs suivants : air, huile et carburant.

La filtration a pour objectif, en partant d'une suspension de solide dans un liquide, d'obtenir :

- Un liquide clair nommé filtrat, plus ou moins clarifié (par exemple pas de particules supérieures à 100, 10 ou 1mm)
- Un solide nommé gâteau, déposé sur le filtre ou soutiré en continu, plus ou moins sec.

Dans la technique de moteurs,on utilise différents types de filtres selon les porteurs ; Ils se distinguent par leur fonction, leur structure et leurs intervalles d'entretien.

Les possibilités de filtration sont multiples. En effet, les impuretés peuvent être filtrées à l'aide des éléments suivant :

- Tamis plastique ou métal à mailles étroites,
- Papier à pores fins, feutre et non-tissé ou encore.
- Forces centrifuge. [31]

6.4 filtration :

6.4.1 définition et propriétés :

La filtration est la technique de séparation solide-liquide qui permet d'extraire un maximum de liquide d'une suspension. Elle est majoritairement utilisée en fournée, ce qui implique beaucoup de manutention pour traiter d'importants volumes. Cependant, lorsqu'utilisée à haute pression, cette technique représente un choix judicieux pour épaissir des boues de procédé jusqu'à de très hautes fractions solides, éliminant ainsi la problématique de disposition d'importants volumes de résidus.

La filtration ne modifie pas la nature chimique des phases séparées. Elle concerne 2 domaines distincts caractérisés entre autres par des échelles de taille de séparation et des modes d'écoulement du produit différents : la filtration frontale et la filtration tangentielle

6.4.2 Principe de la filtration

La force motrice de la filtration est un général une différence de pression amont-aval, égale à la perte de charge du filtre. Au cours de la filtration, l'accumulation de solide dans le gâteau ou dans la masse filtrante augmente la perte de charge pour un débit donné, ou réduit le débit de filtration pour une différence de pression donnée. Cette réduction conduit à effectuer des cycles de filtration, avec remplacement ou contre-lavage du média filtrant. La marche en continu peut être obtenue en disposant deux filtres en parallèles (l'un en service, l'autre en reconditionnement). Dans certains filtres, la suspension circule de façon tangentielle au média filtrant, limitant ainsi la croissance du gâteau et permettant un fonctionnement continu. [31]

En dimensionnement, de nombreux paramètres sont à prendre en compte parmi lesquels :

- Le mode de fonctionnement discontinu, semi-continu, ou continu,
- Le débit à traiter, la perte de charge maximale admissible et la viscosité de la solution, ce qui conditionne en partie la surface de filtration à utiliser et l'épaisseur maximale admissible du gâteau,
- La quantité et la qualité des solides et du liquide à traiter : filtration à 0.1, 1, 10 ou 100 microns (tailles des particules arrêtées), lavage, essorage et ou séchage du gâteau, etc.…
- Le besoin d'adjuvant de filtration (noir de carbone, silice, filtration plus sélective). En filtration centrifuge ou essorage, la pression motrice de la filtration est obtenue par mise en rotation de la suspension et du media filtrant dans une essoreuse. Le filtrat est centrifugé et sort vers l'extérieur, alors que le solide est retenu à l'intérieur du filtre de l'essoreuse. Ces appareils sont en général discontinus (essoreuse à salade). L'essorage se distingue de la centrifugation dans laquelle il n'y a pas de media filtrant pour séparer le solide du liquide. En centrifugation, le solide est récupéré dans la partie externe et le liquide dans la partie interne de la centrifugeuse [31].

6.5 Types de filtrations :

On distingue plusieurs types de filtration :

• La filtration par gravité: le mélange est soumis uniquement à la pression atmosphérique. Le liquide passe à travers le support filtrant, qui peut être du sable par exemple, tandis que le solide est récupéré sur le support filtrant.

• La filtration par surpression: la suspension arrive sous pression dans le filtre.

• La filtration sous pression réduite: le mélange est soumis d'un côté du filtre à la pression atmosphérique, et de l'autre côté, où sort le filtrat, à une dépression réalisée grâce à une pompe à vide.

Lors du passage d'une suspension à travers un milieu filtrant, le fluide circule à travers les ouvertures tandis que les particules sont arrêtées. En s'enchevêtrant, ces dernières finissent par former un second milieu filtrant pour les autres particules qui se déposent d'une manière continue sous forme de gâteau dont l'épaisseur va en croissant au fur et à mesure de l'écoulement de la suspension. La différence de pression entre l'amont etl'aval (perte de charge) a une grosse importance car elle règle la vitesse de filtration. Onpeut concevoir deux types de filtration:

•Filtration à pression constante: on régule la différence de pression amont-aval à une valeur constante. L'épaisseur du gâteau augmentant au cours du temps, la vitesse de filtration va donc diminuer sous l'effet de l'augmentation de la perte de charge. C'est la filtration la plus utilisée dans l'industrie.

•Filtration à débit constant : on augmente au cours du temps la différence de pression amont-aval pour garder un débit constant malgré l'augmentation de perte de charge. [33]

6.6 Technique de filtration :

Il existe deux principales techniques de filtration :

- La filtration frontale : la plus connue, consiste à faire passer le fluide à filtrer perpendiculairement à la surface du filtre.

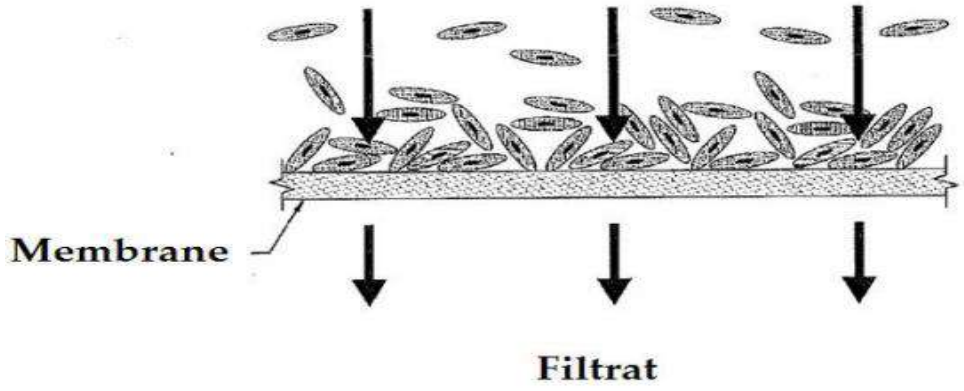


Figure 06: Represente la filtration frontale.

- La filtration tangentielle : au contraire, consiste à faire passer le fluide tangentiellement à la surface du filtre.

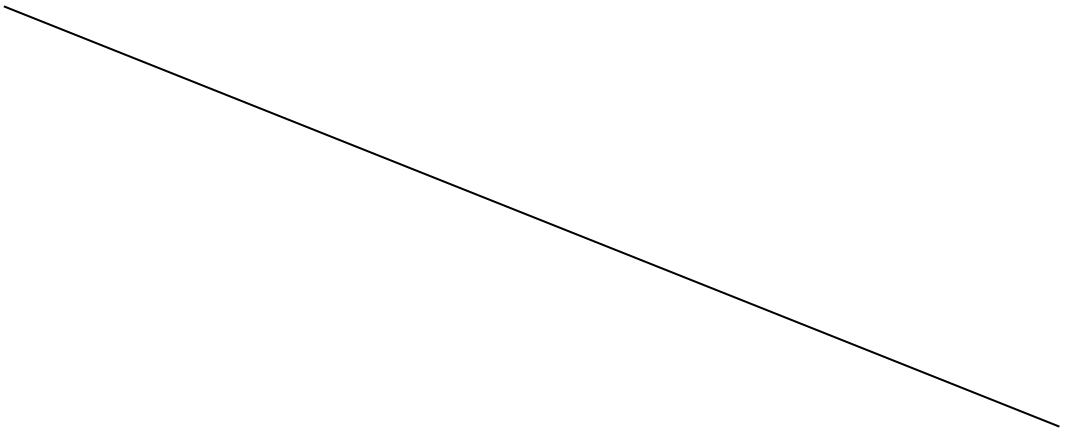


Figure 07:photo représente la filtration tangentielle[34].

6.7 L'efficacité de filtration

La capacité d'un filtre à pouvoir capturer des particules est généralement exprimée en termes d'efficacité de filtration E ou de perméance (1-E). L'efficacité de filtration E pour un filtre d'épaisseur Z est donnée par :

$$E = \frac{Ce - Cs}{Ce} \qquad (1.1)$$

Où *Ce* et *Cs* sont les concentrations en particules pour une taille donnée respectivement à l'amont et à l'aval du média filtrant.

Dans l'industrie, l'efficacité du filtre est souvent mesurée en considérant le rapport de filtration β qui est défini comme étant le rapport de la concentration pour un diamètre de particules *dp* donné à l'amont du filtre sur la concentration en particules de même taille à l'aval du filtre: [34]

$$\beta = \frac{Ce(\mathbf{d}p)}{Cs(\mathbf{d}p)} \qquad (1.2)$$

Le rapport de filtration est directement lié à l'efficacité fractionnelle du filtre par la relation

$$E = 1 - \frac{1}{\beta} \qquad (1.3)$$

6.8 Phénomènes de filtration :

Sur les illustrations suivantes, le filtre est représenté comme une fibre isolée perpendiculaire au plan. L'air, l'huile et le carburant s'écoulant autour de la fibre en flux laminaires sont représentés sous la forme de courbes simples (lignes aérodynamiques). L'effet de barrière est le mécanisme de séparation premier de la filtration de l'huile et du carburant. Pour la filtration de l'air, outre l'effet de barrière, l'effet d'inertie et l'effet de diffusion sont primordiaux. [35]

6.8.1 Effet d'inertie

L'effet d'inertie repose sur le fait que les impuretés les plus lourdes quittent leur trajectoire d'écoulement aérodynamique en raison de leur force d'inertie lorsqu'elles se rapprochent, et vont droit sur la fibre. [35]

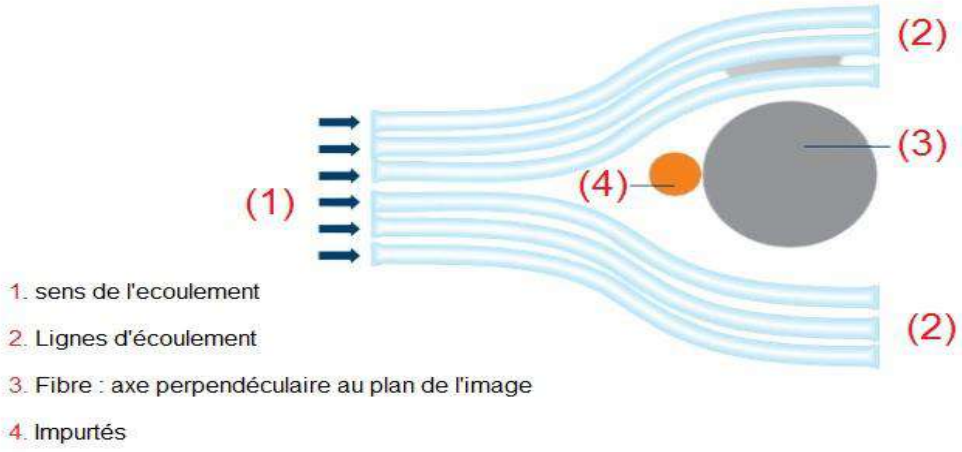


Figure 08:schéma représente l'Effet d'inertie

6.8.2 Effet de barrière :

Dans le cas de l'effet de barrière, les particules, de petite taille, suivent la trajectoire d'écoulement aérodynamique. Mais si elles passent trop près de la fibre et la touchent, elles y restent collées (forces de Van der Waals). [35]

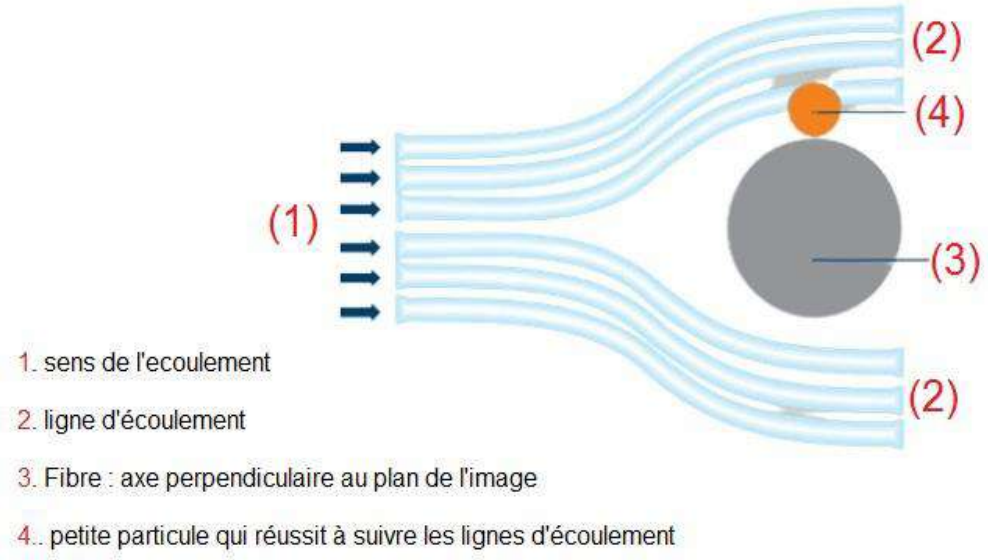


Figure 09: schéma représente l'effet barrière

6.8.3 Effet de diffusion :

Dans le cas de l'effet de diffusion, de très petites particules d'impuretés d'un diamètre inférieur à 0,5 mm sont filtrées. Elles virevoltent dans des trajectoires irrégulières (agitation brownienne), rencontrent la fibre plutôt par hasard et y restent collées. [35]

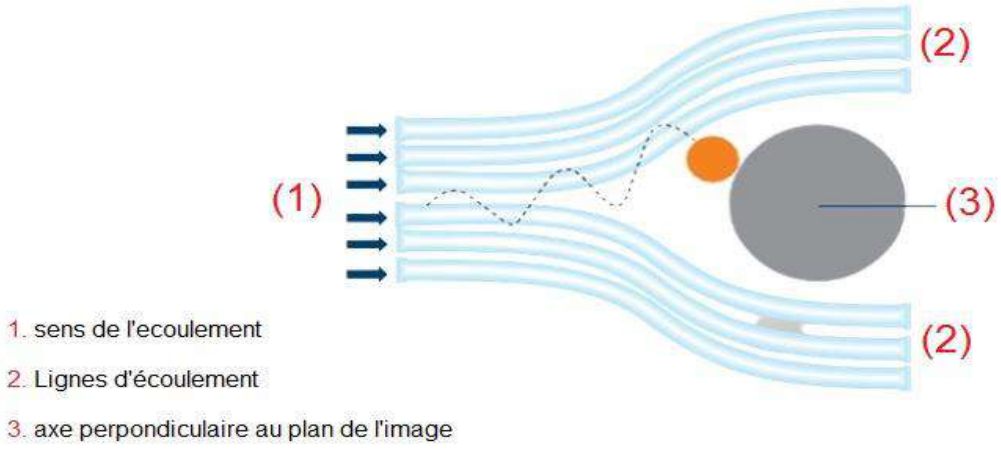


Figure 10:schéma représente l'effet de diffusion.

6.9 Tracé de la différence de pression en fonction du temps

Quand on place un nouveau filtre, les impuretés s'amassent d'abord à la surface de la fibre. Au fur et à mesure que l'encrassement s'intensifie, cette couche grossit et le volume poreux du filtre diminue. Et, à débit constant, plus le volume poreux diminue, plus la différence de pression augmente.

Le tracé de la pression différentielle Δp en fonction de la durée de fonctionnement ou de la fatigue due à l'encrassement est illustré par le diagramme suivant.

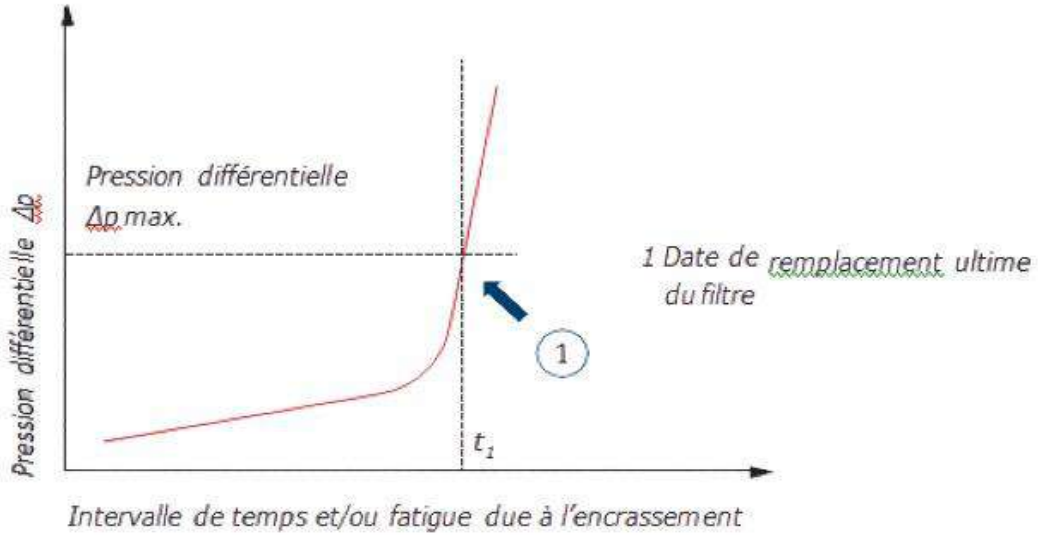


Figure 11:un tracé représente la différence de la pression en fonction du temps[35].

L'augmentation plutôt lente de la pression différentielle est typique des filtres à lit profond. La pression différentielle ne se met à augmenter rapidement qu'une fois le volume poreux du filtre presque saturé. Il faut alors remplacer le filtre. La périodicité1 est fixée dans le cahier des charges du constructeur automobile. [35]

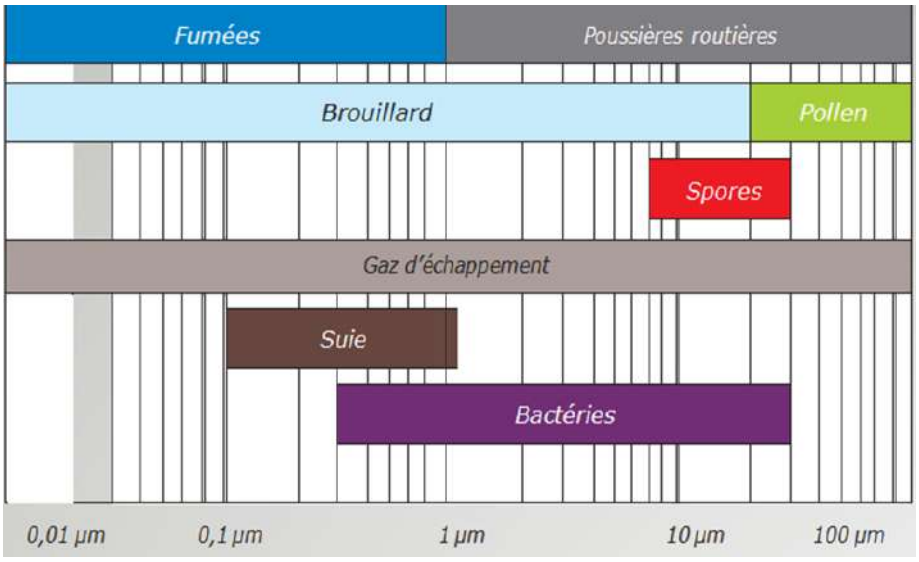


Figure 12:photo représente les grandeurs captés par le filtre [35]

6.10 Ordre de grandeur des différentes particules :

D’une manière générale, les filtres Sont conçus Pour capter les Particules microscopiques. L’illustration précédente Représente les différentes Tailles typiques Des impuretés Qu’un filtre doit retenir.

7 Type des filtres automobiles :

Il existe Cinq types des filtres des véhicules :

7.1 Filtre d'habitacle :

Le filtre d'habitacle purifie l'air qui entre dans l'habitacle de votre voiture par le chauffage et la climatisation. Il filtre la poussière, le pollen et d'autres particules fines en suspension dans l'air.

le filtre d'habitacle à charbon actif est plus efficace que le filtre normal car cela fait capturer les gaz d'échappement et les odeurs. Ce qu’il nous mène à respirer un air propre dans la voiture.

7.1.1 Raisons pour lesquelles il faut changer le filtre d’habitacle :

- Pour respirer de l'air frais
  Le filtre d'habitacle permet de respirer de l'air pur, car il retient les bactéries, le pollen et les substances polluantes. Si on ne le remplace pas régulièrement, on risque de sentir des odeurs désagréables et avoir des réactions allergiques (éternuements, toux, etc.)
- Pour éviter des problèmes de sécurité et de visibilité
  Quand un filtre d'habitacle est colmaté, il peut gêner l’entrée d'air frais entrant dans la voiture. Cela peut être ennuyeux, surtout lorsque on souhaite désembuer les glaces.
- Pour augmenter la durée de vie du système de chauffage et de climatisation de votre voiture



Figure 13:photo représente la différence entre un filtre neuf et colmaté.

Un filtre de cabine propre maximise le flux d'air et prolonge la durée de vie du système de chauffage, de ventilation et de climatisation de la voiture.

7.2 Filtre à air :

Tout comme les humains ont besoin d'oxygène pour respirer, le moteur de la voiture a besoin d'oxygène pour le processus de combustion. Le filtre à air empêche les insectes, la poussière, les particules, le sable ou les corps étrangers de pénétrer dans le moteur. Il permet également l'obtention du bon mélange d'air et de carburant pour les meilleures performances. Les filtres à air de la voiture peuvent avoir différentes formes :

ils sont rectangulaires, ronds ou cylindriques. Ils sont faits d'un matériau filtrant plissé en coton, en mousse ou en papier synthétique.

- Forme du filtre à air pour voiture :

La photo ci-dessous montre les différents types du filtre à air



Figure 14:photo représente les différents types du filtre à air.

7.2.1 Raisons pour lesquelles il faut changer le filtre à air :

- Pour éviter les fumées noires :

Lorsque le filtre à air est colmaté, la combustion du carburant est incomplète et entraîne la formation de fumées d'échappement noires, ce qui est mauvais signe.

- Pour de meilleures performances :

lorsque l'air dans le moteur est propre, le mélange de carburant et d'air permet une puissance maximale.

- Pour faire des économies de carburant :

la consommation de carburant diminue grâce à une meilleure combustion.

7.2.2 Erreurs de manipulation

Il ne faut en aucun cas purger le filtre à l'air comprimé (Fig.15-1 et 15-2). Les impuretés Microscopiques seraient pressées en profondeur dans la structure du papier filtre et le débit s'amoindrirait. De plus, le papier filtre pourrait se déchirer sous l'effet de la pression d'air élevée.



Figure 15: représente des erreurs de manipulation.

Pendant que vous manipulez le filtre veillez en outre à ne pas endommager le bloc papier ni les surfaces de jonction (Figure 15-1 et 15-2).

Il ne faut en aucun cas monter de filtres déformés (Figure16 =3et 4).



Figure 16: représente des erreurs de manipulation .

7.2.3 Les types des Filtres à Air

7.2.3.1 Le filtre standard :

Le filtre standard absorbe surtout les particules solides de l'air extérieur, à savoir les pollens, les spores, la suie, les poussières, les particules de pneus, etc.

Cette filtration est réalisée au moyen d'un matériau filtrant développé spécialement



Figure 17:photo représente le filtre standard.

7.2.3.2 Le filtre à Charbon actif :

Le filtre à charbon actif retient non seule- ment les particules solides, mais également les gaz nocifs comme les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre, l'ozone ou les hydrocarbures, et en préserve l'habitacle jusqu'à 95 % : la couche de charbon actif incorporée filtre et retient les plus infimes particules.

De même, les mauvaises odeurs sont neutralisées et fortement réduites. Ainsi, les traversées de tunnel ou les embouteillages sont bien moins pénibles.



Figure 18:photo représente le filtre à charbon actif.

7.2.4 Intervalle de remplacement et dommages consécutifs :

Comme le filtre d'habitacle n'a qu'une durée de vie limitée, il est important de le remplacer régulièrement. Au bout d'un certain temps, il se sature, ne peut plus retenir de particules et perd ainsi sa fonctionnalité. Les constructeurs automobiles donnent comme valeur indicative après 2 vidanges ou 15 000 km.

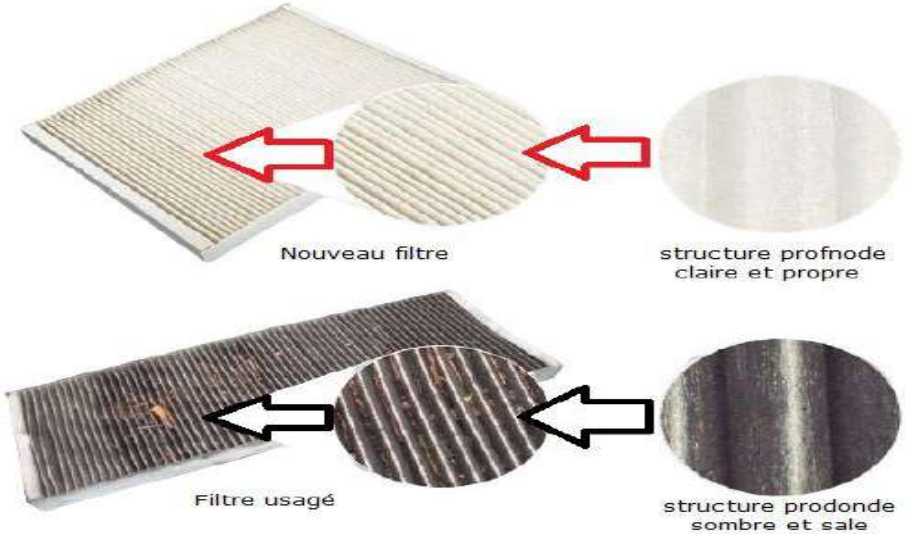


Figure 19:photo montre la différence entre filtre nouveau et usagé.

7.3 Le filtre à carburant :

Le filtre à carburant élimine les impuretés telles que la poussière, la rouille et les particules contenues dans le carburant. En éliminant ces polluants, le filtre protège vos injecteurs de carburant et joue un rôle essentiel dans le maintien des performances et la longévité du moteur de la voiture.



Figure 20:photo représente le filtre de conduite gasoil de carburant.



Figure 21:photo représente le filtre remplacement.

7.3.1 Raisons pour lesquelles il faut changer le filtre à carburant :

- Pour maintenir les performances du moteur :
  Si votre filtre à carburant est colmaté, le débit risque d'être réduit et les performances diminuées, car le moteur a du mal à obtenir du carburant. Avec un filtre colmaté, la pompe à essence est bien plus sollicitée et on risque d'avoir des problèmes de démarrage, des accélérations médiocres ou même caler.

- Pour conserver vos pièces de voiture en bon état : Par leur action abrasive, les impuretés présentes dans le carburant peuvent accélérer l'usure, endommager des pièces coûteuses et même entraîner la défaillance de la pompe à carburant et des injecteurs.



A) Filtre à carburant de remplacement B) filtre de conduite de carburant C) cartouche de filtre carburant

Figure 22: Photo représente les trois types de filtres à carburant.

7.4 Le filtre à particule :

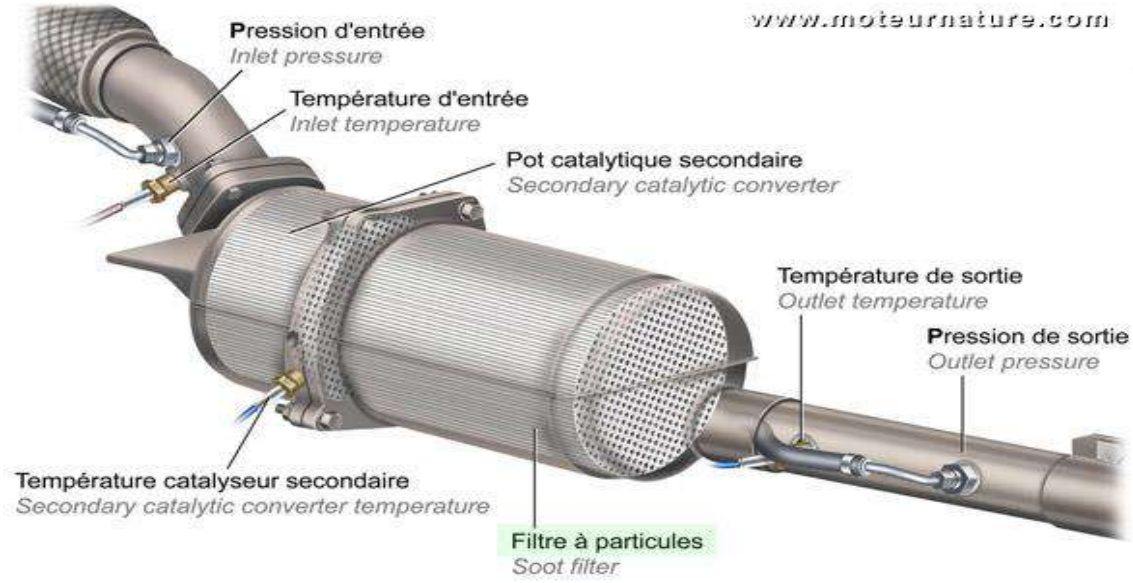


Figure 23:photo représente la structure du FAP.

Le filtre à particule a été inventé dans les années 70, c'est un équipement dont le but de répondre aux normes antipollution européennes.

La fonction principale du filtre à particules, plus communément appelé FAP est de réduire les émissions de particules fines contenus dans les gaz d'échappement. Le FAP est situé en continuité de la ligne d'échappement, le plus souvent en sortie moteur.

Équipement obligatoire sur tous les véhicules diesel neufs depuis 2011, le filtre à particule peut s'encrasser et engendrer des réparations coûteuses.

7.4.1 Fonctionnement du filtre à particules :



Figure 24:photo fonctionnement du FAP.

7.4.2 Fonctionnement du filtre à particule :

Le FAP fonctionne en deux temps:

- Dans un premier temps il collecte les particules émises.
- Puis, dans un second temps, les élimine.

1. Collecte des particules émises :

Le filtre emprisonne les particules en suspension dans les gaz d'échappement. Une couche de suie se forme alors et détériore les performances du moteur à long terme.

2. Élimination des particules polluantes :

Le filtre force la température des gaz d'échappement à monter suffisamment afin de brûler les couches de suie. Pour augmenter la température des gaz d'échappement, un surplus de carburant est injecté dans le FAP provoquant la combustion des suies qui y sont emprisonnées.

7.4.3 Les symptômes du FAP encrassé :

Les symptômes d'un FAP encrassé peuvent se traduire de plusieurs manières:

- Une perte de puissance.
- Des voyants de moteur allumés.
- Un fonctionnement en mode dégradé.
- Un moteur qui s'étouffe, cale, etc.

L'impact d'un filtre à particules obstrué peut être coûteux.

7.5 Le filtre à huile :

Le filtre à huile permet une circulation d'huile constante et élimine les particules (saleté, huile oxydée, particules métalliques) qui peuvent s'accumuler dans l'huile en raison de l'usure du moteur. Il purifie l'huile moteur pour qu'elle puisse remplir son rôle efficacement. Un filtre à huile a une capacité de rétention des polluants suffisante pour rester pleinement fonctionnel jusqu'à la prochaine vidange d'huile.

7.5.1 Raisons pour lesquelles il faut changer le filtre à huile :

- Pour réduire l'usure du moteur :

Un filtre à huile défectueux permettra aux impuretés de le traverser et de freiner la circulation de l'huile, ce qui peut entraîner une usure prématurée du moteur, de mauvaises performances ou même une panne du moteur.

- Pour éviter de souiller votre huile neuve : Le filtre à huile doit généralement être remplacé à chaque vidange d'huile (tous les 10 000 km pour une voiture à essence et tous les 15 000 km pour un diesel) afin d'éviter de souiller votre huile neuve.

8 Les Types de filtre à l'huile :

On distingue deux type de filtre à l'huiles : permanents et conventionnels.

8.1 Les filtres à l'huile permanents :

Ils sont appelés aussi life time filtre (filtre à vie) ce qui signifie que ces filtres permanents sont construits pour durer pas à vie mais pour une longue durée. Ils ont donc forcément un coût plus conséquent. Parmi ces filtres, on trouve deux catégories :

8.1.1 Les filtres à nettoyer :

Comme leur nom l'indique, ces filtres sont destinés à être nettoyés puis réutilisés. Ils vont colmater et il faut (idéalement) les nettoyer avant qu'ils colmatent. Un filtre à media filtrant en inox, il faut ouvrir le filtre pour le nettoyer manuellement.

Les filtres sont faciles à nettoyer- il suffit de les démonter, de les laver, de les sécher et de les remonter. Cela prend cinq minutes.



Figure 25: photo représente un filtre à nettoyer.



Figure 26: représente un autre modèle du filtre à nettoyer.

8.1.2 Opération de nettoyage des filtres permanents :

Il existe deux méthodes pour nettoyer un filtre réutilisable :

- Méthode 1 : consiste à utiliser des produits détergeant spéciaux disponible dans

le marché pour le lavage des filtres

- Méthode 2 : c’est la méthode classique, Il existe de nombreuses méthodes anciennes différentes. Tout d'abord, il faut :

a) Retirez l'élément du filtre, puis on lui trempe dans l'un des produits suivants pendant quelques minutes :
   - ✓ Essence.
   - ✓ Nettoyant pour carburateur.
   - ✓ Du savon et de l’eau.

b) On fait Secouez-le de temps en temps ;
c) On vide le liquide.
d) On fait sécher le filtre avec un compresseur d'air.

8.1.3 Les filtres dits “by-pass” (ou en dérivation) :

Ces filtres sont dotés d’un épurateur (interne ou externe) qui filtre l’huile. Leur argument est de prolonger la durée de vie de l’huile et diminuer le nombre de vidanges. On trouve un exemple les filtres Trabold dédié aux engins et véhicules utilitaires poids lourd, Ici l’élément filtrant est à changer à intervalles réguliers, ces filtres ne sont donc pas permanents à proprement parler.





Figure 27:photo représente un filtre Trabold et ça cartouche.

8.1.3.1 Fonctionnement d'un Filtres Trabold :

Un élément filtrant haute performance nouvellement développé avec Filtrage radial et axial, qui fonctionne presque sans compression, est le cœur du système de filtrage TRABOLD. Particules de saleté jusqu'à une taille de 1/10 micron (*correspond à dix millièmes de millimètre*) devenir filtré et lié à l'eau. Grâce au filtrage radial et axial, le volume du boîtier du filtre a été réduit et la cartouche filtrante est utilisée de manière plus économique.



Figure 29:représente le filtre Trabold.



Figure 28: représente la conception du filtre Trabold.

8.1.3.2 Avantages du filtrage fin dans la gamme micro :

- Réduction des coûts de maintenance et de réparation

Durée de vie prolongée du moteur (les véhicules ont parcouru plus de 500.000 kilomètres dans certains cas sans Vidange)

8.2 Les filtres à l'huile conventionnels :

8.2.1 Caractéristiques de la conception des filtres à huile conventionnels

Ces filtres sont faits en papier imprégné de résine phénolique. Ce sont les plus couramment utilisés. Cependant, il est difficile de connaître et donc pouvoir comparer la qualité des filtres papiers entre eux. De plus, l'écart de prix est très souvent conséquent, mais les plus chers ne sont pas forcément les meilleur, on trouve deux types :

1. Filtre à passage intégral.
2. Filtre by pass et combiné.

- *Filtres à huile à passage intégral :*

L'analyse de la conception des filtres à huile à passage intégral, un diagramme de l'agencement d'un filtre à visser est illustré à la figure 30, Le flux d'huile à travers un filtre à huile est illustré à la figure 31, la figure (32) montre que les filtres peuvent être divisés en deux types principaux : à visser et à cartouche

Le filtre à huile à passage intégral est standard sur la plupart des véhicules modernes. La plupart des filtres à huile utilisent le média filtrant en papier, matériau filtrant traditionnel pour la conception à passage intégral. L'huile moteur qui traverse le filtre à passage intégral continue à lubrifier le moteur et le filtre à huile élimine les plus grosses particules de contaminants de l'huile moteur qui sont nuisibles au moteur. Le filtre à huile fournit une protection essentielle du moteur pour des performances maximales à froid et une durée de vie du filtre. Il est conçu pour fournir le niveau de filtration d'huile requis, gérer le débit requis lorsque l'huile moteur est froide et fournir une capacité de rétention des impuretés suffisante.

Les conceptions mécaniques utilisent un élément constitué de papier filtre plissé pour piéger et séquestrer les contaminants en suspension. Produits par les fabricants de filtres, les filtres à huile automobiles varient en termes de conception, de matériaux et de pièces de construction. Les filtres à passage intégral qui sont fabriqués à partir de matériaux entièrement synthétiques, à l'exception des cylindres de drainage en métal qu'ils contiennent, sont bien supérieurs et plus durables que les filtres traditionnels en cellulose et en papier qui sont encore couramment utilisés comme supports de filtration. Ces variables affectent l'efficacité, la durabilité et le coût des filtres à huile.

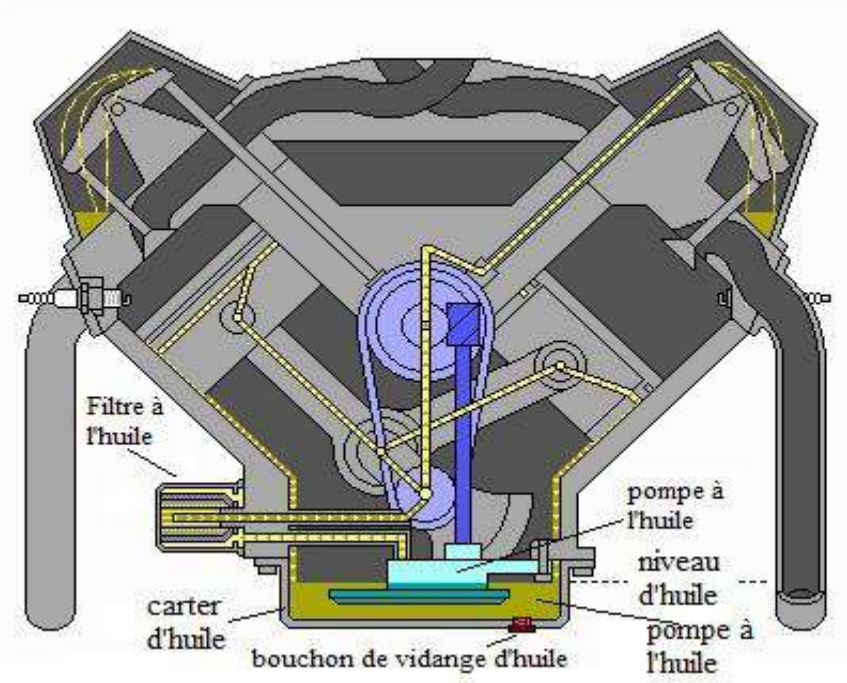


Figure 30: Schéma de l'agencement du filtre a visser.



Figure 31: représente le flux d'huile à travers un filtre à huile a visser.



. **Figure 32**: représente un filtre a visser et ça cartouche

8.2.1.1 Le filtre à l'huile à visser :

Les filtres à visser se composent d'une tête montée directement en ligne avec la tuyauterie de retour et d'une cartouche contenant un élément filtrant en papier qui se visse sur un montant fileté conçu à cet effet. Ce type de filtre est une unité intégrale qui ne peut être démontée une fois fabriquée. Les composants sont enfermés dans le boîtier du filtre, connu sous le nom de boîte, pendant la production et l'assemblage et sont cousus à l'assemblage inférieur. Le boîtier du filtre contient le filtre ainsi que tous les éléments auxiliaires tels que les soupapes de décharge de la cartouche, etc. Le dispositif de retenue est le dispositif de retenue est monté sous la cartouche et agit comme un ressort pour maintenir toutes les pièces internes sous tension et préserver les joints internes. L'ensemble inférieur comprend le filetage de fixation, les orifices d'entrée et le joint d'étanchéité en pressant (plaque inférieure) et est cousu au corps du filtre pré-assemblé pour former une unité intégrale. Ces filtres sont utilisés dans les moteurs des véhicules PLG et HG [28] [29].

8.2.1.2 Filtre à l'huile en cartouche :

Les filtres de type cartouche (figure 33) ont un module amovible avec l'élément filtrant remplaçable installé dans le module (boîtier du filtre).



Figure 33: représente le filtre a cartouche.

Ces filtres sont fabriqués à partir de composants exempts de métal, Les cartouches de filtre à huile sont appliquées de manière étanche dans le boîtier intégré au moteur, le boîtier du filtre est vissé sur le bloc moteur ou est une pièce fixe du carter de vilebrequin, Dans ce type de filtre, on change uniquement la cartouche.



Figure 34:photo représente le filtre en boitier.

Structure d'un filtre à huile à visser :

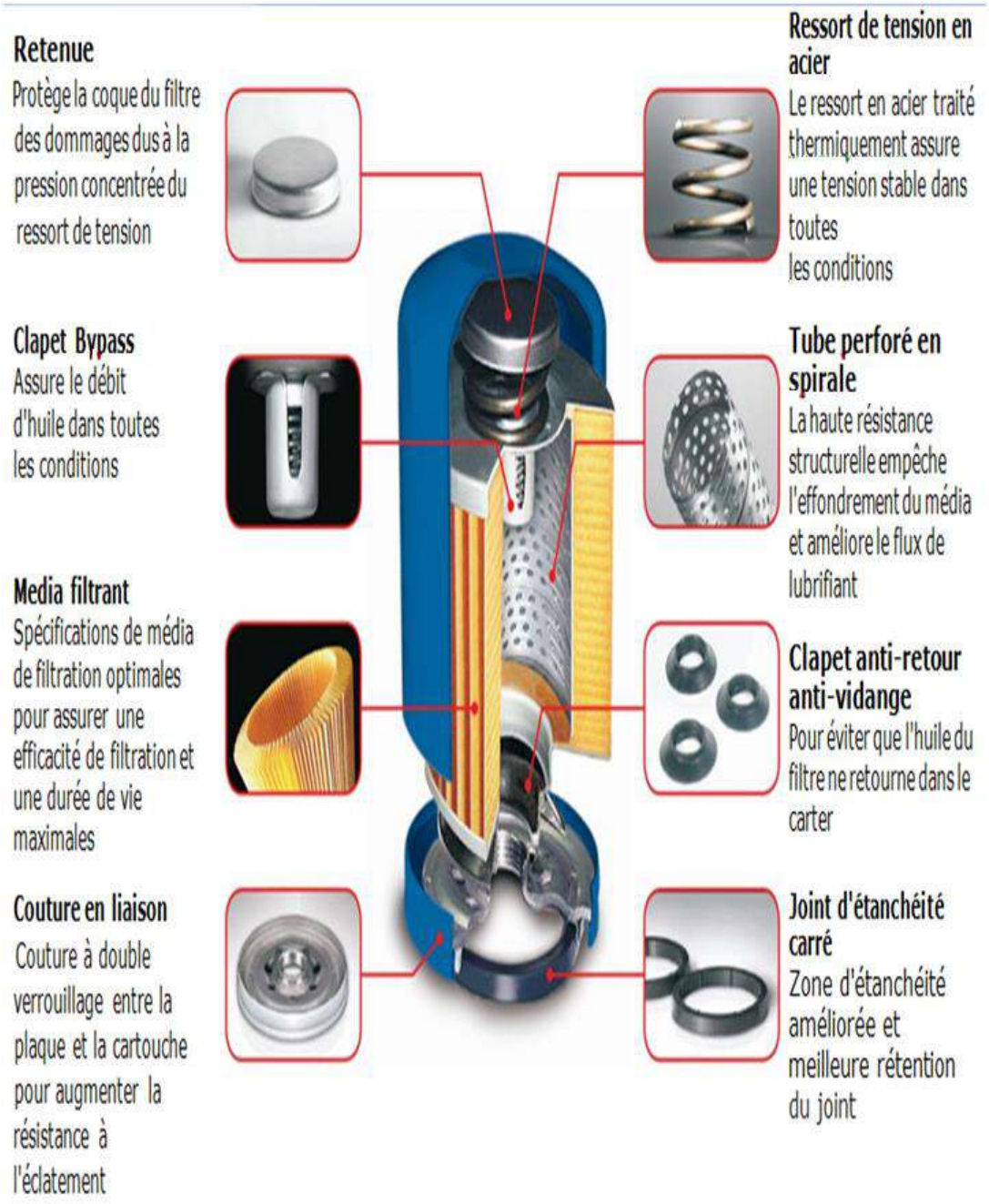
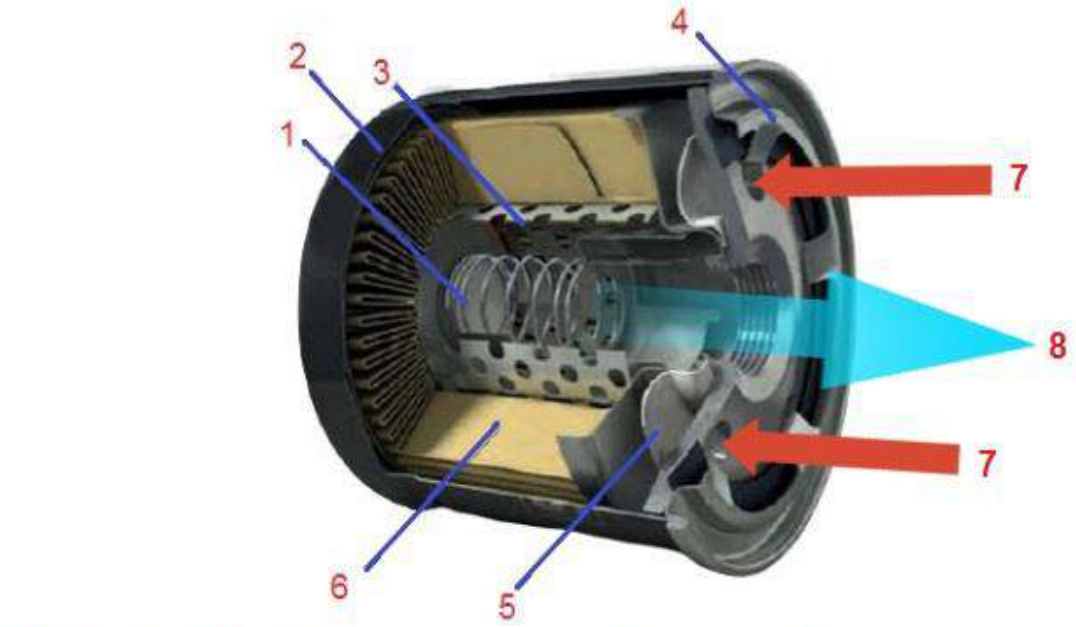


Figure 35: représente la structure d'un filtre à l'huile[87].

La Figure 36 ci-dessous représente La structure suivant fait visualiser le clapet de dérivation et le clapet anti retour dans le filtre à l'huile à visser ainsi que le mouvement de l'huile dans le filtre amont avale.



1. Clapet de dérivation
2. Corps
3. Tube
4. Couvercle
5. Clapet anti retour
6. Matériau filtrant
7. Entré huile à filtré
8. Sortie huile filtré

Figure 36:mouvement de l'huile dans le filtre amont aval.

8.2.2 Propriété du filtre à passage intégrale :

Les conceptions les plus courantes de filtres à huile à passage intégral avec différents



Figure 37:photo représente la conception la plus courante des filtre a visser.

types d'éléments filtrants à ressorts de condensation, d'anti-drainage et de soupapes de décharge, sont illustrées dans les figures 37. [30] [31].

Le tableau 2.1 présente les principaux paramètres des filtres à huile à passage intégral et de leurs éléments filtrants produits par les sociétés Baldwin Filters, Sogefi, Fleetguard, Caterpillar, Mahle et Donaldson pour une utilisation dans les moteurs diesel [32]. Bien que les filtres à huile présentés soient tous du même type "à visser" et aient des dimensions similaires, leur surface totale (cm^2) est différente et, par conséquent, la surface de chaque filtre détermine le volume total d'huile moteur qui entre dans le filtre à huile à un débit donné, une surface totale plus grande signifie que la taille des pores du média filtrant en papier tend à être plus petite, ce qui est bénéfique pour atteindre un plus grand niveau de filtration de l'huile. Ces filtres ont également une surface différente (cm^2) et cela dépend largement de la capacité du moteur pour lequel un filtre est produit.

Dans la majorité des filtres, la conception traditionnelle en étoile du rideau filtrant est utilisée (figure 2.8-2.9-2.10).

Dans les filtres à passage intégral avec des éléments de type profond (figure 2.11), l'huile passe entre les couches de papier filtre enroulées en rouleau [33] [34].

Les capuchons d'extrémité des éléments filtrants sont produits sous forme emboutie (carton ou métal) et sous forme de carton plat. Cependant, la version en carton n'assure pas l'étanchéité de la liaison par collage du couvercle et du rideau de l'élément en raison de l'épaisseur inégale de la couche de colle dans le rideau et la périphérie centrale.

Paramètres clés des filtres à huile à passage intégral pour moteurs diesel.

Tableau 08 : représente les paramètres clés des filtres a huiles a passage intégral

Fabricant de filtres à huile						
Filter parameter	Fram	Fleetguard	Donaldson	Baldwin Filters	Caterpillar	Mobil
Paramètres du filter	à visser	à visser	à visser	à visser	à visser	à visser
Dimensions DE mm	80	100	110	95	110	110

. H mm	100	140	120	140	100	100
surface totale cm^2	2200	3300	3900	3300	2400	1700
surface totale cm^2/kWt	55	70	70	60	50	55

- Filtres à huile by-pass et combinés

L'analyse des recherches [35] relatives à la filtration fine de l'huile moteur dans les moteurs à combustion interne a démontré la grande efficacité de l'utilisation de filtres à huile by-pass supplémentaires, un schéma de l'agencement du filtre by-pass étant présenté à la figure 38.

Le filtre à huile à dérivation n'est pas utilisé aussi souvent. Ce type de filtre à huile se trouve sur les moteurs plus anciens, ou utilisé en combinaison avec le filtre à huile à passage intégral sur certains moteurs modernes. Le filtre à dérivation traite en moyenne 10 à 20 % de l'huile moteur qui passe dans le moteur. Le média filtrant utilisé dans ce type de filtre est très efficace et est conçu pour éliminer les plus petites particules de contaminants. L'huile moteur qui a été filtrée par le filtre de dérivation est généralement renvoyée dans un carter d'huile.

Les filtres à huile en dérivation sont utilisés dans le cadre du système de filtration auxiliaire qui améliore la filtration du moteur au-delà des capacités des filtres à huile à passage intégral.

Ce système fonctionne en parallèle avec le système de filtration d'huile standard pour éliminer les contaminants solides, chimiques et autres de l'huile moteur, car les filtres en dérivation éliminent les particules de contaminants jusqu'à 2-5 microns.

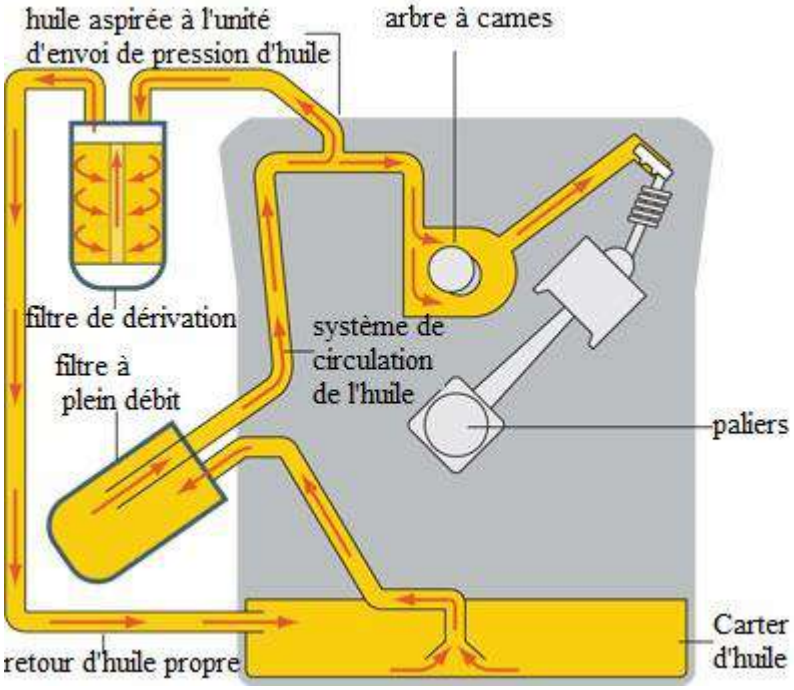


Figure 38:photo représente le schéma de l'agencement du filtre de dérivation.

L'application du principe de la filtration combinée de l'huile n'est pas nouvelle, elle a été utilisée au cours des 60 dernières années, comme la combinaison de filtres à deux étages de filtration, placés dans un seul cas (filtres Cummins, Fleetguard et FRAM) [36] [37].



Figure 39: filtre à huile de dérivation Fleetguard composé d'un élément filtrant combiné.

Trois domaines potentiels ont été identifiés comme pouvant faire l'objet d'un développement ultérieur des systèmes combinés de filtration de l'huile. Le premier suppose une installation de la centrifugeuse de dérivation en plus du filtre à huile à plein

débit de filtration fine avec une capacité de filtrage nominale d'environ 50 microns. Le second suppose l'installation, en plus du filtre à huile à plein débit, d'un filtre à dérivation d'une capacité de filtrage de 2 à 5 microns, permettant le déversement de l'huile filtrée dans un carter d'huile. Ce type de filtres est produit par les sociétés Fleetguard et Cummins. La principale caractéristique des systèmes de nettoyage combinés des moteurs Cummins et Detroit Diesel est l'utilisation de filtres by-pass à adsorption volumétrique d'une capacité de 10-12 litre. Le troisième suppose la combinaison de deux éléments filtrants dans un même cas, par exemple un filtre à huile Fleetguard composé de l'élément filtrant combiné, qui comporte le filtre papier à passage intégral et le filtre by-pass en papier (figure39).

L'avantage de ce type de filtres réside dans la rapidité de leur installation et la possibilité de les installer en remplacement des filtres à huile classiques à passage intégral.

Actuellement, l'installation de filtres supplémentaires à haut pouvoir filtrant dans les moteurs est nécessaire pour augmenter la durée de vie de l'huile moteur et préserver ses propriétés opérationnelles, ce qui permet de réduire la consommation d'huile moteur et les coûts liés au fonctionnement des moteurs.

Les principaux fabricants de moteurs diesel ont les exigences les plus élevées en matière de filtration de l'huile, par exemple, la société Cummins exige l'installation de filtres à huile à passage intégral de nettoyage fin dans tous les moteurs diesel et l'installation de filtres auxiliaires de dérivation pour tous les moteurs diesel avec turbo compression et pour les moteurs diesel sans pressurisation [38].

La société Refilco produit 2 séries standard de filtres de dérivation avec une chambre de vaporisation, conçus pour être installés dans des véhicules diesel avec un volume de carter d'huile de 7,6-

12,8 litre. [39]. Les conditions de remplacement des éléments filtrants des filtres des types R8, R14, R24 et R60, dans des conditions normales de fonctionnement, doivent être effectuées tous les 12 à 15 mille kilomètres. Selon les données pertinentes présentées par ces sociétés, les éléments filtrants de type PAC, dans lesquels un média filtrant en coton à 100% est utilisé, ont la capacité de retenir 99,4% des particules d'une taille supérieure à 3 microns. Un filtre à huile Refilco composé d'un élément filtrant combiné et de sa caractéristique hydraulique est illustré à la figure 2.13.

La société Triple-R produit trois tailles standard de filtres à huile à dérivation en plus des nettoyeurs ordinaires [40] et l'utilisation de filtres supplémentaires permet d'augmenter la durée des

vidanges d'huile à 60-100 000 km. Un élément filtrant est fabriqué à partir d'un média filtrant en cellulose de densité uniforme qui est torsadé sous forme de rouleau et possède une grande capacité d'absorption. La partie inférieure de l'élément filtrant est pressée par un anneau en carton à travers un système de filtrage à deux étages, dans lequel la couche supérieure adsorbe les plus grosses particules, et la couche inférieure- les particules d'une taille allant jusqu'à 0,2 micron.

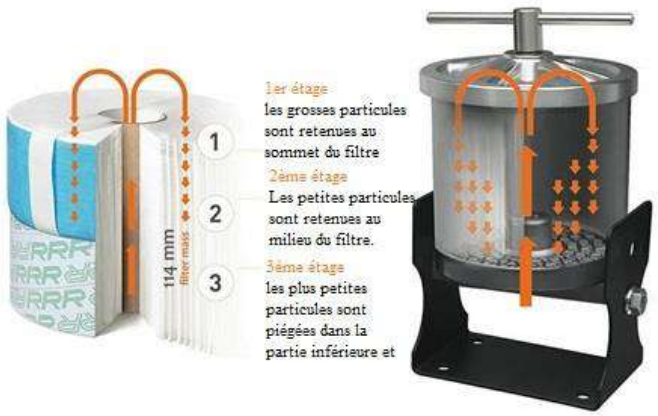


Figure 40:représente le filtre à huile triple-R by-pass.



Figure 42:montre le flux de l'huile dans le filtre by-pass.



L'évaluation du degré d'usure était basée sur la perte de poids des segments de piston et des inserts des roulements. Pour comparer les résultats des tests d'usure, on a pris en compte les 100% atteints par le système de filtration de l'huile, en utilisant le filtre à plein débit avec une capacité de rétention de 60 microns et sans le filtre de dérivation inclus. L'usure du premier et du deuxième segment de piston en utilisant le filtre à passage intégral avec une capacité de rétention de 40 microns, a diminué de 45% et 75% respectivement.

Le système de filtration d'huile combiné qui comprenait le filtre à passage intégral (60 microns) et le filtre de dérivation de type "volume" a réduit l'usure des premiers et deuxièmes segments de 13 % et 21 % respectivement. L'usure des segments racleurs d'huile a diminué de 44% avec le filtre à passage intégral et de 27% avec le système combiné de filtration de l'huile.

La société Tecnocar a développé une gamme de filtres combinés comprenant un élément à passage intégral en papier et un élément de dérivation en coton [45].

Cette société a réalisé des essais sur le terrain sur des véhicules routiers équipés de moteurs diesel de 191 kW et d'une capacité de 13,8 litres. Ces essais ont montré que l'utilisation de filtres combinés, par rapport aux filtres à passage intégral utilisés pour la filtration de l'huile, permettait de réduire l'usure des inserts des coussinets, à savoir

- les coussinets de bielle supérieurs - de 30 % ;
- bielle inférieure - de 45% ;
- radicaux supérieurs - de 50% ;
- le radical inférieur - de 40 %.

Il convient de noter que dans les filtres combinés, les éléments à plein débit ont été fabriqués à partir de papier ayant une capacité de débit accrue avec une taille de pores plus grande que dans les filtres à plein débit classiques. On considère que la consommation suffisante d'huile à travers le filtre à plein débit équivaut à 3-5% du volume de consommation d'huile [46]. Afin de déterminer la capacité des filtres à passage intégral (sans filtration de l'huile en dérivation), il est recommandé de procéder selon les rapports suivants : 1 cm^3 de capacité du moteur nécessite 0,5-1,0 cm^2 de surface filtrante.

Surface filtrante et une autre méthode est basée sur : 1 l/min de consommation d'huile nécessite 100-150 cm² de surface filtrante [47].

La recherche [48] décrit une expérience approfondie du fonctionnement des filtres à huile de dérivation avec la chambre de vaporisation, ces filtres ont été installés dans les moteurs des bus scolaires. Il a été démontré qu'en plus d'une diminution considérable de la consommation d'huile moteur par les moteurs, par exemple 481 litres au lieu de 538 litres dans les moteurs avec un système de nettoyage conventionnel, pendant 12 mois, et une diminution de l'usure des pièces rotatives du moteur, il y avait une augmentation de la durée de vie des joints en caoutchouc grâce à leur contact réduit avec les acides et le carburant, présents dans l'huile moteur. Le nettoyant élimine de l'huile moteur les impuretés dont la taille est supérieure à 1 micron.

La fonction première de l'huile moteur est de lubrifier les pièces mobiles [49]. L'huile forme un film hydrodynamique entre les surfaces métalliques, empêchant les contacts métal sur métal et réduisant la friction. Lorsque l'huile moteur ne suffit pas à empêcher le contact métal sur métal, les phénomènes suivants se produisent :

- De la chaleur est générée par la friction ;
- Une soudure locale se produit ;
- Le transfert de métal entraîne des éraflures ou un grippage.

L'huile moteur agit également comme un agent de nettoyage dans le moteur en éliminant les contaminants des composants critiques. La boue, le vernis et l'oxydation qui s'accumulent sur les pistons, les segments, les tiges de soupape et les joints d'étanchéité endommagent gravement le moteur. En règle générale, l'huile moteur est formulée avec des additifs optimaux et maintient ces contaminants en suspension jusqu'à ce qu'ils soient éliminés par le système de filtration d'huile ou lors d'un remplacement d'huile. Une autre fonction de l'huile moteur est de fournir une barrière protectrice, isolant les métaux non similaires pour empêcher la corrosion.

La corrosion fonctionne à son tour comme un mécanisme d'usure à action lente [50].

L'un des principaux paramètres de l'huile moteur est sa viscosité, qui est une mesure de la résistance à l'écoulement offerte lorsqu'une couche de molécules d'huile se déplace par rapport à une couche adjacente.

Couche adjacente. La résistance provient de la friction générée par les molécules d'huile lorsqu'elles se déplacent les unes par rapport aux autres. Cette action de cisaillement se produit constamment dans les films d'huile qui lubrifient toutes les pièces mobiles d'un moteur. La plupart de l'usure d'un moteur se produit au démarrage initial, dans certaines applications, avant que l'huile moteur n'ait le temps de circuler complètement.

La performance du moteur est grandement influencée par la viscosité de l'huile et son impact est décrit ci-dessous :

- La sélection d'une huile de viscosité correcte

Il a été démontré [51] qu'une diminution de la quantité d'impuretés dans l'air et dans l'huile moteur, grâce à l'utilisation d'une filtration extra fine, réduit les pertes dues à la friction et à l'usure des moteurs. Les résultats des tests effectués sur un moteur 6 cylindres ont montré une amélioration de la consommation de carburant allant jusqu'à 5%.

8.3 Classification des méthodes et moyens de filtration

Le fonctionnement fiable du moteur et une longue durée de vie de l'huile moteur ne peuvent être obtenus sans l'application de systèmes efficaces de filtration de l'huile.

Les méthodes connues de filtration de l'huile sont divisées en deux groupes : la filtration dans le milieu poreux et dans les champs de force. Les moyens de filtration de l'huile sont divisés en deux groupes : les filtres tels que les nettoyeurs à passage intégral, à dérivation, combinés et motorisés dans lesquels la force gravitationnelle, centrifuge et magnétique est utilisée.

8.3.1 Bases de la théorie et du calcul des systèmes de filtrage

Les théories de calcul des filtres et des systèmes de filtrage sont discutées dans de nombreuses revues [23] et études [24].

La configuration du mouvement du liquide dans le milieu poreux est complexe et a tendance à changer de taille dans le temps. La vitesse de filtration est déterminée comme la corrélation entre la consommation de liquide au débit et la surface de la cloison filtrante, exprimée par l'équation suivante (2.1) Q F

Où □- vitesse de filtration.

Q - consommation de liquide au débit.

F - surface de la cloison filtrante.

La résistance hydraulique de la cloison filtrante devient donc (2.2) P= P1¯ P2

Où P1 et P2 - pression du liquide à l'entrée et à la sortie, respectivement.

Le mode du courant de liquide dans les canaux des filtres à huile est caractérisé par un nombre de Reynolds de Re100 et est laminaire. Par conséquent, selon l'équation de Hagen-Poiseuille, la vitesse de filtration est exprimée par l'équation suivante

$$\omega = \frac{\pi \cdot \delta_n^4 \cdot {}_\Delta P \cdot m}{128\mu \cdot l_n} = \kappa_{yð.} \frac{{}_\Delta P}{\mu} \qquad (2.3)$$

Où :

Бn - diamètre du canal de pore ;

Ln - longueur d'un seul canal de pores ;

m- nombre de canaux de pores ;

L'une des caractéristiques les plus importantes du milieu poreux est le coefficient de porosité déterminé comme la corrélation entre le volume du pore Vп et le volume du milieu poreux Vп.с.

(2.4) $$\psi = \frac{V_n}{V_{n.c.}} = \frac{V_{n.c} - V_м}{V_{n.c.}}$$

Où Vм - volume du matériau.

Les méthodes de détermination de la porosité qui ont été utilisées dans les recherches sont présentées dans les études [25].

L'évaluation de l'efficacité de la purification de l'impureté polluante par la cloison poreuse est effectuée sur la base de certaines hypothèses :

- la cloison réelle est modélisée sur des canaux cylindriques de diamètre différent et de longueur identique ;

- la nature de la distribution des pores ne dépend pas du temps de fonctionnement du filtre ;

- mouvement du milieu de travail laminaire pour lequel l'équation de Hagen-Poiseuille est correcte.

À condition que la consommation de liquide à travers les pores soit proportionnelle au quatrième degré de son diamètre.

Avec les hypothèses acceptées, le coefficient initial général de filtrage de la cloison poreuse devient :

(2.5) $$\varphi = \int_0^{X\max} \varphi_x \, d\Phi(x)$$

Où x - taille des particules du contaminant ;

Φ(x) - distribution des particules de contaminant ;

X - coefficient fractionnaire du tamisage.

L'évaluation de la forme de la courbe expérimentale des coefficients fractionnaires d'élimination des filtres, a montré dans [26] qu'ils peuvent être approximés par une distribution normale logarithmique sous forme intégrée.

(2.6) $$\varphi_x = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\lg\nu} \int_{-\infty}^{\lg\sigma} \lambda - \frac{(\lg\sigma - \lg\sigma_o)^2}{2\lg^2\nu} (d\lg\sigma)$$

Où lg бo et lg v - paramètres de distribution.

Pour le même filtre, le taux de coefficient d'élimination caractérisé par le paramètre, dépend également de la dispersion du contaminant apporté au filtre caractérisé par le paramètre. Par conséquent, l'exhaustivité initiale du filtrage du filtre peut être présentée comme suit :

(2.7) =f(x, lg бo, lg xo)

Dans les équations 6 et 7, la distribution des particules est calculée, ce qui ne coïncide pas avec leur distribution en poids. En utilisant les rapports [27], on détermine la complétude en masse de l'élimination des filtres.

(2.8) lg xo=0,163+0,388 lg xoм

(2.9) lg =0,069+lg м

Le développement de systèmes efficaces de filtration de l'huile moteur nécessite la connaissance et l'application des bases de la théorie du calcul des systèmes de filtrage et la réalisation de l'analyse des caractéristiques des conceptions des filtres à passage intégral, à dérivation et combinés.

Conclusions

1. La contamination de l'huile moteur se produit continuellement dans le moteur et dépend des facteurs suivants : qualité de l'huile, type de carburant, conception du moteur, modes de fonctionnement du moteur. Un fonctionnement fiable du moteur et une longue durée de vie de l'huile moteur ne peuvent être assurés sans l'application de systèmes de filtration d'huile efficaces.
2. Le développement de systèmes efficaces de filtration de l'huile moteur est basé sur la connaissance et l'application des bases de la théorie du calcul des systèmes de filtration, l'analyse des caractéristiques de la conception des filtres à passage intégral, à dérivation et combinés et la détermination des matériaux filtrants optimaux.
3. L'un des principaux indicateurs de la performance globale des systèmes de

filtration de l'huile est la fiabilité de la protection des roulements du moteur contre les impuretés.

4. Dans les systèmes combinés de filtration d'huile, on utilise divers matériaux filtrants et des variantes de conception des filtres à huile à passage intégral et à dérivation.

5. Les systèmes de filtration d'huile combinés, par rapport aux systèmes de filtration d'huile à passage intégral, permettent de réduire considérablement les impuretés dans l'huile moteur, d'augmenter la durée de vie de l'huile, d'accroître la durée de fonctionnement des éléments filtrants des filtres à passage intégral et de réduire la formation de dépôts de carbone sur la surface des pièces du groupe de pistons.

Chapitre 3 : fabrication des filtres à l’huile

9 S.A.R.L EL Itifak:

Est une société spécialisée dans le domaine de la mécanique d'une manière générale et les pièces de rechange en particulier fondé en 1993, Elle contient une unité de fabrication des filtres appelais Al-Safa fondé à l'année 2002. [94]

9.1 L'unité Al-Safa :

S'intéresse au fabrication d'une large gamme des filtres des véhicules léger, lourd, véhicule Utilitaires les engins et aussi les machines industrielles comme :

- Filtres à l'huile.
- Filtre à air.
- Filtre à gasoil.
- Filtre à hydraulique.

9.2 Certificat ISO :

Les filtres Safa sont certifié celons les normes ISO 9001 de la bonne qualité.



Figure 43: représente différentes gamme des filtre Safa [94].

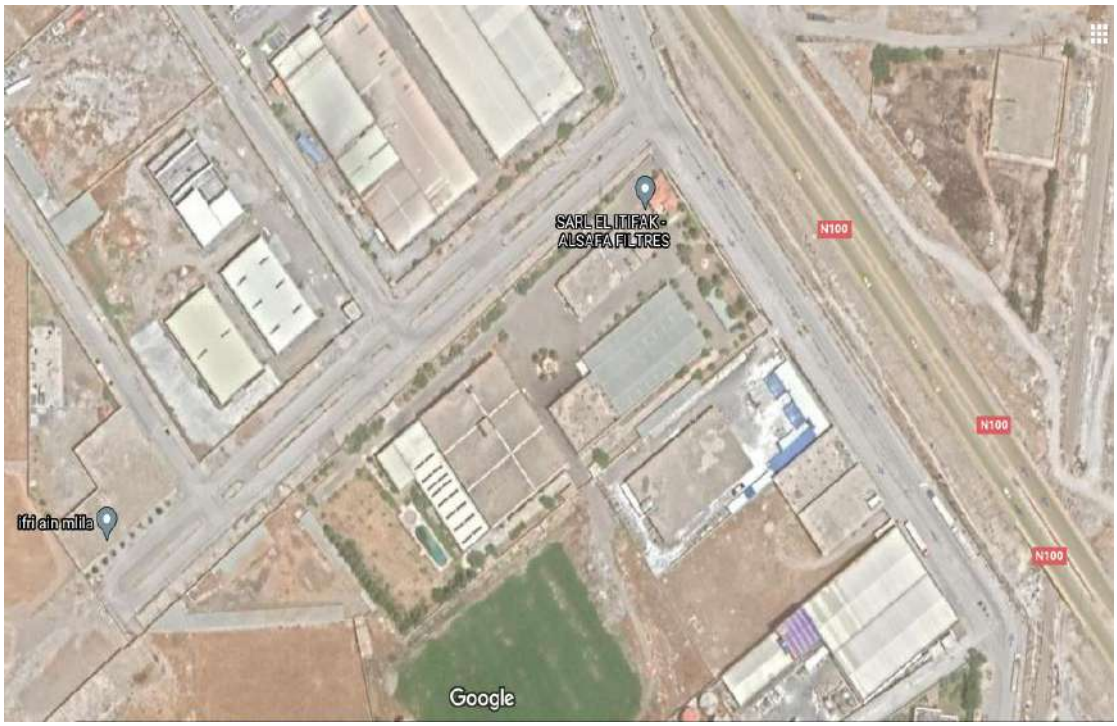


Figure 44:photo représente la localisation sur Google Maps de l'entreprise.



Figure 45:photo démontre la géolocalisation de l'entreprise SARL EL ITIFAK ALSAFA FILTRES.

10 Les étapes de fabrications d'un filtre à l'huile :

Pour avoir un filtre à l'huile bien finis cela nécessite le passage par deux étapes indispensables

Étape 1 : contient la partie de productions des composants du filtre appelé partie mécanique.

Étape 2 : contient la partie d'assemblage des composants du filtre appelé partie montage.

10.1 Partie mécanique :

Ce déroule dans l'atelier mécanique où on fait fabriqué les composants métaux intérieur et extérieur du filtre, en utilisant des presses hydraulique et mécanique.

La presse hydraulique emboutir la tôle en acier pour produire des pièces, cette opération s'appelle **emboutissage.**

- Les pièces produites par l'opération emboutissage sont :
  - La cuve.

L'emboutissage :

L'emboutissage est un procédé de formage par déformation plastique à chaud ou à froid des métaux. Il est largement employé dans plusieurs domaines industriels : l'automobile, l'aéronautique, l'électroménager, ou les appareillages électriques...etc. Il permet de fabriquer à partir d'une feuille de métal initialement plane, appelée "flan", des pièces de forme complexe non développables.

L'obtention de la pièce emboutie se fait par l'entrainement de la tôle sous l'action d'un poinçon qui forme celle-ci à son empreinte en fond de matrice La tôle est initialement maintenue contre la matrice avec un serre-flan qui contrôle l'écoulement du métal pour prévenir la formation de plis sur la pièce Ce type de procédé permet d'atteindre des cadences de production élevées, jusqu'à 60 pièces/minute [Burlat 98]. L'opération d'emboutissage est effectuée sur une presse hydraulique, au moyen d'un

outillage dont la configuration la plus simple, appelée outil simple effet, comprend trois pièces principales :

La matrice, le poinçon et le serre-flan.

L'une est bridée sur la table fixe, l'autre sur le coulisseau animé d'un mouvement rectiligne alternatif. L'outillage double effet comprend en plus un serre-flan [92].

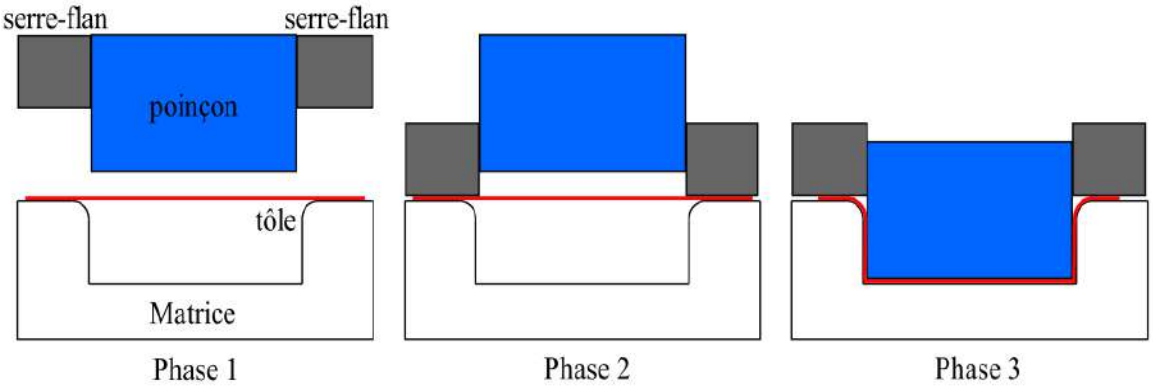


Figure 46: représente la schématisation de l'opération emboutissage[58].

La presse mécanique fait forger la tôle pour produire des pièces, cette opération s'appelle la forge par **estampage.**

- Les pièces produites par l'opération estampage sont :
  - Le plateau.
  - Le flasque.
  - Le C.S.
  - Le C.I.
  - Le C.R.

La forge par estampage :

Estampage ou la forge par estampage consiste à former des pièces chauffées par pression entre deux matrices portant en creux la forme exacte ou semi-finie du produit à réaliser [61].

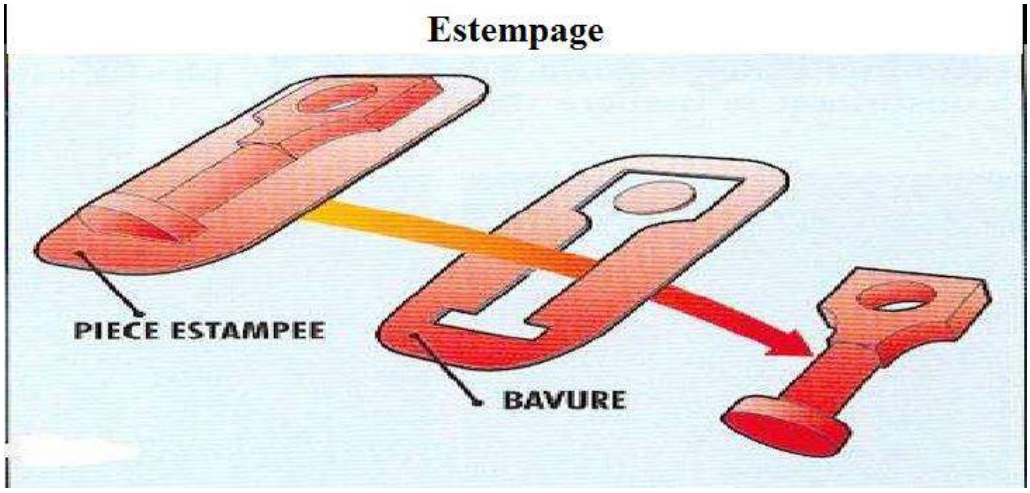


Figure 47: représente l'opération forgeage en estampage [61]

10.2 Partie montage :

Ici ce se passe l'assemblage des composants métaux du filtre avec le papier filtre plissé et ce se termine par l'opération sertissage ou in fait sertir la cuve avec la base métallique (flasque + plateau).

Papier filtrant :

Bien qu'il existe d'autres types de filtres à base de médias fibreux non-tissés (filtres cartouche"en profondeur", filtres plans), les filtres plissés sont de loin les plus utilisés. À encombrement équivalent, le plissage permet d'obtenir des surfaces de filtration plus de 10 fois supérieuresaux filtres plans. On utilise généralement deux grandeurs géométriques pour les caractériser : la distance entre deux sommets de plis voisins : le pas, *p* et la hauteur de pli, *h*. [32].

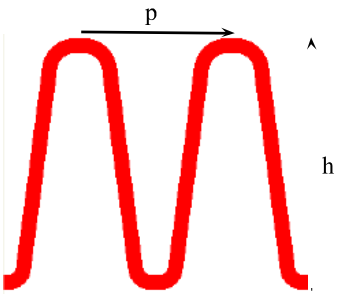


Figure 48 :caractérisation géométriques des filtres plissés par le pas et la hauteur de pli[32]

La plupart des papiers filtrant sont fabriqué de la fibre de coton, de cellulose et synthétique.

Le pliage en accordéon est efficace l'or de la filtration car il fait rassembler le maximum de surface filtrante dans une cartouche.

Le pliage se fait au cours de la production et avant le **traitement thermique** car ce dernier fait durcir le papier.

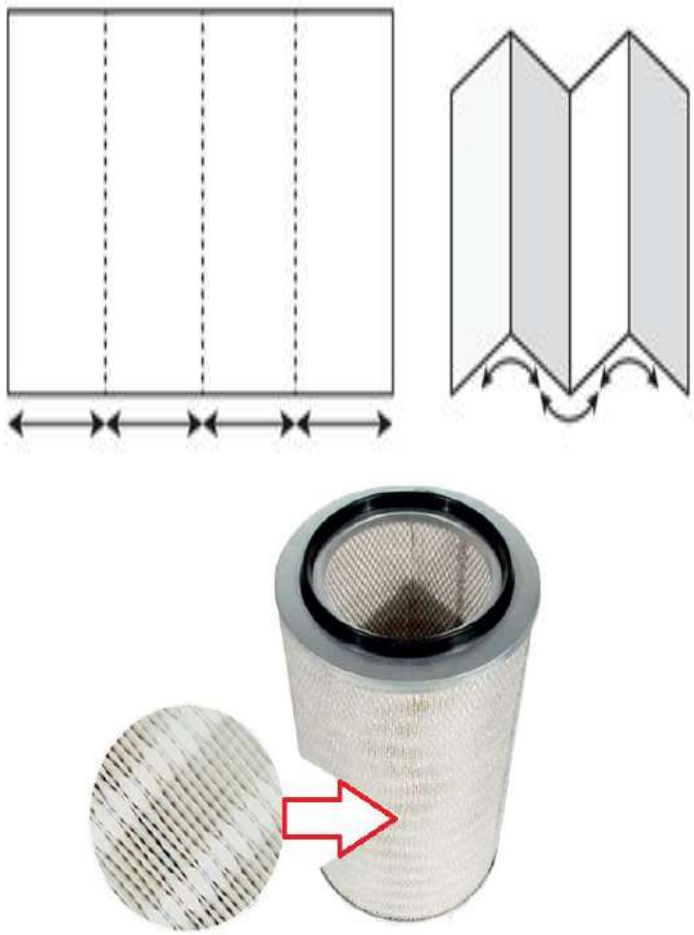


Figure 49: représente le pliage en accordéon.

10.3 Traitement thermique :

C'est de faire passer le papier plissé par un four thermique pour 6 à 10 mn à 180° ou plus (ça dépond de la fiche technique du papier), cette opération rendre le papier fonctionnel par l'élimination de la couche de la résine Positionné sur la surface du papier.

Géométrie du système

Afin d'optimiser leur durée de vie, les filtres étudiés se présentent sous forme plissée, cequi permet d'assurer une surface filtrante plus importante pour un même volumed'encombrement. Les caractéristiques importantes vis à vis du comportement en filtrationsont donc la hauteur du filtre L_f , le nombre de plis N_{plis}, la longueur des plis L ainsi que l'espace inter-plis noté e_0.

La valeur de ces paramètres varie d'un filtre à un autre. Dans ce chapitre, nous avons opté pour une géométrie fixe qui servira de référence par la suite et dont les caractéristiques géométriques sont décrites dans le tableau (9) :

Tableau 09 : Caractéristiques géométriques du filtre plissé étudié

N_{plis} :nombre de plis	46
L : longueur des plis (m)	$1.6.10^{-2}$
L_f : Hauteur du filtre (m)	$1.5.10^{-1}$
e_0 : Espace inter-plis (m)	2.10^{-3}

Un schéma de pli est représenté sur la figure (4.1). L'écoulement à travers la géométrie plissée s'apparente ainsi à un écoulement dans un canal d'entrée avec aspiration pariétale couplé à un canal de sortie avec injection à la paroi. L'étude peut donc s'effectuer sur un élément unitaire qui inclut trois zones distinctes :

- La zone d'entrée du fluide chargé de particules (zone A).
- La zone d'évacuation du fluide filtré de particules (zone B).
- La paroi poreuse (constituée de media fibreux) permettant de capturer les particules (zoneC).

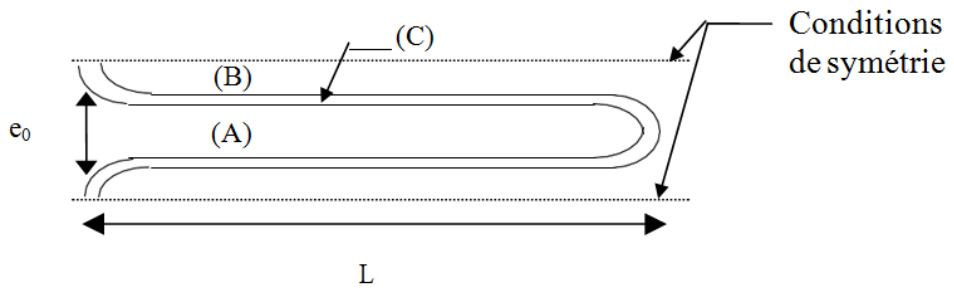


Figure 50: schéma représentatif de la géométrie plissée du filtre.

10.4 Régimes d'écoulement dans les différentes zones.

Les régimes d'écoulement dans les différentes zones du pli dépendent directement du débit de fluide à l'amont du filtre. Si l'on se réfère à la norme ISO 16889 (chapitre I) le débit volumique Q fixé est de $1.3.10^{-3}m^3.s^{-1}$ et la température est fixée à 40°C. Le calcul des nombres de Reynolds dans les différentes parties du filtre permet d'évaluer le régime d'écoulement.

- **Écoulement à l'amont du filtre :**

L'écoulement dans la conduite à l'amont du filtre (figure (4.2)) peut être caractérisé par un nombre de Reynolds Re_c basé sur le diamètre D_c de la conduite :

$$Re_c = \frac{4\rho Q}{\mu \pi D_c}$$

En fonction du diamètre de la conduite, Re_c varie entre 1000 et 4000. Il est donc nécessaire de tenir compte de la turbulence dans la conduite.

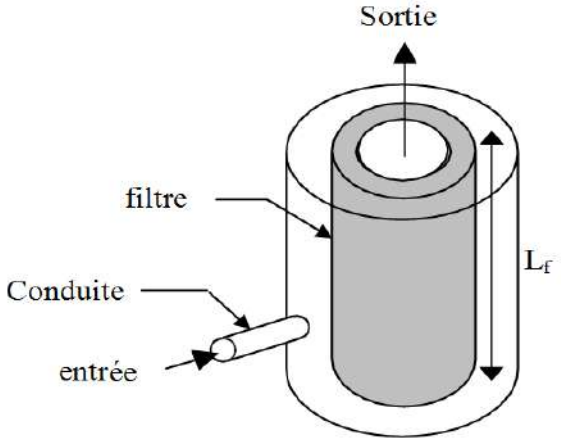


Figure 51: dispositif de filtration.

❖ **Écoulement à l'entrée des plis**

Le nombre de Reynolds Re_0 à l'entrée des plis est associé à la demi-largeur du pli h_0 ($h_0 = \frac{e_0}{2}$) . Si l'on suppose que le fluide se répartit uniformément sur l'ensemble des plis,

Nous avons une vitesse U_0 uniforme à l'entrée de chaque pli. Le nombre de Reynolds localassocié est donc donné par la relation :

$$Re_0 = \frac{\rho U_0 h_0}{\mu} = \frac{\rho Q}{\mu L_f N_{plis}}$$

Sachant que la vitesse moyenne à l'entrée des plis est de 0.1 ms^{-1}, le nombre de Reynolds correspondant Re_0 est égal à 7 dans notre cas d'étude. L'écoulement à l'échelle des plis est donc laminaire.

❖ **Écoulement dans la paroi poreuse**

Le nombre de Reynolds de filtration, noté Re_w, est défini à partir de la vitesse V_w à l'interface entre la zone du canal d'entrée (zone [1]) et la zone poreuse (zone [3]) et la longueur L du pli. Il permet d'évaluer le régime d'écoulement qui va traverser le mediafibreux :

$$Re_w = \frac{\rho V_w h_0}{\mu}$$

Sachant que le fluide en entrée de chaque pli est intégralement filtré et transmis vers le Plis de sortie, la vitesse pariétale *Vw* est directement liée par conservation de la masse à la vitesse d'entrée du pli *U0* :

$$\frac{V_w}{U_0} \approx \frac{2h_0}{2h_0 + 2L}$$

À partir des relations (4.3) et (4.4), Rew est donné par la relation suivante :

$$Re_w = \frac{2\rho U_0 h_0^2}{\mu (h_0 + L_c)} = \frac{\rho Q h_0}{\mu (h_0 + L_c) L_f N_{plis}}$$

Re_w est de l'ordre de 0.42 pour le débit et la géométrie considérés. Si l'on s'intéresse à l'écoulement au sein même du milieu fibreux constituant la paroi poreuse, le nombre de Reynolds local, noté Re_f, est basé sur la vitesse interstitielle ainsi que le diamètre moyen des fibres :

$$Re_f = \frac{\rho V_w \bar{d}_f}{\varepsilon \mu}$$

Où ε est la porosité du media fibreux et $\bar{d}_f$ le diamètre moyen des fibres. Selon le media considéré, Re_f varie de 7.10^{-4} à 1.10^{-3}. L'écoulement est en régime de Stokes et peut être décrit par la loi de Darcy :

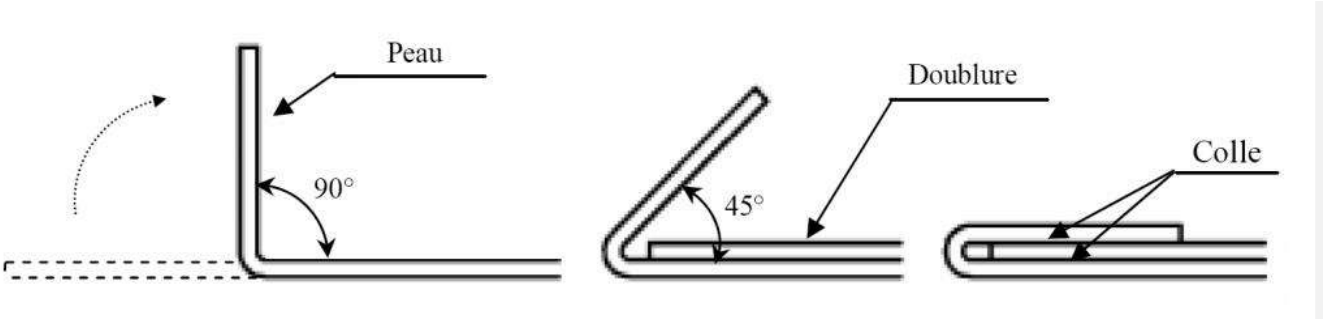
$$\mathbf{u} = -\frac{k}{\mu}\left(\nabla P - \rho \mathbf{g}\right)$$

Où k est la perméabilité du milieu fibreux qui est de l'ordre de 10^{-11} m². Cette valeur de perméabilité permet de négliger la vitesse de glissement du coté fluide à l'interface fluide/milieu poreux (Schmitz and Prat (1995)).

De plus, compte tenu du régime d'écoulement et de la perméabilité, la composante de la vitesse dans la direction parallèle au pli sera considérée négligeable dans la zone fibreuse.

10.5 Sertissage :

Le sertissage est un procédé d'assemblage qui consiste à rabattre le bord d'une pièce appelée la peau contre celui d'une autre, appelée la doublure [58].



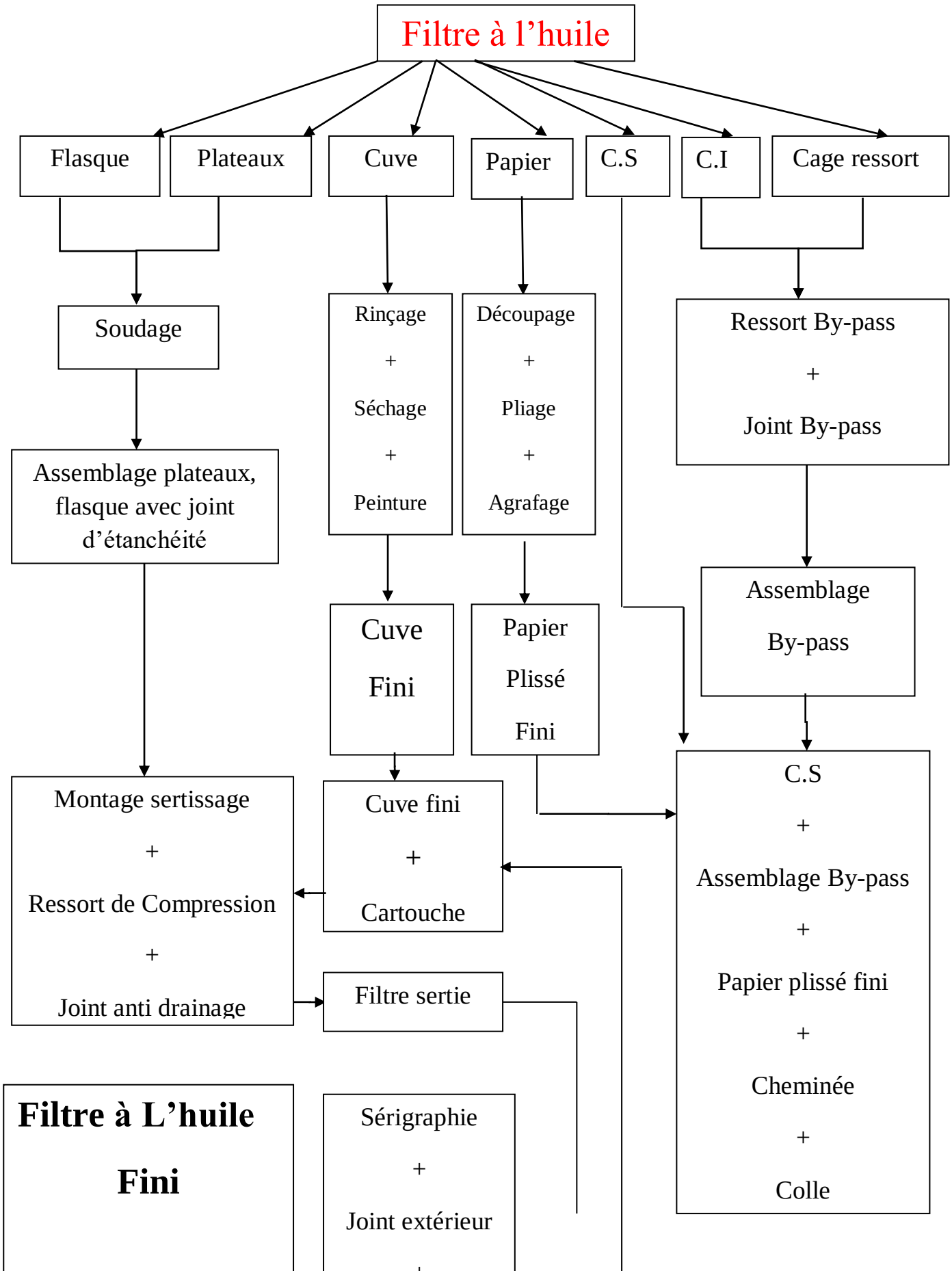
. **Figure 52**: représente l'opération sertissage [58]



Figure 53: représente la doublure (1) et la peau (2) dans un filtre à l'huile.

10.6 Processus de fabrication et montage filtre à l'huile :

On fait illustrer cette étape par un logigramme dans la page suivant :


Filtre à l'huile
Flasque
Plateaux
Cuve
Papier
C.S
C.I
Cage ressort
Soudage
Rinçage
+
Séchage
+
Peinture
Découpage
+
Pliage
+
Agrafage
Ressort By-pass
+
Joint By-pass
Assemblage plateaux, flasque avec joint d'étanchéité
Cuve
Fini
Papier
Plissé
Fini
Assemblage
By-pass
Montage sertissage
+
Ressort de Compression
+
Joint anti drainage
Cuve fini
+
Cartouche
C.S
+
Assemblage By-pass
+
Papier plissé fini
+
Cheminée
+
Colle
Filtre sertie
Filtre à L'huile
Fini
Sérigraphie
+
Joint extérieur

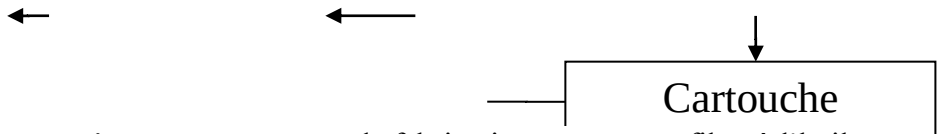


Figure 54: processus de fabrication et montage filtre à l'huile

exemple de calcul durapport bêta :

Le rapport *bêta* est une expression mathématique indiquant la relation entre le nombre de particules d'une grosseur donnée en amont et en aval du filtre, présenta tant d'une manière simple et standardisée l'efficacité d'un filtre pour une grosseur de particules donnée. Logiquement, lorsque la grosseur des particules diminue, l'efficacité du filtre diminue aussi. Les rapports *bêta* sont déterminés à l'aide d'un évaluateur de filtre multi passe, selon des procédures normalisées.

Voici la formule générale pour exprimer le rapport *Bêta*:

BX = (Nombre de particules plus grandes ou égales à 'x' entrant dans le filtre)(Nombre de particules plus grandes ou égales à 'x' sortant du filtre)

Exemple: Prenons un filtre à être évalué à cinq (5) microns. Lors de l'évaluation, il y a 100particules de cinq microns et plus qui entrent dans le filtre et seulement 5 qui en sortent.

L'expression du rapport *bêta* basé sur la formule générale sera alors:

*B*5 = 100/5 = 20 s'exprime comme: "Un rapport *bêta* de 20 à 5 microns".

Pour calculer l'efficacité d'un filtre, soustraire un du rapport *bêta* et divisé le tout par lerapport *bêta*, convertir en pourcentage en multipliant par 100

Pour l'exemple ci-dessus:

(20-1)/20 x 100% = 19/20 x 100 = 0.95x100 = 95%

Avec cette formule, on peut facilement trouver l'efficacité d'un filtre pour une grosseur departicule donnée, une fois le rapport *bêta* calculé:

Un rapport *bêta* de 5 = 80% d'efficacité pour les particules de 5 microns et plus

Un rapport *bêta* de 100 = 99% d'efficacité pour les particules de 100 microns et plusUn rapport *bêta* de 200 = 99.5% d'efficacité [considérée comme 'absolue']**[].**

Chapitre 4 : simulation filtre à l'huile

11 Etude N°1 :

On fait garde la temperature constante à 130° C et on varié la pression de 6 à 30 Bar :

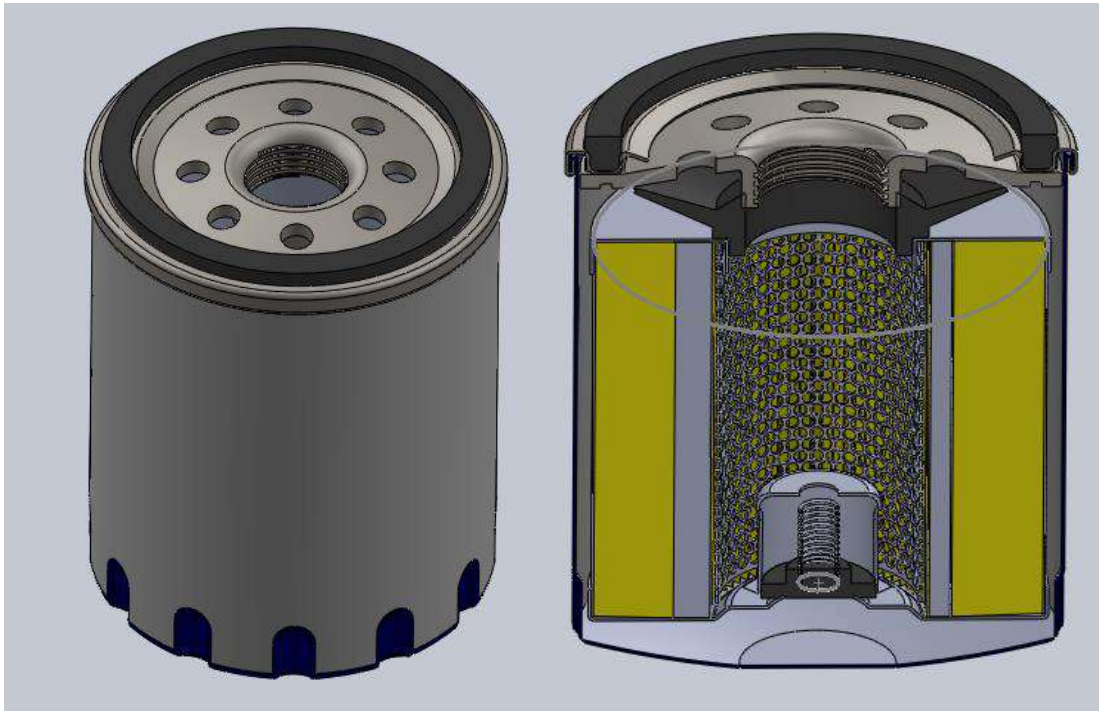


Figure 55 : filtre à huile d'étude

Le maillage :

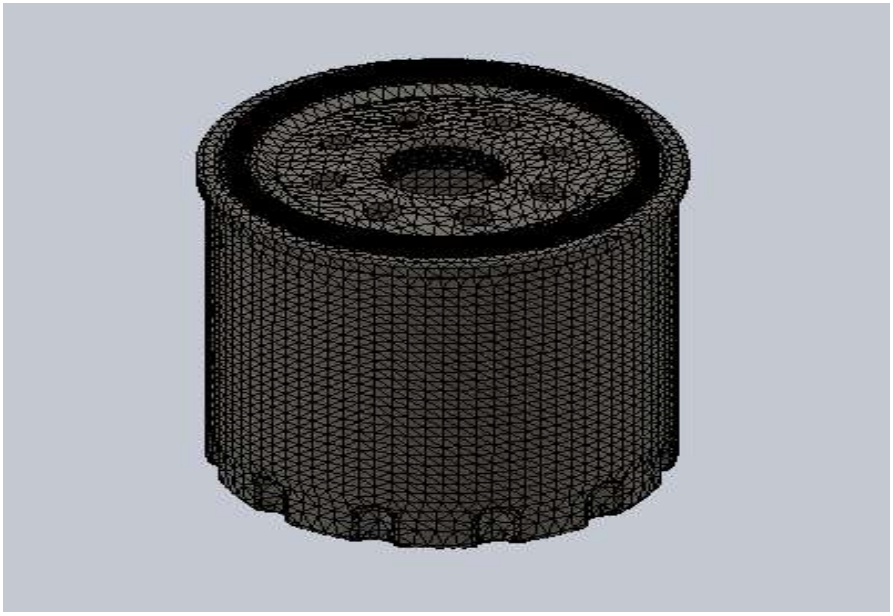
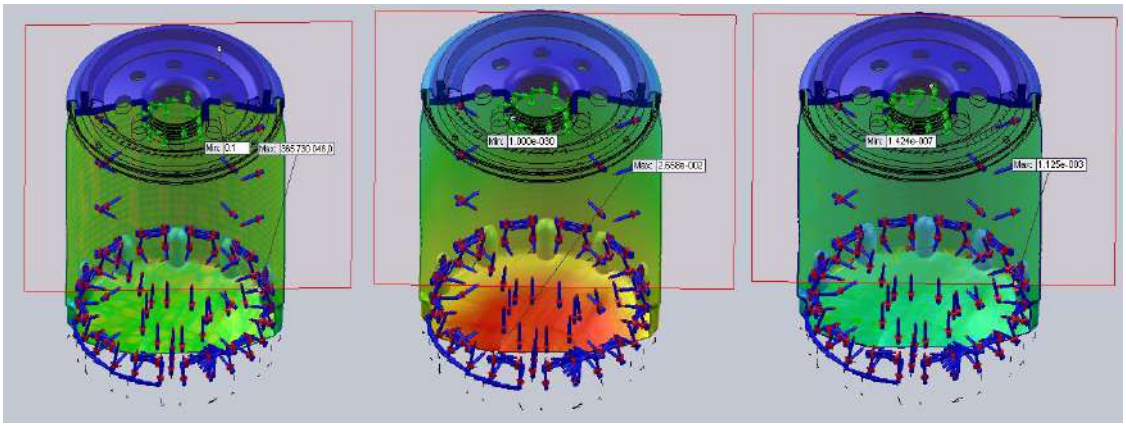


Figure 56 : photo représente le maillage



C de Von mises C de déformation C de déplacement

* ***Figure 57 :***

Température Constante à 130° C , pression variables entre (6 bar et 36 bar)

Tableau 10 :Contraintes

P / bar	Contrainte de von mises N/m²	Contrainte de déplacement mm	Contrainte de déformation N/m²
6	7.89e9	5.137e-001	2.407e-003
12	1.77e10	1.018e+000	5.327e-003
18	2.754e10	1.523e+000	8.252e-003

24	3.73e10	2.028e+000	1.118e-002
30	4.72e10	2.533e+000	1.411e-002
36	5.70e10	3.037e+000	1.703e-002

11.1 CAPTURE SUR LES CONTRAINTES :

Pour p = 6 bar

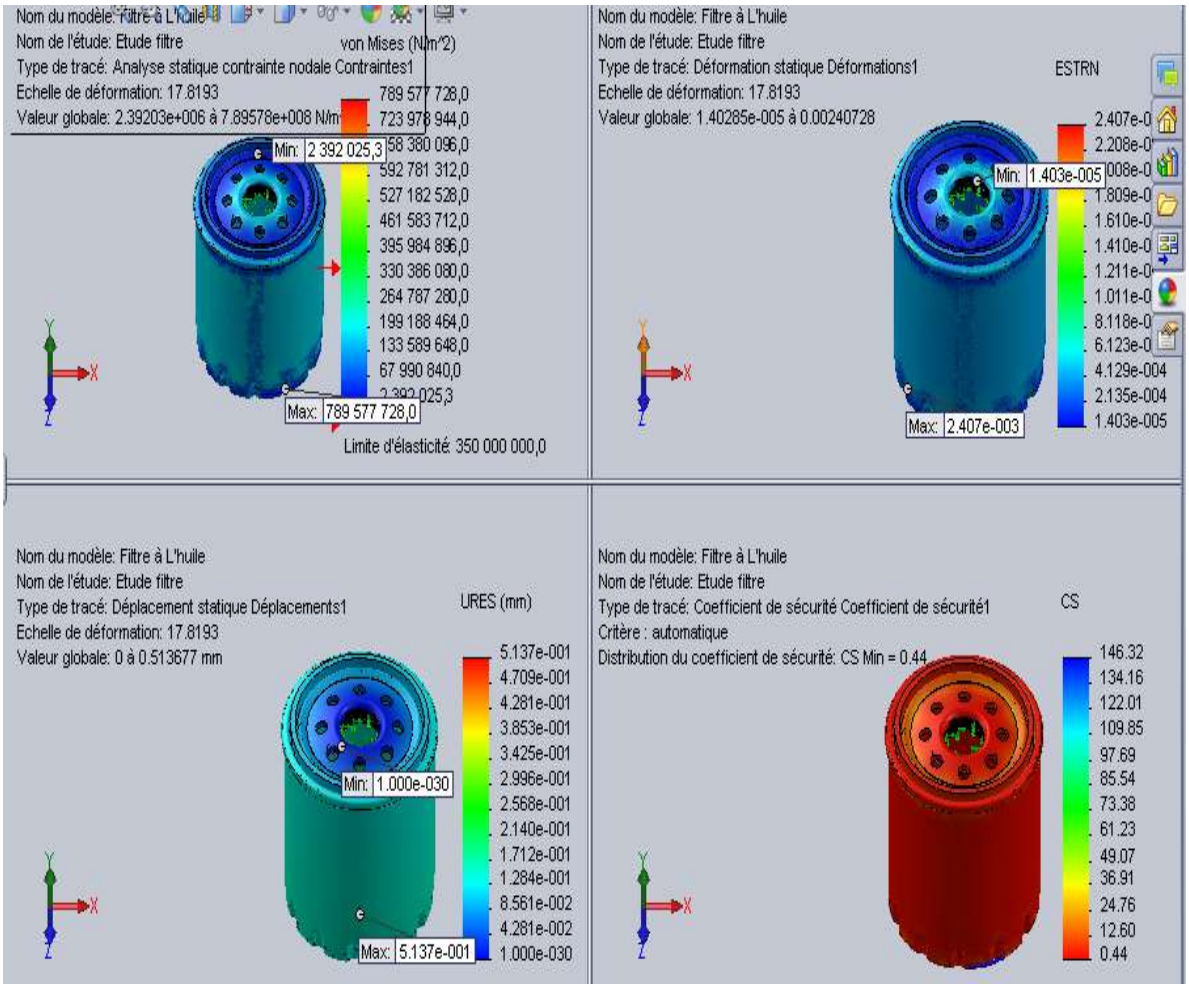


Figure 58: représente le capture sur les contraintes .

11.1.1 Capture sur les contraintes de Von mises

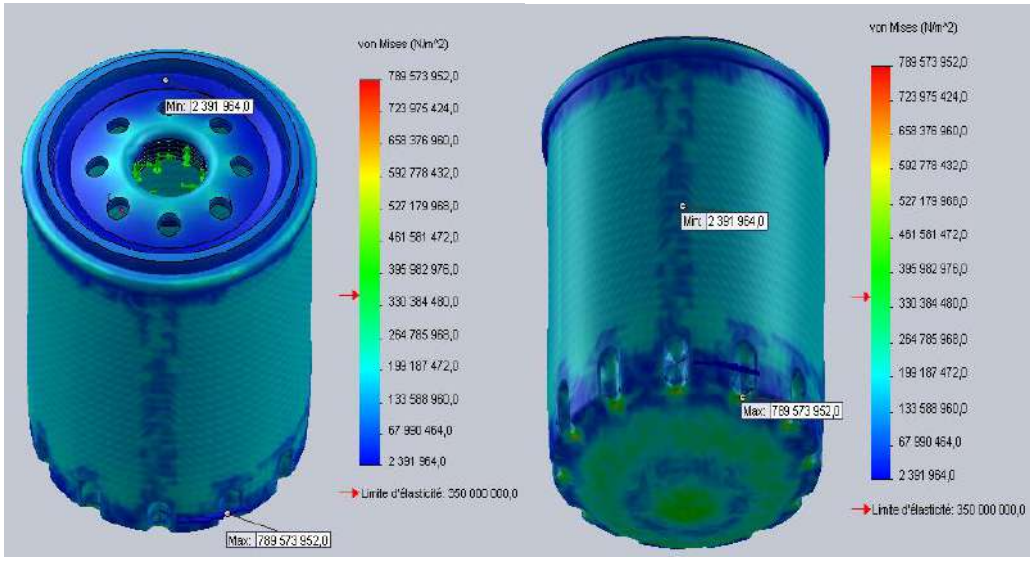


Figure 59: représente les captures sur les contraintes de Von mises.

11.1.2 Capture sur les contraintes de déplacement :

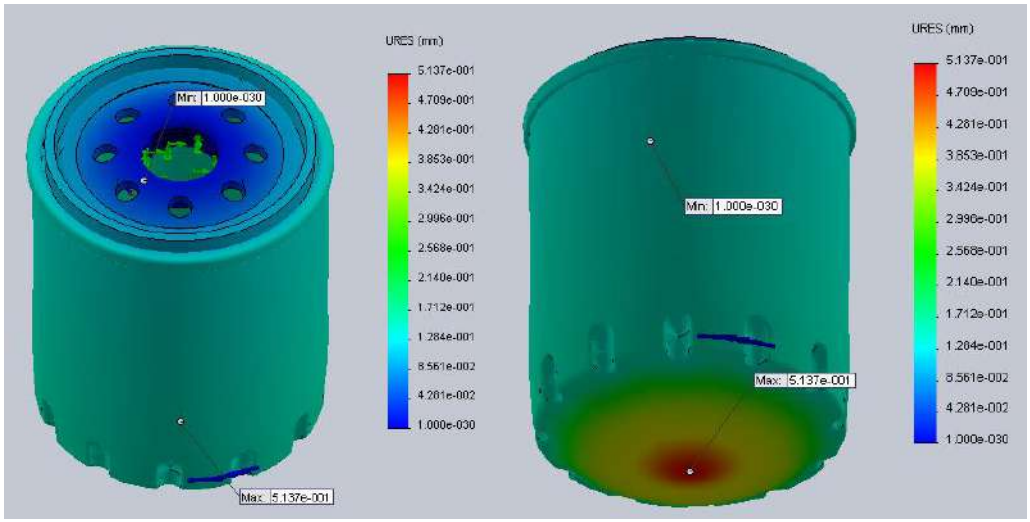


Figure 60: représente les captures sur les contraintes de déplacement.

11.1.3 Capture sur les contraintes de déformation

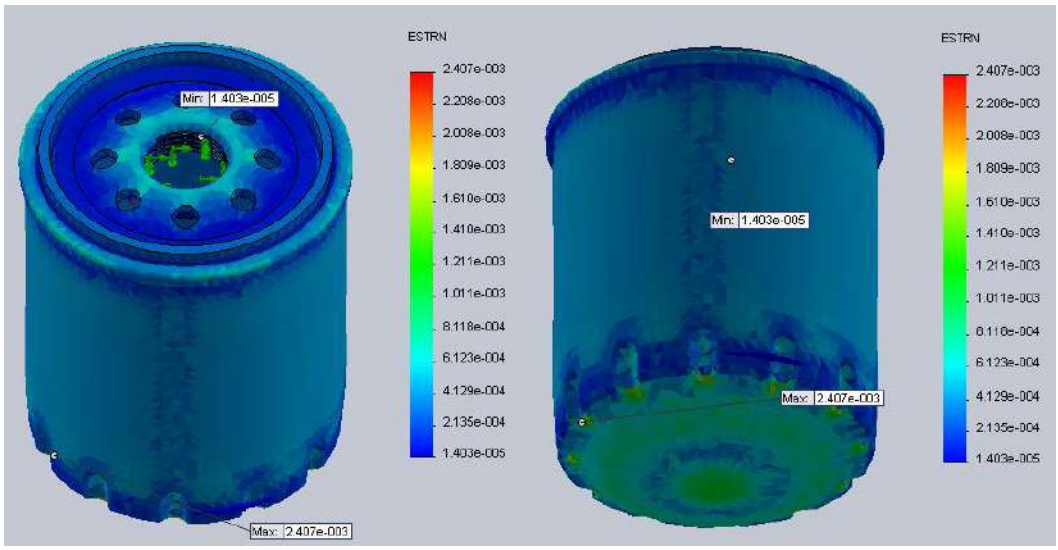


Figure 61: représente les captures sur les contraintes de déformation.

Capture pour Coefficient de security

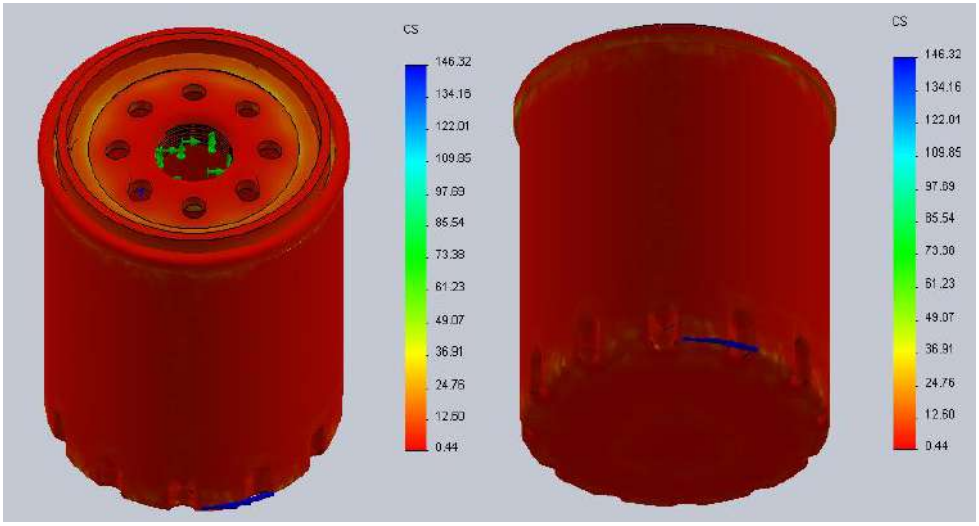


Figure 62 : représente les captures pour Coefficient de Security.

11.1.4 Contrainte de la fatigue

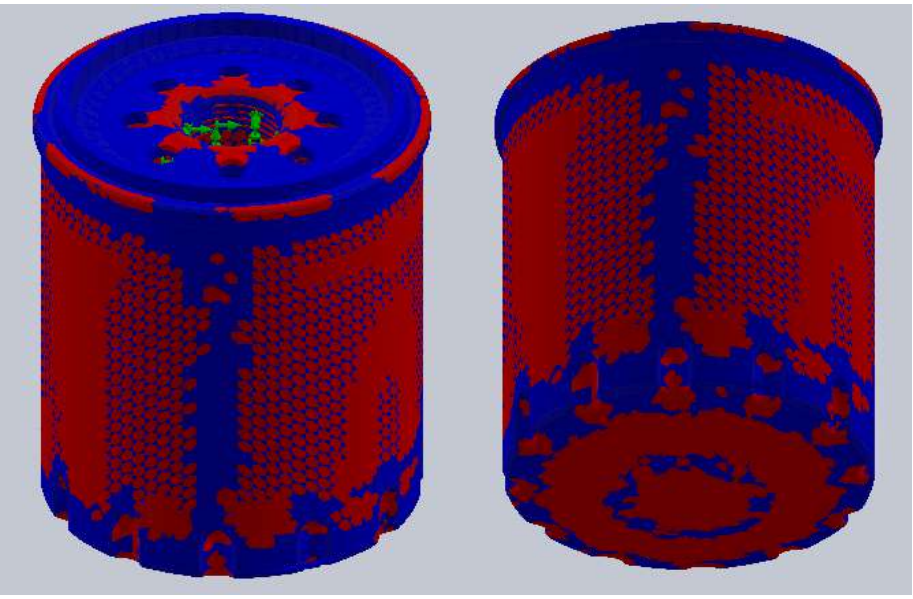


Figure 63 : représente la contrainte de la fatigue.

11.2 CAPTURE SUR LES CONTRAINTES :

Pour p = 18 bar

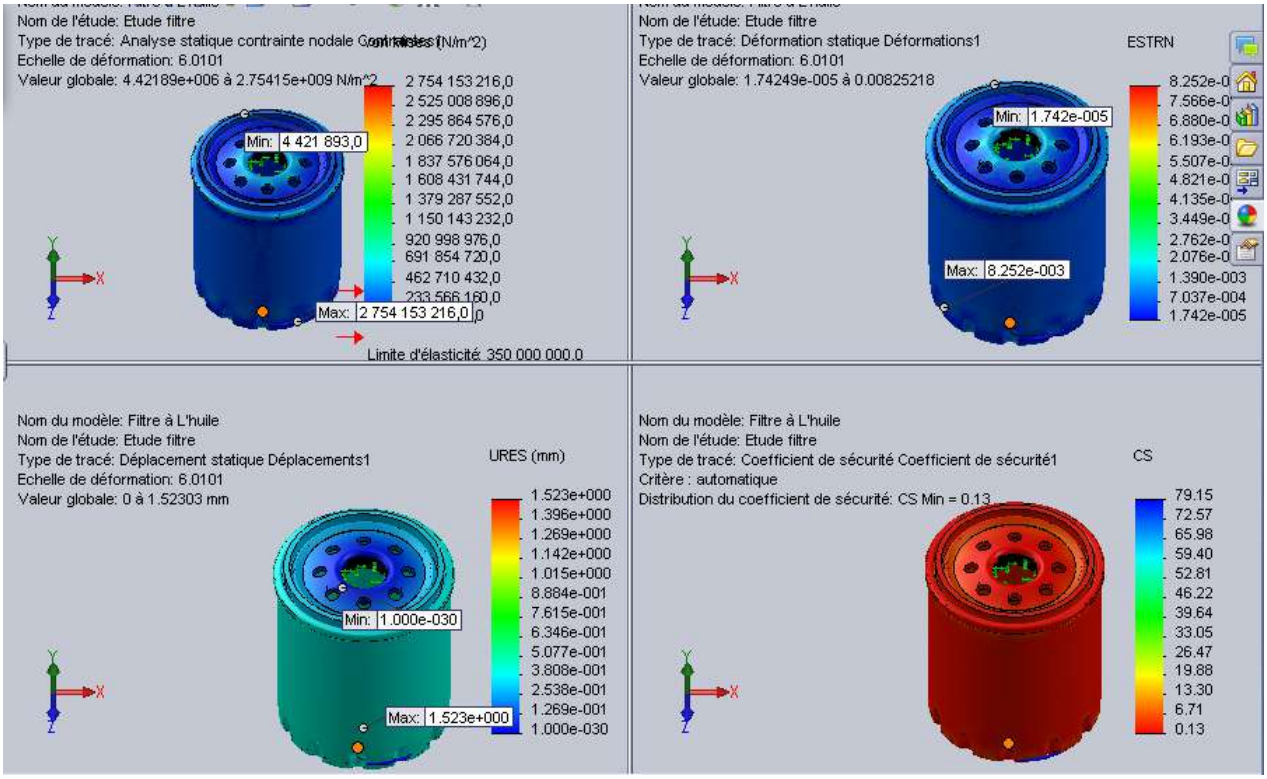


Figure 64 : représente les captures sur les contraintes pour p=18bar.

11.2.1 Capture sur les contraintes de von mises

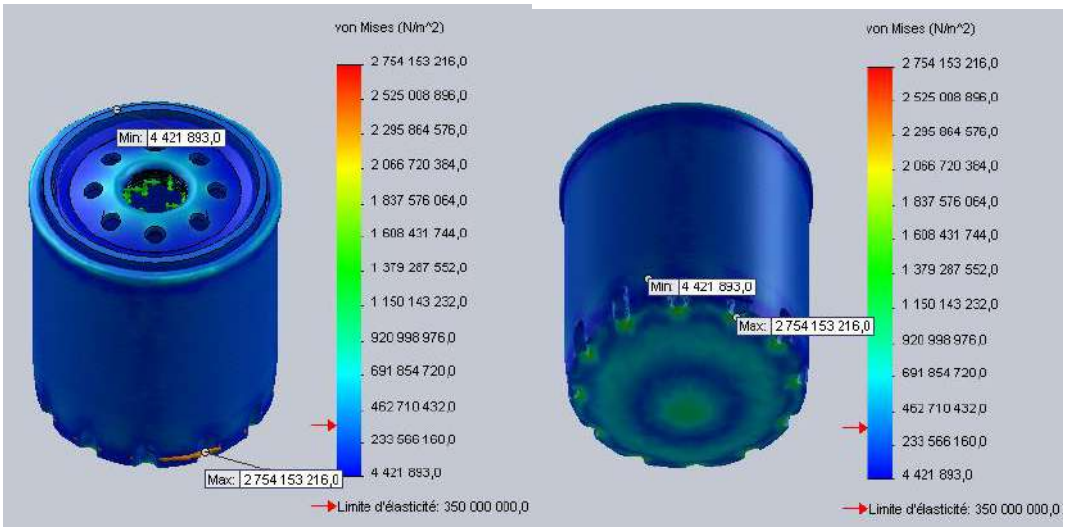


Figure 65 : représente capture sur les contraintes de Von mises.

11.2.2 Capture sur les contraintes de déformation

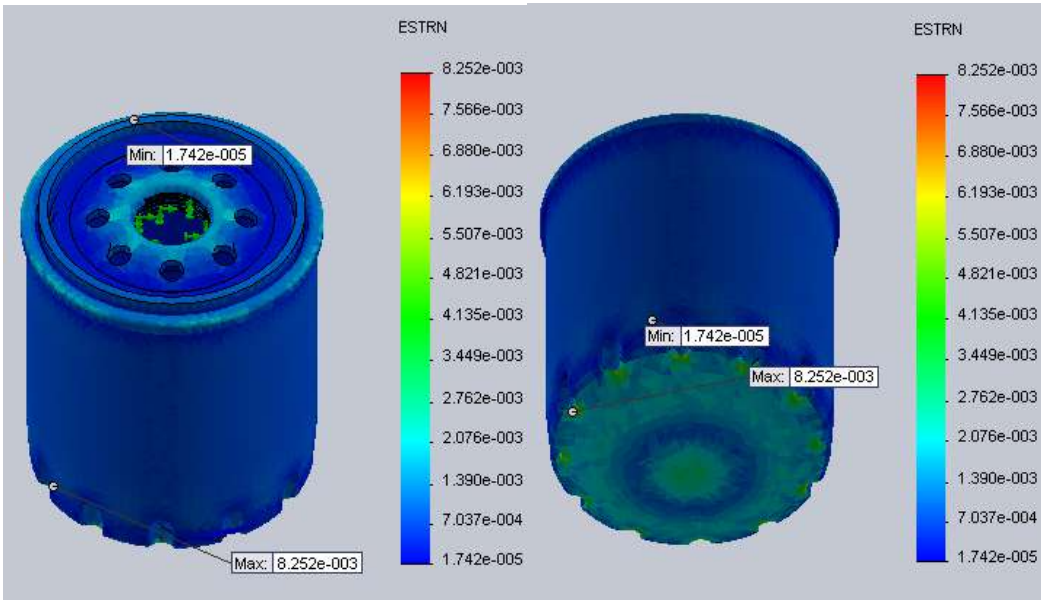


Figure 66 : représente capture sur les contraintes de déformation .

11.2.3 Capture sur les contraintes de déplacements

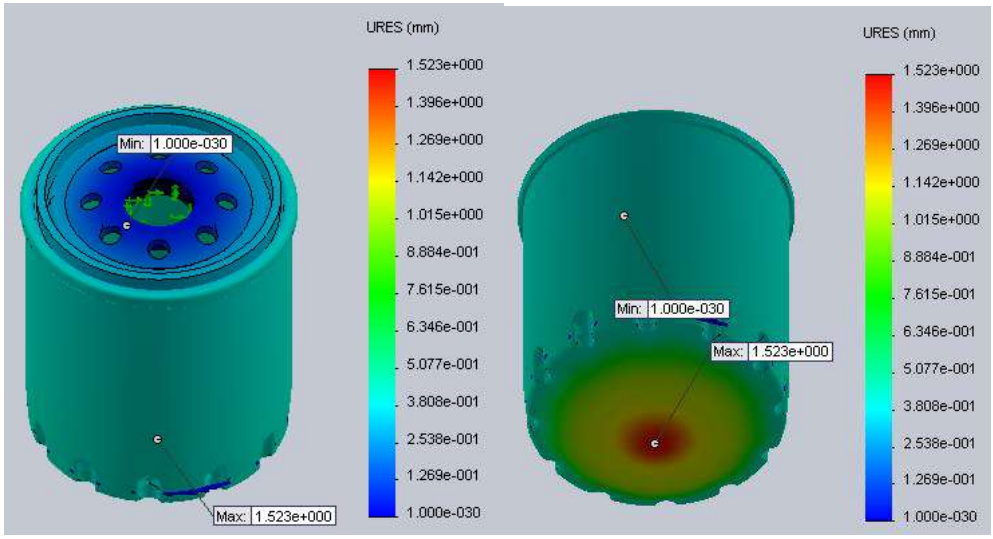


Figure 67: représente le capture sur les contraintes de déplacements.

11.2.4 Capture pour Coefficient de security

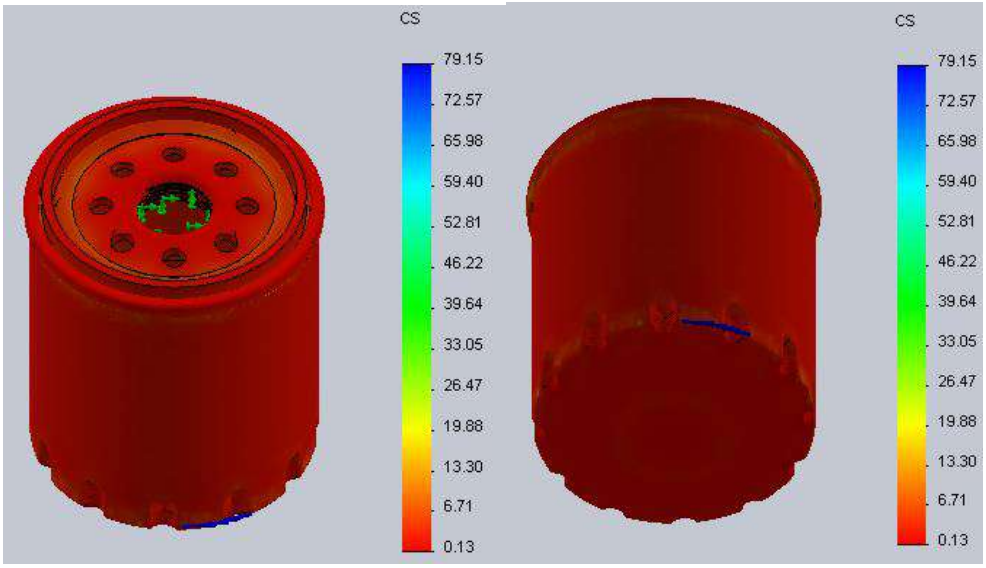


Figure 68: représente le capture pour Coefficient de Security.

11.3 CAPTURE SUR LES CONTRAINTES :

Pour p = 30 bar

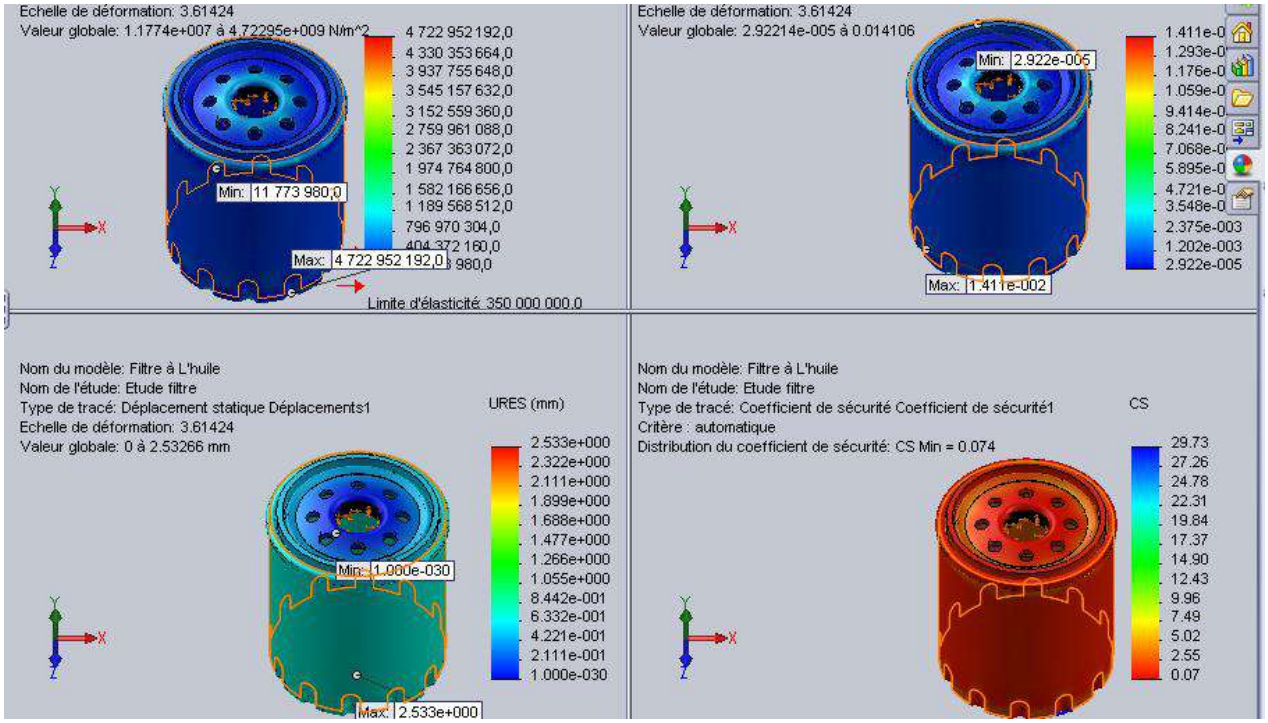


Figure 69 : représente les captures sur les contraintes pour p=30bar.

11.3.1 Capture sur les contraintes de von mises

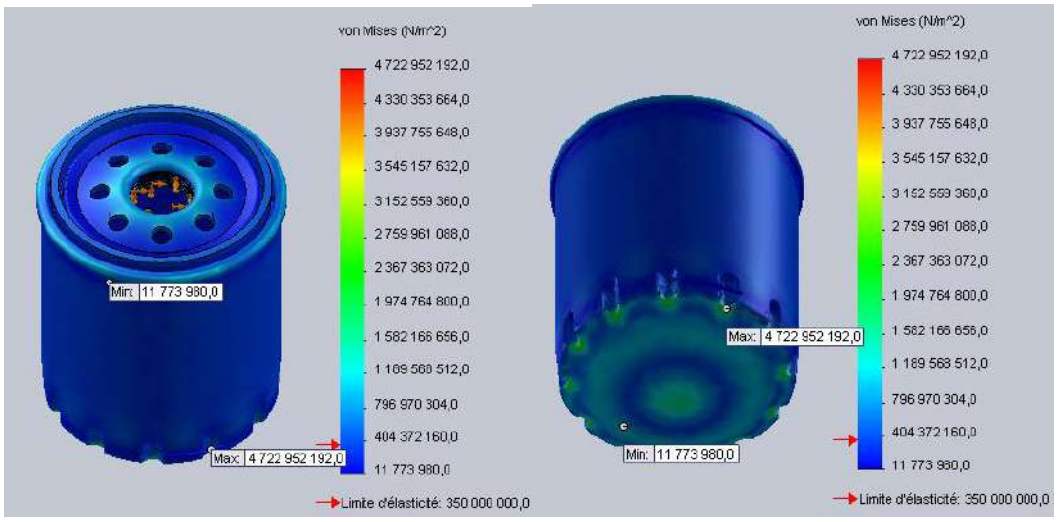


Figure 70 : représente les captures sur les contraintes de Von mises.

11.3.2 Capture sur les contraintes de déformation

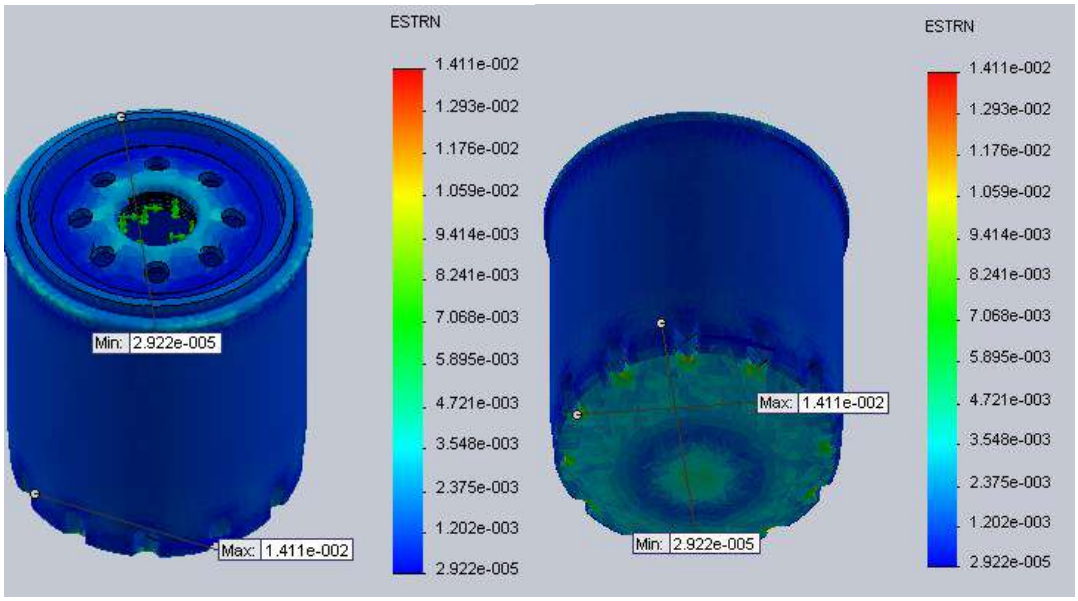


Figure 71: représente les captures sur les contraintes de déformation.

11.3.3 Capture sur les contraintes de déplacements

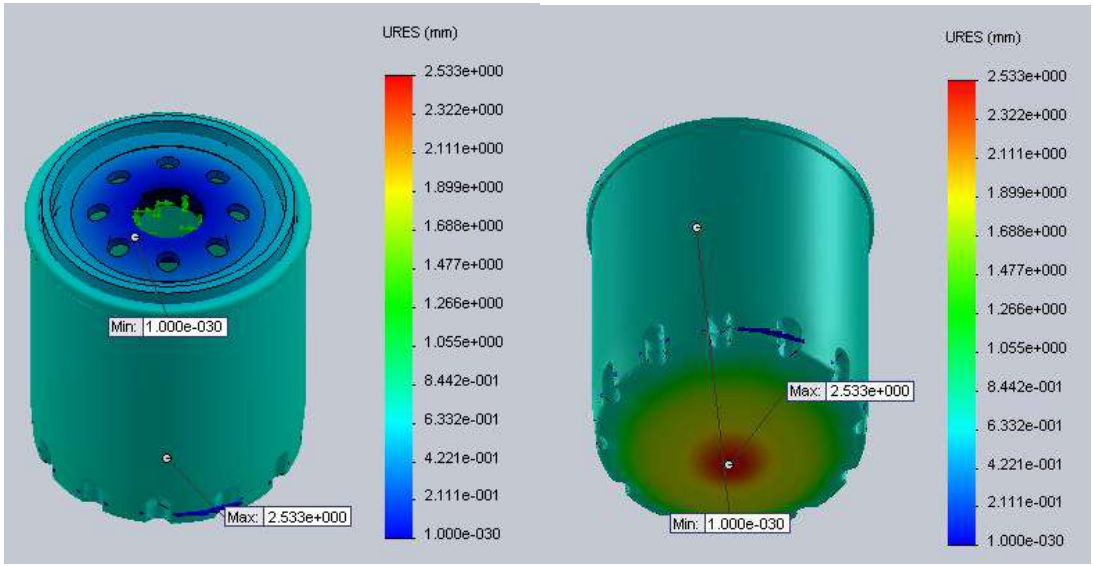


Figure 72: représente les captures sur la contraintes de déplacements.

11.3.4 Coefficnet de security :

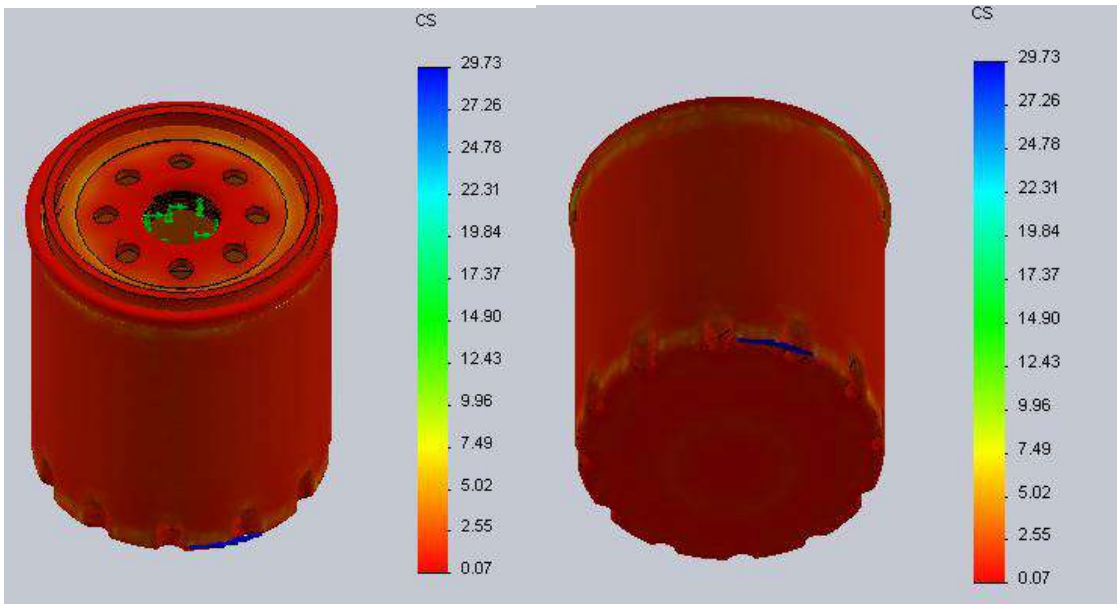


Figure 73 : photo représente le capture de Coefficient de Security.

Démonstration graphique des résultats de l'analyse statique :

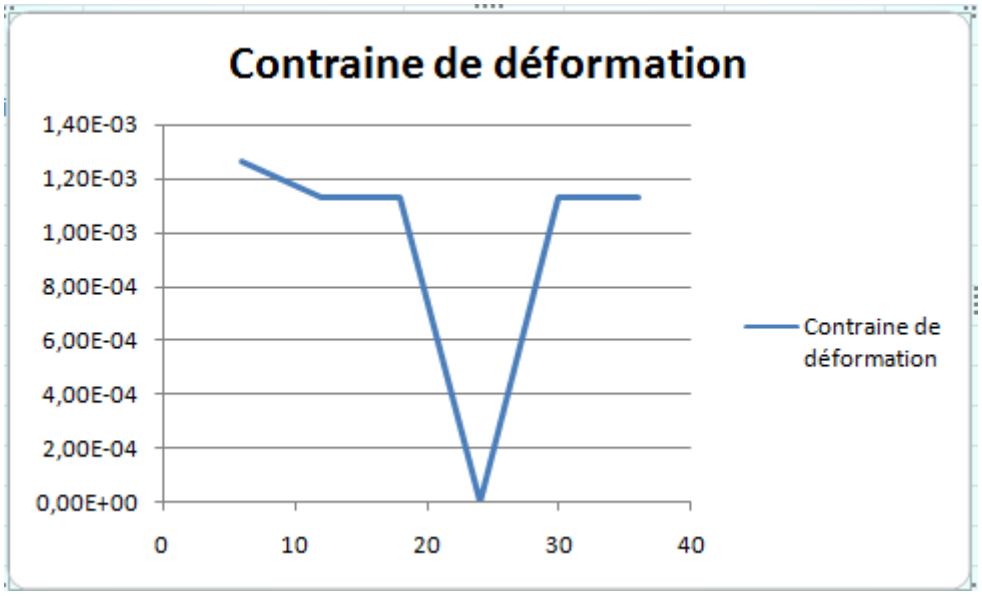


Figure 74: démonstration graphique des résultats de l'analyse statique.

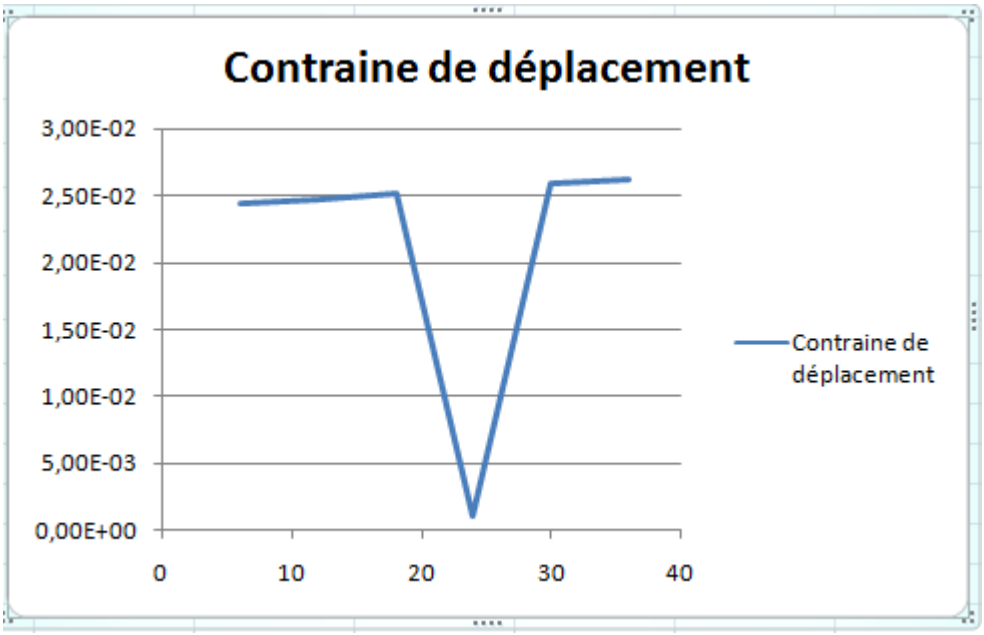


Tableau 11 : représente la pression constante à 6 Bar.

Température °C	Contrainte de déformation N/m²	Contrainte de Cisaillement N/m²	Contrainte de déplacement N/m²
130	7.89e9	5.137e-001	2.407e-003
160	7.37e9	5.163e-001	2.286e-003
190	6.87e9	5.188e-001	2.228e-003
220	6.58e9	5.214e-001	2.172e-003
250	7.20e9	5.240e-001	2.364e-002
280	8.07e9	5.266e-001	2.672e-003

11.4 CAPTURE SUR LES CONTRAINTES :

Pour T = 190 °C

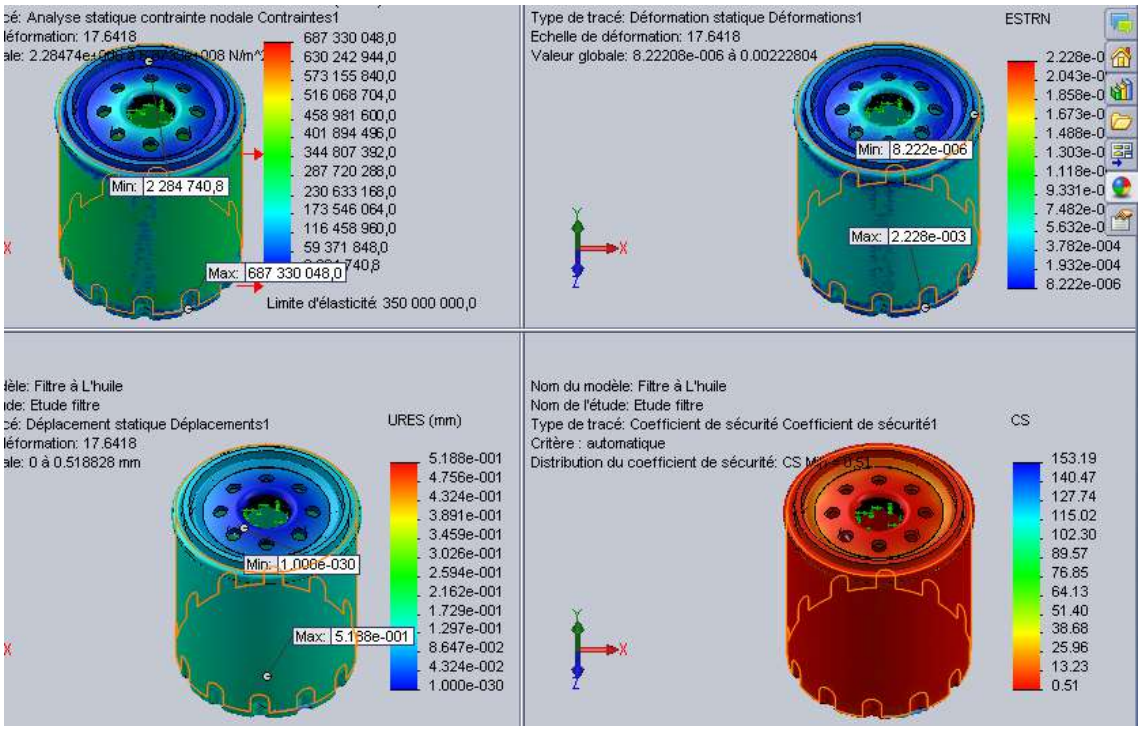


Figure 75 : Represente l'ensemble des captures des contraintes



Simulation de Filtre à L'huile

Date: mercredi 8 septembre 2021
Concepteur: SOHAIB MAZOUZ
Nom de l'étude:Etude filtre
Type d'analyse:Analyse statique

Contents

1.cuve

2.flasque

3.plateaux

4.joint

12 Description

Filftre à l’huile

13 Hypothèses

Pour essais N°1 pour une pression variable et température
Pour essais N°2 pour pression constante et pression variable

14

15 Informations sur le modèle



Nom du modèle: Filtre à L'huile
Configuration actuelle: Défaut

Corps volumiques

<L_MdInf_SldBd_Nm/>	Traité comme	Propriétés volumétriques	Chemin/Date de modification du document
Congé17 	Corps volumique	Masse:0.0980799 kg Volume:1.24625e-005 m^3 Masse volumique:7870 kg/m^3 Poids:0.961183 N	C:\Users\MAZOUZ\Desktop\Nouveau dossier (2)\cuve serti.SLDPRT Jun 02 13:47:52 2021
Enlèv. mat.-Extru.6 	Corps volumique	Masse:0.0806241 kg Volume:1.02445e-005 m^3 Masse volumique:7870 kg/m^3 Poids:0.790116 N	C:\Users\MAZOUZ\Desktop\Nouveau dossier (2)\flasque.SLDPRT Jun 07 12:27:20 2021

Boss.-Extru.1 	Corps volumique	Masse:0.0244771 kg Volume:3.11018e-006 m^3 Masse volumique:7870 kg/m^3 Poids:0.239875 N	C:\Users\MAZOUZ\Desktop\joint.SLDPRT Jun 21 15:32:33 2021
Congé3 	Corps volumique	Masse:0.0225012 kg Volume:2.8591e-006 m^3 Masse volumique:7870 kg/m^3 Poids:0.220511 N	C:\Users\MAZOUZ\Desktop\OBS 122\new\OBS 122\plateau sertss.SLDPRT Jun 02 13:48:36 2021
<L_MdInf_ShlBd_Nm/>	<L_MdIn_ShlBd_Fr/>	<L_MdInf_ShlBd_VolProp/>	<L_MdIn_ShlBd_DtMd/>
<L_MdInf_CpBd_Nm/>	<L_MdInf_CompBd_Props/>		
<L_MdInf_BmBd_Nm/>	<L_MdIn_BmBd_Fr/>	<L_MdInf_BmBd_VolProp/>	<L_MdIn_BmBd_DtMd/>

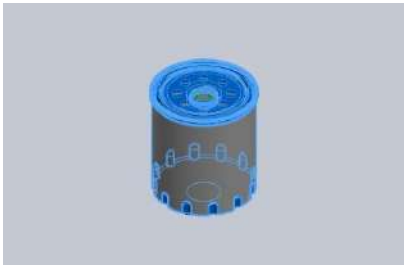
16 Propriétés de l'étude

Nom d'étude	**Etude filtre**
Type d'analyse	**Analyse statique**
Type de maillage	**Maillage volumique**
Effets thermiques:	**Activé(e)**
Option thermique	**Inclure des chargements thermiques**
Température de déformation nulle	**298 Kelvin**
Inclure la pression du fluide calculée par SolidWorks Flow Simulation	**Désactivé(e)**
Type de solveur	**FFEPlus**
Stress Stiffening:	**Désactivé(e)**
Faible raideur:	**Désactivé(e)**
Relaxation inertielle:	**Désactivé(e)**
Options de contact solidaire incompatible	**Automatique**
Grand déplacement	**Désactivé(e)**
Vérifier les forces externes	**Activé(e)**
Friction	**Désactivé(e)**
Méthode adaptative:	**Désactivé(e)**
Dossier de résultats	**Document SolidWorks (C:\Users\MAZOUZ\Desktop\simul)**

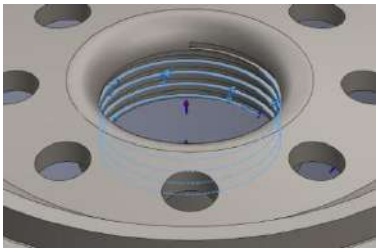
17 Unités

Système d'unités:	SI (MKS)
Longueur/Déplacement	Mm
Température	Kelvin
Vitesse angulaire	Rad/sec
Pression/Contrainte	N/m^2

18 Propriétés du matériau

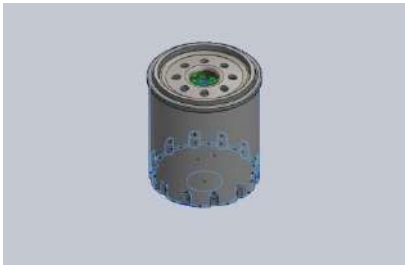
Référence du modèle	Propriétés	Composants
	Nom: **AISI 1020 Acier laminé à froid** Type de modèle: **Linéaire élastique isotropique** Critère de ruine par défaut: **Contrainte de von Mises max.** Limite d'élasticité: **3.5e+008 N/m^2** Limite de traction: **4.2e+008 N/m^2** Module d'élasticité: **2.05e+011 N/m^2** Coefficient de Poisson: **0.29** Masse volumique: **7870 kg/m^3** Module de cisaillement: **8e+010 N/m^2** Coefficient de dilatation thermique: **1.17e-005 /Kelvin**	**Corps volumique 1(Congé17)(cuve serti-1), Corps volumique 1(Enlèv. mat.-Extru.6)(flasque-1), Corps volumique 1(Boss.-Extru.1)(joint-1), Corps volumique 1(Congé3)(plateau sertss-1)**
Données de la courbe:N/A		

19 Actions extérieures

Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé
Fixe-1		**Entités:** 1 arête(s) **Type:** Géométrie fixe

Forces resultants

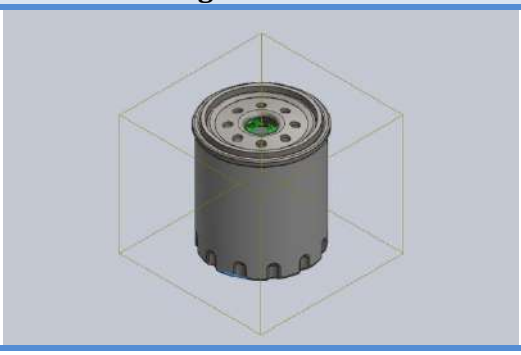
Composants	X	Y	Z	Résultante
Force de réaction(N)	0.0683403	2532.52	-0.152382	2532.52
Moment de réaction(N·m)	0	0	0	0

Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Pression-1		**Entités:** 39 face(s) **Type:** Normal à la face sélectionnée **Valeur:** 87.023 **Unités:** Psi
Température-1		**Entités:** 1 arête(s), 39 face(s) **Température:** 250 Celsius

20 Définitions des connecteurs

Aucune donnée

21 Informations sur le contact

Contact	Image du contact	Propriétés du contact
Contact global		**Type:** Solidaire **Composants:** 1 composant(s) **Options:** Maillage compatible

22 Informations sur le Maillage

Type de Maillage	Maillage volumique
Mailleur utilisé:	Maillage basé sur la courbure
Points de Jacobien	4 Points
Taille d'élément maximum	0 mm
Taille d'élément minimum	0 mm
Qualité de maillage	Haute

23 Détails des capteurs

Aucune donnée

24 Forces résultantes

24.1 Forces de réaction

Ensemble de sélections	Unités	Somme X	Somme Y	Somme Z	Résultante
Modèle entier	N	0.0683403	2532.52	-0.152382	2532.52

24.2 Moments de réaction

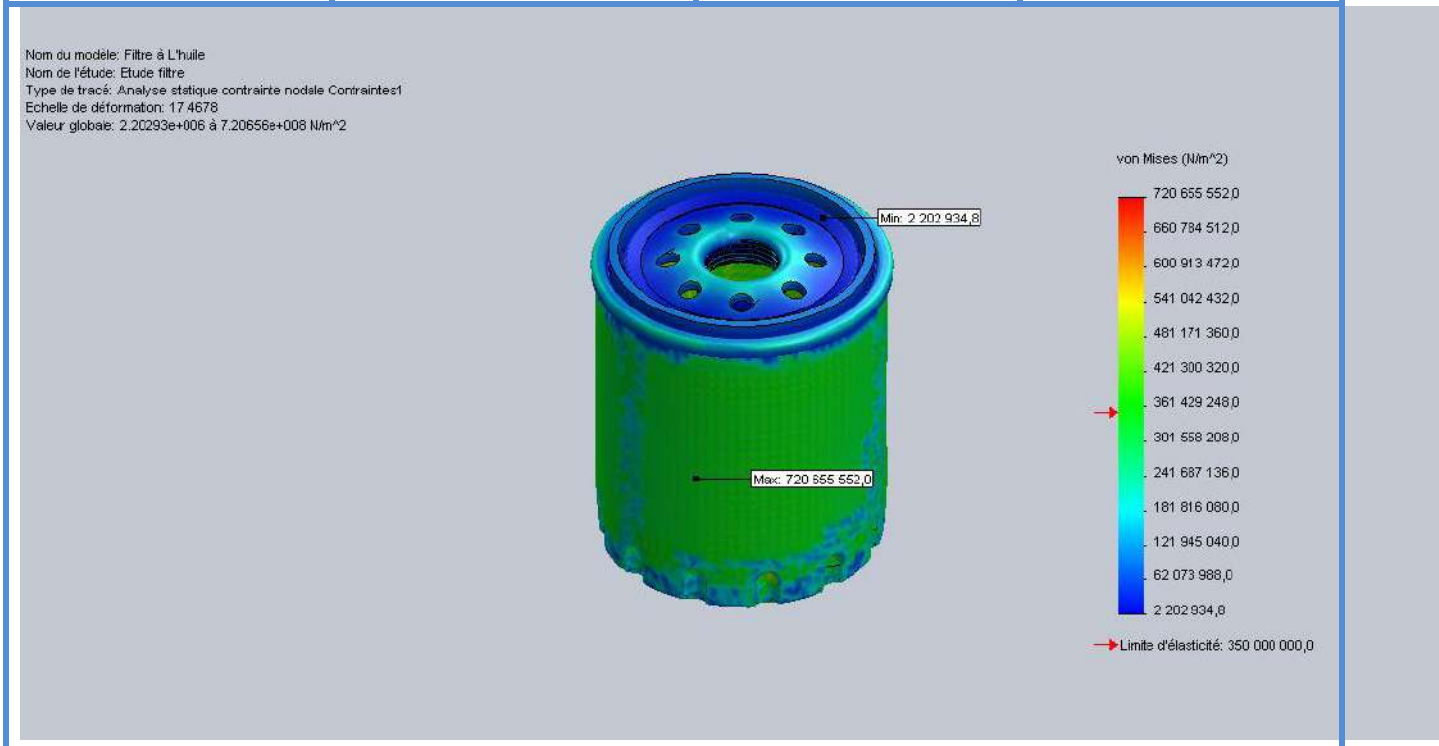
Ensemble de sélections	Unités	Somme X	Somme Y	Somme Z	Résultante
Modèle entier	N·m	0	0	0	0

25 **Poutres**

Aucune donnée

26 Résultats de l'étude

Nom	Type	Min	Max
Contraintes1	VON: contrainte de von Mises	2.20293e+006 N/m^2 Noeud: 90556	7.20656e+008 N/m^2 Noeud: 39128



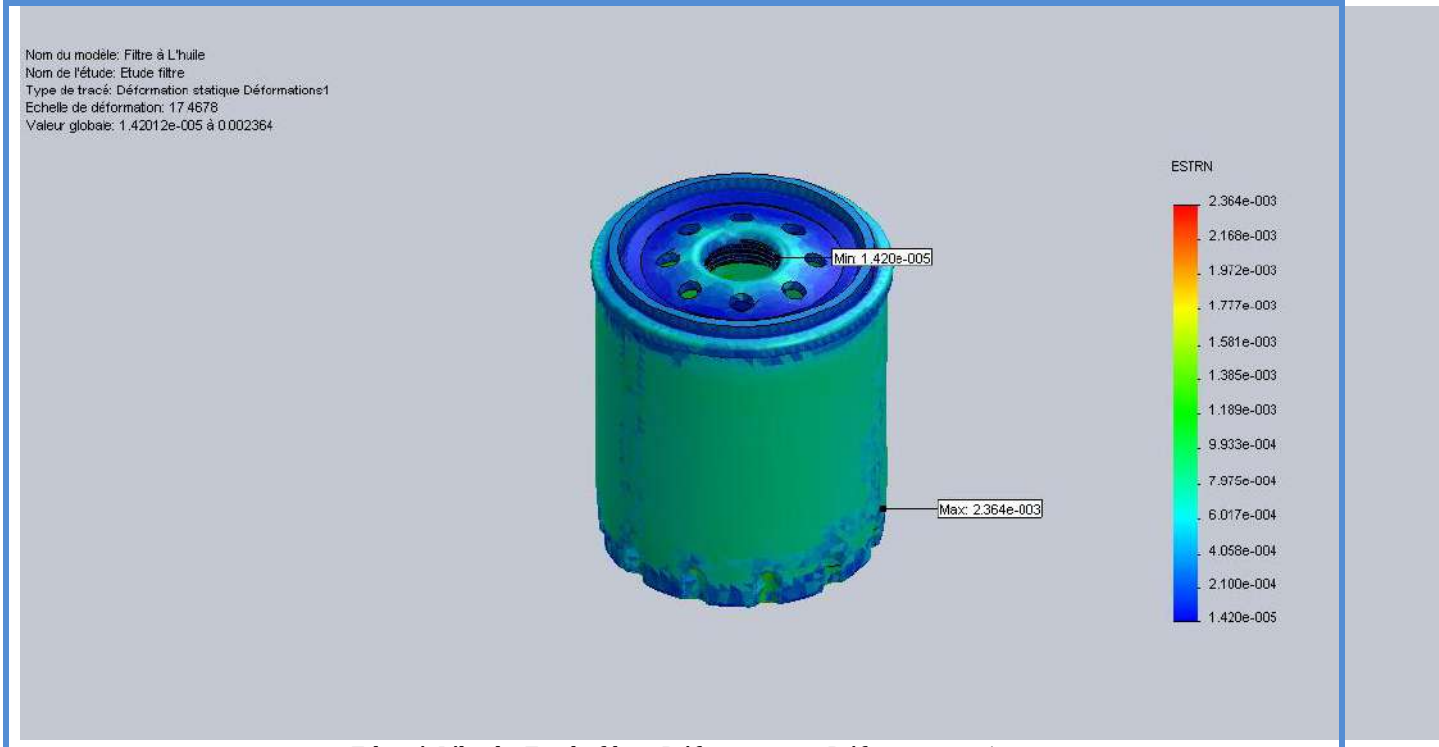
Filtre à L'huile-Etude filtre-Contraintes-Contraintes1

Nom	Type	Min	Max
Déplacements1	URES: Déplacement resultant	0 mm Noeud: 66424	0.523982 mm Noeud: 24169



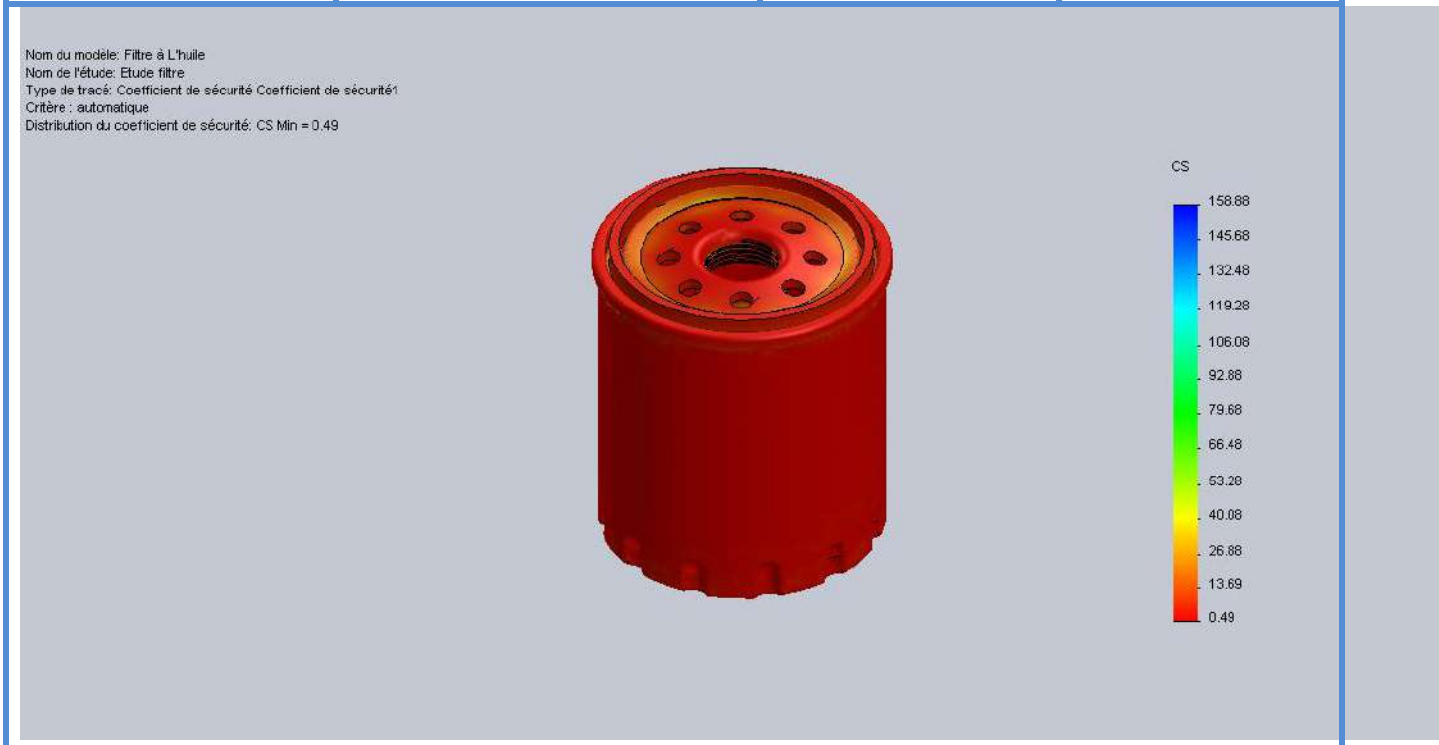
Filtre à L'huile-Etude filtre-Déplacements-Déplacements1

Nom	Type	Min	Max
Déformations1	ESTRN: Déformation équivalente	1.42012e-005 Elément: 40795	0.002364 Elément: 22125



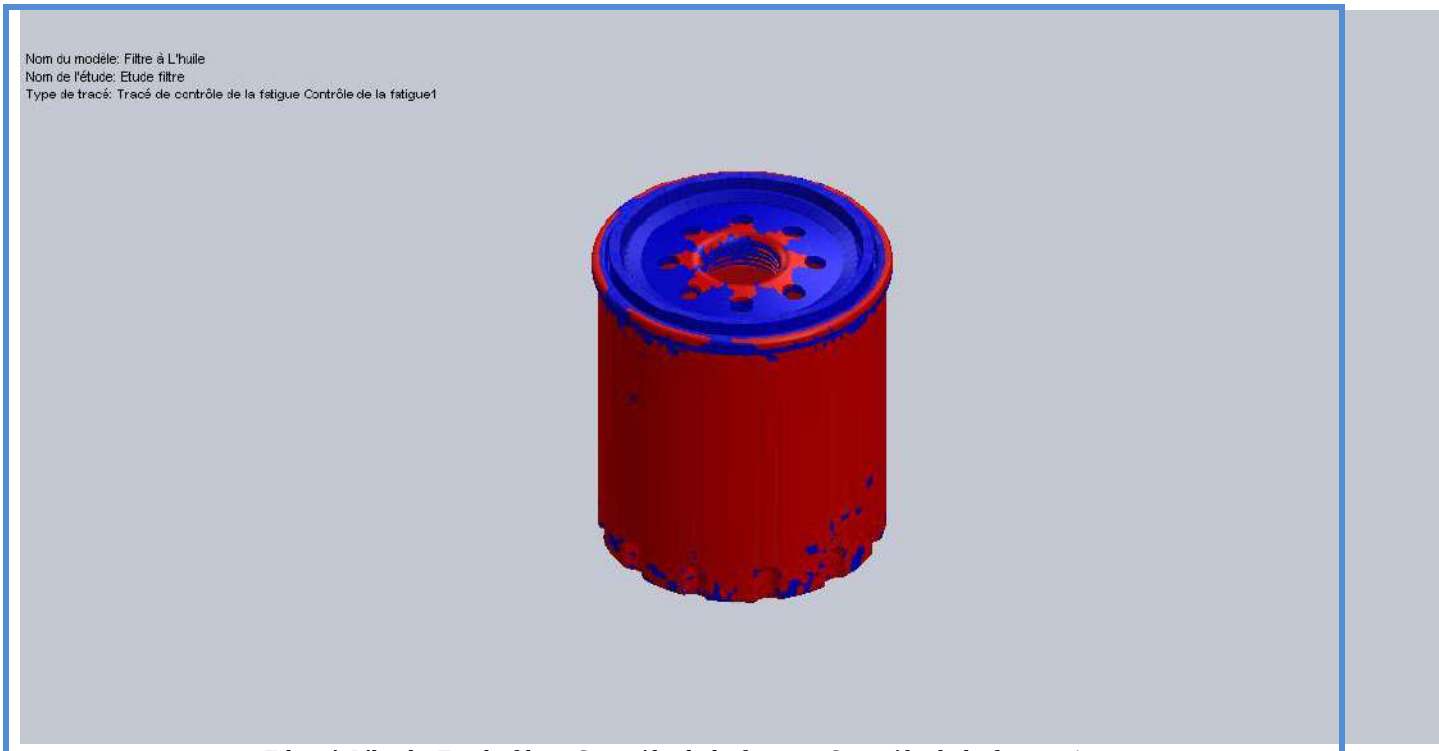
Filtre à L'huile-Etude filtre-Déformations-Déformations1

Nom	Type	Min	Max
Coefficient de sécurité1	Automatique	0.485669 Noeud: 39128	158.879 Noeud: 90556



Filtre à L'huile-Etude filtre-Coefficient de sécurité-Coefficient de sécurité1

Nom	Type
Contrôle de la fatigue1	Tracé de contrôle de la fatigue



Filtre à L'huile-Etude filtre-Contrôle de la fatigue-Contrôle de la fatigue1

27 .Conclusions :

A partir des expériences de simulation pour filtre à l'huile réalisées dans cette thèse, les données obtenus tels que les contraintes de Von mises , de déformation et contrainte de déplacements ont été comparées pour différentes pressions et températures pour les deux essais D'après les résultats obtenus, on peut tirer les conclusions suivantes:

Pour essais N°1 pour une pression variable et température constante , On a observé L'augmentation des contraintes pour chaque essai mais notre filtre tient le coup jusqu'à une pression de **22 bar.**

Le filtre à **éclaté** à une pression appliqué de 22 bar , cela veut dire que notre filtre est dans les normes de sécurité sachant que les moteurs ne dépasse pas la pression de 6 bar ,

La seconde étape de ce travail comprend) l'essai N° 2 où on a varié la température pour une pression constante à **6 bar** , on à remarqué que les valeurs les contraintes de Von mises et contraintes de déplacement diminue pour chaque essai contrairement au contrainte de déformation

D'après les essais effectués il était clair que notre filtre à résisté même pour une température qui dépasse les **250°C** , cela implique que dans le cas où se passe le phénomène d'ébullition de l'huile ou la température augmente , on est en sécurité contre l'acte d'éclatement du filtre qui induit des problèmes sérieux.

L'huile avec sa qualité médiocre qui fait génèrer ce problème est le premier responsable , donc on pose une autre question qui est la suivante :

Est-ce que la qualité de l'huile affecte la filtration de l'huile dans le moteur ?



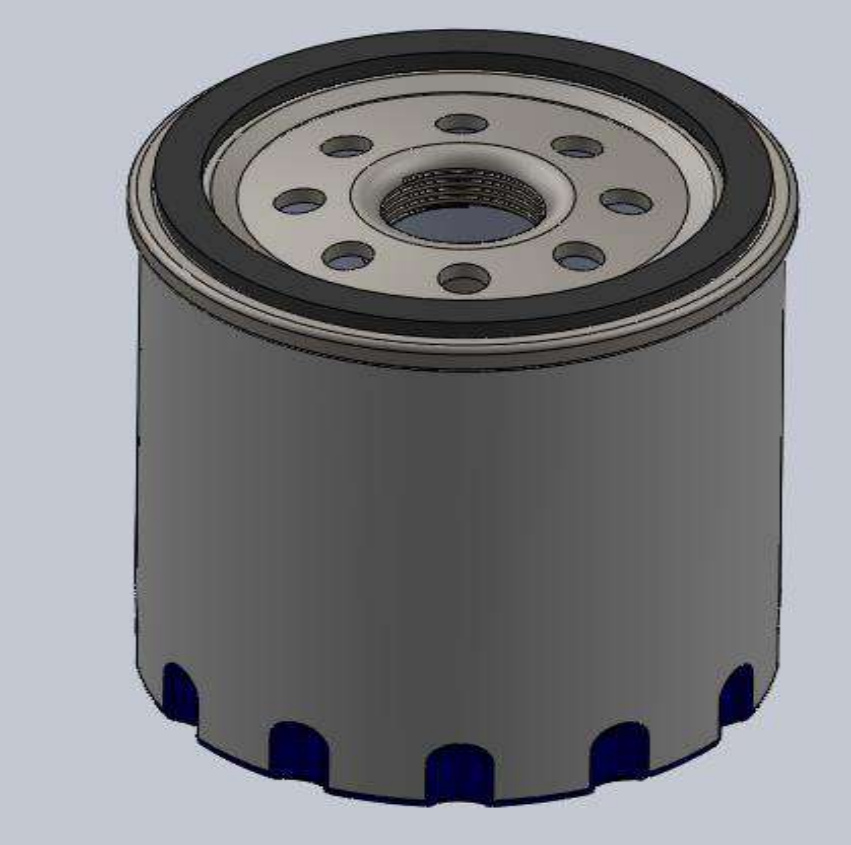
Figure 75 : représente Les précipités de l'huile oxydée dans le moteur

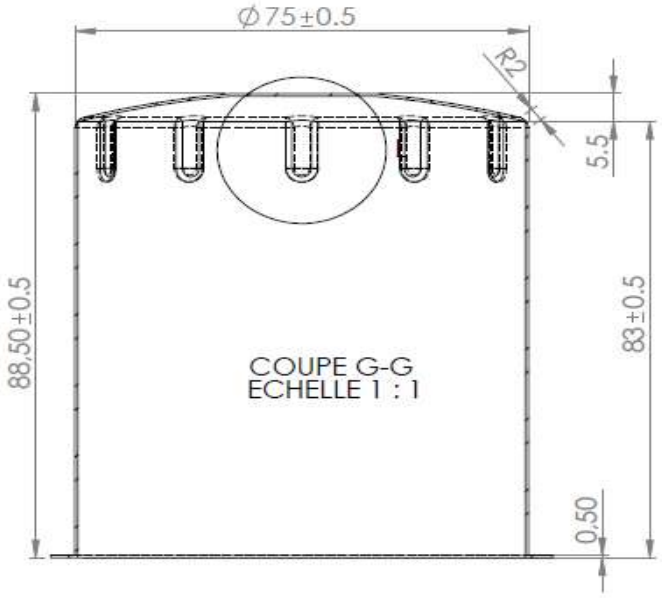
L'huile avec toute sa gamme de différentes viscosités de la plus fine fluide jusqu'au l'huile figé disant est ce qu'elle pénètre facilement dans les pores des papiers filtrants sachant que le diamètres des pores des papier filtrant diffère d'un filtre à l'autre , et disant on utilise une huile lourde sa peut causer un problème lors du filtration .

A la fin on conclut que pour éviter le phénomène d'ébullition d'huile il faut

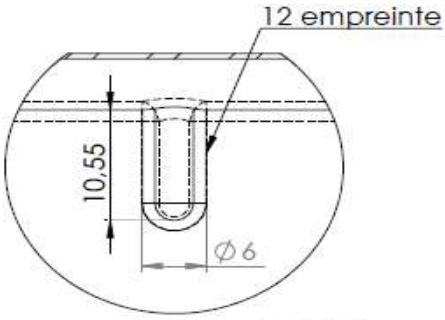
1. Evité le long voyage à une grande vitesse.
2. Suivre la température de l'huile de la voiture.
3. Changement périodique du l'huile moteur.
4. Utilisez uniquement des types éprouvés d'huile moteur comme huile synthétique et semi synthétique

ANNEXE

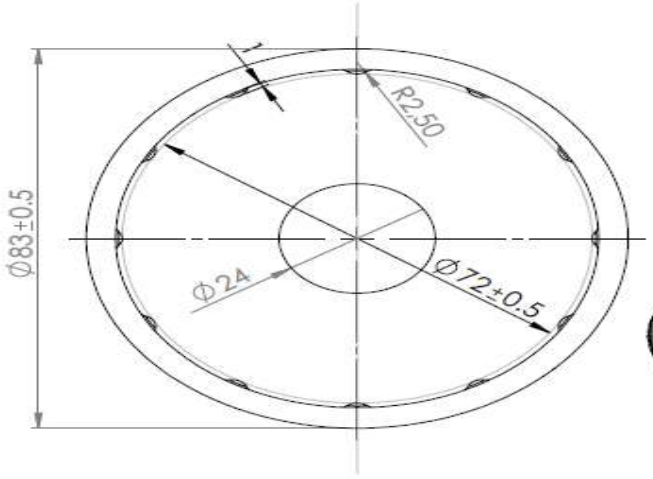




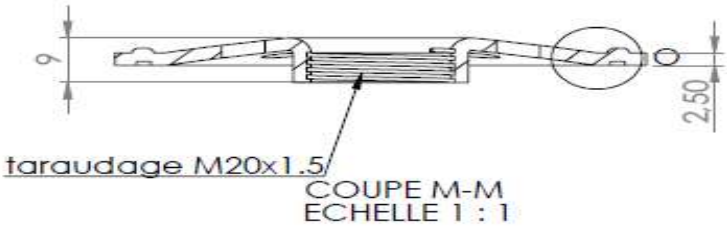
COUPE G-G
ECHELLE 1 : 1



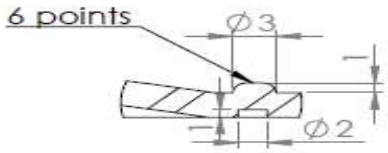
DÉTAIL L
ECHELLE 2 : 1





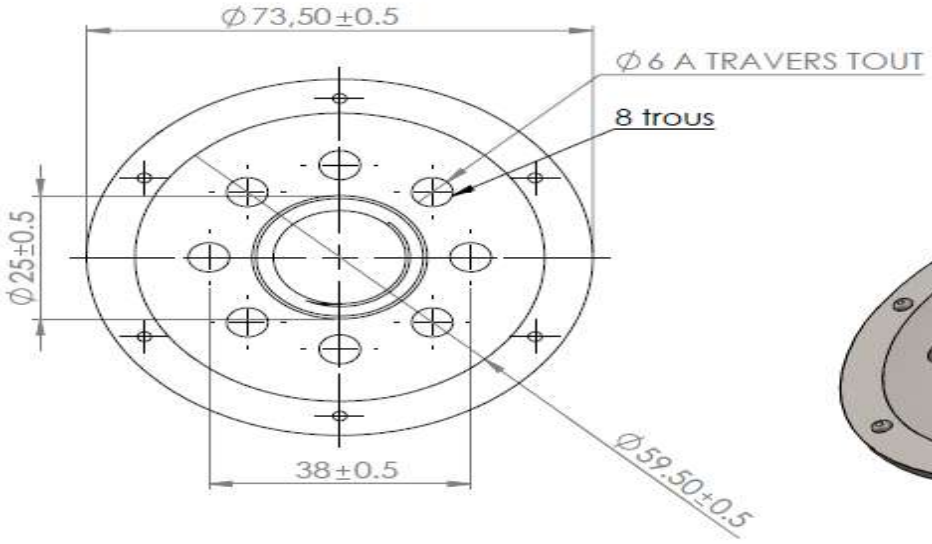


COUPE M-M
ECHELLE 1 : 1



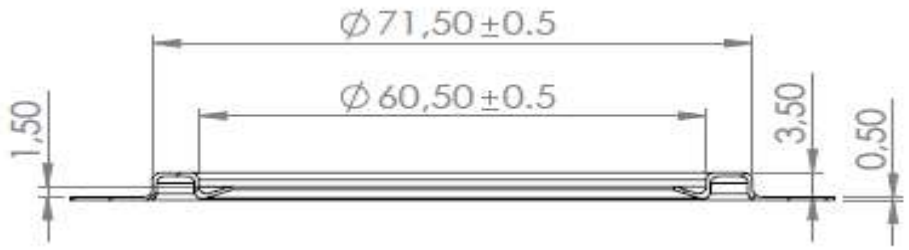
DÉTAIL O
ECHELLE 2 : 1

ALSAFA FILTRES	DESIGNATION	CUVE	VISA	REF :OBS XXX
	MATIERE:	DESSI PAR: mazouz sohaib		MODIFICATION
	A4	VERIF PAR:		
		DATE: 07/06/2021		
	ECHELLE:1:1	APPROUVE PAR: MR		

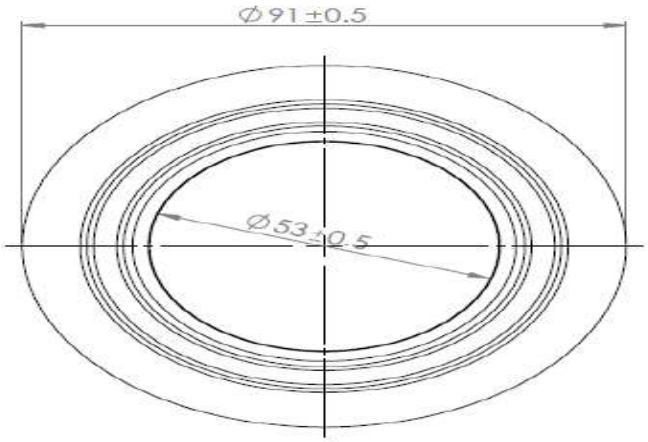




ALSAFA FILTRES	DESIGNATION	**FLASQUE**	VISA	**REF :OBS XXX**
	MATIERE:	DESSI PAR: mazouz sohaib		MODIFICATION
	A4	VERIF PAR:		
		DATE: 07/06/2021		
	ECHELLE:1:1	APPROUVE PAR: MR		

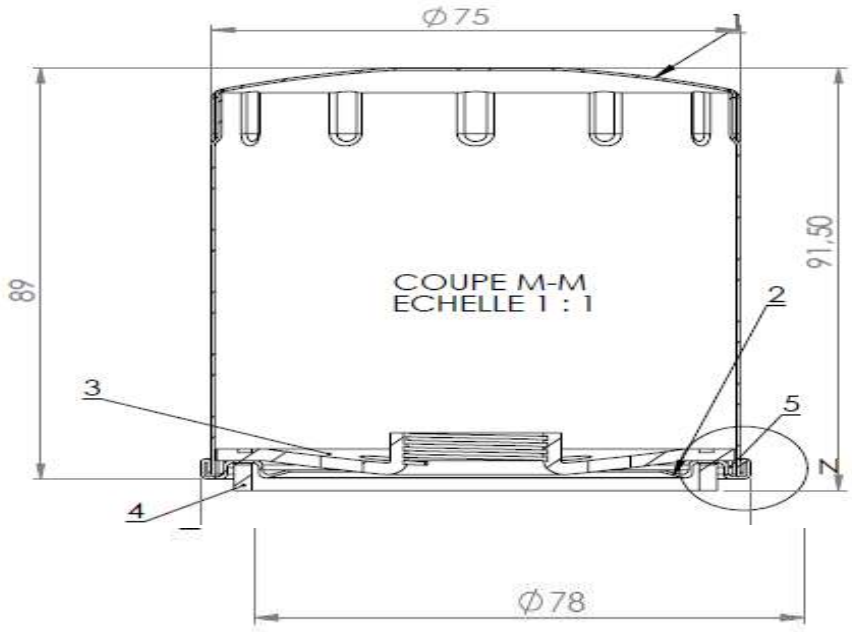


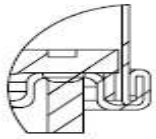
COUPE M-M
ECHELLE 1 : 1





ALSAFA FILTRES	DESIGNATION	**PLATEAU**	VISA	**REF :OBS XXX**
	MATIERE:	DESSI PAR: mazouz sohaib		MODIFICATION
	A4	VERIF PAR:		
		DATE: 07/06/2021		
	ECHELLE:1:1	APPROUVE PAR: MR		





DÉTAIL N (sertissage)
ECHELLE 2 : 1



1	**CUVE**
2	**PLATEAU**
3	**FLASQUE**
4	**JOINT EXTERIEURE**
5	**JOINT SERTISSAGE**

ALSAFA FILTRES	DESIGNATION	**ASSEMBLAGE POUR SUMILATION**	VISA	**REF :OBS**
	MATIERE:	DESSI PAR: mazouz sohaib		MODIFICATION
	A4	VERIF PAR:		
		DATE: 07/06/2021		
	ECHELLE:1:1	APPROUVE PAR: MR		

Références Bibliographiques

[1] H. Gibson, "Fuels and Lubricants for Internal Combustion Engines - An Historical Perspective" SAE Technical Paper 821570, 1982.

[10] B. Schwandt, B. Verdegan, C. Holm, S. Kelly, "Optimizing Lubricating Oil Filtration Systems for Diesel Engines," SAE Technical Paper 930017, 1993.

[11] T. Christopher Dickenson, “Filters and filtration handbook” Oxford, Elsevier, 4th ed. 1997.

[12] N. Mohan, M. Sharma, R. and Kumar, N. Singh, "Tribological Performance of Lubricating Oil Contaminated with Fine Dust Particles," SAE Technical Paper 2014.

[13] H. J. Ecker, J. Hahn, “New development in heavy-duty diesel engines” Heavy-Duty Engines, MTZ worldwide February 2003, Volume 64,

[14] “Internal combustion engine handbook basics, components, systems, and perspectives” Society of Automotive Engineers, 2004.

[15] Christophe Guillon, Laurent Guerbe, “Soot filtration for Diesel Engine Lubricating Oil” SAE 2010 World Congress & Exhibition, 12 April 2010.

[16] Y. Najjar, “Lubricants analysis as guide for predictive maintenance in diesel engines” Mechanical Engineering Department, Yarmouk University, 1986, pp. 431-434.

[17] A. Samways and I. Cox, "A Method for Meaningfully Evaluating the Performance of a By-Pass Centrifugal Oil Cleaner" SAE Technical Paper 980872, 1998.

[18] Technical data of oil filters produced by Refilco company.

[19] Maurice E. Le Pera, George E. Oswald, “Heat transfer characteristics of lubricants for internal-combustion engines” Industrial and Engineering Chemistry Product Research and Development, 1974, Volume 13(3), pp. 209-213.

[2] I. M. Hutten, “Engine Filtration” (Transportation), Handbook of Nonwoven Filter Media, (Second Edition), 2016, pp. 520–541.

[20] “Cummins Engine Oil and Oil analysis Recommendations” Service bulletin Number 3810340, 27 Mar. 2014.

[21] D. Staley, "Correlating Lube Oil Filtration Efficiencies with Engine Wear" SAE Technical Paper 881825, 1988.

[22] J. Feng, J. Zhang, “The Property of Automobile Engine Oil Filtration Material and the Development of New Filter” Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 2014, Volume 9(3), pp. 134-141.

[23] Technical Service Bulletin 04-1, “Automotive Gasoline Engine Oil and Oil Service Intervals” Filter Manufacturers Council, May 2011, pp. 1-2.

[24] B. Verdegan, B. Schwandt, C. Holm, and S. Fallon, "Protecting Engines and the Environment - A Comparison of Oil Filtration Alternatives," SAE Technical Paper 970551, 1997.

[25] Catalogue of full-flow and by-pass filters produced by FRAM company.

[26] Technical data of by-pass oil filters produced by IPU company.

[27] L. Pless "Interactions among Oil Additive and Engine Operating Parameters Affecting Engine Deposits and Wear" SAE Technical Paper 720686, 1972.

[28] “Offering aftermarket engine oil filtration system” Filtration and Separation, October 2002, Volume 39(8), p. 12.

[29] M. E. Butovskii, “Utilization of spent lube oils” Chemistry and Technology of Fuels and Oils, Sep. 2009.

[3] Technical Service Bulletin 90-1, “Spin-on Engine Filter applications” Filter Manufacturers Council, Oct. 2012, pp. 1-2.

[30] Technical data of oil and by-pass filters produced by Donaldson company.

[31] Technical data of oil and by-pass filters produced by Fleetguard company.

[32] V. Reznikov, “Treating Motor Oils with By-pass Filters in Automotive Engines” Chemistry and Technology of Fuels and Oils, 2001, Volume 37(4), pp. 229-231.

[33] Technical data of oil and by-pass filters produced by Triple-R company.

[34] Technical data of oil and by-pass filters produced by Fleetguard company.

[35] D. Margaroni, “Extended drain intervals for crankcase lubricants” Industrial Lubrication and Tribology, 1999, Volume 51(2), pp. 69-76.

[36] T. C. Dickenson, “Filters and Filtration Handbook”, Elsevier Advanced Technology, 4th Edition, 1997.

[37] R. and Rogers W. Overton, "Heavy Duty Diesel Engine Oil Filterability" SAE Technical Paper 840344, 1984.

[38] J. Butler, J. Stewart, and R. Teasley, "Lube Oil Filtration Effect on Diesel Engine Wear" SAE Technical Paper 710813, 1971.

[39] M. Beauchamp, "Application of High Efficiency Oil Filtration to Heavy Duty Diesel Bus Engines" SAE Technical Paper 920927, 1992.

[4] “Comparison of Automotive Oil Filters” SAE International, 2010.

[40] R. D. Burke, C. J. Brace, R. I. Stark, “Investigation into the benefits of reduced oil flows in internal combustion engines" International Journal of Engine Research, 2014.

[41] A. Dhar, A. K. Agarwal, V. Saxena, “Measurement of dynamic lubricating

[42] “Modelling Engine Oil Vaporization and Transport of the Oil Vapour in the

[43] “Review On Effects of Piston and Piston Ring Dynamics Emphasis with Oil Consumption and Frictional Losses in Internal Combustion Engines” 8th International Conference on Engines for Automobiles, 16 Sep. 2007.

[44] C. Peuchot, N. Petillon, J. Lynch, “Filter efficiency and liquids: The advantages of cartridge filters” Filtration and Separation, 2008, Volume 45, pp. 11-13.

[45] Clarcor Inc. USA, “Filtration Industry Analyst” Volume 2007, Issue 12, Dec. 2007, p. 5.

[46] International Congress & Exposition “Design and Development of the Holset HX Series of Turbochargers” 01 Feb. 1990.

[47] István Lakatos, “Development of a new method for comparing the cold startand the idling operation of internal combustion engines” Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 2015, Volume 43(4), pp. 225-231.

[48] A. Fell and A. Samways "The Development of a Novel Self-Powered Centrifugal Oil Cleaner for Automotive Applications" SAE Technical Paper 2003.

[49] M. Anand, M. Hadfield, J. L. Viesca, B. Thomas, B. A. Hernández, S. Austen, “Ionic liquids as tribological performance improving additive for in-

[5] L. Zirker, J. Francfort ”Oil bypass Filter Technology Performance Evaluation” (First quarterly report) 2003.

[50] Filtration 2004: Conference Programme Filtration and Separation, 2004, Volume 41(9), pp. 35-35.

[51] D. Lamon, “The Evaluation of Mechanical Design and Comparison of Automotive Oil Filters” California State University, 2010-01-1542, pp. 346-355.

[52] M. W. Fay, A. L. Rocca, P. J. Shayler, Journal of Physics: Conference Series, 2014, Volume 522(1), pp. 012072 (4pp).

[53] Y. A. Levendis, “Design and Testing of a Novel Environmentally-Benign Automotive Oil Filter” Northeastern University, 2010-01-0272, 2010, pp. 1-8.

[54] M. F. Fox, “Automotive Lubricant Specification and Testing” Chemistry and Technology of Lubricants, 05 Sep. 2009, pp. 497-552.

[55] Y. Zhang, J. Wang, F-X Ai, “Determination of the Wear of Internal Combustion Engine Components Based on Measurement of the Oil Spectrum” Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 2010, Vol. 224(11), pp. 1451-1457.

[56] J. G. Eleftherakis, “Test Methods for Automotive Filtration” SAE Technical Paper 930016, 01 Feb. 1993, pp. 1-6.

[57] R. D. Burke, C. J. Brace, J. G. Hawley, I. Pegg, “Review of the systems analysis of interactions between the thermal, lubricant, and combustion processes of diesel engines” Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 2010, Volume 224(5), pp. 681-704.

[58] Le Maoût, N. (2009). *Analyse des procédés de sertissage de tôles métalliques : aspects expérimentaux et numériques, endommagement des pièces serties*. 229.

[59] Ese, T. H. (n.d.). *Mod ´ elisation et optimisation du comportement m ´ ecanique des outils d ' emboutissage stratifi ´ es pr ´ econtraints par vissage*. *33*(0).

[6] K. Howard, "Advanced engine oils to improve the performance of modern internal combustion engines" Lubrizol Ltd, 2014, pp. 138-164

[60] Motorservice, G. (n.d.). *Brochure technique de filtration*.

[61] *2 - La forge par estampage [Les procédés industriels de forgeage]*. (n.d.). Retrieved, 2021, from http://www.unit.eu/cours/MediaMef3/procedes-industriels-forgeage/co/La_forge_par_estampage.html

[62] *OPÉRATIONS PHARMACEUTIQUES :* (2015).

[63] *Savoir lire l'étiquette d'un bidon d'huile de vidange (SAE, API, ACEA)*. (n.d.). Retrieved, 2021, from https://www.forfait-vidange.info/etiquette-bidon-huile-moteur-sae-api-acea/

[64] *Système de lubrification du moteur - but et principe de fonctionnement | AvtoTachki*. (n.d.). Retrieved, 2021, from https://avtotachki.com/fr/chto-nuzhno-znat-o-smazke-dvigatelya/

[65] *Lubrifiants*. (n.d.). Retrieved, 2021, from http://calibra-classic.org/pages/lubric.htm

[66] *Cours de filtration - généralités et définitions*. (n.d.). Retrieved, 2021, from http://www.azprocede.fr/Cours_GC/filtration_general.html

[67] Lubrification, L. A. (n.d.). *Le graiss ag e des mo teurs*. 1–10.

[68] MS Motorservice. (2014). *Technical Filter Brochure*. undefined-47.

[69] Bosch, L. (n.d.). *Les Filtres Bosch Une perfomance optimale pour votre moteur et votre confort*.

[7] B. N. Seth, "Lubrication in Practice" Diesel and Petrol Engine Lubrication, 1983, pp 28-49.

[70] *How To Clean A Reusable Oil Filter | PurePower Blog*. (n.d.). Retrieved, 2021, from https://www.gopurepower.com/blog/how-to-clean-a-reusable-oil-filter/

[71] *Lifetime Filters For Oil, Fuel, And More - PurePower!* (n.d.). Retrieved, 2021, from https://www.gopurepower.com/

[72] *Champion Auto Parts | Replacement & Aftermarket Auto Parts*. (n.d.). Retrieved, 2021, from https://www.championautoparts.com/

[73] *la filtration d'huile moteur sans vidange - NITIFILTER®*. (n.d.). Retrieved , 2021, from https://nitifilter.com/

[74] *Filtre à huile haute performance: le système de filtration TRABOLD!* (n.d.). Retrieved 2021, from https://www.tuningblog.eu/fr/kategorien/tuning-wiki/trabold-filtersystem-335864/

[75] *Trabold – filtern statt Öl wechseln*. (n.d.). Retrieved 2021, from http://trabold.de/v1/

[76] *How to Clean and Oil K&N Air Filters | Partzilla.com*. (n.d.). Retrieved 2021, from https://www.partzilla.com/blog/how-to-clean-oil-k-n-air-filters

[77] Gibson, H. J. (1982, February 1). Fuels and lubricants for internal combustion engines-an historical perspective. *SAE Technical Papers*. https://doi.org/10.4271/821570

[78] *Vente produits pétroliers - Livraison Fioul 42 - DL LUB SAS*. (n.d.). Retrieved 2021, from https://www.dllub.com/

[79] *Lubrifiants*. (n.d.). Retrieved 2021, from http://calibra-classic.org/pages/lubric.htm

[8] M. M. Musthafa, "Synthetic lubrication oil influences on performance and emission characteristic of coated diesel engine" Applied Thermal Engineering Volume 96, Mar 2016, pp. 607–612.

[80] *MonMécanicien | L'entretien automobile simple et transparent*. (n.d.). Retrieved 2021, from https://www.monmecanicien.fr/

[81] *Fiches-auto.fr : tests, essais complets , motorisations diesel et essence (peugeot renault citroen audi opel nissan toyota skoda smart mini mazda hyundai honda ford)*. (n.d.). Retrieved, 2021, from http://www.fiches-auto.fr/essais-tests/

[82] *LUBRIFIANTS : La classification des huiles moteur (fluidité) (niveau de performance) » leslubrifiants.com*. (n.d.). Retrieved 2021, from http://leslubrifiants.com/2014/08/28/lubrifiants-la-classification-des-huiles-moteur-fluidite-niveau-de-performance/

[83] *Actus auto | Le Blog de Carter-Cash*. (n.d.). Retrieved 2021, from https://www.carter-cash.com/blog/c/actus/

[84] *Total Global Homepage - Oil, Natural Gas, Renewable & Electricity | Total.com*. (n.d.). Retrieved 2021, from https://www.total.com/

[85] *NOTICE TECHNIQUE CIRCUIT d'HUILE MOTEUR*. (n.d.). Retrieved 2021, from http://acversailles.free.fr/documentation/06~Notices_Techniques/032a-Circuit d_huile moteur.pdf

[86] Nanoweb, O., & Nanoweb, T. (1843). *A a f m a*. 1–2.

[87] Products, Q. F. (n.d.). *AUTOMOTIVE FILTER PROSPECTUS*.

[88] Thomas, J., West, B., & Huff, S. (2013). Effect of air filter condition on diesel vehicle fuel economy. In *SAE Technical Papers* (Vol. 2, Issue February). https://doi.org/10.4271/2013-01-0311

[89] Botov, S. (2016). *Investigation on Novel Polymer Filter Medium for Filtration of Automotive Lubricants*. *May*. http://etheses.whiterose.ac.uk/21512/

[9] A. Formia, F. Villani, and F. Negro, "Double Filtration Oil Filters for Automotive Applications" SAE Technical Paper 840453, 1984.

[90] Benchamou, K. (2005). Etude et modélisation du colmatage d'un filtre plisse. *Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse.*, 221. http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000698/01/benmachou.pdf

[91] Frène, J. (1990). *Cours de Lubrification*. 208. http://www.unit.eu/nuxeo/site/esupversions/0d1b8d3f-7b52-4212-975d-45d0f82732a6

[92] Ese, T., Gervais, P.-C., Meireles, M., Bloch, J.-F., Wiegmann Ceo, A., Kaiserslautern, G., Laurent, A. M., Chef, R., Irsn, L., Karcher, G.-S.-Y. G., Sylvain, P., & Ingénieur De Recherche, N. (2013). *Etude expérimentale et numérique du colmatage de filtres plissés*. 184. http://docnum.univ-lorraine.fr/public/DDOC_T_2013_0007_GERVAIS.pdf

[93] Diaby, M. (2010). *Compréhension des mécanismes de formation de dépôts en fond de première gorge de piston de moteurs Diesel Moussa Diaby To cite this version : HAL Id : pastel-00005625*.

[94] *Alsafa Filtres - AL SAFA Filtres SARL EL Itifak*. (n.d.). Retrieved, 2021, from

[95] *L'effet de la température sur les huiles automobiles. Température d'ébullition de l'huile moteur à bouillir huile moteur*. (n.d.). Retrieved May 31, 2021, from

Issue 2, pp. 2-5.

oil film thickness between piston ring and liner in a motored engine" Sensors & Actuators, A. Physical, 2009, Volume 149(1), pp. 7-15.

Piston Ring Pack of Internal Combustion Engines", Powertrain & Fluid Systems Conference & Exhibition, 2004

service and used fully-formulated diesel engine lubricants" Wear, 15 Jul. 2015, Volume 334-335, pp. 67-74.

https://funreactor.ru/fr/vliyanie-temperatury-na-motornye-masla-temperatura-kipeniya.html

http://www.alsafafiltres-dz.com/alsafa-filtres.html